

Aus der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der
Universität Würzburg
Direktor: Professor Dr. Dipl.-Ing. E.-J. Richter

Retrospektive klinische Studie zur Überlebenswahrscheinlichkeit von Stift-Stumpfaufbauten

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Medizinischen
Fakultät der Julius-Maximilians-Universität zu
Würzburg

vorgelegt von

Stefanie Mögele

aus Würzburg

Würzburg, Dezember 2011

Referent: Prof. Dr. Dipl.-Ing. E.-J. Richter

Korreferent: Prof. Dr. B. Klaiber

Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 16.07.2012

Die Promovendin ist Zahnärztin

Meinen Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Aufbaukonzepte für den präprothetischen Wiederaufbau von Zähnen mit koronalem Substanzverlust	3
1.2	Problematik der Rekonstruktion avitaler Zähne	5
1.2.1	Versagensrisiko endodontisch behandelter Zähne	5
1.2.2	Komplikationen bei Stift-Stumpfaufbauten	8
1.2.3	Exkurs Anatomie	10
1.2.4	Anforderungen an einen Stift-Stumpfaufbau	15
1.3	Typische Stiftsysteme und ihre klinische Anwendung	18
1.3.1	Halbkonfektionierte Wurzelstifte	18
1.3.2	Individuelle Stift-Stumpfaufbauten	23
1.3.3	Stiftwerkstoffe	24
1.3.4	Befestigung der Stift-Stumpfaufbauten	27
1.4	Klinische Bewährung - Literaturübersicht	29
1.5	Ziel der Untersuchung	38
2	Patienten und Methoden	39
2.1	Studiendesign	39
2.1.1	Richtlinien zur Gestaltung der Stift-Stumpfaufbauten	42
2.2	Datenerhebung und Datenauswertung	44
2.3	Erfolgs- und Misserfolgskriterien	44
2.4	Patientenkollektiv	45
3	Ergebnisse	46
3.1	Deskriptive Statistik	46
3.1.1	Demographische Merkmale des Patientenkollektivs	46
3.1.1.1	Altersverteilung	46
3.1.1.2	Geschlechtsverteilung	48
3.1.2	Auswertung der konstruktionsspezifischen Stammdaten	48
3.1.3	Auswertung der pfeilerspezifischen Stammdaten	49
3.1.3.1	Anzahl der eingegliederten Stift-Stumpfaufbauten pro Jahr	49
3.1.3.2	Anzahl der Stift-Stumpfaufbauten pro Patient	50
3.1.3.3	Stifttypen beziehungsweise Stiftformen	50
3.1.3.4	Werkstoffe	51
3.1.3.5	Verteilung der mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zahntypen	52

3.1.3.6	Prothetische Integration der Stift-Stumpfaufbauten	53
3.1.4	Auswertung der Pfeilerspezifischen Recall-Daten	57
3.1.4.1	Spezifische klinische Befunde	57
3.1.4.2	Auswertung der röntgenologischen Befunde bei Misserfolg	58
3.1.4.3	Therapien nach Misserfolg	59
3.1.4.4	Erfolgs- und Misserfolgscharakteristik	60
3.1.4.5	Überlebenszeit	63
3.2	Analytische Statistik	64
3.2.1	Überlebenszeitanalyse	64
3.2.1.1	Kaplan-Meier-Überlebenskurve	64
3.2.1.2	Zahngruppenspezifische Überlebenskurven	66
3.2.1.3	Überlebenskurven in Bezug auf die prothetische Integration der Stift-Stumpfaufbauten	68
3.2.2	Zusammenfassung der Überlebenswahrscheinlichkeiten	74
4	Diskussion	75
4.1	Diskussion der Methode	75
4.2	Diskussion der Ergebnisse	76
4.2.1	Diskussion der deskriptiven Statistik	76
4.2.2	Diskussion der analytischen Statistik	79
4.2.2.1	Vergleich mit anderen Studien	79
4.2.2.2	Überlebenswahrscheinlichkeit des gesamten Kollektivs an Stift-Stumpfaufbauten	80
4.2.2.3	Überlebenswahrscheinlichkeiten nach Zahntypen: Schneidezähne, Eckzähne, Prämolaren und Molaren	81
4.2.2.4	Überlebenswahrscheinlichkeit der in unterschiedliche prothetischen Konstruktionen integrierte Stift-Stumpfaufbauten: Einzelkronen, Brücken und Teleskopkronen	82
4.3	Schlussfolgerung	85
5	Zusammenfassung	86
A	Anhang	99
	Danksagung	111
	Lebenslauf	112

Abbildungsverzeichnis

1.1	Übersicht zum Aufbaukonzept vitaler und avitaler Pfeilerzähne . . .	3
1.2	Klinisches Beispiel zur Rekonstruktion eines Brückenpfeilers in der Oberkiefer-Front mittels gegossenem Stift-Stumpfaufbau	8
1.3	Längsfraktur eines Oberkiefer-Prämolaren nach postendodontischer Stiftinsertion und Überkronung	10
1.4	Anatomie der Oberkiefer Frontzähne	11
1.5	Anatomie eines Unterkiefer-Frontzahns	11
1.6	Anatomie eines Oberkiefer-Prämolaren	12
1.7	Anatomie eines Unterkiefer-Prämolaren	12
1.8	Anatomie eines Oberkiefer-Molaren	13
1.9	Anatomie eines Unterkiefer-Molaren	13
1.10	Zahnfilme eines Oberkiefer-Prämolaren	14
1.11	Ferrule-Design	16
1.12	Unterschiedliche Typen von Radix-Ankern der Fa. Dentsply Maillefer	18
1.13	Parapost-System	19
1.14	Er-System	20
1.15	Er-System: DentinPost Coated DPC	20
1.16	CosmoPost-System	21
1.17	Moderne zahnfarbene Stifte	22
1.18	Er-System: Indirekte Stift-Stumpfaufbauten	23
1.19	Quarzfaserstifte	26
1.20	Studienergebnisse bei Mentink et al.	31
1.21	Vergleich der rekonstruierten Studienergebnisse zur Überlebenswahrscheinlichkeit	32
1.22	Studienergebnisse bei Balkenhol et al.	34
1.23	Studienergebnisse bei Balkenhol et al.	35
2.1	Stammdatenbogen	40
2.2	Recallbogen	41
2.3	Stiftdesign	42
2.4	Stiftdesign bei zwei Stiften	43
3.1	Altersverteilung	46
3.2	Prozentuale Häufigkeit der jeweiligen Patienten am Gesamtkollektiv pro Altersgruppe	47
3.3	Patientenverteilung nach Geschlecht	48
3.4	Anzahl der im jeweiligen Jahr eingegliederten Stift-Stumpfaufbauten.	49

3.5	Anzahl der Stift-Stumpfaufbauten pro Patient	50
3.6	Verwendete Stiftsysteme	51
3.7	Verwendete Werkstoffe	51
3.8	Anzahl und prozentualer Anteil der mit Stift-Stumpfaufbauten versorgten Zahntypen	52
3.9	Numerische Verteilung der mit Stift-Stumpfaufbauten versorgten Schneidezähne	52
3.10	Übersicht über die prothetische Integration der Stift-Stumpfaufbauten	53
3.11	Numerische und prozentuale Verteilung der festsitzenden und kombiniert festsitzend-herausnehmbaren prothetischen Versorgungen .	54
3.12	Numerische und prozentuale Verteilung der unterschiedlichen prothetischen Restaurationen	55
3.13	Numerische und prozentuale Verteilung der Einzelkronen	55
3.14	Numerische Verteilung der Brücken	56
3.15	Numerische Verteilung der Teleskopkronen	56
3.16	Prozentuale Verteilung der Misserfolgsbefunde	57
3.17	Prozentuale Verteilung der röntgenologischen Befunde bei Misserfolg	58
3.18	Prozentuale Verteilung der Therapiemaßnahmen nach Misserfolg .	59
3.19	Therapiemaßnahmen bei Dezementierung	59
3.20	Numerische Verteilung der spezifischen klinischen Befunde	60
3.21	Überlebenszeit bis zum Misserfolg	63
3.22	Überlebensfunktion aller Zähne mit Stift-Stumpfaufbauten	64
3.23	Überlebensfunktionen der Zahntypen	66
3.24	Überlebensfunktion bei Einzelkronen-Versorgung	68
3.25	Überlebensfunktion der Stift-Stumpfaufbauten unter Brücken . . .	70
3.26	Überlebensfunktion der Teleskopkronen	72
4.1	Überlebensfunktionen der Stift-Stumpfaufbauten im Vergleich . .	79
A.1	Anatomische Variationen: Oberkiefer - erste und zweite Prämolaren [36]	100
A.2	Anatomische Variationen: Oberkiefer - erste und zweite Molaren [36]	101
A.3	Wurzelmorphologie: OK - seitlicher Schneidezahn, UK-Frontzahn, OK-Eckzahn [36]	102
A.4	UK - zweiter Molar von bukkal und lingual [36]	102
A.5	Patientenanschriften zur Nachuntersuchung	103
A.6	Verweilwahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier	104
A.7	Verweilwahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier	105
A.8	Verweilwahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier	106
A.9	Verweilwahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier	107
A.10	Verweilwahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier	108
A.11	Verweilwahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier	109
A.12	Verweilwahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier	110

Tabellenverzeichnis

1.1	Studien zu Überleben von endodontisch behandelten Zähnen . . .	6
1.2	Studien zur Überlebenswahrscheinlichkeit von (metallischen) Stift-Stumpfaufbauten.	30
1.3	Studien zu Verlustraten von (metallischen) Stift-Stumpfaufbauten	36
3.1	Art der prothetischen Versorgung: Anteile am Gesamtkollektiv . .	54
3.2	Befunde und Therapien bei Misserfolg, unterteilt nach Art der Zähne	61
3.3	Befunde und Therapien bei Misserfolg - unterteilt nach prothetischer Integration eines mit Stift-Stumpfaufbau wieder hergestellten Zahnes in die Zahnersatzkonstruktion	62
3.4	Zusammenfassung der Fallzahlen	65
3.5	Zusammenfassung der Fallzahlen der Subgruppen - Zahntyp . . .	67
3.6	Statistische Kennwerte für den Subgruppenvergleich Zahntyp . . .	67
3.7	Zusammenfassung der Fallzahlen - Einzelzahnkronen	69
3.8	Statistische Kennwerte für den Subgruppenvergleich Einzelkronen	69
3.9	Zusammenfassung der Fallzahlen - Brückenpfeiler	71
3.10	Statistische Kennwerte für den Subgruppenvergleich Brücken . . .	71
3.11	Zusammenfassung der Fallzahlen - Innenteleskopkronen	73
3.12	Statistische Kennwerte für den Subgruppenvergleich Teleskopkronen	73
3.13	Zusammenfassung der Überlebenswahrscheinlichkeiten in % nach 5 und 10 Jahren unterteilt nach Zahntyp	74
3.14	Zusammenfassung der Überlebenswahrscheinlichkeiten in % nach 5 und 10 Jahren unterteilt nach Art der prothetischen Restauration	74

1

Einleitung

Seit jeher wurde in der Zahnmedizin versucht, pulpatote und stark zerstörte Zähne durch konservierende und prothetische Maßnahmen zu rekonstruieren. Bereits im 18. Jahrhundert wurden die Wurzeln avitaler Zähne genutzt, um mit Hilfe von Stiftankern auf ihnen eine artifizielle Zahnkrone zu verankern. Erste Versuche unternahm Pierre Fauchard (1678 - 1761), indem er Zahnersatz über Holzstifte in avitalen Zähnen verankerte. Die Holzstifte quollen jedoch im feuchten Milieu auf und verursachten dadurch vertikale Wurzelfrakturen [3]. Wolffendale benutzte 1783 Gold- und Silberschrauben zur Kronenverankerung. Die ersten dauerhaft funktionstüchtigen Wurzelstifte wurden im 19. Jahrhundert entwickelt. Laforgue empfahl 1802 Platin als korrosionsstabilen Werkstoff und bezeichnete den mit Stift rekonstruierten Zahnstumpf Pivot-Zahn. Anschließend wurde 1878 die Richmond-Krone eingeführt, eine Wurzelkappe, die mittels einer Schraube mit einer im Wurzelkanal befestigten Hülse verbunden wurde. Später wurde diese Wurzelstiftkappe zu einer einteiligen Stiftkrone modifiziert [1]. Als Standard galt lange Zeit die individuelle Präparation des Wurzelstiftes, der beispielsweise mit Draht und Wachs geformt und im zahntechnischen Laboratorium in eine einteilige Krone mit Stift umgesetzt wurde. Die oft unzureichende Passform, Probleme mit der dauerhaften Verankerung herausnehmbaren Zahnersatzes an mit Stiften rekonstruierten Zähnen sowie die Einführung des Phosphatzementes führten schließlich zur Entwicklung separat zementierter, stiftverankerter Aufbauten. Der auf diese Weise wiederhergestellte Zahnstumpf wurde in einem weiteren Schritt mit einer Ersatzkrone versorgt [11].

Mit den Fortschritten in der Endodontie in den 1950er Jahren konnten Zähne, die bislang als extraktionswürdig galten, durch eine suffiziente Wurzelkanalbehandlung erhalten werden. Laut Kassenzahnärztlicher Bundesvereinigung (KZBV) hat sich in der Bundesrepublik Deutschland dementsprechend die Anzahl der Wurzelkanalbehandlungen von 1970 bis 2008 verdoppelt [2]. Mit dieser Entwicklung einhergehend stellte sich eine verstärkte Nachfrage nach adäquater Versorgung die-

ser Zähne ein, was die Einführung zahlreicher unterschiedlicher Stiftsysteme auf dem Dentalmarkt zur Folge hatte. Die Verankerung von gegossenen oder halbkonfektionierten Wurzelkanalstiften aus Metall etablierte sich im Weiteren zum Standardtherapieverfahren in der Zahnmedizin [5], [7], [11].

Dennoch stellt die Stiftinsertion bis heute eine Herausforderung dar, denn Stift-Stumpfaufbauten sind nach wie vor problembehaftet: Dezementierungen, Wurzel- und Stiftfrakturen, Wurzelperforationen bei der Stiftbohrung und die Reinfektion des Wurzelkanals nach Stiftinsertion führen zu hohen Misserfolgsraten von mit Stift-Stumpfaufbauten versorgten und überkronten Zähnen. Die zahlreichen Komplikationen führten zu Modifikationen der Stiftform, des Stiftwerkstoffs und der Verankerungstechnik [4].

In den letzten Jahren hat sich die Materialforschung auf die Entwicklung biokompatibler Werkstoffe konzentriert. Mit dem verstärktem Angebot von metallfreiem ästhetischem Zahnersatz wurden im Hinblick auf dessen Transluzenz verstärkt Wurzelstifte aus weißer Keramik oder faserverstärktem Komposit auf den Markt gebracht.

Zudem kann in vielen klinischen Situationen über die Adhäsivtechnik ein direkter Aufbau ohne Stift erwogen werden. Dies reduziert die Technik der klassischen gegossenen Stift-Stumpfaufbauten auf Fälle mit (nahezu) totalem Stumpfverlust. Dennoch werden von der Mehrheit der deutschen Zahnärzte zur präprothetischen Rekonstruktion von Zähnen mit hohem Destruktionsgrad vorwiegend indirekt in zahntechnischen Laboratorien gefertigte metallische Stift-Stumpfaufbauten mit konventionellem Zement eingegliedert [6].

1.1 Aufbaukonzepte für den präprothetischen Wiederaufbau von Zähnen mit koronalem Substanzverlust

Zumeist beruht der koronale Substanzverlust von Zähnen ursächlich auf dentalen Traumata oder kariösen Läsionen. Konservierende Maßnahmen wie Kariesexkavation, Präparation für Teilrestorationen oder eine Wurzelkanalbehandlung haben eine weitere Einbuße von Zahnhartsubstanz zur Folge. Am Ende eines solchen, in der Regel in Stufen ablaufenden Substanzverlust-Geschehens sind diese Zähne überkronungsbedürftig. Die Notwendigkeit zur Überkronung kann sich aber auch aus prothetischen Gründen ergeben - zum Beispiel wenn der Zahn als Pfeiler einer Brücke oder als Anker in Form einer Innenkrone für eine Teleskopprothese herangezogen wird. Vor ihrer Überkronung müssen vitale und avitale Pfeiler bei großem koronalem Substanzverlust wiederaufgebaut werden, um sie auf Dauer sicher mit einer Krone versorgen zu können.

In Abbildung 1.1 wird ein Konzept zum präprothetischen Wiederaufbau von Zähnen mit unterschiedlichen Destruktionsgraden dargestellt (vitale Zähne sind rot, avitale Zähne schwarz gekennzeichnet).

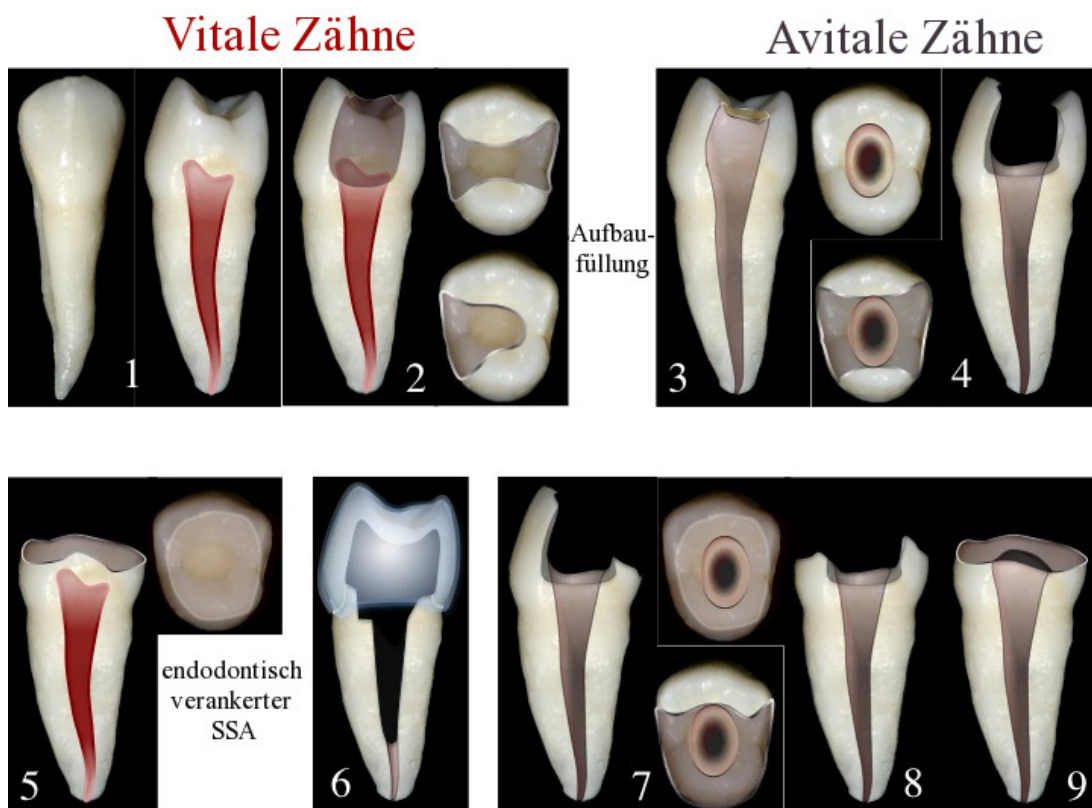


Abbildung 1.1: Übersicht zum Aufbaukonzept vitaler und avitaler Pfeilerzähne mit koronalem Substanzverlust (nach Howe und McKendry [8]).
SSA = Stift-Stumpfaufbau

Prinzipiell können derartige Zähne präprothetisch durch eine Aufbaufüllung oder einen endodontisch verankerten Stift-Stumpfaufbau (Abb. 1.1(6)) rekonstruiert werden. Die Art des Wiederaufbaus ist vom Grad der Destruktion und von der zukünftigen Belastung des überkronungswürdigen Zahnes abhängig.

Vitale Zähne (Abb. 1.1(1)) mit geringem und mittlerem Substanzverlust in Form einer MO, OD oder MOD-Kavität (Abb. 1.1(2)) sowie avitale Zähne mit Defekt in Form der Trepanationskavität (Abb. 1.1(3)) und approximalen Defekten (Abb. 1.1(4)) wurden früher vor der Überkronung mit Aufbaufüllungen aus Glasionomerzement oder Amalgam rekonstruiert. Heute verwendet man dafür in der Regel Komposit [10].

Sind die Substanzdefekte vitaler Zähne aber mehr als zweiflächig, oder die reduzierte Restzahnschubstanz lässt keinen adäquaten adhäsiven Aufbau der Pfeiler mehr zu (fehlender klinischer Stumpf bzw. Krone) (Abb. 1.1(5)), oder der Zahn wird in der zukünftigen Funktion durch Scher- und Zug-Belastung überdurchschnittlich beansprucht, ist eine Wurzelfüllung mit postendodontischer Stiftinsertion zur Schaffung eines Stumpfes zur Retention der Ersatzkrone (Abb. 1.1(6)) unumgänglich.

Avitale Zähne mit fehlender oraler und/oder vestibulärer Wand (Abb. 1.1(7)) beziehungsweise mit Substanzverlust der oralen und/oder vestibulären Wand in Kombination mit approximalen Defekten (Abb. 1.1(8)) oder fehlendem klinischem Stumpf bzw. Krone (Abb.1.1(9)) müssen ebenfalls mittels eines endodontisch verankerten Stift-Stumpfaufbaus rekonstruiert werden. Bei avitalen Zähnen mit mittlerem Substanzverlust (Abb. 1.1(4)) entscheidet die jeweilige klinisch verbliebene Zahnhartsubstanz, ob ein Stift-Stumpfaufbau endodontisch verankert werden muss, oder ob eine Aufbaufüllung für die Rekonstruktion ausreichend ist.

1.2 Problematik der Rekonstruktion avitaler Zähne

1.2.1 Versagensrisiko endodontisch behandelte Zähne

Neben karies- oder traumabedingten Zahnhartsubstanzdefekten entsteht im Rahmen einer endodontischen Behandlung durch die Zugangskavität mit Abtragung des Pulpadaches einerseits und der Wurzelkanalaufbereitung andererseits eine weitere Zahnhartsubstanzschwächung. Darüber hinaus führen spezielle Therapiemaßnahmen wie die Revisionen insuffizienter Wurzelkanalfüllungen, die Stiftbohrung oder eine Wurzelspitzenresektion zu irreversiblen Zahnhartsubstanzverlust. Diese Substanzdefekte sind für eine erhöhte Frakturanfälligkeit endodontisch behandelte Zähne verantwortlich [9], [11], [69].

Die Frakturanfälligkeit beruht nicht auf der Versprödung avitaler Zähne aufgrund des Verlustes der nutritiven Funktion der Pulpa. Die von Helfer et al. 1972 [12] postulierte und von Gutmann et al. 1991 [13] unterstützte Hypothese über die Reduktion der Festigkeit durch Dehydratation und Änderung der kollagenen Vernetzung bei wurzelkanalbehandelten Zähnen konnte von anderen Studien widerlegt werden. Es konnte gezeigt werden, dass sich endodontisch behandelte Zähne hinsichtlich der biomechanischen Eigenschaften nur unwesentlich von vitalen Zähnen unterscheiden [14], [17], [18].

Tatsächlich haben endodontisch behandelte Zähne, die als prothetische Pfeiler dienen, eine höhere Tendenz zu frakturieren als vitale Pfeiler [19]. Reeh et al. konnten zeigen, dass eine endodontische Behandlung auf die Widerstandsfähigkeit eines Zahnes nur unwesentlich Einfluss nimmt, wenn ausreichend Zahnhartsubstanz erhalten bleibt: Eine MOD-Kavität (Abb. 1.1.(4)) reduzierte die Biegefestigkeit eines Zahnes bereits um 63 Prozent [9]. Neuere Forschungen haben ergeben, dass vitale Zähne durch einen neurophysiologischen Regelkreis vor zu hoher Belastung geschützt sind, während endodontisch behandelte Zähne wegen der fehlenden pulpalen und der weniger sensiblen parodontalen Mechanorezeptoren nur einen reduzierten reflektorischen Eigenschutz aufweisen, was zu einem höheren Überlastungs- beziehungsweise Frakturrisiko führt [20].

In den wissenschaftlichen Veröffentlichungen schwanken die Erfolgsprognosen für endodontisch behandelte Zähne erheblich. Es wird je nach Beobachtungszeitraum, Studiendesign, klinischen Verfahren und Auswahlkriterien des Patientenkollektivs über Langzeiterfolge zwischen 36 und 97 Prozent berichtet [98], [127], was in Tabelle 1.1 dargestellt ist.

Holm-Pedersen et al. gaben im Rahmen einer Literaturübersicht Langzeiterfolge für endodontisch behandelte Zähne mit 80-90 Prozent nach 5 Jahren an [21]. Torabinejad et al. [39] veröffentlichten in einer Metaanalyse eine durchschnittliche

Autor Publikationsjahr	n	untersuchte Zähne	prothetische Versorgung	Jahre *	Überleben (ÜLW)	Anmerkung
Holm-Pedersen et al. 2007 [21]	n.a.	n.a.	n.a.	5	80-90 %	Review: ÜLW sinkt bei apikaler Läsion (nekrotischer Pulpa)
Torabinejad et al. 2007 [39]	n.a.	n.a.	n.a.	6+	84-97 %	Metaanalyse: vier Studien im Durchschnitt ÜLW 92 %
Sjogren et al. 1990 [44]	635	n.a.	n.a.	8- 10	91% 62%	Erfolgsrate ** des des gesamten Kollektivs; bei apikaler Läsion
Smith et al. 1993 [40]	821	n.a.	n.a.	12	84,29 % 72,55 %	Erfolgsrate ** des des gesamten Kollektivs; für Molaren
Dammaschke et al. 2003 [41]	190	n.a.	n.a.	10	85,1%	Unterschiede bezüglich Zahntypen waren nicht stat. signifikant
Stoll et al. 2005 [42]	914	419 vital 495 avital	n.a.	10	74 %	keine Unterteilung in Subgruppen bez. Zahntyp
Nagasiri et al. 2005 [46]	220	Molaren	ohne Kronen	2 5	88 % 36 %	ÜLW 78 % nach fünf Jahren für Molaren mit max. erhal- tener Zahnhartsubstanz
Imura et al. 2007 [43]	2000	n.a.	n.a.	>2	91,45 %	mehrwurzelige Zähne hatten eine signifikant niedrigere Erfolgsrate ** als einwurzelige
Fonzar et al. 2009 [45]	1175	n.a	Kronen	5 10	97 % 93 %	keine Unterteilung in Subgruppen
Setzer et al. 2011 [47]	50	Molaren	Kronen	5,4	88 %	Erfolgsrate **

* Beobachtungszeitraum

** Erfolgsrate nach maximaler Zeit unter Risiko

n = Anzahl der untersuchten Zähne

ÜLW = Überlebenswahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier

n.a. = nicht angegeben

Tabelle 1.1: Studien zu Überleben von endodontisch behandelten Zähnen

Überlebenswahrscheinlichkeit von 92 Prozent für endodontisch behandelte Zähne nach mindestens 6 Jahren Beobachtungszeit. In einer Studie von Sjogren et al. [44] wurden Erfolgsraten von 91 Prozent nach 8 bis 10 Jahren angegeben, wobei Zähne mit apikalen Läsionen eine signifikant geringere Erfolgsrate aufwiesen. Smith et al. [40] ermittelten Erfolgsraten von 84,29 Prozent für Zähne mit maximal 12 Jahre alter Wurzelkanalfüllung. Allerdings hatten Molaren eine niedrigere Erfolgsrate

(72,55 %) als die übrigen evaluierten Zähne (86,36 %). Dammaschke et al. [41] errechneten eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 81,5 Prozent für endodontisch behandelte Zähne nach 10 Jahren. Die Auswertung der Frontzähne, Prämolaren und Molaren ergab keine signifikanten Unterschiede. Stoll et al. [42] gaben eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 74 Prozent für wurzelgefüllte Zähne nach 10 Jahren an. Für Zähne nach Vitalextraktion wurde dagegen eine signifikant höhere Überlebenswahrscheinlichkeit (81 Prozent) als für Zähne mit nekrotischer Pulpa (68 Prozent) errechnet. Nagasiri et al. publizierten eine Überlebenswahrscheinlichkeit für endodontisch behandelte Molaren ohne Überkronung von 88 Prozent nach 2 Jahren und von 36 Prozent nach fünf Jahren; Molaren mit maximal erhaltener Zahnhartsubstanz hatten mit 78 Prozent nach fünf Jahren eine signifikant höhere Überlebenswahrscheinlichkeit [46]. Imura et al. [43] gaben nach mehr als 2 Jahren Liegezeit eine Erfolgsrate von 92,45 Prozent an, wobei mehrwurzelige Zähne eine schlechtere Prognose hatten als einwurzelige. Fonzar et al. veröffentlichten eine Erfolgswahrscheinlichkeit wurzelkanalbehandelter Zähne (ohne nach Unterscheidung der Zahntypen) von 93 Prozent nach 10 Jahren [45]. Setzer et al. gaben eine Erfolgsrate von 88 Prozent für wurzelkanalbehandelte Molaren nach 5,4 Jahren an [47].

An dieser Stelle sei angemerkt, dass die klinischen Studien zum Überleben von endodontisch behandelten Zähnen aus dem Bereich der konservierenden Zahnheilkunde stammen. Die Studien beschränkten sich auf die Ursachen der Reinfektion des Wurzelkanals, den Einfluss unterschiedlicher endodontologischer Behandlungsverfahren und die parodontale Situation an Einzelzähnen. Die Auswirkung einer prothetischen Restauration oder eines Stiftes wurde nicht untersucht.

Es ist aber allgemein bekannt, dass endodontisch behandelte Zähne per se eine kürzere Überlebenszeit als vitale Zähne haben, vor allem wenn sie als prothetische Pfeiler dienen [19], [112], [113], [114], [115].

Bis vor fünfzehn Jahren bestand noch die Auffassung, dass eine Stiftinsertion den endodontisch behandelten Zahn stabilisieren würde. Daher wurde jeder wurzelkanalbehandelte Zahn vor seiner definitiven Restauration mit einem Stift-Stumpfaufbau versorgt. Da aber die klinische Erfahrung gezeigt hat, dass eine Stiftinsertion ein zusätzliches potentielles Risiko für den Zahnerhalt darstellt, sieht man heute die Hauptaufgabe eines Stiftes nicht mehr in der Stabilisierung des Zahnes, sondern in der Verankerung des Stumpfaufbaus und damit in der Schaffung einer ausreichenden Retentionsmöglichkeit für die eigentliche prothetische Restauration. Ob ein Stift-Stumpfaufbau benötigt wird, ist also vom Zerstörungsgrad der Zahnkrone, der Lokalisation des Zahnes im Zahnbogen (endständig oder mittelständig) sowie der voraussichtlichen Belastung des Zahnes durch die geplante Restauration, die Bissverhältnisse (z.B. tiefer Biss) oder Bruxismus abhängig [7], [11], [15], [64], [121], [134].

1.2.2 Komplikationen bei Stift-Stumpfaufbauten

Wie das klinische Beispiel zur Rekonstruktion eines Brückenpfeilers (Abb. 1.2) zeigt, kann ein Zahn mit hohem koronalem Substanzverlust mittels endodontisch verankertem Stift-Stumpfaufbau rekonstruiert und erhalten werden.

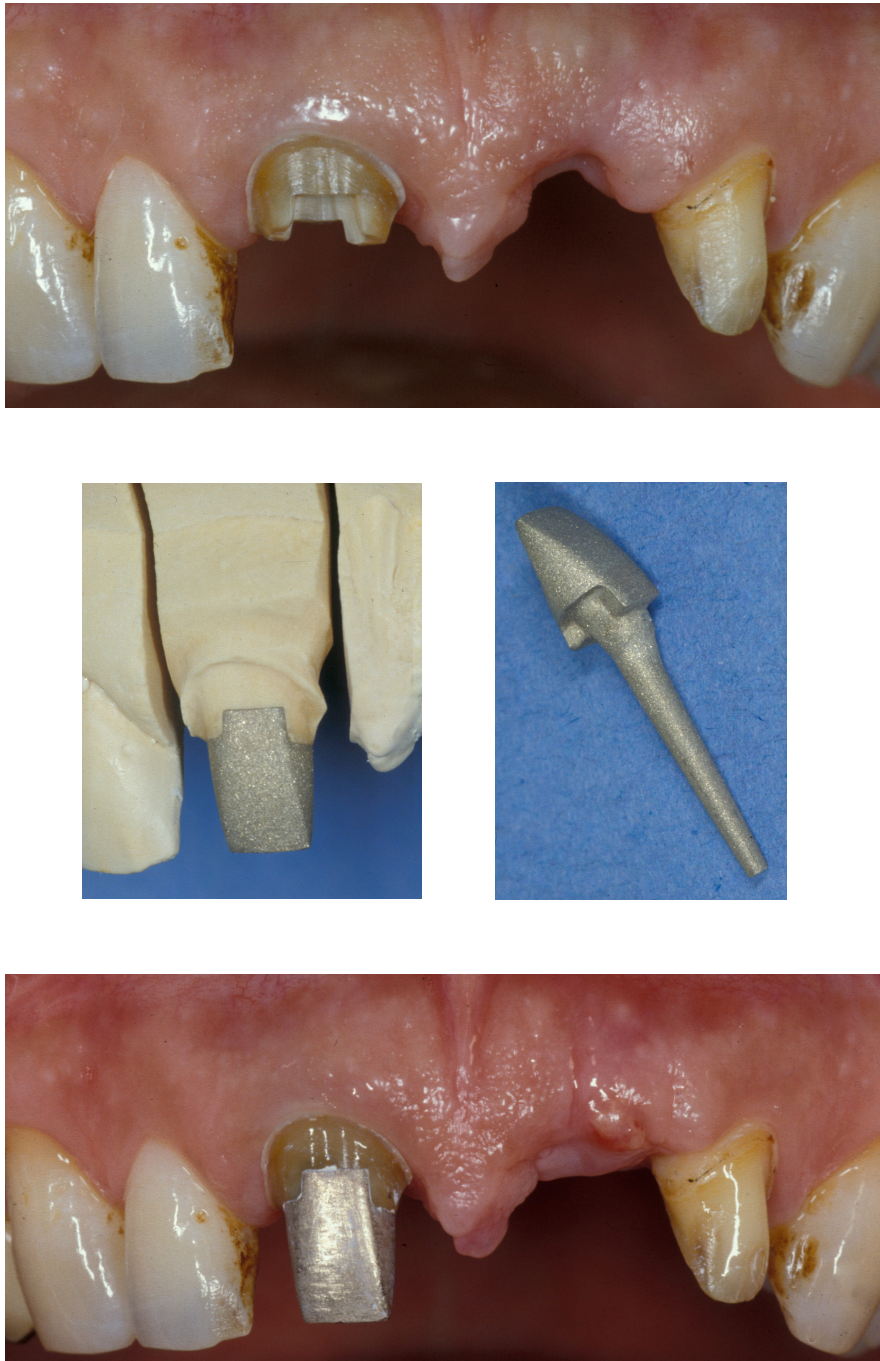


Abbildung 1.2: Klinisches Beispiel zur Rekonstruktion eines Brückenpfeilers in der Oberkiefer-Front mittels gegossenem Stift-Stumpfaufbau

Diese Therapie birgt aber einmalige und stetige Risiken für den Zahnerhalt. Iatrogen verursachte Komplikationen stellen einmalig die Perforation der Zahnwurzel bei der Stiftbohrung oder Zementierungsfehler dar, die zumeist in der Extraktion des betroffenen Zahnes resultieren. Ist die Rekonstruktion eines Zahnstumpfes mittels Stift-Stumpfaufbau geglückt, können stetig Komplikationen auftreten.

Die Dezementierung der Stift-Stumpfaufbauten stellt die weitaus häufigste Komplikation dar. Der Verbund zwischen Zahnwurzel, Stift-Stumpfaufbau und Ersatzkrone kann sich aufgrund mehrerer koexistenter Faktoren lösen, was bei Einzelkronen in der Dezementierung des Stift-Stumpfaufbaus mitsamt der Krone resultiert. Bei erhaltungswürdiger Zahnwurzel sind die dezementierten Stifte unter Umständen wieder einsetzbar, oder es kann eine Neuversorgung vorgenommen werden. Bei Brückenpfeilern - häufiger als bei Einzelkronen - kann die Dezementierung latent geschehen, was das Risiko für Sekundärkaries und einer Reinfektion des Wurzelkanals zusätzlich erhöht. Es ist bekannt, dass die Wurzelfüllung nicht geeignet ist, Bakterien langfristig an der erneuten Kontamination des Endodonts zu hindern. Zwei Studien zeigten, dass Bakterien in der Lage sind, eine Wurzelkanalfüllung innerhalb von 7-42 Tagen (je nach Studie) zu penetrieren [52], [65], [66].

Die Reinfektion des Wurzelkanals nach Stiftinsertion, die sich röntgenologisch durch eine apikale Aufhellung und klinisch durch Entzündungszeichen manifestiert, ist ein multifaktorielles Geschehen. Auf der Basis einer primär suffizienten Wurzelbehandlung kann die mikrobielle Penetration durch die Stiftbohrung selbst [52], eine undichte provisorische Versorgung während der Herstellungsphase eines laborgefertigten Stift-Stumpfaufbaus, aber auch durch einen insuffizienten Verbund zwischen Zahnwurzel und Stift-Stumpfaufbau und der Ersatzkrone verursacht werden. Letzteres kann iatrogen z.B. durch Fehler bei der Verankerung des Stiftes oder der Ersatzkrone oder durch Alterung des Verbundmaterials im Milieu der Mundhöhle, aber auch durch eine funktionelle Überlastung des rekonstruierten Zahnes bedingt sein. Hierbei spielt auch die Art und Qualität der prothetischen Restauration eine wichtige Rolle. In einer Studie von Ray und Trope konnte gezeigt werden, dass die Qualität der koronalen Restauration einen signifikanten Einfluss auf den Langzeiterfolg wurzelkanalbehandelter Zähne hatte [128].

Des Weiteren stellt die Entstehung von Sprüngen im Wurzeldentin ein potentielles Risiko für den Zahnerhalt dar: Das Wurzeldentin, das den Stift umgibt kann unter Belastung, unter anderem abhängig von Stift-Design und Dimensionierung, im Laufe der Zeit ermüden, Risse bilden - typischerweise am zervikalen Restauraionsrand oder am apikalen Ende des Stiftes - und schließlich brechen (Abb. 1.3) [22], [28], [29], [35], [128]. Die Ursachen dieser Mikrorisse sind Spannungen, die z.B. ein Schraubenanker durch seine ungleichmäßige Kraftübertragung an den Gewindespitzen ausübt [24], der hydrostatische Druck bei der Zementierung [26], [77] oder ein Keileffekt bei konischen Stiften, der die Wurzel sogar sprengen kann. Als Kofaktor gilt aber auch eine ungünstige prothetische Belastung [7], [27]. Des Weiteren wird in der Literatur beschrieben, dass Prämolaren und Molaren am häufigsten von Längsfrakturen betroffen sind [130].



Abbildung 1.3: Längsfraktur eines Oberkiefer-Prämolaren nach postendodontischer Stiftinsertion und Überkronung

In vitro konnte gezeigt werden, dass die Anatomie der Zähne einen grundlegenden Einfluss auf das Frakturrisiko hat. Insbesondere Zähne mit geringen mesio-distalen Wurzel durchmessern frakturierten häufiger [26], [77]. Wurzelfrakturen stellen die schwerwiegendste Komplikation dar, da der Zahn extrahiert werden muss [34].

Des Weiteren kann der Stift-Stumpfaufbau bei Überlastung selbst frakturieren, zumeist am Konturübergang des Kanalinlays in den Stift. Gründe hierfür finden sich seltenst in werkstoffbedingten Defiziten (z.B. Sprödigkeit des Zirkons, Lunkerbildung bei der Gusstechnik) oder labortechnischen Verarbeitungsfehlern. Zumeist frakturiert ein Stift-Stumpfaufbau aufgrund von Dimensionierungsfehlern in den Bereichen, wo bei abrupter Formänderung hohe Spannungen auftreten [7], [11], [4], [106], [121].

1.2.3 Exkurs Anatomie

Die Grundlage für eine erfolgreiche Stiftinsertion ist die Kenntnis über die Wurzelmorphologie des Zahnes, um Durchmesser und Länge eines Stiftes auf der Basis einer suffizienten Wurzelkanalfüllung bestimmen zu können.

Die Zähne im Oberkiefer-Frontzahnbereich müssen sowohl axialen Kräften beim Abbeißen als auch lateralen Kräften bei der Protrusion standhalten und haben daher eine lange Pfahlwurzel. Je größer der vertikale Überbiss ist, desto größer sind die einwirkenden extraachsialen Kräfte. Der Oberkiefer-Eckzahn hat die massivste Wurzel und kann daher in der Regel allein achsiale und laterale Kräfte bei Laterotrusion bewältigen.

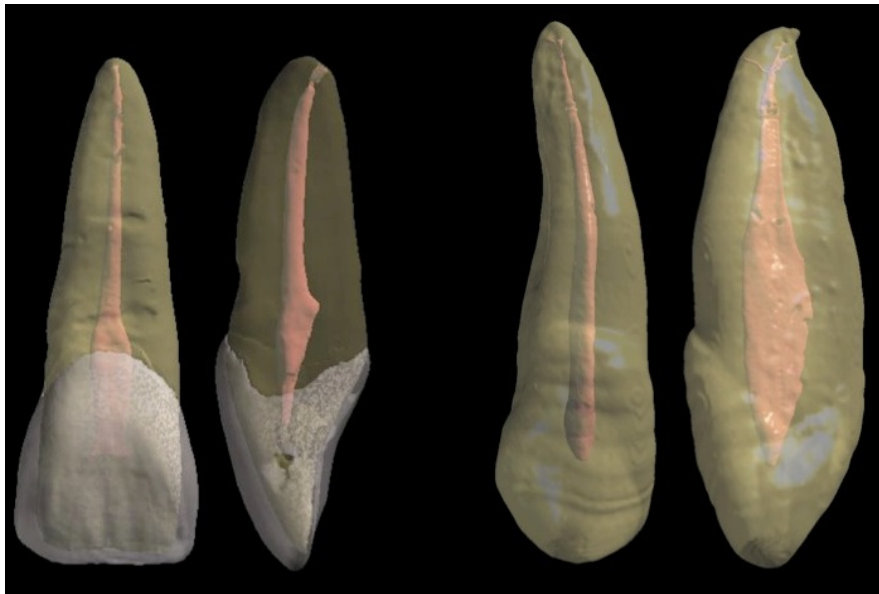


Abbildung 1.4: Anatomie eines mittleren Oberkiefer - Schneidezahns und eines Oberkiefer-Eckzahns [36].

Die seitlichen Schneidezähne sowie Unterkiefer-Schneidezähne sind anatomisch am grazilsten. Sie spielen bei der Kaukraftverteilung eine untergeordnete Rolle und haben wegen ihrer grazilen Struktur eine geringere prothetische Wertigkeit [130]. Daher werden sie meist in Form von Einzelzahnversorgungen (insbesondere durch Veneers) saniert, selten dienen sie als Pfeiler für eine prothetische Restauration.

Der sanduhrförmige Wurzelkanalquerschnitt von Unterkiefer-Frontzähnen stellt

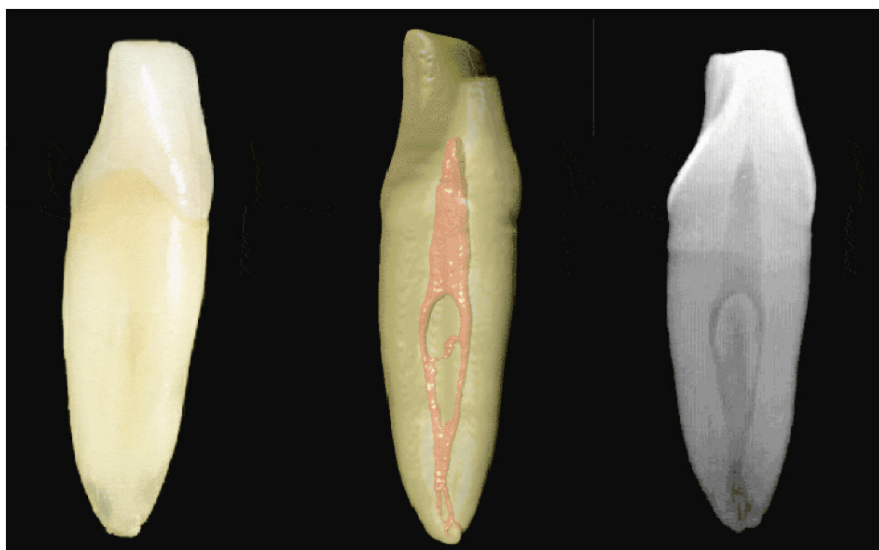


Abbildung 1.5: Anatomie eines Unterkiefer-Frontzahns, dreidimensionale Darstellung der Wurzelkanäle und analoge zweidimensionale Röntgenaufnahme [36].

bereits bei der endodontischen Behandlung eine Herausforderung dar (Anhang: A.3).

Prämolaren weisen die höchste anatomische Varianz auf. Sie sind auf Grund ihrer grazilen Struktur, mesialer Einziehungen und oft zweiwurzigen oder zweikanaligen Variation sowie einem oft längs-ovalen Wurzelkanal-Querschnitt oft schwer endodontisch und postendodontisch sanierbar (Anhang: A.1).

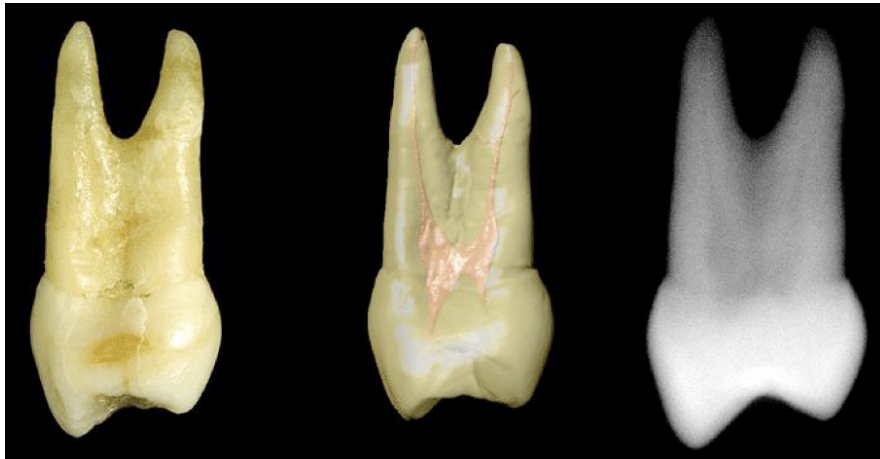


Abbildung 1.6: Anatomie eines Oberkiefer-Prämolaren, dreidimensionale Darstellung der Wurzelkanäle und analoge zweidimensionale Röntgenaufnahme [36].

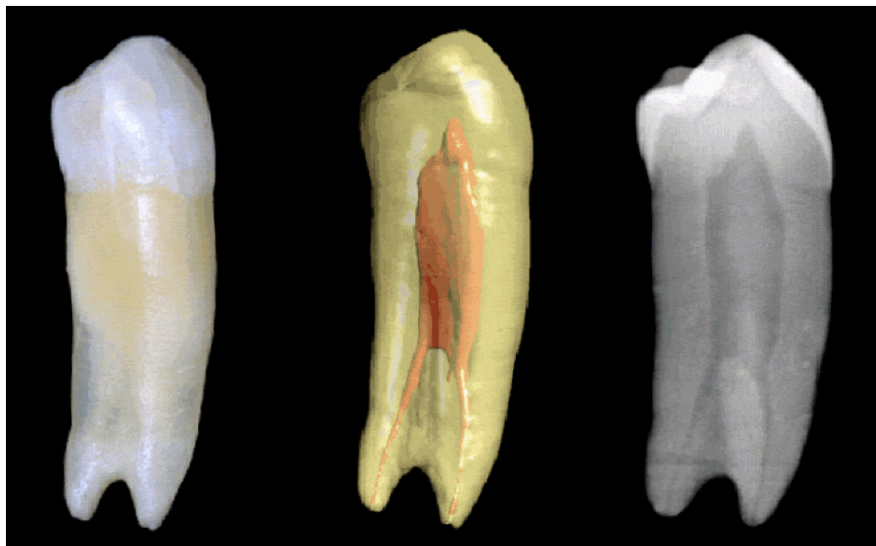


Abbildung 1.7: Anatomie eines Unterkiefer-Prämolaren, dreidimensionale Darstellung der Wurzelkanäle und analoge zweidimensionale Röntgenaufnahme [36].

Die Zähne im posterioren Bereich des Zahnbogens sind morphologisch so beschaffen, dass sie mit ihren divergierenden Wurzeln den axialen Kaukräften auf Dauer widerstehen können [130].

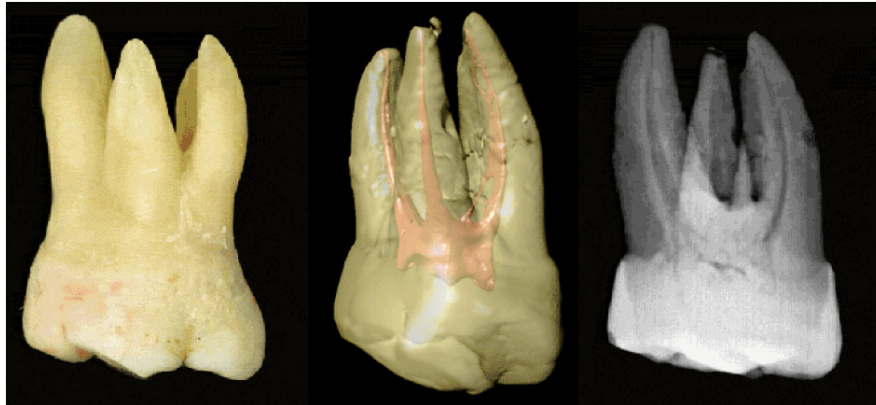


Abbildung 1.8: Anatomie eines Oberkiefer-Molaren, dreidimensionale Darstellung der Wurzelkanäle und analoge zweidimensionale Röntgenaufnahme [36].

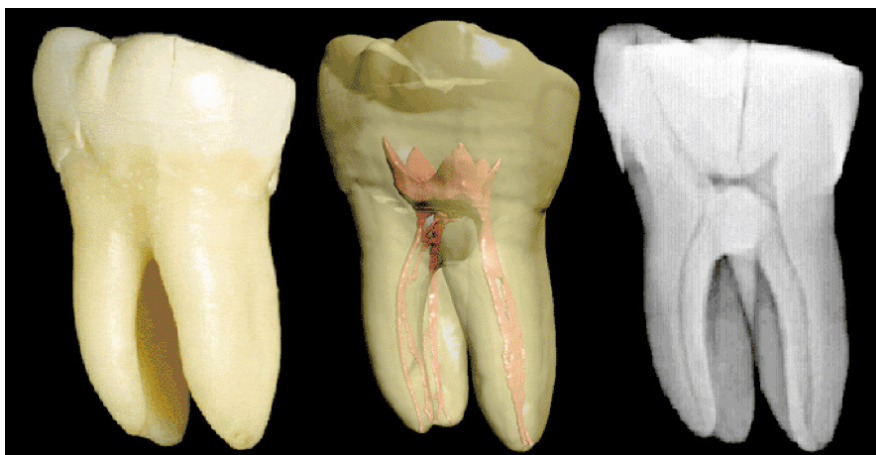


Abbildung 1.9: Anatomie eines Unterkiefer-Molaren, dreidimensionale Darstellung der Wurzelkanäle und analoge zweidimensionale Röntgenaufnahme [36].

Besonders bei Molaren stellt die Stiftpräparation eine Herausforderung dar: Divergierende Wurzeln, unterschiedlich dimensionierte Wurzeldurchmesser in mesio-distaler und vestibulo-oraler Richtung sowie eine unterschiedlich ausgeprägte Konizität der Wurzeln sind zu beachten. Etwaige proximale Einziehungen und Krümmungen der Wurzel spielen ebenso eine Rolle wie die Lage der Furkation und der Winkel der Krone in Bezug zur Wurzel (Anhang: A2, A4) [13], [106]. Der zweite Molar im Unterkiefer zeigt nach Weine et al. die größte Variation bei der Wurzelkanal-Konfiguration. Die Wurzelkanäle können sogar einen C-förmigen Querschnitt haben. Eine linguale Einziehung der Wurzeln birgt zudem die Gefahr

der Perforation des Wurzelkanals im Sinne einer “via falsa“ bei der Präparation für einen Stiftkanal, insbesondere wenn die Wurzelkanäle gekrümmt sind [57] (s. Anhang: A4).

Um die adäquate Dimensionierung der Stifte in Relation zur Wurzellänge und -morphologie zu bestimmen, werden Röntgenbilder der betroffenen Zähne angefertigt. Da die Zahnfilme, die als Ausgangs- und Kontrollbilder zu Rate gezogen werden, aber in einem bucco-lingualen Strahlengang aufgenommen werden, zeigen sie daher nicht die ganze Komplexität des Wurzelkanalsystems in seiner dreidimensionalen Struktur (Abb. 1.10). Aus diesem Grund ist die Stiftbohrung besonders bei palatinalen Wurzeln von Oberkiefermolaren und -prämolaren sowie lingualen Wurzelkanälen der Unterkiefermolaren zusätzlich erschwert. Die bildgebungsbedingte Überlagerung der Strukturen kann nur im Einzelfall (vor allem bei Prämolaren) durch eine exzentrische Aufnahme umgangen werden (Abb. 1.10).

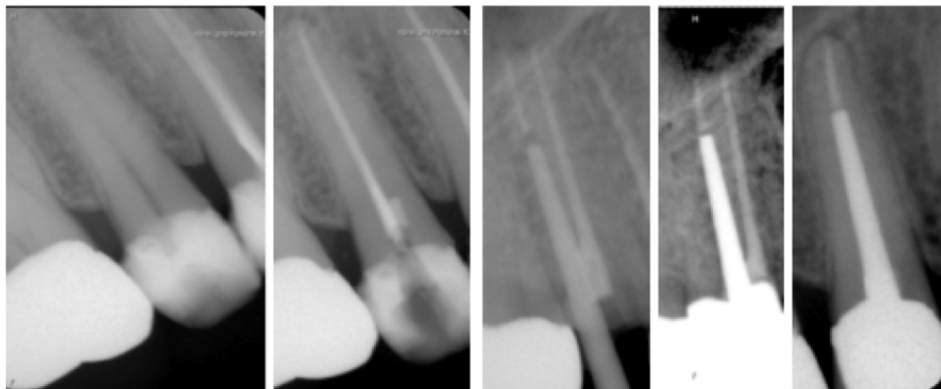


Abbildung 1.10: Röntgenaufnahmen eines anscheinend einkanaligen Prämolaren (15). Der zweite Kanal ist röntgenologisch nur durch eine exzentrische Aufnahme darstellbar.

1.2.4 Anforderungen an einen Stift-Stumpfaufbau

Ein Stift-Stumpfaufbau sollte eine ausreichende Stabilität und Biegefestigkeit besitzen, um im Verbund mit der Zahnwurzel und der artifiziellen Krone den Kaukräften dauerhaft standzuhalten.

Die Biegefestigkeit ist maßgeblich vom Durchmesser des Stiftes abhängig und wird durch die Werkstoffeigenschaften des Stift-Stumpfaufbaus beeinflusst [7], [31]. Derzeit werden einerseits Stift-Stumpfaufbauten mit eher hohem Elastizitätsmodul (aus NEM-Legierungen oder Zirkonoxidkeramik) und andererseits mit dentinähnlichem Elastizitätsmodul (faserverstärkte Kompositstifte), die einen stabileren Verbund über die adhäsive Verankerung im Wurzelkanal eingehen sollen, verwendet [91].

In Anlehnung an die aktuelle Literatur sollte bei der Stiftbett-Präparation so wenig Zahnschubstanz wie möglich abgetragen werden, um die Wurzel nicht zusätzlich zu schwächen [24], [30]. Die Wurzelkanäle sind aber in den meisten Fällen im Querschnitt oval, daher muss der Wurzelkanal erweitert werden, um einen zylindrischen oder runden Stift darin verankern zu können [15], [16]. Der runde Querschnitt der Stifte verlangt außerdem die Präparation eines Rotationsschutzes, was den zusätzlichen Verlust von Zahnhartsubstanz zur Folge hat. Insbesondere bei gegossenen Stift-Stumpfaufbauten ist die substanzschonende Präparation aufgrund der Eliminierung unter-sich-gehender Stellen, vor allem im Bereich des Kanalinlays, in der Praxis nicht immer realisierbar.

Des Weiteren sollten koronal einwirkende Kräfte gleichmäßig auf die Wurzelkanalwand übertragen werden. Die Kraftverteilung wird von der Dimensionierung und Geometrie des Stift-Stumpfaufbaus in Bezug zur Dimension der Wurzel bestimmt [135]. Im Hinblick auf die Stiftform wird berichtet, dass parallelwandige Stifte *in vitro* eine bessere Retention im Wurzelkanal aufwiesen und damit im Vergleich zu konischen Stiften höheren Belastungen standhalten würden. Aufgrund der größeren Retentionsfläche zur Kanalwand haben längere Stifte unter *In-vitro*-Belastung besser abgeschnitten als kürzere Stifte [23], [71], [72], [76]. In die Praxis übertragbare Richtlinien sind diesbezüglich anhand der aktuellen Studienlage aber nicht formulierbar.

In vivo sollten 3-4 mm der Wurzelfüllung apikal des Stiftes belassen werden, um eine Abdichtung des Apex zu gewährleisten. Somit richtet sich die Länge des Stiftes nach der Länge des geraden Anteils der Zahnwurzel. Idealerweise sollte die Stiftlänge 2/3 der Wurzellänge betragen. Klinisch muss die Stiftlänge aber individuell, abhängig von der Wurzelmorphologie bestimmt werden. Bei gekrümmten Wurzeln, Einziehungen oder ungünstigem Winkel der Krone zur Wurzel muss aufgrund der Perforationsgefahr auch der Einsatz kürzerer Stifte in Kauf genommen werden [57], [74], [75]. Der Stiftdurchmesser darf einerseits nicht zu gering sein, damit der Stift unter Belastung sich nicht verbiegt oder bricht, andererseits stel-

len erhöhte Stiftdurchmesser aufgrund der Zahnhartsubstanzen-schwächung eher ein zusätzliches Risiko für Wurzelfrakturen dar [24], [71], [76].

Einige Studien konnten zeigen, dass Stiftlänge [48], [76], Stift-design und Stift-Werkstoff [49] eine untergeordnete Rolle in Bezug auf die Fraktur-festigkeit spielen, wenn eine ausreichende Dentinumfassung durch die spätere Ersatzkrone gewährleistet ist. Dieses als Ferrule-Design bezeichnete Gestaltungsprinzip bewirkt mit nahezu parallelen Dentinwänden apikal des Aufbaus und einer 1,5 - 2 mm breiten Umfassung des Dentinsaums durch die definitive Krone - im Sinne eines Fassreifens - eine Widerstandsform gegen Scherkräfte, die bei Kaubelastung durch den Stift auf die Wurzel übertragen werden (Abb. 1.11) [11], [22], [31], [32], [33], [37], [38], [48], [49].

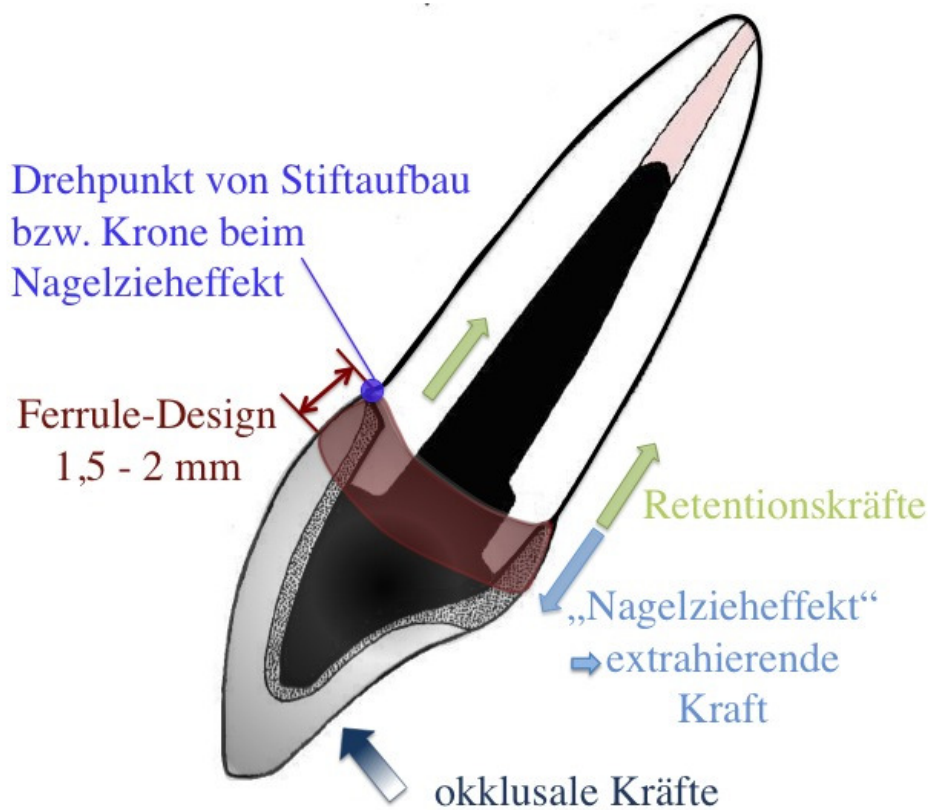


Abbildung 1.11: Ferrule-Design modifiziert nach Morgano und Brackett: Mit nahezu parallelen Dentinwänden apikal des Aufbaus bewirkt das Ferrule-Design, neben der Retention des Stiftes im Wurzelkanal (erste Retentionskraft), eine zweite Retentionskraft im Bereich der Dentinumfassung durch die Ersatzkrone, die der extrahierenden Kraft des Nagelzieh-Effektes bei extra-axialen okklusalen Belastungen entgegenwirkt [11], [91].

Um Zähne mit komplettem Verlust der klinischen Krone zu restaurieren, empfiehlt sich zur Umsetzung des Ferrule-Designs unter Beachtung der biologischen Breite eine chirurgische Kronenverlängerung oder kieferorthopädische Extrusion des Zahnes. Bei einer unzureichenden Restwurzellänge und einem ungünstigen Kronen-Wurzel-Verhältnis ist die Kronenverlängerung bei wenig erhaltener koronaler Zahnhartsubstanz jedoch kontraindiziert. In diesen Fällen wird aufgrund der schlechten Prognose des Zahnes empfohlen, eine alternative Therapie (Extraktion mit anschließender Brückenversorgung oder Implantation) in Erwägung zu ziehen [22], [51], [53].

Außerdem ist zu bedenken, dass ein rekonstruierter Zahn, der als Pfeiler einer Brücke oder einer herausnehmbaren Prothese dient, größeren horizontalen und/oder transversalen Belastungen ausgesetzt ist als ein einzelner zu überkronender Zahn in der intakten Zahnreihe [130]. Anhand eines mechanischen Modells konnte gezeigt werden, dass Oberkiefer-Frontzähne mitunter erheblichen achsialen und extraachsialen Kräften ausgeliefert sind. In Abhängigkeit von der Neigung der Palatinalfläche des Oberkiefer-Inzisivus und der Größe des „interinzisalen“ Kontaktpunktes als Kraftangriffspunkt ändert sich die Richtung und der Betrag der einwirkenden Kraft. Die Größe der Belastung kann somit durch die Gestaltung der Palatinalfläche der Kronen beeinflusst werden. Im Extremfall, bei annähernd parallelen Zahnachsen von Ober- und Unterkieferfront und knappem vertikalem Überbiss, wird der Oberkiefer-Inzisivus beziehungsweise die Ersatzkrone nach labial belastet und eine „extrahierende Kraft“ auf den Stift-Stumpfaufbau übertragen. Dadurch kommt es zu dem sogenannten „Nagelzieheffekt“ (Abb. 1.11), der für das Versagen des Verbundes zwischen Zahnwurzel und der Restauration verantwortlich gemacht werden kann. Dieser Effekt wird wegen Feuchtigkeitzutritts durch das Aufbrechen der palatinalen Zementfuge am Kronenrand noch beschleunigt [91].

Schließlich entscheidet eine suffiziente Verbundmöglichkeit zum Dentin, die eine Abdichtung gegen Speichel und Bakterien gewährleistet, über die dauerhafte Verankerung des Stift-Stumpfaufbaus im Wurzelkanal. Die Verbundqualität ist wiederum abhängig von der Passung des Stift-Stumpfaufbaus, dem Zement, der jeweiligen Oberflächenstrukturen und der Konditionierung von Stift-Stumpfaufbau und Wurzelkanalwand [7], [117]. Wünschenswert ist dennoch eine einfache Handhabung und die Revisionsmöglichkeit bei endodontischem Misserfolg.

1.3 Typische Stiftsysteme und ihre klinische Anwendung

Für die postendodontische Rekonstruktion von Zähnen mit ausgeprägten koronalem Substanzverlust stehen halbkonfektionierte Stiftsysteme mit vorgefertigten Wurzelstiften, die sich in Werkstoff, Form und Oberflächenstruktur unterscheiden sowie individuell modellierte Stift-Stumpfaufbauten, die jeweils indirekt im zahn-technischen Laboratorium oder direkt am Patienten hergestellt werden können, zur Verfügung.

1.3.1 Halbkonfektionierte Wurzelstifte

Die vorgefertigten Wurzelstifte können aktiv - mit Gewinde, oder passiv - ohne Gewinde und mit unterschiedlicher Geometrie (zylindrisch, kombiniert zylindrisch-konisch und konisch) hergestellt sein.

Aktive Schraubensysteme bieten dem Aufbau zwar eine gute Retention, durch die Schraubung entstehen jedoch - neben der Perforationsgefahr - Spannungsspitzen, die Wurzelfrakturen zur Folge haben können. Dies geschieht unabhängig davon, ob das Gewinde vorgeschritten wird oder selbstschneidend ist. Der koronale Aufbau erfolgt mittels plastischer Werkstoffe (Komposit oder Glasionomermaterial). Aufgrund der Nachteile der geschraubten Stifte sind sie heutzutage nur in Ausnahmefällen indiziert [7], [24], [53].



Abbildung 1.12: Unterschiedliche Typen von Radix-Ankern der Fa. Dentsply Maillefer

Gewindelose, passive Stifte mit zylindrischem, konischem oder kombiniert zylindrisch-konischem Design lassen sich bei geringer Wurzelschwächung gut anpassen. Sie sind aber weniger retentiv als aktive Stifte [55].

Vorteile bei konischen Stiften bietet das anatomisch morphologische Design analog zum Wurzelkanal. Dabei wird eine genaue Passung und Kontinuität zur Schichtstärke des zirkumkanalären Dentins erreicht und damit die Gefahr der iatrogenen

Perforation verringert [56]. Der Konizitätswinkel bedingt das Ausmaß der koronalen Schwächung des Zahnes und der Retention. Je geringer der Konizitätswinkel desto höher ist die Retention des Stiftes im Stiftbett [76]. In spannungsoptischen Versuchen konnte gezeigt werden, dass bei konischen Stiften Spannungsspitzen in den zervikalen und apikalen Bereichen auftreten. Nachteilig wirkt sich daher bei konischen Stiften, ohne koronale Abstützung in Form eines Plateaus, eine Keilwirkung auf die Wurzel aus. Dieser sogenannte "wedge-effekt" kann die Ursache von Wurzelfrakturen sein [28], [29], [97].

Zylindrische Stifte haben durch die Friktion paralleler Wände deutlich höhere Retentionswerte als konische Stifte - wenn die Passung nahezu spaltfrei ist. Bei zylindrischen Stiften werden auftretende Spannungen über die Gesamtlänge verteilt und die größte Belastung tritt an ihrem apikalen Ende auf [97]. Da sich die Zahnwurzel nach apikal verjüngt, besteht bei der Kanalbohrung zur Aufnahme von zylindrischen Stiften aber eher die Gefahr der Perforation. Daher müssen zylindrische Stifte kürzer gesetzt werden. Beim Einsetzen kann der Zement schlechter abfließen als bei konischen Stiften, was das Risiko von Passungenauigkeiten nach dem Zementieren erhöht [76].

Klinische Untersuchungen weisen darauf hin, dass ein zylindrisches Stift-Design eine bessere Retention aufweist und durch eine optimale Kraftverteilung klinisch erfolgreicher zu sein scheint als ein konischer Stift [23], [116].

Im Folgenden werden drei Stiftsysteme mit unterschiedlichem Design beschrieben:

Das ParaPost-System

Das ParaPost-System ist gekennzeichnet durch zylindrische Stifte in sieben unterschiedlichen, farbcodierten Durchmessern. Mittels Ausbrenn-/ Abdruckstiften aus Kunststoff und angussfähigen Edelmetallstiften, Titanstiften und Stahlstiften können direkte und indirekte Stift-Stumpfaufbauten hergestellt werden. Mit dem temporären Wurzelstift aus Aluminium können Stiftprovisorien hergestellt werden. Das System wurde außerdem mit glasfaserverstärkten Kompositstiften sowie Zirkonstiften ergänzt [111].



Abbildung 1.13: Parapost-System: Wurzelkanalbohrer, Ausbrenn-/ Abdruckstifte, Stift aus Aluminium zur provisorischen Versorgung

Das Erlanger-System

Der Steigungswinkel der Stifte des konisch passiven Erlanger-Systems beträgt 2,1 Grad und gewährleistet eine gute Retention aufgrund des Keileffektes. Das Instrumentarium umfasst neben einem diamantierten Planschleifer zur Präparation des Kavitätenbodens, die Erweiterer zur manuellen und maschinellen Wurzelkanalerweiterung und Präparation des Stiftbettes sowie ein diamantiertes zu den Erweiterern formkongruentes Aufrauinstrument zur Erhöhung der Zementretention. Die Kanalbohrer sind in zwei Längen und vier verschiedenen Durchmessern erhältlich. Das System beinhaltet Stifte aus glasfaserverstärktem Komposit (Abb.

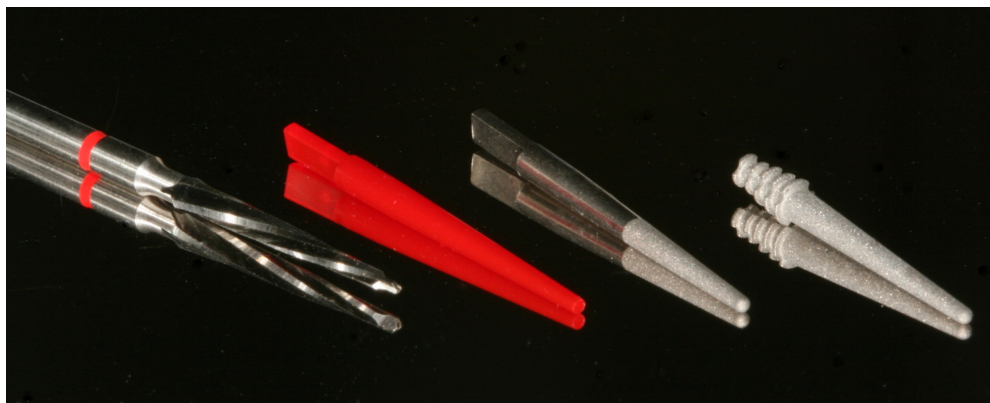


Abbildung 1.14: Er-System: Wurzelkanalbohrer, ausbrennbarer Cast-Stift, Stabilisierungsstift aus Titan (für geteilte Aufbauten) und Titanstift mit Retentionskopf (für direkte Komposit-Aufbauten)

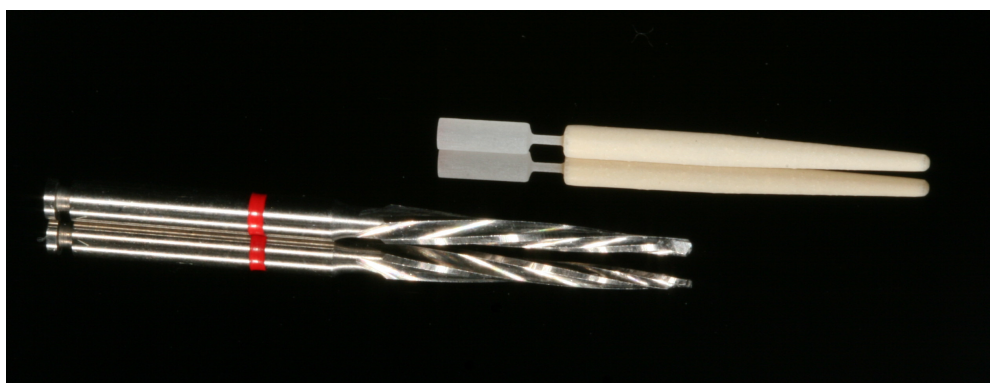


Abbildung 1.15: Er-System: DentinPost aus glasfaserverstärktem Komposit

1.15) oder Titan mit Retentionskopf zur Verankerung direkter Kompositaufbauten. Auf dem Cast-Stift aus ausbrennbarem Kunststoff kann die Modellation des Aufbaus und der Einstückguss des Stiftaufbaus erfolgen. Des Weiteren bietet das System angussfähige Platin-Iridium-, Heraplat-, Permador- oder ELD-Stifte sowie einen Stabilisierungsstift aus gezogenem Titan für geteilte Aufbauten. Neben verschiedenen Stiften zur temporären Versorgung ist im System der Cerapost enthalten, ein Zirkonstift, an den ein vollkeramischer Aufbau angepresst oder ein

direkter adhäsiver Kompositaufbau modelliert werden kann [117].

Das CosmoPost-System

Das CosmoPost-System findet mit dem kombiniert zylindrisch-konischen Stift-design und dem vollkeramischen Werkstoff (Zirkondioxid) seine Hauptindikation im Frontzahn- und ersten Prämolarenbereich. Die weiße Farbe des Stiftes und die Lichtdurchlässigkeit des angepressten Aufbaus (Lithiumdisilikatkeramik) erhalten die Transparenz von vollkeramischen Kronen. Die Stiftform soll durch den zylindrischen Anteil zervikal eine hohe Retention bei geringer koronaler Schwächung ermöglichen, und zusätzlich durch die apikale Konizität analog zum Wurzelkanal die Perforationsgefahr verringern. Das System stellt zwei Wurzelkanalbohrer mit den Durchmessern 1,4 mm und 1,7 mm mit den zugehörigen formkongruenten präfabrizierten Zirkonstiften zur Verfügung. Des Weiteren enthält das System Abformstifte und IPS Empress-Cosmo-Rohlinge. An den vorgefertigten Zirkonstift wird im indirekten Verfahren ein vollkeramischer Aufbau im Heißpressverfahren aus einem IPS Empress Rohling angepresst. Bei ausreichend koronaler Restzahnsubstanz kann nach adhäsiver Befestigung des Stifts daran auch ein direkter Aufbau aus Komposit modelliert werden [107].

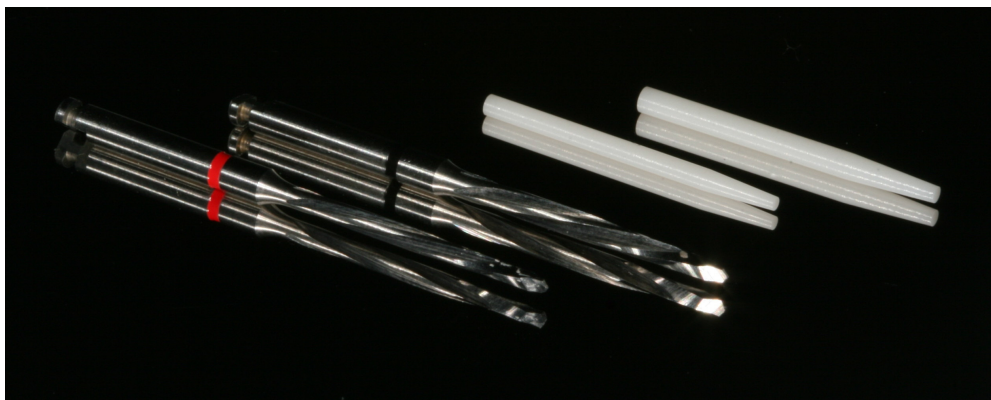


Abbildung 1.16: CosmoPost-System: Wurzelkanalbohrer in zwei unterschiedlichen Durchmessern mit formkongruenten Zirkonstiften

Moderne metallfreie passive Stiftsysteme bestehen entweder aus Zirkonoxidkeramik oder Kompositmaterialien auf Epoxidharzbasis, die durch Karbon-/ Glas- oder Quarzfasern verstärkt sind. Die günstigen optischen Eigenschaften der metallfreien Stifte können das Erscheinungsbild transluzenter keramischer Restaurationen vorteilhaft unterstützen [54]. Wurzelstifte aus verstärkten Kompositmaterialien verfügen im Vergleich zu metallischen oder keramischen Stiften über ein dentinähnliches biomechanisches Verhalten und haben den Vorteil, dass sie unter Umständen wieder entfernt werden können. Sie werden mit einem direkten Kompositaufbau versehen.

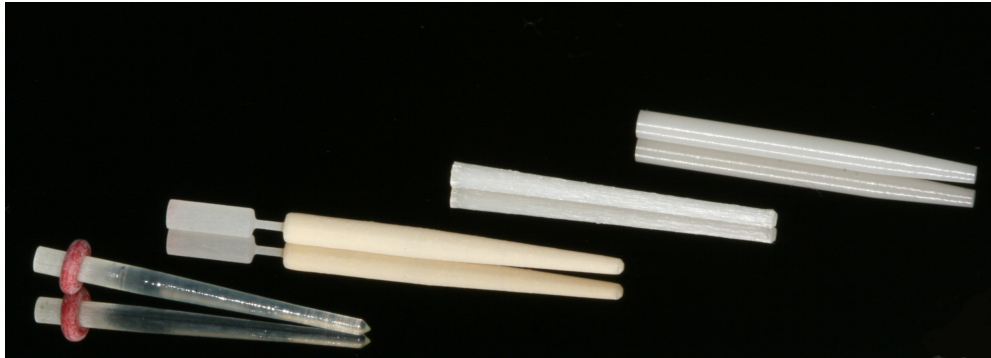


Abbildung 1.17: Moderne zahnfarbene Stifte: von links nach rechts: DT Post Quarzfaserstift, VDW GmbH München; DentinPost Coated DPC aus glasfaserverstärktem Komposit, Er-System: Fa. Braseler, Lemgo, Deutschland; ENAPost aus glasfaserverstärktem Komposit, Fa. Micerium S.p.A., Avego, Italien; CosmoPost aus Zirkoniumdioxid, Fa. Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein

Klinische Anwendung

Die Aufbauten halbkonfektionierter Wurzelstifte können direkt - im Mund des Patienten - oder indirekt - im zahntechnischen Laboratorium - hergestellt werden. Die direkte Methode ist indiziert, wenn die Krone zwar mit einem Stift verankert werden soll, aber noch ausreichend Restzahnschubstanz zur Retention des Aufbaus nach der Stumpfpräparation verbleibt. Nach Verankerung eines vorgefertigten Stiftes kann der Stumpfaufbau in der selben Sitzung mit einem plastischen Aufbaumaterial aus Komposit erfolgen. Vorteile sind der geringe Zeit- und Kostenaufwand und die maximale Schonung der Zahnhartsubstanz. Der adhäsive Aufbau gestattet ohne retentive invasive Präparationsmaßnahmen - unter Belassen unter-sichgehender Stellen und dünner Dentinwände - eine Stabilisierung derselben [117].

Die indirekte Methode wird bei Stift-Stumpfaufbauten aus Metall und Keramik angewandt. Der für die Aufnahme des Stift-Stumpfaufbaus präparierte Zahnstumpf wird mit Hilfe von vorgefertigten, zum Kanalbohrer formkongruenten Abdruck- bzw Ausbrennstiften aus Kunststoff oder dem Stift selbst mittels herkömmlicher Abformtechnik in ein Gipsmodell übertragen und nach Modellation des Aufbaus aus Wachs im zahntechnischen Laboratorium hergestellt. Die Modellation des Aufbaus kann gleichermaßen auch im Mund des Patienten mit plastischen Materialien vom Zahnarzt selbst durchgeführt werden. Die Umsetzung in den metallischen Stift-Stumpfaufbau erfolgt nach Modellation des Aufbaus an einen präfabrizierten, ausbrennbaren beziehungsweise angussfähigen Stift als Einstückguss (Abb. 1.18(1)) oder durch Anguss an einen präfabrizierten (angussfähigen) Stift (Abb. 1.18(2)). Bei Stift-Stumpfaufbauten aus Vollkeramik wird der Aufbau aus Lithiumdisilikatkeramik an einen vorgefertigten Zirkonstift angepresst. Divergieren die Einschubrichtungen von Stift- oder Retentionspräparation

mit dem Aufbau - zum Beispiel bei gekippten Zähnen -, oder ein mehrwurzeliger Zahn soll mit zwei divergierenden Stiften versorgt werden, stellen geteilte Stift-Stumpfaufbauten eine Option dar: Der Aufbau wird an einen präfabrizierten Stift anmodelliert und separat gegossen (Abb. 1.18(3)). Das Zusammensetzen von Stift und Aufbau mit unterschiedlichen Einschubrichtungen erfolgt zweizeitig beim Eingliedern beziehungsweise Zementieren im Mund des Patienten.



Abbildung 1.18: Indirekte Stift-Stumpfaufbauten: Einstückguss, Anguss-Verfahren und geteilter Stiftaufbau (ER-System) [117]

Das definitive Einzementieren erfolgt bei der indirekten Methode in einer zweiten Sitzung. Die auf diese Weise hergestellten Stift-Stumpfaufbauten weisen eine höhere Passgenauigkeit und eine höhere mechanische Festigkeit auf [78]. Allerdings gelten sie als teuer und zeitaufwändig. Ferner ist zumeist eine provisorische Versorgung erforderlich. Durch die temporäre Versorgung ist das Risiko einer Wurzelfraktur und der Reinfektion des Wurzelkanals durch die orale Mikroflora mit einer späteren periapikalen Reaktion erhöht [58], [59], [60]. Die definitive Stiftinsertion und die Kronenversorgung sollten daher zeitnah erfolgen, um eine Rekontamination und Endotoxin-Penetration durch die Wurzelfüllung zu vermeiden [52].

1.3.2 Individuelle Stift-Stumpfaufbauten

Die individuelle Modellation des Wurzelstiftes und des Aufbaus direkt im Mund des Patienten mittels Pattern Resin oder ähnlicher plastischer Materialien ist zeitaufwändig. Da bei unregelmäßigem Wurzelkanallumen nach Revision der Wurzelfüllung, bei inkongruenter Kanalbohrung oder Zweitversorgung nach missglückter Stiftinsertion präfabrizierte Stifte meist nicht mehr verwendet werden können, sind in diesen Fällen individuelle Stift-Stumpfaufbauten notwendig.

1.3.3 Stiftwerkstoffe

Stifte aus Metall

Bis heute dienen metallische Werkstoffe wegen ihrer hohen Festigkeit [76] als bevorzugtes Material für Stift-Stumpfaufbauten. Ein Maß für diese Festigkeit ist der E-Modul also der Widerstand eines Werkstoffes gegen elastische Deformation (Steifigkeit). Je kleiner der E-Modul ist, desto stärker gibt die Legierung bei gleicher Belastung nach. Individuelle oder halbkonfektionierte Stift-Stumpfaufbauten können aus Edelmetalllegierungen sowie Nichtedelmetalllegierungen gegossen beziehungsweise angegossen werden [78]. Bei den konfektionierten Wurzelstiften sind der Permador-Stift (Degussa) aus einer voll angussfähigen Gold-Platin-Legierung und der ELD-Stift (Degussa) aus einer bedingt angussfähigen Silber-Palladium-Legierung zu nennen. Für den Vollguss finden beispielsweise Legierungen (Gold-Platin / Iridium) wie BioSensoMed (Fa. Aurumed, Regensburg) und Degunorm (Fa. Degudent) mit einem E-Modul von 110 GPa Anwendung. Als NEM-Legierung (Nickel - Chrom), mit einem doppelt so hohem E-Modul als eine hochgoldhaltige Legierung, wird beispielsweise Girobond ND (Fa. GIRRACH, Koblach) und Microlit Isi (Fa. Schütz Dental, Rosbach) mit jeweils einem E-Modul von 220 GPa sowie Wiron 99 (Fa. BEGO, Bremen) mit einem E-Modul von 200 GPa, verwendet. Letzteres gilt durch eine fest anhaftende Passivschicht aus Chrom, Molybdän und Niob als extrem korrosionsbeständig [81].

Desweiteren wird Titan als Stiftwerkstoff verwendet. Titan weist einen E-Modul (110 GPa) wie eine hochgoldhaltige Legierung auf und ist chemisch inert. Aufgrund des hohen Schmelzpunktes von 1760 Grad wird Titan industriell gegossen und in Form von halbkonfektionierten Stiften eingesetzt [80]. An den Retentionskopf der zementierten Titanstifte werden direkte Komposit-Stumpfaufbauten anmodelliert.

In Laboruntersuchungen konnte beobachtet werden, dass sich bei maximaler Belastung von adhäsiv zementierten Stumpfreakonstruktionen mit Titanstiften und Stumpfaufbauten aus Komposit eher der Aufbau vom Stift löste, als dass der Stift oder die Wurzel frakturierten. Im Vergleich dazu gab bei gegossenen Stift-Stumpfaufbauten aus einer hochgoldhaltigen Legierung aufgrund der Festigkeit und des höheren Elastizitätsmoduls im Vergleich zum Dentin eher der Zahn oder der Verbund zwischen Restauration und Zahn nach, als der Stift selbst, was in Wurzelfrakturen oder Dezementierungen des gesamten Stift-Stumpfaufbaus resultierte [69], [120], [121]. Klinisch wurden bei Überlastung häufiger Undichtigkeiten und Dezementierungen als Wurzelfrakturen und Stifftrakturen beobachtet [61], [62].

Als Nachteil kann gesehen werden, dass eine Wiederentfernbarkeit bei endodontischer Komplikation bei Metallstiften gar nicht oder nur unter erheblicher Zahnhartsubstanzopferung möglich ist. Für Stift-Stumpfaufbauten aus nicht korrosionsbeständigen Legierungen konnten klinisch Verfärbungen durch Einlagerung von Korrosionsprodukten in Zahnhartsubstanz und Mukosa beobachtet werden

[79]. Die mit Metallstiften rekonstruierten Zahnstümpfe sollten vor allem im Frontzahnbereich mit einer Metall- oder metallkeramischen Ersatzkrone versorgt werden, da sich unter anderem das durchscheinende Metall bei keramischen Kronen im ästhetischen Sinn unvorteilhaft auswirken kann [64], [78].

Auf die klinische Bewährung wird im Weiteren noch näher eingegangen werden.

Stifte aus Keramik

Keramische Wurzelstifte (Abb. 1.16, 1.17) sind besonders zur Rekonstruktion von Frontzähnen und Prämolaren geeignet, weil sie durch die günstige Lichttransmission als zahncfarbene postendodontische Restaurationen unter vollkeramischen Kronen deren Ästhetik vorteilhaft unterstützen. Mit einem zehnmal höheren Elastizitätsmodul als Dentin weisen Zirkonstifte eine gute mechanische Belastbarkeit auf (hohe Biegefestigkeit $> 800 \text{ N/mm}^2$, Elastizitätsmodul 210 GPa und Bruchzähigkeit 7 MPa m^{1/2}). Aufgrund ihrer Sprödigkeit können Keramikstifte, abhängig vom Wert der Bruchzähigkeit, jedoch brechen [70]. Einige Studien berichten über hohe Frakturnraten bei In-vitro-Belastungsversuchen: Mannocci et al. verglichen das Verhalten von Zirkonstiften und faserverstärkten Kompositstiften bei Kausimulation. 60 Prozent der Zirkonstifte brachen, wogegen bei faserverstärkten Stiften nur 10 Prozent von einer Fraktur betroffen waren [73]. Rosentritt et al. verglichen glaskeramische Empress-Stifte mit Zirkonstiften (CosmoPost) und gegossenen Stift-Stumpfaufbauten aus Metall. Die Empress-Stifte brachen bereits bei 100 N, die Zirkonstifte dagegen erst bei 180 N. Die höchste Bruchlast von 240 N erreichten die gegossenen Stift-Stumpfaufbauten [77]. Im Gegensatz dazu gaben Heydecke et al. und Butz et al. in zwei vergleichbaren Studien jeweils eine Überlebensrate von Zirkonstiften mit angepressten Aufbauten aus Lithiumdisilikat-Keramik von 100 Prozent nach In-vitro-Kausimulation an. Sie schnitten besser ab als gegossene Stift-Stumpfaufbauten aus Metall mit 87,5 und 81 Prozent Erfolgsrate (je nach Studie). Beide Autoren empfehlen Zirkonstifte mit angepressten Aufbauten als ästhetische Alternative zu klassischen Stiftsystemen [69], [120], [121]. Die Kombination von Zirkonstiften mit direkten Kompositaufbauten hat sich unter In-vitro-Belastung jedoch nicht bewährt [120]. Bezüglich der Lage und Anzahl der Frakturlinien wurden sowohl bei Keramik- als auch bei Metallstiften Wurzelfrakturen beobachtet, die eine Wiederversorgung der Zähne nicht mehr ermöglichten [69], [94], [120], [121].

Erste klinische Studien liefern trotz erhöhter Inzidenz von In-vitro-Stiftbrüchen hohe Erfolgsbilanzen: Kern et al. berichteten 1998 über 80 postendodontisch mit Keramikstiften versorgte Frontzähne und gaben bei einer durchschnittlichen Liegezeit von (allerdings nur) 16 Monaten eine Überlebensrate von 100 Prozent an [63]. Edelhoff et al. berichteten 1998 über 17 im Frontzahnbereich und 11 im Seitenzahnbereich adhäsiv zementierte Stift-Stumpfaufbauten (CosmoPost), von denen 19 über einen mittleren Beobachtungszeitraum von 6,7 Monaten klinisch nachkontrolliert wurden [64]. 2006 berichteten Nothdurft et al. über einen misserfolgsfreien Beobachtungszeitraum von 29 Monaten bei 30 Zirkonstiften mit ange-

presstem Aufbau, ebenfalls bei Frontzähnen [67]. Klinische Langzeitstudien stehen aber bislang noch aus.

Falls der Stift versagt oder der Wurzelkanal aufgrund einer apikalen Entzündung revidiert werden muss, kann im Vergleich zu faserverstärkten Komposit-Stiften ein Zirkonstift ebenso wie ein Metallstift kaum mehr aus dem Wurzelkanal entfernt werden [68].

Stifte aus faserverstärkten Kunststoffen

Die postendodontische Versorgung mit Glas- oder Quarzfaserstiften (Abb. 1.19) auf Epoxidharzbasis wurde erstmals 1990 beschrieben. Der maximale Erhalt der Zahnhartsubstanz sowie die zahnähnliche Farbe und Lichtdurchlässigkeit werden als Vorteile postuliert [84], [85], [137]. Zu den besonderen werkstoffkundlichen Vorteilen soll der dem Dentin ähnliche Elastizitätsmodul zählen. Im Vergleich zu Stiften aus Keramik (> 200 GPa) oder Metall (Titan 110 GPa) liegt der E-Modul von Glasfaserstiften (30-56 GPa) näher dem des Dentins (12-25 GPa). Die E-Moduli von faserverstärkten Stiften sind jedoch richtungsabhängig. Die Fasern sorgen in Faserrichtung für hohe E-Moduli und damit für eine hohe Biegefestigkeit, quer dazu sind die E-Moduli allerdings niedrig. Der E-Modul der Kunststoff-Matrix zwischen den Fasern verhält sich ähnlich wie der des Dentins. Unter Belastung sollen diese Stifte im adhäsiv stabilisierenden Verbund mit der Zahnwurzel und der definitiven Restauration eine Biegung des gesamten Komplexes entsprechend dem Dentin ermöglichen [70], [73].

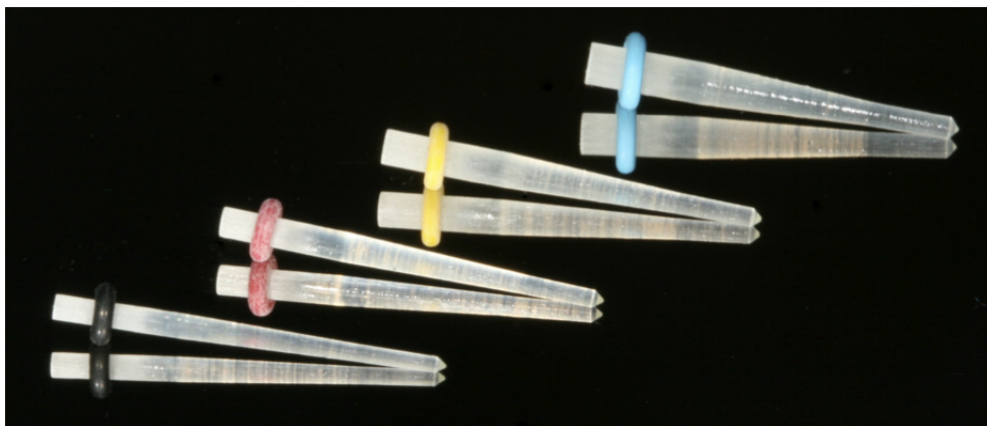


Abbildung 1.19: DT Post Quarzfaserstifte in vier unterschiedlichen Durchmessern, VDW GmbH München

Zumindest theoretisch würde sich dann ergeben, dass sich in der Verbundzone keine beziehungsweise kaum Scherspannungen ergeben, was als vorteilhaft angesehen wird. Im Gegensatz dazu würde sich - wenn dauerhaft ein kraftschlüssiger Verbund zwischen Stiftwerkstoff mit sehr hohem E-Modul (Zirkon, NEM) und Dentin gelingt - eine Stabilisierung der Zahnwurzel einstellen. Es würde damit also gelingen, das Frakturrisiko eines eher klein dimensionierten Zahnes zu senken, was ein klinisch relevanter Vorteil wäre. Diese theoretischen Ansätze konnten aber

bislang wissenschaftlich noch nicht nachgewiesen werden.

In einer klinischen Studie zeigten Ferrari et al. nach 4 Jahren eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 81,3 Prozent bei überkronten Prämolaren, die mit Glasfaserstiften versorgt wurden. Bei faserverstärkten Stiften waren im Vergleich zu gegossenen Metallstiften signifikant weniger Fehlschläge zu verbuchen [86]. In einer prospektiven Studie von Malferrari et al. [84] mit 180 Quarzfaserstiften bei 132 Patienten wurde eine Misserfolgsrate von 1,7 Prozent (eine Aufbaufaktur und zwei Retentionsverluste) nach 30 Monaten angegeben. In einer weiteren Studie von Fredriksson et al. [104] blieben 236 Karbonfaserstifte bei 146 Patienten nach 27 bis 41 Monaten ohne einen Misserfolg und bei Ferrari et al. [85] wurden von 100 Karbonfaserstiften nach 48 Monaten 5 Prozent der Versorgungen als Misserfolg betrachtet (3 Prozent der Patienten wurden als nicht mitarbeitend eingestuft und 2 Prozent der Zähne zeigten periapikale Läsionen). Eine Nachuntersuchung von Piovesan et al. [103] ergab eine Überlebensrate von 90,2 Prozent bei 109 faserverstärkten Stiften nach 97 Monaten. Die Zahngruppe sowie die Position und Art der Restauration hatte keinen signifikanten Einfluss auf das Überleben der Stifte. Die Autoren empfahlen den Einsatz von Glasfaser-verstärkten Kompositstiften für den routinemäßigen klinischen Einsatz.

Im Gegensatz dazu befand eine Studie von King et al., [141], dass faserverstärkte Stifte über eine Zeit von 7,3 Jahren signifikant schlechter abschnitten als indirekte gegossene Stift-Stumpfaufbauten. Allerdings besitzt keine der Studien eine Aussagekraft über den Einfluss von Zahncharakteristika, der Präparation, der vorhandenen Restzahnhartsubstanz, der Ferrule-Dimensionen oder der Restauration mit unterschiedlichen prothetischen Konstruktionen. Nach aktueller Datenlage wird der Einsatz faserverstärkter Komposit-Stifte vor allem wegen ihres geringeren Frakturrisikos im Vergleich zu Zirkonstiften und einfacher, praxisorientierter Handhabung für den routinemäßigen Einsatz empfohlen. Da verlässliche klinische Daten über die klinische Langzeitbewährung noch nicht bekannt sind, kann bislang keine Aussage darüber gemacht werden, ob sich Glasfaserstifte auf lange Sicht besser eignen als konventionelle Stift-Stumpfaufbauten aus Metall [116], [132], [140], [142]. Bis dato wird der Einsatz von faserverstärkten Stiften nur für Versorgungen ohne ausgedehnte Zahnhartsubstanzdefekte und ohne hohe Belastungen empfohlen [7], [83], [92], [93], [94], [105].

1.3.4 Befestigung der Stift-Stumpfaufbauten

Metallstifte wurden aufgrund der einfachen und effizienten Anwendung lange Zeit mit Hilfe von Zementen auf Glasionomer- und Zinkoxidphosphat- oder Eugenolbasis zementiert. Seit Etablierung neuerer Restaurierungsmethoden und Werkstoffe wird die adhäsive Befestigung der Stifte mittels Kompositzementen in Verbindung mit einem korrespondierenden Dentinadhäsiv-System empfohlen. Als vorteilhaft wurden im Gegensatz zur konventionellen Zementierung eine erhöhte Retention

der Stifte, ein geringeres Leakage und ein - angeblicher - transienter Verstärkungseffekt beschrieben [87], [88], [135], [137]. Der Klebeschicht wird eine Pufferfunktion zugeschrieben, die die unterschiedlichen Elastizitätsmodule von Stift und Dentin ausgleichen und so das Risiko von Wurzelfrakturen verringern soll [137].

Zu bedenken ist aber, dass der adhäsive Verbund zum Dentin noch nicht abschließend geklärt ist. Die Bedingungen für eine sichere Anwendung der Adhäsivtechnik bei avitalen Zähnen mit hohem koronalem Substanzverlust sind zudem vergleichsweise ungünstig: Eine absolute Trockenlegung ist aufgrund der reduzierten Zahnschicht meist nicht möglich und die kontrollierte Applikation der einzelnen Substanzen in den Wurzelkanal ist erschwert. Vor dem Hintergrund einer hohen Polymerisationsschrumpfung innerhalb der dünnen Zementfuge, einer Polymerisationshemmung durch Eugenol-haltige Sealer und der noch bislang ungeklärten Einwirkung von Natriumhypochlorid erscheint der adhäsive Verbund unsicher. Ob die adhäsive Verankerung von Stift-Stumpfaufbauten wirklich von Vorteil ist, ist nicht geklärt [82], [106], [117].

In einer vergleichenden Studie wurde das Frakturrisiko von 4 unterschiedlichen Stumpfreakonstruktionen untersucht, wobei Komposit-Stumpfaufbauten (ohne Stift) mit 3 unterschiedlichen adhäsiv zementierten Stifttypen (gegossene Stift-Stumpfaufbauten aus hochgoldhaltiger Legierung, präfabrizierte Titanstifte mit Kompositaufbau und Quarzfaserstifte mit Kompositaufbau) verglichen wurden. Die In-vitro-Untersuchung konnte keinen signifikanten Unterschied aufdecken. Das Frakturrisiko wurde nur durch das Ferrule von 2 mm verringert. Andere Parameter wie Stiftlänge, Stifttyp, E-Modul und Befestigungsmaterial wurden als nebensächlich klassifiziert. Zusammenfassend wurde das Bewahren der Zahnhartsubstanz als der wichtigste Faktor zur Minderung des Frakturrisikos und für den Langzeiterfolg eingestuft [95].

1.4 Klinische Bewährung - Literaturübersicht

Kaum ein Thema wurde und wird in der Zahnmedizin so intensiv und kontrovers diskutiert wie die postendodontische Versorgung von koronal zerstörten Zähnen mit Stift-Stumpfaufbauten.

Unzählige In-vitro-Studien befassen sich mit Untersuchungen zur Biege- und Bruchfestigkeit verschiedener Stiftwerkstoffe, mit dem Frakturrisiko der Zahnwurzel nach Stiftinsertion und mit diversen mechanischen Belastungsversuchen zur Identifikation von Versagensmustern. Diese Studienergebnisse sind aber nur bedingt auf das klinische Verhalten übertragbar. Es finden sich keine klinischen Studien mit großem Patientenkollektiv, die eine Analyse hinsichtlich des Langzeiteinflusses der prothetischen Versorgung auf das Überleben von Stift-Stumpfaufbauten zulassen. In den aktuellen Literatur-Reviews wird bemängelt, dass nur wenige Studien über das klinische Langzeitverhalten von postendodontisch rekonstruierten Zähnen verfügbar sind. Die Ergebnisse der vorhandenen klinischen Studien lassen sich zudem aufgrund unterschiedlicher Studiendesigns, Rekonstruktionstechniken, statistischer Methoden und der Verwendung verschiedenster Stift- und Aufbau-Werkstoffe sowie unterschiedlicher Befestigungszemente kaum vergleichen. In den aktuellen Reviews wurde übereinstimmend ein Defizit an randomisierten klinischen Studien bemängelt [98], [121], [132], [133], [135].

Im Folgenden wird dennoch versucht die aktuelle Literatur zwecks eines Ergebnisüberblicks auszuwerten.

Die Studien wurden gemäß der Art ihrer Ergebnisse in zwei Tabellen gruppiert. Die erste Tabelle gibt einen Überblick über die Studienergebnisse zur Überlebenswahrscheinlichkeit von Stift-Stumpfaufbauten. Die Überlebenswahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meyer ist ein statistisch errechneter Prozentwert, der innerhalb eines Kollektivs anhand der verlorengegangenen und erfolgreichen Versorgungen in Bezug zu deren Zeit unter Risiko die Wahrscheinlichkeit angibt, mit der ein Stift-Stumpfaufbau überlebt.

In der zweiten Tabelle werden die Studien aufgelistet, deren Ergebnisse reine Verlustraten darstellen. Die Verlustrate wird als Prozentwert angegeben, der das Verhältnis von verlorengegangenen (und erfolgreichen) Stift-Stumpfaufbauten in Bezug zum Gesamtkollektiv angibt - ohne dass die zeitliche Komponente (wie lange die jeweiligen Stift-Stumpfaufbauten bis zu ihrem Versagenszeitpunkt in Funktion waren) berücksichtigt wird.

Autor Publikationsjahr	n	Stiftsysteme	Prothetik	Jahre *	Ergebnisse **	Anmerkung
Creugers et al. 1993 [98]		gegossene SSA (k) Metallstifte/SA (k/a)	Kronen	6	91% 81 %	Metaanalyse (14 Studien) 11 Studien mangels Vergleichbarkeit ausgeschlossen
Mentink et al. 1993 [102]	516	gegossene konische SSA (k)	Kronen	10	82 % für FZ	Misserfolge wg. PA, Karies, Endo wurden ausgegrenzt; Dezementierung häufigster Misserfolgsgrund
Valderhaug et al. 1997 [99]	397	106 gegossene SSA (k) 291 vitale Zähne	Kronen, Brücken	25	50 % 60 %	ÜLW nach 10 Jahren 78 % (SSA), 83 % bei vit. Zähnen; 20 % Verluste
De Backer et al. 2006 [118]	1037	821 gegossene SSA (k) 215 Kronen ohne Stift	Kronen	18	79,4 % 74,9 %	ÜLW ges. 78,1 %; Stiftinsertion hatte keinen Einfluss auf ÜLW
Wietske et al. 2007 [123]	307	118 gegossene SSA (a) 150 Metallstifte/SA (k/a) 39 adhäsive SA	Kronen	17	85-92 % 71-92 % 83-88 %	ÜLW Zahn/Restauration getrennt betrachtet, abh. von Restzahnschubstanz
Piovesan et al. 2007 [103]	109	Glasfaserstifte (a)	Kronen, keine (Komposit)	8	90,2 %	keine Unterschiede bezüglich Front- und Seitenzähnen
Ferrari et al. 2007 [86]	240	160 Glasfaserstifte (a) 80 Metallstifte/SA(k/a)	Kronen	4	81,3 % 70 %	nur Prämolaren Verlustrate ges. 18,7%
Gomez-P. et al. 2010 [122]	112	86 gegossene SSA (k) 26 Metallstifte/SA(k/a) zylindrisch	Kronen, Brücken	10	83 %	Verlustrate ges. 17 % mittlere Überlebens- Zeit 8,47 Jahre
Balkenhol et al. 2007 [126]	802	gegossene konische SSA (a)	Kronen, Brücken, Teleskope	10	70 % 68 % 25 %	mittlere Überlebenszeit 7,3 Jahre, Verlustrate 11,2 %, ÜLW gesamt 52 %
Hikasa et al. 2010 [125]	1053	187 gegossene SSA (a) 866 adhäsive SA	Kronen, Brücke	15	55,4 % 78,7 %	Verlustrate 19,4 % (SSA), 11 % adhäsive SA

* Beobachtungszeitraum

** Überlebenswahrscheinlichkeit (ÜLW) nach Kaplan-Meier

n = Anzahl der untersuchten Zähne

SSA = Stift-Stumpfaufbau

SA = Stumpfaufbau (Komposit)

(k) = konventionell zementiert

(a) = adhäsiv verankert

FZ = Frontzähne

Tabelle 1.2: Studien zur Überlebenswahrscheinlichkeit von (metallischen) Stift-Stumpfaufbauten.

Creugers et al. [98] zeigten anhand einer Metaanalyse Überlebenswahrscheinlichkeiten von präfabrizierten Metallstiften mit Komposit-Aufbau und gegossenen

Stift-Stumpfaufbauten von 81 Prozent und 91 Prozent nach 6 Jahren. Von 14 theoretisch auswertbaren Studien wurden 11 wegen mangelnder Vergleichbarkeit von der Auswertung ausgeschlossen. Creugers et al. zeigten des Weiteren, dass innerhalb eines Beobachtungszeitraums von 5 Jahren endodontisch behandelte Zähne ohne Stift die gleichen Erfolge aufwiesen wie jene, die mit einem Stift versorgt wurden. Sie gaben eine Erfolgsrate von 96 Prozent an [100].

In einer Studie von Mentink et al. (Abb. 1.20), in der 516 Zähne mit konventionell zementierten Stift-Stumpfaufbauten aus einer gold- oder silberhaltigen Legierung versorgt wurden, konnte von 1970 bis 1990 eine Überlebenswahrscheinlichkeit für Frontzähne mit Einzelkronen von 82 Prozent nach 10 Jahren ermittelt werden. Allerdings wurden Misserfolge aufgrund Sekundärkaries, parodontaler Probleme und apikaler Läsionen aus der Studie ausgegrenzt. Der häufigste Grund für einen Misserfolg war die Dezementierung der Stift-Stumpfaufbauten. Einzelkronen bei Prämolaren und Molaren zeigten die höchsten Überlebenswahrscheinlichkeiten [102].

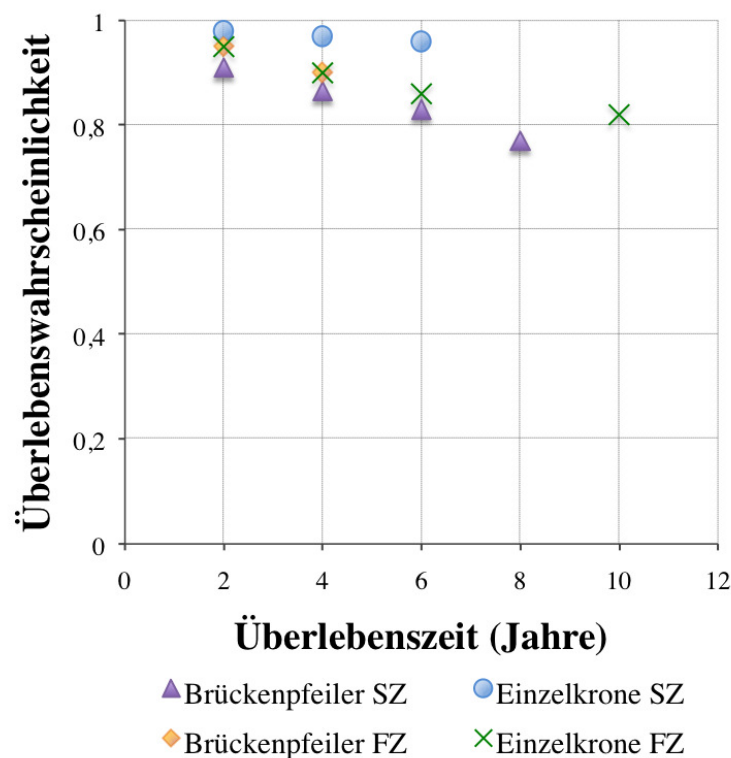


Abbildung 1.20: Rekonstruktion der Studienergebnisse zur Überlebenswahrscheinlichkeit von Stift-Stumpfaufbauten aus der Studie von Mentink et al. [102].

SZ = Seitenzahn-Bereich, FZ = Frontzahn-Bereich

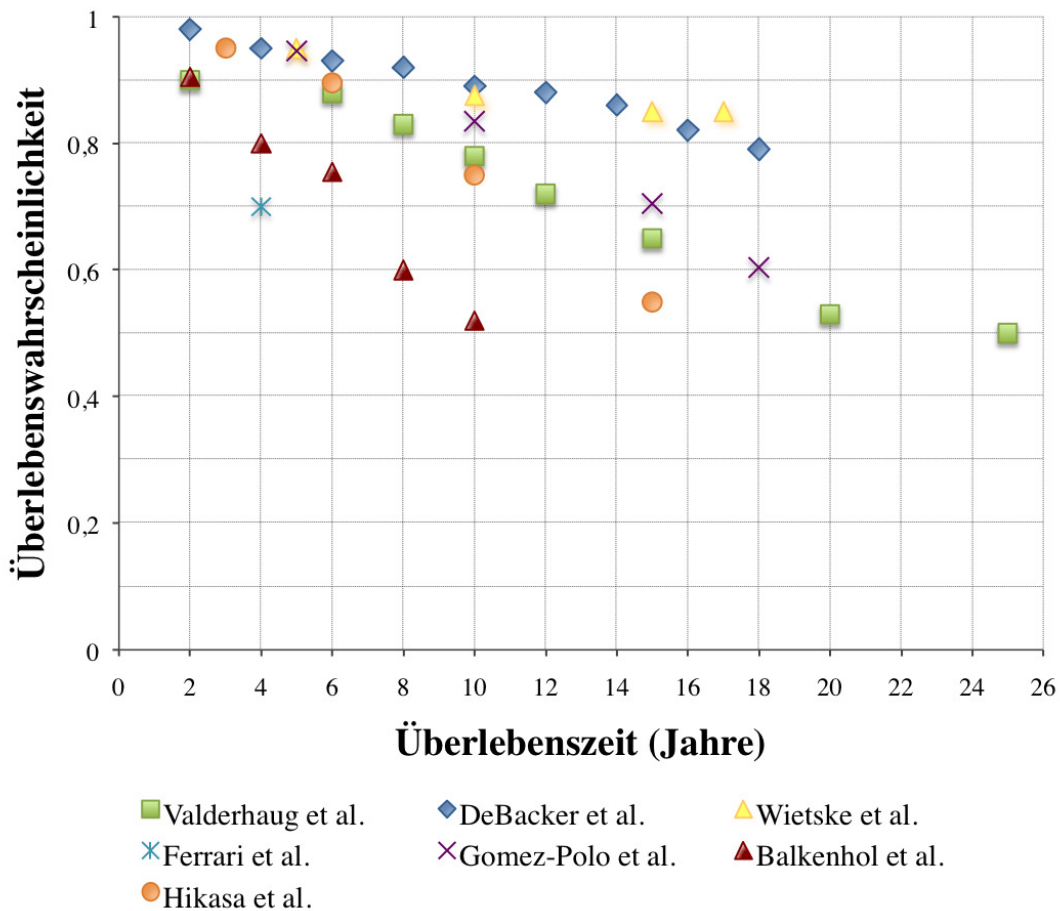


Abbildung 1.21: Vergleich der Studienergebnisse zur Überlebenswahrscheinlichkeit von gegossenen Stift-Stumpfaufbauten [86], [99], [118], [122], [123], [125], [126].

Valderhaug et al. untersuchten über einen Zeitraum von 25 Jahren 397 Zähne im Hinblick auf deren periapikale Situation. 291 Zähne waren vital und 106 Zähne wurden nach endodontischer Behandlung mittels Stift-Stumpfaufbauten rekonstruiert. Von den untersuchten Zähne gingen 20 Prozent verloren, hauptsächlich aufgrund von Karies. Nach 10 Jahren konnte eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 78 Prozent für Stift-Stumpfaufbauten und 83 Prozent für vitale Zähne ermittelt werden. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass überkronte Zähne, die suffizient endodontisch behandelt und mit einem adäquaten Stift versorgt wurden, ähnliche Überlebensraten wie vitale überkronte Zähne zeigten [99].

In einer umfassenden Langzeitstudie über einen Zeitraum von bis zu 25 Jahren haben De Backer et al. die Bewährung von insgesamt 1312 Einzelkronen bei 456 Patienten untersucht. Die Überlebenswahrscheinlichkeit von insgesamt 1037 überkronten Zähnen mit und ohne Stift-Stumpfaufbau lag nach 18 Jahren bei 78 Prozent, wobei keine signifikanten Unterschiede zwischen Kronen im Ober- und Unterkiefer und zwischen Front- und Seitenzähnen ermittelt wurden. Ebenso wurden keine signifikanten Unterschiede bezüglich Kronen auf vitalen Zähnen und Kronen mit

darunter liegenden Stift-Stumpfaufbau gefunden. Der häufigste Grund für einen Misserfolg war auch hier Karies. Für die jeweilig versorgten Zahntypen lag die Überlebenswahrscheinlichkeit nach 6 Jahren zwischen 96,1 Prozent bei Molaren, 95,7 Prozent bei Prämolaren und 93,9 Prozent bei Frontzähnen - ohne statistisch signifikante Unterschiede. Dabei wurde nicht berücksichtigt, ob es sich dabei um Zähne mit einem Stift-Stumpfaufbau oder Zähne ohne Stift-Stumpfaufbau handelte [118].

In einer zweiten Studie von De Backer et al. betrug die Kaplan-Meier-Überlebensrate von 322 Brücken bei 193 Patienten nach 20 Jahren 66,2 Prozent. Auch hier wurde kein signifikanter Unterschied zwischen Oberkiefer- und Unterkieferversorgungen gefunden. Karies und Dezementierung waren die häufigsten Misserfolgsgründe. Brücken im Frontzahnbereich hatten eine signifikant höhere Überlebensrate als Brücken im Seitenzahnbereich, wobei langspannige Brücken insgesamt eine geringere Überlebenszeit aufwiesen als kurzspannige. Brücken, deren Pfeiler mittels Stiften rekonstruiert wurden, waren häufiger von einem Misserfolg betroffen. [119].

Wietske et al. verglichen 307 gegossene beziehungsweise metallisch halbkonfektionierte Stift-Stumpfaufbauten mit Kompositaufbauten mit stiftfreien Komposit-Stumpfaufbauten, die mit Einzelkronen versorgt wurden. Die Art des Stift-Stumpfaufbaus hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Überlebenszeit. Die Überlebensraten nach 17 Jahren variierten je nach Zahntyp zwischen 83 und 92 Prozent und bezogen auf die Restauration zwischen 71 und 80 Prozent. Zu erwähnen ist jedoch, dass nach 17 Jahren nur noch 28 Prozent der ursprünglichen Fälle zur Verfügung standen. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass sich ein Zahn, der mit einem Stift-Stumpfaufbau versorgt wurde, klinisch nicht besser bewährte als ein Zahn, der nur mit einem Kompositaufbau versorgt wurde. Das Ergebnis war allein von der verbliebenen Restzahnhartsubstanz abhängig [123].

Nach 4 Jahren offenbarten Ferrari et al. für überkronte Prämolaren, die mit Glasfaserstiften versorgt wurden, eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 81,3 Prozent. Bei den Zähnen, die mit einem Metallstift und einem Komposit-Aufbau rekonstruiert wurden, lag die Überlebenswahrscheinlichkeit dagegen mit 70,0 Prozent deutlich niedriger. Die Verlustraten waren bei Zähnen mit hohem koronalem Substanzverlust signifikant höher. Bei faserverstärkten Stiften waren im Vergleich zu gegossenen Stift-Stumpfaufbauten aus Metall signifikant weniger Fehlschläge zu verbuchen [86]. In einer zweiten Studie waren von 100 gegossenen Stift-Stumpfaufbauten nach 4 Jahren 16 Prozent von einem Misserfolg betroffen. Davon waren 9 Prozent Wurzelfrakturen. Im Vergleich dazu waren bei 100 Karbonfaserstiften nur 5 Prozent der Versorgungen als Misserfolg zu werten [85].

Eine weitere Nachuntersuchung von 69 Patienten, die mit einem faserverstärkten Stift versorgt worden waren, ergab eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 90,2 Prozent nach 97 Monaten. Es konnten keine signifikanten Unterschiede hinsicht-

lich Zahngruppe, Position und Art der Restauration ermittelt werden. Piovesan et al. empfehlen den Einsatz von Glasfaser-verstärkten Kompositstiften für den routinemäßigen klinischen Einsatz [103].

In einer vergleichenden Studie von Gomez-Polo et al. wurden halbkonfektionier- te zylindrische Stifte mit direkten Aufbauten und gegossene zylindrische Stift- Stumpfaufbauten im Hinblick auf deren Überlebenszeit untersucht. Die 112 Stifte wurden mit konventionellem Zement eingesetzt. Sie wurden mit Kronen versorgt oder dienten als Pfeiler einer Brücke. Nach 5, 10, 15 beziehungsweise 18 Jahren konnte eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 94,6, 85,6, 70,5 beziehungsweise 60,5 Prozent ermittelt werden - ohne signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen. Dezementierung wurde auch in dieser Studie als häufigster Faktor für den Misserfolg der Stifzähne angegeben. Die meisten Verluste wurden für Prämo- laren im Oberkiefer beschrieben. Die mittlere Überlebenszeit lag bei 8,47 Jahren [122].

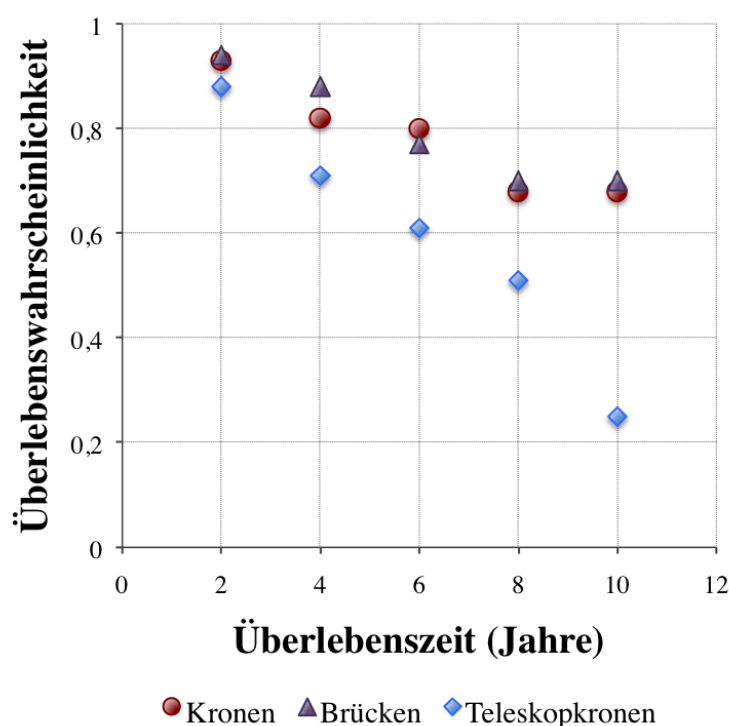


Abbildung 1.22: Rekonstruktion der Studienergebnisse zur Überlebenswahrscheinlichkeit von Stift-Stumpfaufbauten unter Kronen, Brücken und Teleskopkronen bei Balkenhol et al. [126].

Balkenhol et al. (Abb. 1.22 und 1.23) publizierten 2007 die Ergebnisse einer retrospektiven Studie über die Überlebensdauer von 802 gegossenen Stift-Stumpfaufbauten nach 10 Jahren. Die mit konventionell zementierten Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zähne wurden mit Einzelkronen sowie mit Primärkronen einer teleskopierenden herausnehmbaren Prothese versorgt oder als Pfeilerzahn in Brücken integriert. Bei einer durchschnittlichen Überlebenszeit der Stift-Stumpfaufbauten

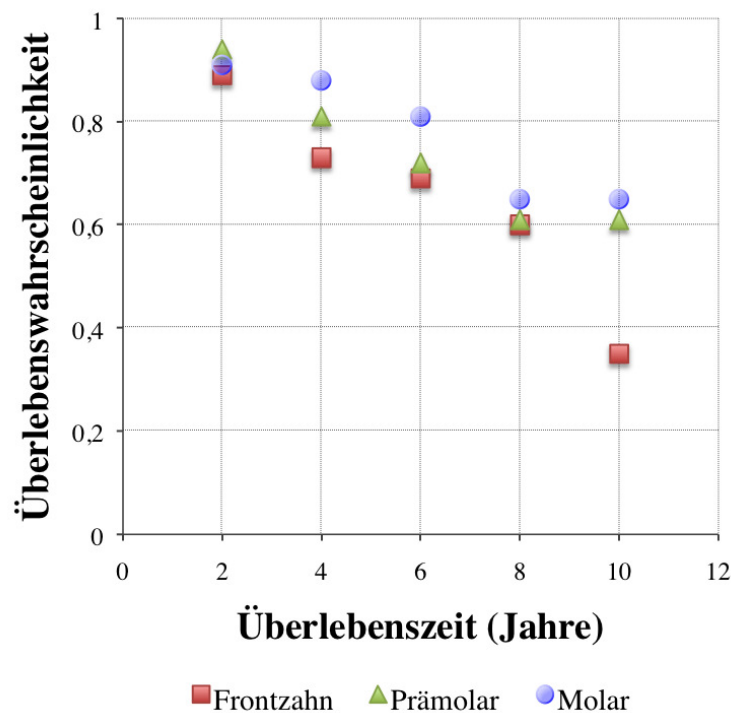


Abbildung 1.23: Studienergebnisse zur Überlebenswahrscheinlichkeit von Stift-Stumpfaufbauten in Bezug auf den Zahntyp aus der Studie von Balkenhol et al. [126].

von 7,3 Jahren wurde eine Misserfolgsrate von 11,2 Prozent ermittelt. Hier war der häufigste Misserfolgsgrund die Dezentrierung des Stift-Stumpfaufbaus. Die Überlebenswahrscheinlichkeit nach 10 Jahren lag bei 52 Prozent. Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen Front- und Seitenzähnen und Zähnen im Ober- und Unterkiefer ermittelt werden. Die Stift-Stumpfaufbauten, die mit Teleskopkronen versorgt wurden, hatten eine signifikant niedrigere Überlebenswahrscheinlichkeit als diejenigen, die mit Kronen oder Brücken versorgt wurden [126].

Hikasa et al. publizierten 2010 die Langzeit-Ergebnisse einer retrospektiven Studie über 610 Patienten mit 1053 Stift-Stumpfaufbauten. Nach 15 Jahren lag die Überlebenswahrscheinlichkeit der 866 Zähne, die direkt mit halbkonfektionierten metallischen Stiften und Komposit-Aufbauten rekonstruiert wurden, bei 78,87 Prozent. Damit war sie signifikant höher als die Überlebenswahrscheinlichkeit der 187 gegossenen Stift-Stumpfaufbauten mit 55,4 Prozent. Die Stift-Stumpfaufbauten wurden alle adhäsiv mit Panavia eingegliedert und mit feststehendem Zahnersatz versehen. Auf Zahncharakteristika wurde nicht eingegangen [125].

Autor Publikationsjahr	n	Stiftsysteme	Prothetik	Jahre *	Verlustrate **	Anmerkung
Sorensen et al. 1984 [23]	420	245 SSA (Go)(k)	n.a.	1- 25	12,7 %	Misserfolgsgründe: Dezementierungen, Wurzelfrakturen
Bergmann et al. 1989 [89]	96	SSA (Go) konisch (k)	Kronen Brücken	6	9,4 %	keine signifikanten Unterschiede bezügl. Zahntyp
Weine et al. 1991 [56]	138	SSA (Go)(k)	Kronen, Teilkronen	10	6,5 %	5/9 Mißerfolge nicht stiftbedingt
Hatzikyriakos et al. 1991 [124]	44	SSA (Go) (k)	Kronen, Brücken h ZE	3	9,1 %	h ZE neg. Einfluss auf Überlebens- rate der SSA
Torbjörner et al. 1995 [116]	788	456 konische SSA(k) 332 zylindr. SSA (k)	Kronen, Brücken h ZE	6	15 % 8%	Dezementierung häufigster Grund f. Mißerfolg; Erfolgs- rate 87,7 %
Ferrari et al. 2000 [85]	200	100 SSA (Go)(k) 100 Glasfaserstifte (a)	Kronen	4	16 % 5%	9% Wurzel- frakturen bei SSA
Ellner et al. 2003 [136]	50	27 gegossene SSA (k) 23 Metallstifte/SA(k/a) zylindrisch/konisch	Kronen	10	0 % 6 %	hochselektiertes Patientenkollektiv
Creugers et al. 2005 [100]	319	127 gegossene SSA (k) 150 Metallstifte/SA (k/a) 42 adhäsive SA	Kronen	5	15 Verluste	Wurzelfrakturen; kein Unterschied zw. Aufbauarten; Restdentinhöhe beeinflusst Überlebensdauer

* Beobachtungszeitraum

** Verlustrate nach maximaler Zeit unter Risiko

n = Anzahl der untersuchten Zähne

SSA = Stift-Stumpfaufbau

SA = Stumpfaufbau (Komposit)

(k) = konventionell zementiert

(a) = adhäsiv verankert

(Go) = hochgoldhaltige Legierung

h ZE = herausnehmbarer Zahnersatz

ÜLW = Überlebenswahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier

Tabelle 1.3: Studien zu Verlustraten von (metallischen) Stift-Stumpfaufbauten

Sorensen und Martinoff untersuchten die klinische Bewährung von 1237 postendodontisch versorgten Zähnen. 65,4 Prozent der untersuchten Zähne wurden nicht mit einem Stift-Stumpfaufbau versorgt. Über die 19,2 Prozent, die mittels Stift-Stumpfaufbau rekonstruiert worden waren, wurde eine Misserfolgsquote von 12,7 Prozent ermittelt. Die häufigsten Misserfolgsgründe waren Dezementierungen und

Wurzelfrakturen. Allerdings wurde nicht auf die Verweildauer der Stift-Stumpfaufbauten eingegangen [23].

Bergmann et al. ermittelten 1989 im Rahmen einer retrospektiven Studie eine Erfolgsrate für Stift-Stumpfaufbauten von 90,6 Prozent nach 6 Jahren. 96 konische Stift-Stumpfaufbauten aus Metall, die konventionell zementiert wurden, wurden mit Kronen versorgt oder dienten als Pfeiler einer Brücke. Es konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Zahntypen (Frontzähne, Prämolaren, Molaren) gezeigt werden [89].

Weine et al. gaben nach 10 Jahren 6,5 Prozent Misserfolge für gegossene Stift-Stumpfaufbauten an. Die Misserfolge resultierten hauptsächlich aus endodontischen oder parodontalen Problemen.

Hatzikyriakos et al. [124] berichteten von 9,1 Prozent Misserfolgen bei 44 gegossenen Stift-Stumpfaufbauten nach drei Jahren. Misserfolgsgründe waren - vermehrt bei herausnehmbarem Zahnersatz - Dezementierungen, Wurzelfrakturen und Karies.

Torbjörner et al. verglichen konische Stifte mit zylindrischen Stiften im Hinblick auf ihren Langzeiterfolg. Sie gaben eine Verlustrate von 15 Prozent bei 456 konischen Stiften und von 8 Prozent bei 332 parallelwandigen Stiften an. Insgesamt wurde nach 6 Jahren eine Erfolgsrate von 87,7 Prozent angegeben [116].

In einer prospektiven Studie über 50 Stifte bei 31 Patienten ermittelten Ellner et al. eine Erfolgsquote von 100 Prozent für konfektionierte zylindrische Stift-Stumpfaufbauten nach 10 Jahren. Zu erwähnen ist, dass das Patientenkollektiv hoch selektiert wurde und die rekonstruierten einwurzeligen Zähne ausschließlich mit Einzelkronen mit einem Ferrule-Design von 2 mm versorgt wurden [136].

1.5 Ziel der Untersuchung

Im Rahmen einer retrospektiven Studie sollte die klinische Langzeitbewährung von adhäsiv verankerten Stift-Stumpfaufbauten untersucht werden. Seit 1999 wurden Patienten, die in der Klinik mit einem Stift-Stumpfaufbau versorgt worden waren, protokollarisch erfasst. Die koronal stark zerstörten Zähne wurden durch ein weitgehend standardisiertes Behandlungsverfahren mittels konischen, zylindrischen und individuellen Stift-Stumpfaufbauten aus unterschiedlichen Werkstoffen (NEM, hochgoldhaltige Legierungen, Titan und Zirkon) rekonstruiert und mit diversen prothetischen Restaurationen versehen.

Ziel der Studie war es, den Einfluss der prothetischen Restauration, beziehungsweise der Position des Pfeilers im Zahnbogen sowie der Art des restaurierten Zahnes auf das Überleben von mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zähnen zu untersuchen. Dazu wurden die bei Nachuntersuchungen und bei spontaner Wiedervorstellung der Patienten auffälligen (Art der Komplikation, Röntgenbefund) und unauffälligen Befunde erfasst. Die verschiedenen Parameter, die zu Erfolg oder Misserfolg geführt haben, sollten analysiert werden, um gegebenenfalls deren Einfluss auf die Verweildauer der Stift-Stumpfaufbauten beziehungsweise der damit versorgten Zähne in Form einer Überlebenszeitanalyse zu untersuchen.

2

Patienten und Methoden

2.1 Studiendesign

Die retrospektive Studie basiert auf Daten, die in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Universität Würzburg erfasst wurden. Hierzu wurden spezielle Stammdaten- und Recallbögen verfasst, die nach Patientenstammdaten, konstruktionsspezifischen Daten und Pfeilerspezifischen Daten aufgliedert sind. Letztere umfassen den allgemeinen klinischen Befund, den Stifttyp, den Stift- und Aufbauwerkstoff sowie den Röntgenbefund des Stiftzahnes. Die Stammdatenbögen beinhalten den allgemeinen klinischen Befund, den Stifttyp, den Stift- und Aufbauwerkstoff, die zirkuläre Fassung, die Restlänge der Wurzelfüllung, den Lockerungsgrad und den Röntgenbefund. Die Recallbögen geben Auskunft über den allgemeinen klinischen Befund, den Lockerungsgrad, den speziellen klinischen Befund, bezogen auf den stiftversorgten Zahn, die Therapie und den Röntgenbefund zu einem bestimmten Zeitpunkt (Abb. 2.1 und 2.2).

Die mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zähne wurden ganz überwiegend mit Einzelkronen versorgt oder dienten als Pfeiler einer Brücke. Einige Einzelkronen mit Klammerauflage dienten als Verankerungselement einer Modellgussprothese. Die Stiftzähne wurden zum Teil auch mit Primärkronen als Anker für teleskopierende Prothesen versorgt oder als Pfeiler in einen Kronenblock mit Geschiebe integriert, an dem ein herausnehmbarer Zahnersatz verankert wurde.

Die Maßnahmen zur Verankerung von Stift-Stumpfaufbauten und prothetischen Versorgungen wurden im Studentenkurs unter Betreuung der Assistenzärzte, von Assistenzärzten und von erfahrenen Zahnärzten ausgeführt. Die zahntechnischen Konstruktionen wurden von qualifizierten zahntechnischen Laboratorien hergestellt.

**Universitätskliniken für Zahn-,
Mund- und Kieferkrankheiten**
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
Direktor: Prof. Dr. E.-J. Richter

Stift-Stumpfaufbau-Studie

STAMMDATENBOGEN - Befunde nach Eingliederung des Stift-Stumpfaufbaus

Patientenstammdaten

Name:
Vorname:
Geburtsdatum:
Patientennummer:

Behandler:
Eingliederungsdatum:

Unbedingt beachten!

1. Stift-Stumpfaufbauten **nur mit Panavia 21** einsetzen
2. Nach der definitiven Eingliederung **unbedingt** Kontroll-Röntgen (Zahrfilm) anfertigen; Eine Kopie (Rö-Abteilung) an Bogen heften
3. Dieses Formular bitte bei Julian Boldt abgeben und leeren Recall-Bogen in Patientenkarte heften

Konstruktionspezifische Daten

Stiftaufbau	<input type="checkbox"/> Erstversorgung <input type="checkbox"/> Zweitversorgung <input type="checkbox"/> Drittversorgung
parafunktionelle Aktivität	<input type="checkbox"/> kein Verdacht auf parafunktionelle Aktivität <input type="checkbox"/> Schliifacetten sichtbar, Aktivität unklar <input type="checkbox"/> ja (anamnestisch gesichert)
Lagestabilität der herausnehmbaren Konstruktion (nur bei herausnehmbarem ZE!)	<input type="checkbox"/> keine Mobilität <input type="checkbox"/> Mobilität fühlbar
Besonderheiten	

Pfeilerspezifische Daten rot = IMMER ausfüllen grün = nur bei stiftversorgten Zähnen ausfüllen

Röntgen-Befund																																						siehe Legende
Lockerung																																						0 - 3
Restlänge WF>3mm																																						1: ja 2: nein
zirkuläre Fassung																																						1: ja 2: nein
Aufbauwerkstoff																																						siehe Legende
Stiftwerkstoff																																						siehe Legende
Stiftaufbau geteilt																																						1: nein 2: ja
Stifttyp																																						siehe Legende
allg. klin. Befund																																						siehe Legende
	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28																						
	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38																						
ALLE roten Felder ausfüllen!																																						
allg. klin. Befund																																						siehe Legende
Stifttyp																																						siehe Legende
Stiftaufbau geteilt																																						1: nein 2: ja
Stiftwerkstoff																																						siehe Legende
Aufbauwerkstoff																																						siehe Legende
zirkuläre Fassung																																						1: ja 2: nein
Restlänge WF>3mm																																						1: ja 2: nein
Lockerung																																						0 - 3
Röntgenbefund																																						siehe Legende

allgemeiner klinischer Befund	Stifttyp/-form	Stift- und Aufbauwerkstoff	Röntgen-Befund (Stiftzahn)
• eigener Zahn (auch mit Füllung) f fehlender Zahn (Lücke) j Lücke durch Nachbarzähne geschlossen e ersetzter Zahn (herausnehmbarer ZE) k Krone/Teilkrone b Brückenglied -- Verblockung, Steg, verbundene Brückenspanne h komplizierte gegossene Halte-/Stützvorrichtung t Teleskopkrone o Verbindungsvorrichtung	1: Erlanger-Stift (konisch) 2: Para-Post-Stift (parallel) 3: individueller Stift (jede andere Form) 4: Cosmo-Post-Stift (apikal konisch)	Stiftwerkstoff: 1: Au-Pt-Legierung 2: Titan 3: NEM-Legierung 4: Keramik 5: Verbundwerkstoff Aufbauwerkstoff: 1: Au-Pt-Legierung 2: Komposit 3: NEM-Legierung 4: Keramik	1: ohne pathol. Befund 2: apikale Aufhellung 3: Wurzelresorption apikal 4: Wurzelresorption lateral 5: Z. n. WSR 6: sonstiger Befund:

Abbildung 2.1: Stammdatenbogen

2.1.1 Richtlinien zur Gestaltung der Stift-Stumpfaufbauten

Das Behandlungsverfahren für die Rekonstruktion koronal stark zerstörter Zähne wurde weitgehend standardisiert. Die Voraussetzung war ein suffizient endodontisch vorbehandelter, klinisch symptomloser und röntgenologisch unauffälliger Zahn. Als Stiftsysteme wurden das Erlanger System (Fa. Brasseler, Lemgo, Deutschland), das Parapost-System (Fa. Colthene-Whaledent, Friedberg, Deutschland) und das CosmoPost-System (Ivoclar Vivadent AG, Liechtenstein) verwendet. Zwar wurden in der Regel die genannten Stiftsysteme verwendet jedoch wurden auch einige individuell modellierte Stift-Stumpfaufbauten in den avitalen Zähnen verankert.

Der zu restaurierende Zahn wurde gegebenenfalls dekapitiert und zirkulär geschliffen, um eine Hohlkehle als spätere Präparationsgrenze für die Restauration und eine geeignete Rotationssicherung anzulegen. Eine Mindestdentinstärke von 1,5 mm sollte nicht unterschritten werden. Als Rotationssicherung wurde ein Kanal-inlay mit einer Tiefe von 1,5-2 mm angelegt beziehungsweise es wurde eine Restdentinlamelle mit einer Mindeststärke von 1,5 mm als geeignet angesehen. In Abhängigkeit von der Defektausdehnung wurde eine zirkuläre Umfassung des Stift-Stumpfaufbaus durch die Ersatzkrone - mit der Restaurationsgrenze in der Zahnhartsubstanz - angestrebt (Ferrule-Design, Abb. 2.3).

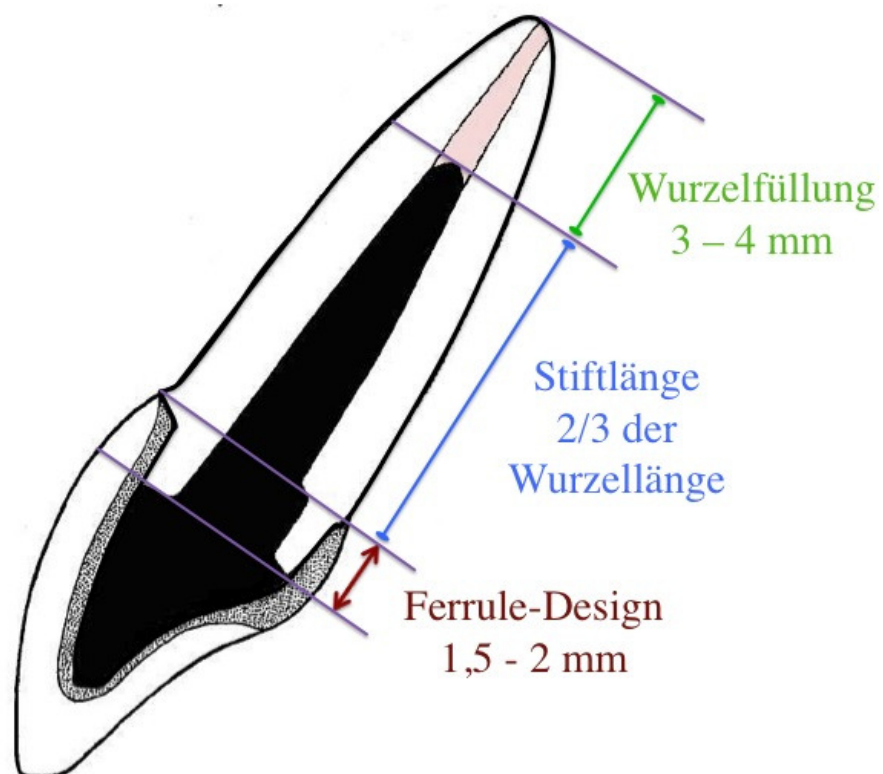


Abbildung 2.3: Stiftdesign modifiziert nach Morgano und Brackett [11]

Mit einem längenmarkierten, dem Stiftdurchmesser entsprechenden Bohrer, wurde das Stiftbett präpariert. Die Wurzelfüllung wurde in der Regel bis auf drei Millimeter der Restlänge der Wurzelfüllung entfernt, womit ein apikal dichter Verschluss erhalten werden sollte. Zur Kontrolle der korrekten Präparationsrichtung und der angestrebten Schachttiefe wurde ein Röntgenbild mit einem röntgenopakem Stift angefertigt. Nach Möglichkeit wurde versucht, die Stiftlänge auf 2/3 der Wurzellänge auszudehnen (Abb. 2.3). Bei zweiwurzigen Prämolaren wurde die palatinale oder bukkale, bei Molaren im Oberkiefer zumeist die palatinale Wurzel und bei Molaren im Unterkiefer die distale Wurzel zur Aufnahme des Stift-Stumpaufbaus herangezogen. In wenigen Fällen war die Herstellung geteilter Stifte notwendig (Abb. 2.4).

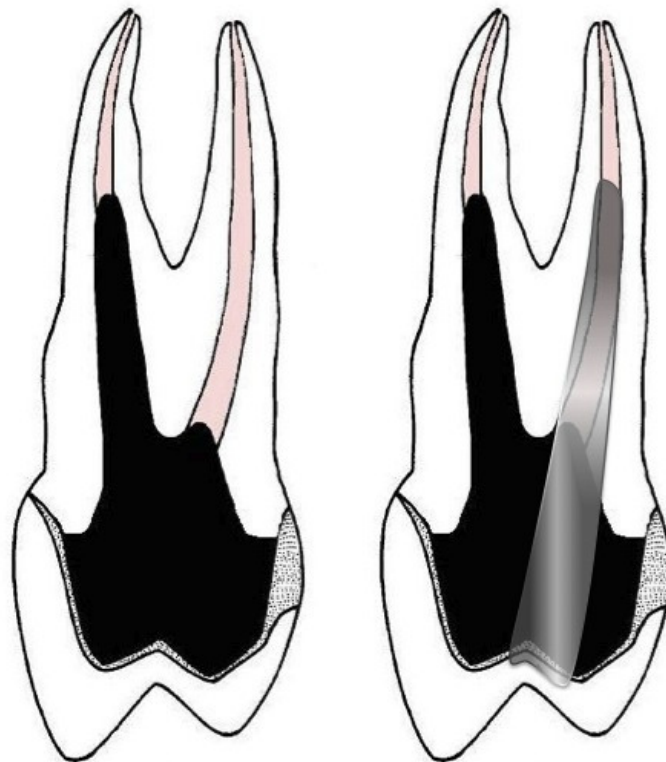


Abbildung 2.4: Stiftdesign bei zweiwurzigen Oberkiefer-Prämolaren mit einem Stift in der bukkalen Wurzel und zweitem Stift in der palatinalen Wurzel; modifiziert nach Morgano und Brackett [11].

Die Abformung erfolgte mit Hilfe von Impregum (Fa. Espe, Seefeld, Deutschland) und systemkonformer Cast-Stifte oder den definitiven Stiften. Bei individuellen Konstruktionen wurde der Stift beziehungsweise der Aufbau mit Pattern-Resin (Fa. CG Europe) modelliert. Die laborgefertigten Stift-Stumpaufbauten wurden aus einer Au-Pt- oder NEM-Legierung gegossen, oder aus einem Zirkonoxidstift und einem angespresstem Aufbau aus Lithiumdisilikat-Keramik gefertigt.

Die Stift-Stumpaufbauten wurden nach Silanisierung der Metall- bzw. Kerami-

koberfläche mit dem Rocatec-System (Fa. Espe, Seefeld, Deutschland) und Konditionierung der Dentinoberfläche mit Panavia 21/ F 2.0 (Fa. Kuraray, Osaka, Japan) adhäsiv im Wurzelkanal verankert.

2.2 Datenerhebung und Datenauswertung

Nachdem ein Patient mit einem Stift-Stumpfaufbau versorgt worden war, wurde ein Stammdatenbogen angelegt und zusammen mit dem zugehörigen Röntgenbild des Stiftzahnes in die Studie aufgenommen. Die Studienpatienten wurden in den Jahren 2005, 2008 und 2010 im Rahmen eines organisierten Recall-Programms angeschrieben und zu einer kostenfreien Nachuntersuchung eingeladen (Anhang A.5). Die Recalldaten wurden aber auch bei spontaner Wiedervorstellung der Studienpatienten bei einer Komplikation erfasst. Die Nachuntersuchung umfasste die klinische sowie die röntgenologische Befunderhebung und die Überprüfung des etwaigen herausnehmbaren Zahnersatzes hinsichtlich Funktion und Lagestabilität, dessen gegebenenfalls notwendige Wiederinstandsetzung sowie die Manifestation von parafunktioneller Aktivität.

Die ausgefüllten Recall- und Stammdatenbögen wurden mittels eines web-basierten Guided User Interface in eine relationale Datenbank eingegeben. Über den Internet Information Server IIS des WindowsXP Betriebssystems wurde die Microsoft Office Access 2003 Datenbank mit Hilfe von Server Pages angesprochen. Hierfür wurden die Programmiersprachen SQL (Sorted Query Language) und VB-Script verwendet.

Die weitere deskriptive und statistische Auswertung mit Ermittlung der Häufigkeiten (n), des Anteils (Prozent) am Gesamtkollektiv beziehungsweise an den Untergruppierungen sowie die graphische Darstellung erfolgte mit Excel (Microsoft Office 2008/ Mac OS X). Die analytische statistische Auswertung erfolgte mittels IBM SPSS Statistics 19. Für die Auswertung interessierte besonders die Verweildauer bis zur ersten klinischen Komplikation, die Grundlage zur Beurteilung von Erfolg und Misserfolg war. Zur Überlebenszeitanalyse kam die Methode nach Kaplan-Meier [108] zum Einsatz. Die gruppenbezogenen Überlebenskurven wurden mittels Log-Rang-Test [109] auf statistische Signifikanz getestet.

2.3 Erfolgs- und Misserfolgskriterien

Als Erfolg wurde die klinische Symptombefreiheit mit unauffälligem klinischem und radiologischem Befund definiert, was einen suffizienten Verbund zwischen Stift-Stumpfaufbau und Zahn voraussetzte. Als Misserfolge wurden Schmerzen und Entzündungszeichen, die Dezementierung des Stift-Stumpfaufbaus sowie die Zahn-

oder Stiftfraktur gewertet. Andere Befunde, die zum Verlust des Stift-Stumpfaufbaus oder des Zahnes führten, wie z.B. Sekundärkaries, parodontale Erkrankung oder Trauma wurden unter sonstigen Befunden zusammengefasst. Diese speziellen klinischen Befunde führten zu drei Therapieoptionen: die Extraktion des Zahnes, die Wiedereingliederung des Stift-Stumpfaufbaus oder die Neuanfertigung mit einem neuen Stift-Stumpfaufbau. Die Zeitspanne zwischen Eingliederung bis zur ersten Komplikation, auch wenn der Stift-Stumpfaufbau zum Beispiel nach Dezentrierung wieder eingegliedert hätte werden können, wurde als Verweildauer der Stift-Stumpfaufbauten definiert.

2.4 Patientenkollektiv

Auf oben beschriebene Weise wurden von 1999 bis 2009 insgesamt 269 Patienten registriert. Ein Ausscheiden von Patienten aus der klinischen Studie war durch Ortswechsel und Tod, meist aber durch Verweigerung einer weiteren Mitarbeit, bedingt. 11 Patienten wurden wegen inadäquater Daten-Protokollierung aus der Studie ausgegrenzt. Letztlich konnten bei einer Drop-out-Rate von 27,5 Prozent die Daten von 195 Patienten mit 320 Stift-Stumpfaufbauten digitalisiert und ausgewertet werden.

3

Ergebnisse

3.1 Deskriptive Statistik

3.1.1 Demographische Merkmale des Patientenkollektivs

3.1.1.1 Altersverteilung

Im Zeitraum zwischen 1999 und 2009 konnten die Daten von 195 Patienten ausgewertet werden. Die Altersverteilung der Studienpatienten (Abb. 3.1 und 3.2) zeigt ein Maximum für die Gruppe der 60-69 jährigen Patienten. Das mittlere Alter betrug 55,7 +/- 13,4 Jahre.

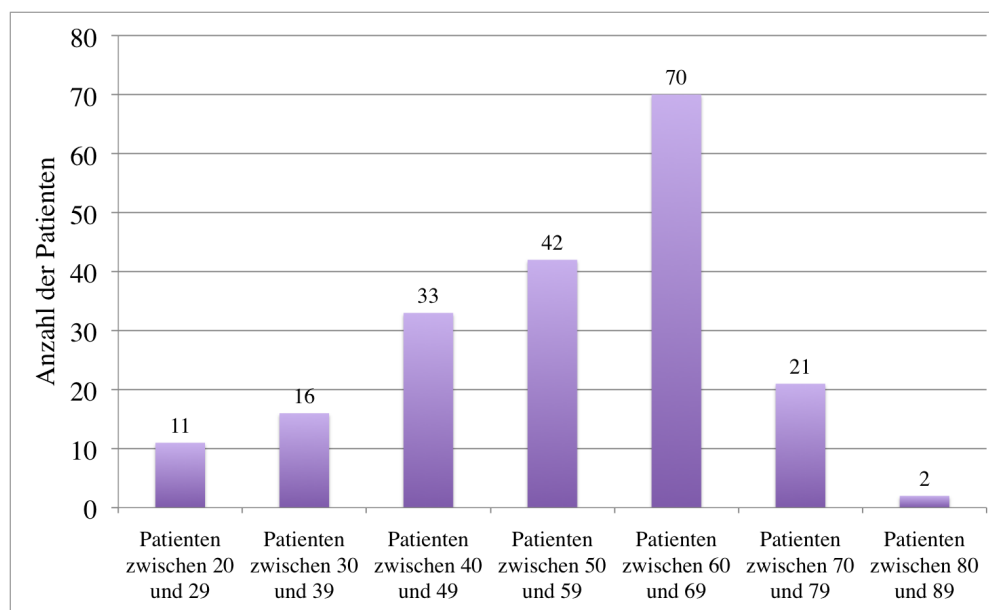


Abbildung 3.1: Säulendiagramm zur Darstellung der Altersverteilung der 195 ausgewerteten Patienten.

Der jüngste Patient war bei Eingliederung eines Stift-Stumpfaufbaus 20 Jahre, der älteste Patient 84 Jahre alt (Abb. 3.1). Das Tortendiagramm zeigt die prozentuale Verteilung der Probanden in 10-Jahres-Schritten mit den statistischen Kenngrößen wie Mittelwert, Median, minimales und maximales Alter (Abb. 3.2).

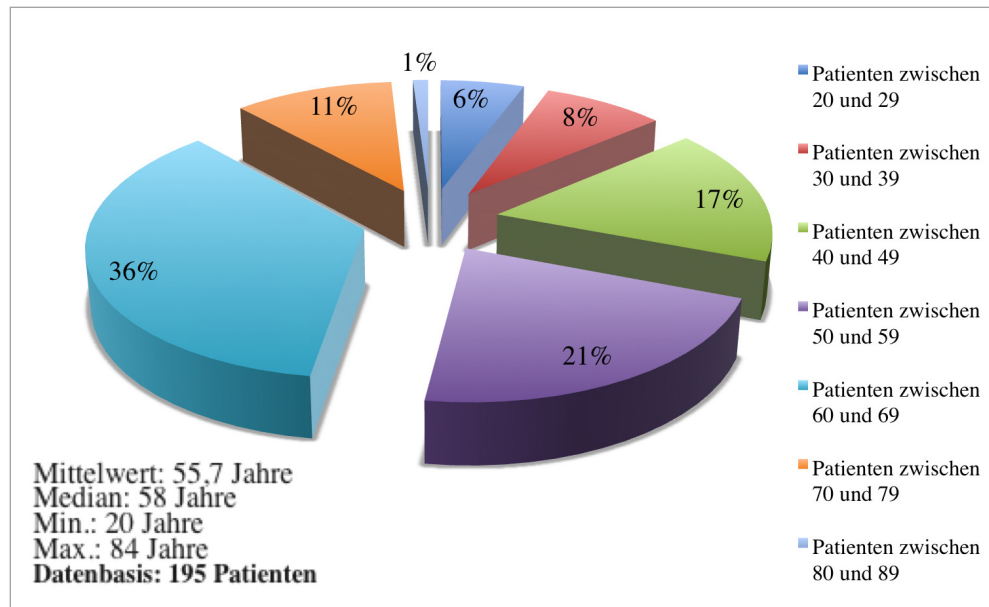


Abbildung 3.2: Tortendiagramm zur Darstellung der prozentualen Häufigkeit der jeweiligen Patientengruppe am Gesamtkollektiv nach Alter.

3.1.1.2 Geschlechtsverteilung

Das Patientenkollektiv setzt sich aus 111 Frauen (57 Prozent) und 84 Männern (43 Prozent) zusammen. Somit überwog der weibliche Anteil der Studienpatienten (Abb. 3.3).

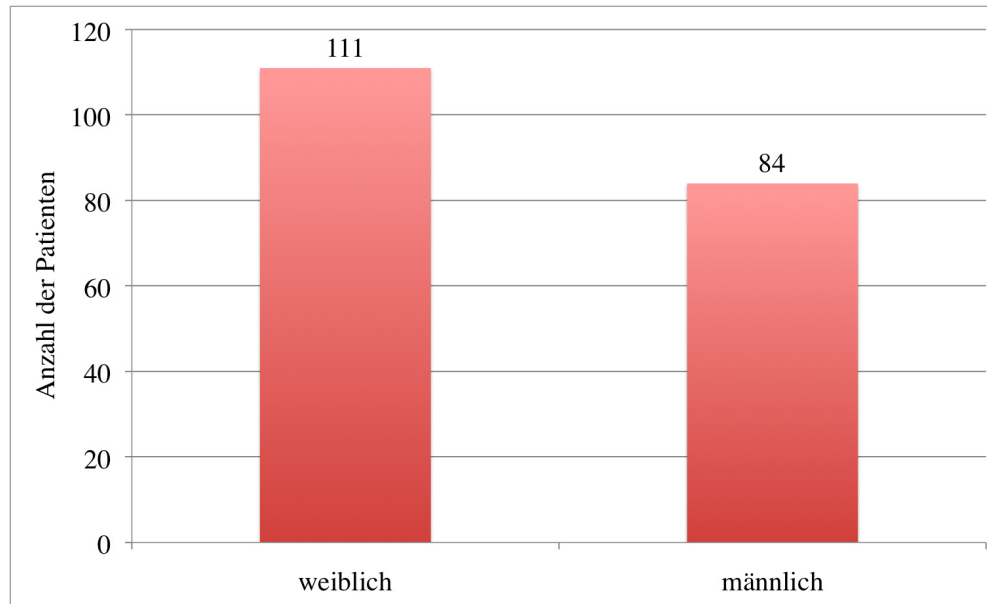


Abbildung 3.3: Patientenverteilung nach Geschlecht

3.1.2 Auswertung der konstruktionsspezifischen Stammdaten

Die Auswertung der anhand der Stammdatenbögen protokollierten konstruktionsspezifischen Daten (Abb. 2.1) zeigte, dass alle Stift-Stumpfaufbauten dieser Untersuchung im Rahmen einer Erstversorgung des betreffenden Zahnes eingesetzt wurden.

Die mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zähne wurden festsitzend, mit Kronen und Brücken versorgt oder dienten als Pfeiler für eine herausnehmbare Prothese.

Alle herausnehmbaren Konstruktionen wurden im Rahmen des Recall-Programms kontrolliert und gegebenenfalls zeitnah unterfüttert sodass alle herausnehmbaren Prothesen bei kombiniert festsitzend-herausnehmbarem Zahnersatz lagestabil waren.

Eine anamnestisch gesicherte parafunktionelle Aktivität konnte bei 6 Prozent der Patienten registriert werden. 11 Prozent der Probanden wiesen bei unklarer parafunktioneller Aktivität Schliffacetten an den Zähnen auf. Bei 83 Prozent der Patienten bestand kein Verdacht auf parafunktionelle Aktivität.

3.1.3 Auswertung der pfeilerspezifischen Stammdaten

Im Folgenden wird der Datenpool der 320 Stift-Stumpfaufbauten, die zwischen den Jahren 1999 und 2009 in die Studie aufgenommen wurden, zum Zeitpunkt der Eingliederung summarisch beschrieben, was eine Spezifizierung der anfänglich zur Auswertung stehenden Daten erlaubt.

3.1.3.1 Anzahl der eingegliederten Stift-Stumpfaufbauten pro Jahr

Innerhalb des Beobachtungszeitraums von 10 Jahren konnten die Daten von 320 Stift-Stumpfaufbauten aufgenommen werden. 311 Stift-Stumpfaufbauten, entsprechend einem Anteil von 97 Prozent, wurden vor mehr als drei Jahren eingegliedert. 78 Prozent der Stift-Stumpfaufbauten (250 Stift-Stumpfaufbauten) wurden vor mehr als fünf Jahren eingegliedert und 14 Stift-Stumpfaufbauten, entsprechend einem Anteil von 4 Prozent wurden vor 10 Jahren verankert (Abb. 3.4).

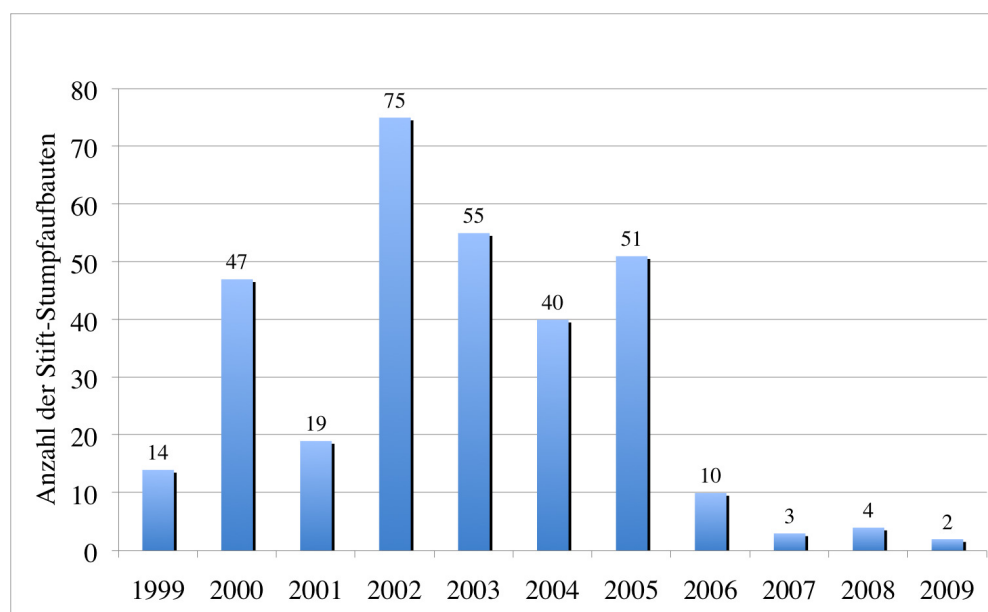


Abbildung 3.4: Anzahl der im jeweiligen Jahr eingegliederten Stift-Stumpfaufbauten

3.1.3.2 Anzahl der Stift-Stumpfaufbauten pro Patient

Die überwiegende Anzahl (88 Prozent) der Patienten wurde mit ein oder zwei Stift-Stumpfaufbauten versorgt.

59 Prozent der Patienten wurden mit einem Stift-Stumpfaufbau versorgt und 29 Prozent der Probanden hatten zwei Zähne, die mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruiert wurden. Mit drei Stift-Stumpfaufbauten wurden 7 Prozent der Patienten versorgt, zwei Prozent des Gesamtkollektivs erhielten vier Stift-Stumpfaufbauten und 3 Prozent erhielten 5 Stift-Stumpfaufbauten oder mehr (Abb. 3.5).

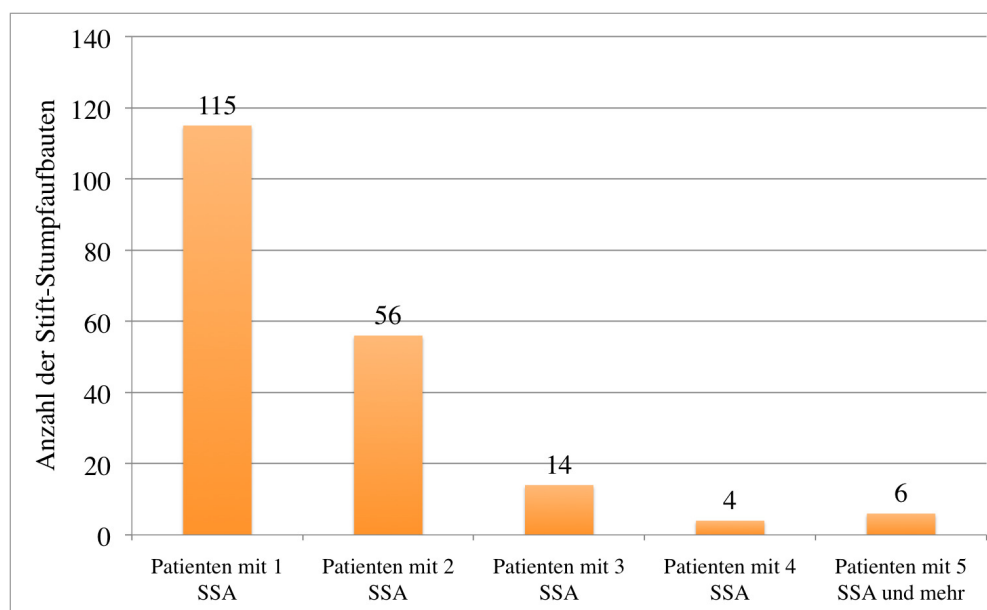


Abbildung 3.5: Anzahl der Stift-Stumpfaufbauten pro Patient.
SSA = Stift-Stumpfaufbau

3.1.3.3 Stifftypen beziehungsweise Stiftformen

Alle in die Studie aufgenommenen Stift-Stumpfaufbauten wurden auf indirekte Weise im zahntechnischen Laboratorium hergestellt. Als Werkstoffe wurden NEM-Legierungen, hochgoldhaltige Legierungen, Titan und Zirkon verwendet.

Der mit Abstand größte Anteil der Stift-Stumpfaufbauten (238 Stift-Stumpfaufbauten, entsprechend 74 Prozent) wurde mit dem Erlanger-System hergestellt. Der zweitgrößte Anteil (70 Stift-Stumpfaufbauten, entsprechend 22 Prozent) wurde mit dem ParaPost-System konfektioniert. Die keramischen Stift-Stumpfaufbauten wurden mit dem CosmoPost-System angefertigt - der Anteil entsprach 3 Prozent des Gesamtkollektivs (11 Stift-Stumpfaufbauten). Lediglich 3 Stift-Stumpfaufbauten (1 Prozent) wurden individuell modelliert (Abb. 3.6). Des Weiteren wurden 5 geteilte Stift-Stumpfaufbauten registriert, die wegen der geringen Anzahl nicht speziell ausgewertet wurden.

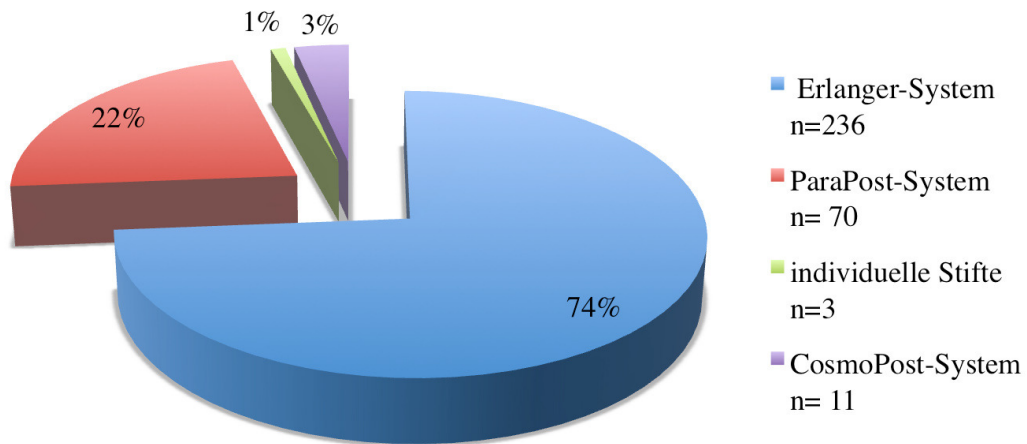


Abbildung 3.6: Anzahl n und prozentualer Anteil der jeweils verwendeten Stiftsysteme.

3.1.3.4 Werkstoffe

Die 320 Stift-Stumpfaufbauten wurden aus vier verschiedenen Werkstoffen hergestellt. Der größte Anteil mit 216 Stift-Stumpfaufbauten, entsprechend 68 Prozent, wurde aus einer NEM-Legierung (Girobond ND (Fa. Girrbach, Koblach), Microlit Isi (Fa. Schütz Dental, Rosbach), Wiron 99 (Fa. BEGO, Bremen)) hergestellt. 88 Stift-Stumpfaufbauten (27 Prozent) wurden aus einer hochgoldhaltigen Legierung (Au-Pt, Au- Ir) gegossen, 11 Stift-Stumpfaufbauten (3 Prozent) wurden aus Vollkeramik gefertigt und 5 Stifte (2 Prozent) waren aus Titan (Abb. 3.7).

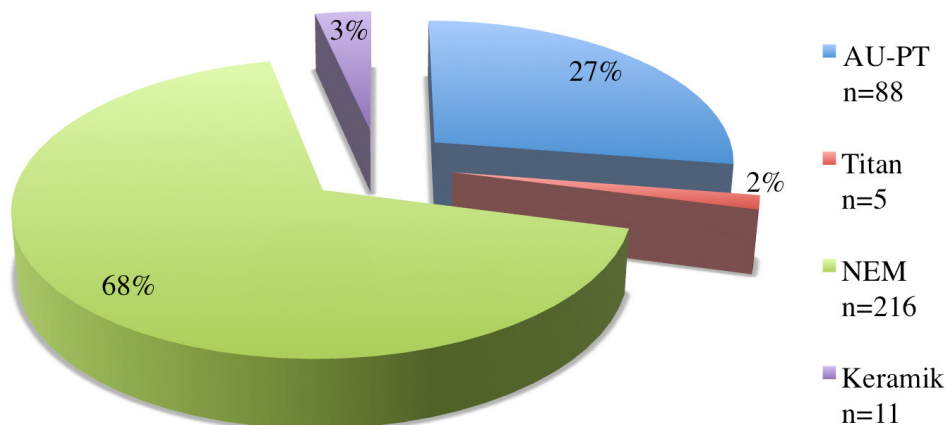


Abbildung 3.7: Anzahl n und prozentualer Anteil des jeweils verwendeten Werkstoffs für die Stift-Stumpfaufbauten.

3.1.3.5 Verteilung der mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zahntypen

Das Tortendiagramm zeigt die prozentualen Anteile der jeweiligen Zahntypen, die mit Stift-Stumpfaufbauten versorgt wurden. Es wurden 67 Eckzähne (21 Prozent), 61 Molaren (19 Prozent), 143 Prämolaren (45 Prozent) und 49 Schneidezähne (15 Prozent) mit Stift-Stumpfaufbauten wiederaufgebaut. Es wurden 20 mittlere und 20 seitliche Oberkiefer-Schneidezähne und ein Unterkiefer-Schneidezahn rekonstruiert.

Im Studienkollektiv wurden somit am häufigsten Prämolaren mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruiert (Tabelle 3.1, Abb. 3.8 und Abb. 3.9).

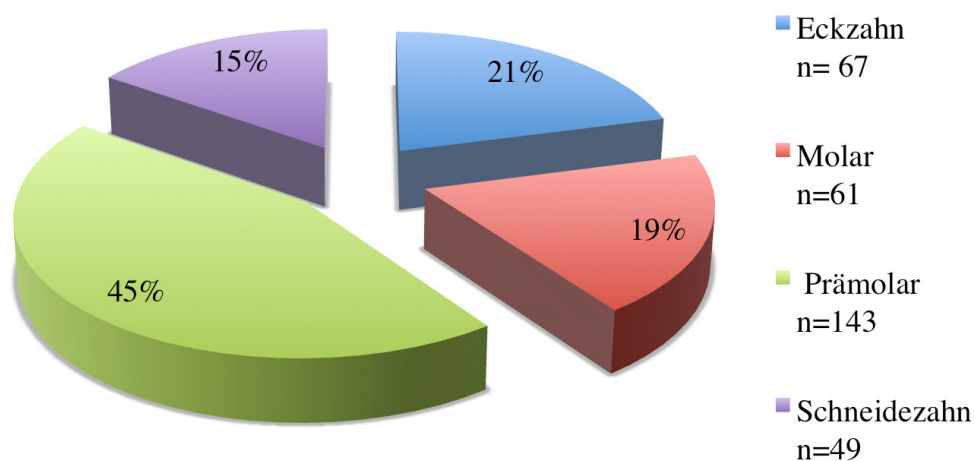


Abbildung 3.8: Anzahl n und prozentualer Anteil der mit Stift-Stumpfaufbauten versorgten Zahntypen.

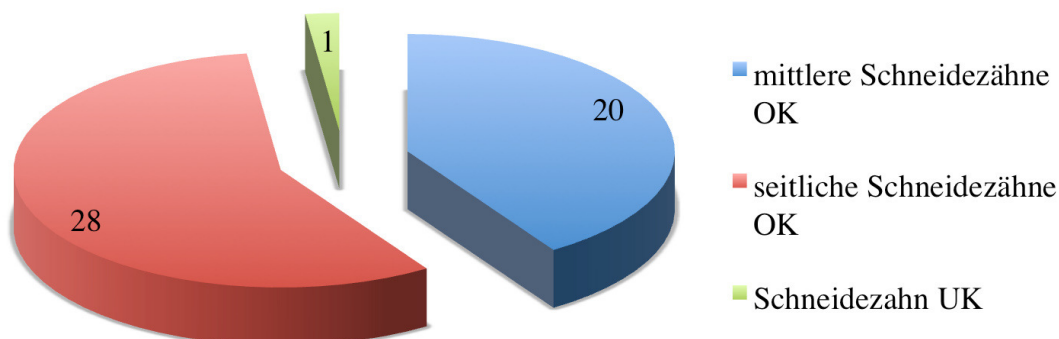


Abbildung 3.9: Numerische Verteilung der mit Stift-Stumpfaufbauten versorgten Schneidezähne.

3.1.3.6 Prothetische Integration der Stift-Stumpfaufbauten

Die mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zahnstümpfe wurden mit Einzelkronen versorgt, dienten als Pfeiler einer Brücke oder als Anker für einen herausnehmbaren Zahnersatz. Da die verankerten Stift-Stumpfaufbauten eine Komponente des Zahnersatzes darstellen, wurde der Einbezug der Stift-Stumpfaufbauten in prothetische Konstruktionen als prothetische Integration definiert.

Um den Einfluss der prothetischen Versorgung auf die Bewährung der Stift-Stumpfaufbauten untersuchen zu können, wurden die unterschiedlichen Restaurationen gruppiert. Die Kronen und Brücken wurden nach ihrer Position im Zahnbogen - im Frontzahnbereich, mittelständig oder endständig im Seitenzahnbereich - aufgeteilt. Als Sonderfälle bildeten die Hufeisenbrücken und die Anhängerbrücken jeweils eine eigene Gruppe. Die kombiniert festsitzend-herausnehmbaren Konstruktionen wurden unterteilt in Kronenblöcke mit Geschieben, Klammerzähne mit Modellguss-Prothesen und Teleskopprothesen. Die zuletzt genannte Gruppe wurde hinsichtlich der Position der Pfeiler im Zahnbogen beziehungsweise der Konstruktion der Innenteleskope in mittelständige, endständige und primär verblockte Innenteleskope eingeteilt (Abb. 3.10).

Die prozentualen Anteile der jeweiligen Restaurationsart am Gesamtkollektiv sind in Tabelle 3.1 dargestellt.

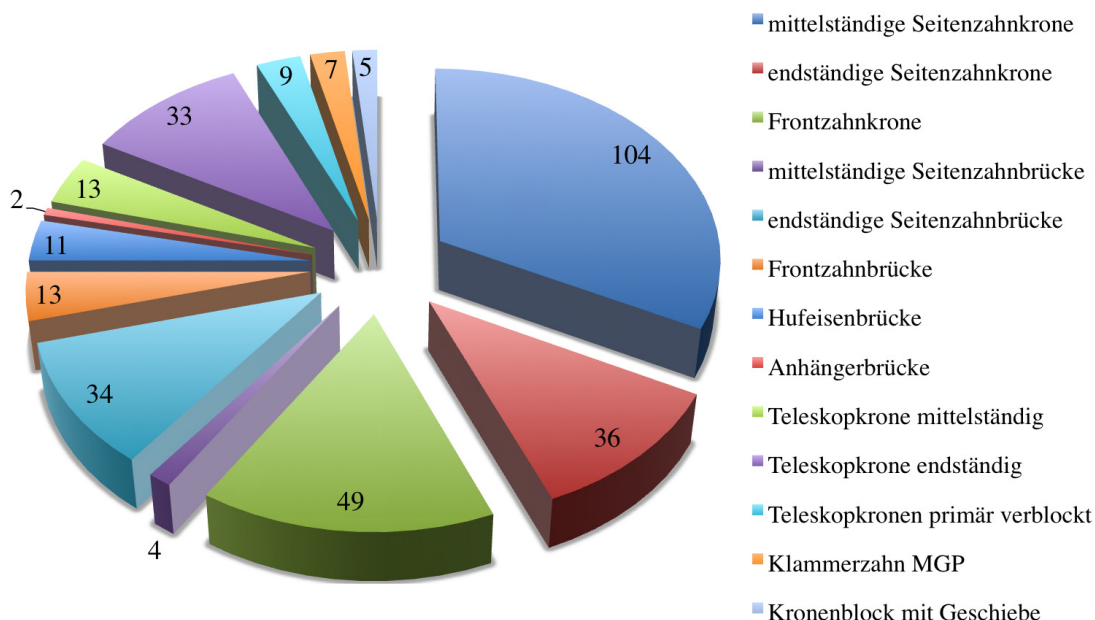


Abbildung 3.10: Das Tortendiagramm gibt einen Überblick über die numerische Verteilung der Stift-Stumpfaufbauten nach Art der prothetischen Versorgung.

Art der prothetischen Versorgung	Anteil am Gesamtkollektiv in %
mittelständige Seitenzahnkrone	33 %
endständige Seitenzahnkrone	11 %
Frontzahnkrone	15 %
mittelständige Seitenzahnbrücke	1 %
endständige Seitenzahnbrücke	11 %
Frontzahnbrücke	4 %
Hufeisenbrücke	3 %
Anhängerbrücke	1 %
Teleskopkrone mittelständig	4 %
Teleskopkronen primär verblockt	10 %
Teleskopkrone endständig	3 %
Klammerzahn MGP	2 %
Kronenblock mit Geschiebe	2 %

MGP = Modellgussprothese

Tabelle 3.1: Art der prothetischen Versorgung: Anteile am Gesamtkollektiv

Im Folgenden werden die oben genannten Gruppen, die Grundlage für die analytische Auswertung waren, beschrieben.

Die 320 mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Pfeiler wurden zu einem Anteil von 79 Prozent (253 Stift-Stumpfaufbauten) mit Kronen und Brücken versorgt und zu einem Anteil von 21 Prozent (67 Stift-Stumpfaufbauten) als Pfeiler in kombiniert festsitzend-herausnehmbare prothetische Restaurationen integriert (Abb. 3.11).

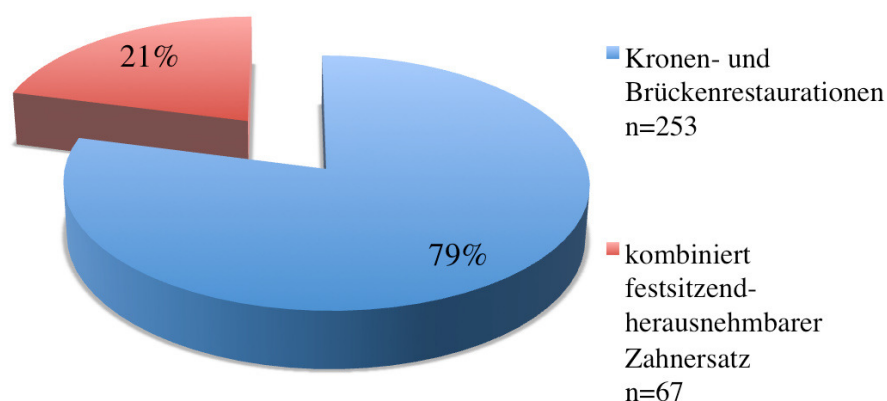


Abbildung 3.11: Numerische und prozentuale Verteilung der festsitzenden und kombiniert festsitzend-herausnehmbaren prothetischen Versorgungen.

Die Restauration mit einer Einzelkrone war mit einem Anteil von 59 Prozent - dies entspricht einer Anzahl von 189 Stift-Stumpfaufbauten - die häufigste prothetische Versorgung. In 20 Prozent der Fälle dienten die stiftversorgten Zähne als Pfeiler einer Brücke (64 Stift-Stumpfaufbauten), 17 Prozent der mit Stift-Stumpfaufbauten

rekonstruierten Zähne (55 Stift-Stumpfaufbauten) wurden als Primärkronen in teleskopierende Prothesen eingearbeitet und jeweils 2 Prozent waren Klammerzähne (7 Stift-Stumpfaufbauten) von Modellgussprothesen, beziehungsweise Pfeiler eines Frontzahn-Kronenblocks mit Geschiebe (5 Stift-Stumpfaufbauten) (Abb. 3.12).

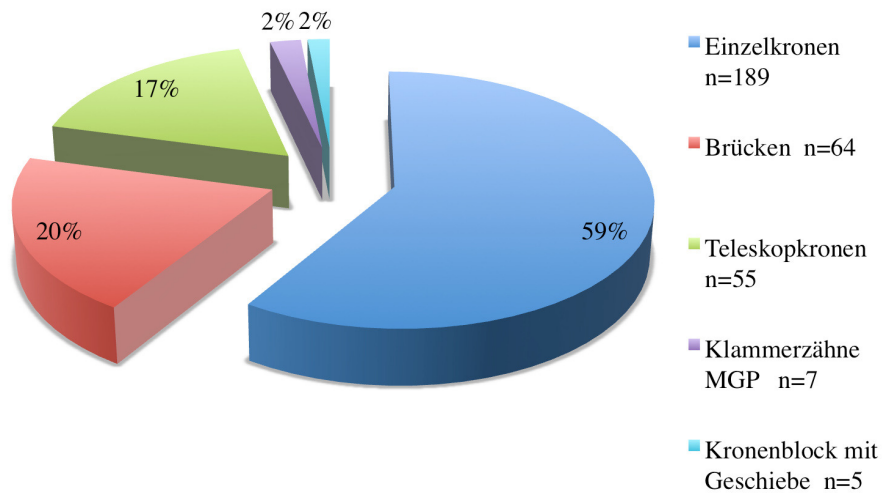


Abbildung 3.12: Numerische und prozentuale Verteilung der unterschiedlichen prothetischen Restaurationen

Einteilung der Einzelkronen:

Von den 189 Einzelkronen waren 140 im Seitenzahnbereich, davon 104 mittelständig (55 Prozent) und 36 (19 Prozent) endständig in der Zahnreihe. Weitere 49 mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierte Zähne wurden im Frontzahnbereich mit Einzelkronen versorgt, was einem Anteil von 26 Prozent entspricht (Abb. 3.13).

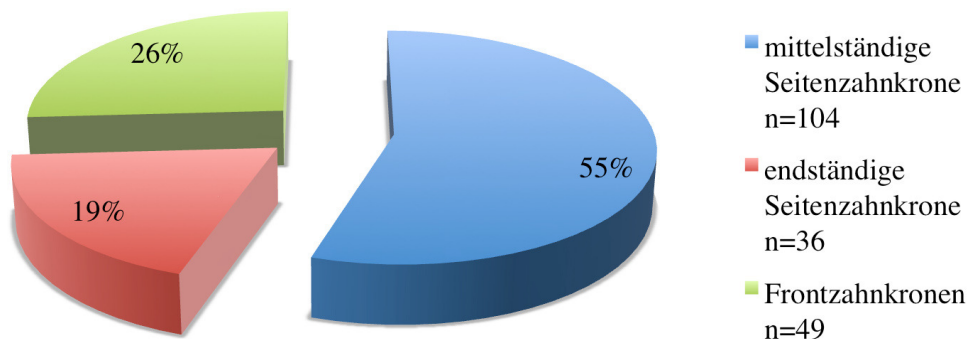


Abbildung 3.13: Numerische und prozentuale Verteilung der Einzelkronen

Einteilung der Brücken:

Von den 64 Brückenankern waren 42 mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierte Pfeilerzähne in zwei - oder dreigliedrige Brücken im Seitenzahnbereich integriert, davon waren 4 Stift-Stumpfaufbauten mittelständig und 34 Stift-Stumpfaufbauten endständig in der Zahnreihe. 2 Stift-Stumpfaufbauten waren Pfeiler einer Anhängerbrücke im Seitenzahnbereich bei verkürzter Zahnreihe. 13 stiftversorgte Zähne dienten als Pfeiler einer Frontzahnbrücke und 11 mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierte Zähne dienten als Pfeiler einer Hufeisenbrücke im Oberkiefer (Abb. 3.14).

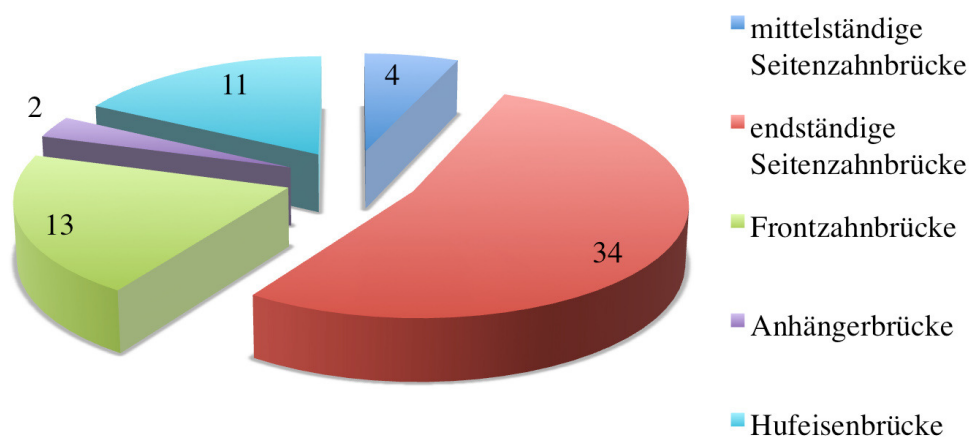


Abbildung 3.14: Numerische Verteilung der Brücken

Einteilung der Teleskopkronen:

55 Stiftzähne wurden als Pfeiler in eine Teleskopprothese integriert, von denen 13 Teleskopkronen mittelständig und 33 Teleskopkronen endständig in der Zahnreihe lokalisiert waren. 9 Teleskop Pfeiler waren primär verblockt (Abb. 3.15).

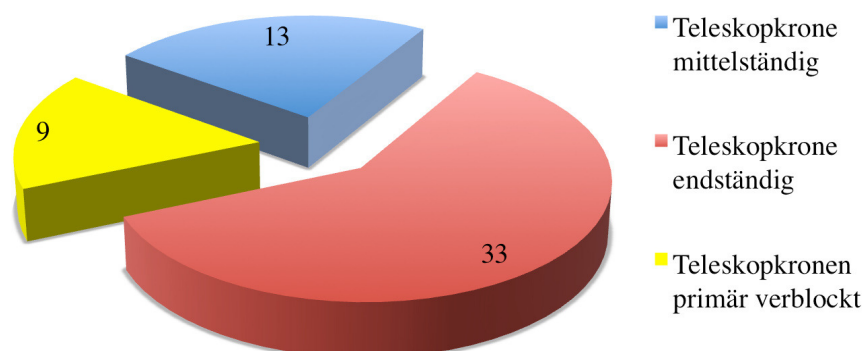


Abbildung 3.15: Numerische Verteilung der Teleskopkronen

3.1.4 Auswertung der Pfeilerspezifischen Recall-Daten

Mit Hilfe der Recallbögen (Abb. 2.2) wird der Zustand der Stift-Stumpfaufbauten während beziehungsweise zum Ende der „Zeit unter Risiko“ beschrieben. Im Folgenden werden also Ereignisse zur Verteilung beziehungsweise Größen einzelner Subgruppen des Ausgangsklientels beschrieben.

3.1.4.1 Spezifische klinische Befunde

Die spezifischen klinischen Befunde geben Auskunft über die Art des Versagens der untersuchten Stift-Stumpfaufbauten. Das Versagen eines mit einem Stift-Stumpfaufbau versorgten Zahnes war auf biologische (Schmerzen und Entzündungszeichen, Sekundärkaries und parodontale Probleme) oder technische (Dezementierung, Stiftbruch und Zahnfraktur) Ursachen zurückzuführen. Ein symptomloser Zahn mit Stift-Stumpfaufbau und klinisch intakter Restauration war gemäß der Recallbögen ohne Auffälligkeiten.

Von den 320 stiftversorgten Zähnen blieb der spezifische klinische Befund im Rahmen der Nachuntersuchung bei 212 ohne Auffälligkeiten.

Während des Beobachtungszeitraums wurden von den fehlgeschlagenen 108 mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zähnen 49 (45 Prozent) aufgrund eines biologischen Versagens auffällig: 35 stiftversorgte Zähne (32 Prozent) wurden durch Schmerzen und Entzündungszeichen auffällig. Weitere 14 (13 Prozent) rekonstruierte Zähne wurden aus anderen Gründen, zumeist wegen Sekundärkaries und parodontalen Problemen, zum Misserfolg. Aus technischen Gründen versagten 59 (55 Prozent) der rekonstruierten Zähne: Bei 48 (44 Prozent) löste sich der Verbund zwischen Stift-Stumpfaufbau und Zahnstumpf, 4 (4 Prozent) der Stift-Stumpfaufbauten frakturierten und 7 (7 Prozent) Zähne erlitten eine Zahnfraktur. Bei den Misserfolgsgründen überwogen Dezementierungen sowie Entzündungszeichen und Schmerzen (Abb. 3.16).

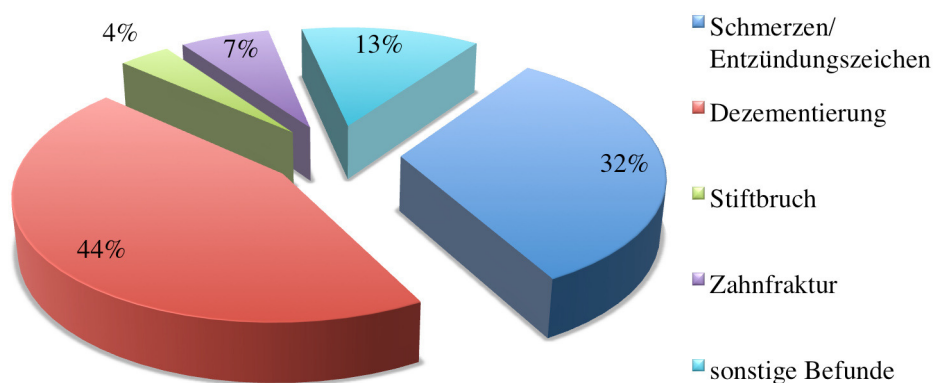


Abbildung 3.16: Prozentuale Verteilung der Misserfolgsbefunde

3.1.4.2 Auswertung der röntgenologischen Befunde bei Misserfolg

Anhand der Zahnfilme der mit Stift-Stumpfaufbauten versorgten Zähne konnten röntgenologisch folgende Befunde - unabhängig von der Art des Versagens der untersuchten Zähne - erkannt werden: 24 Stift-Stumpfaufbauten (22 Prozent) waren von einem Misserfolg betroffen, ohne röntgenologisch pathologischen Befund. Bei 84 von Misserfolg betroffenen Stift-Stumpfaufbauten, entsprechend einem Anteil von 78 Prozent manifestierten sich folgende röntgenologische Befunde: Bei 35 mit Stift-Stumpfaufbauten versorgten Zähnen (32 Prozent) konnte eine apikale Aufhellung festgestellt werden. 4 Zähne (4 Prozent) waren von einer apikalen oder lateralen Wurzelresorption betroffen. 8 Wurzeln (7 Prozent) wurden nach Stifteininsertion reseziert, 17 Stiftzähne (16 Prozent) waren von einem parodontalen Knochenabbau betroffen und bei 20 rekonstruierten Zähnen (19 Prozent) war Sekundärkaries zu erkennen (Abb. 3.17).

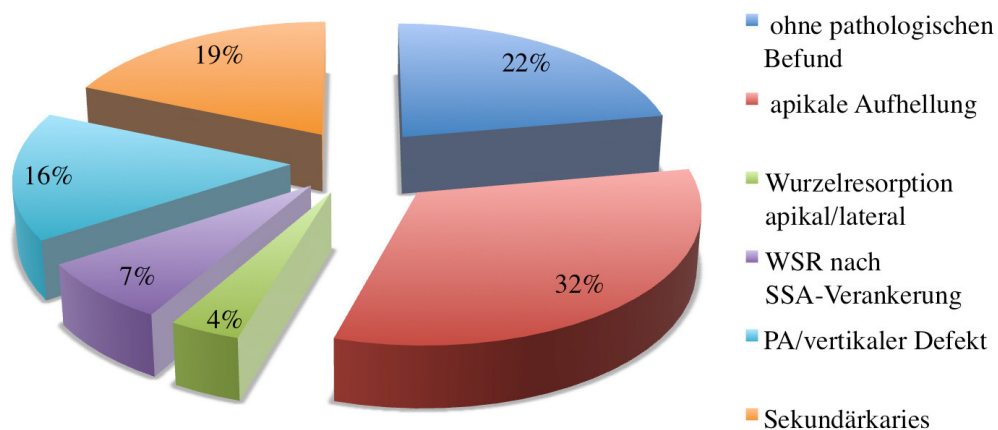


Abbildung 3.17: Prozentuale Verteilung der röntgenologischen Befunde bei Versagen der mit Stift-Stumpfaufbauten versorgten Zähne

3.1.4.3 Therapien nach Misserfolg

In Abb. 3.17 ist dargestellt welche Therapie-Maßnahmen nach einem Misserfolg eines mit einem Stift-Stumpfaufbau versehenen Zahnes vorgenommen wurden. Von den 108 Zähnen, bei denen sich ein Misserfolg einstellte, wurden 79 (73 Prozent) extrahiert. 23 (21 Prozent) Stift-Stumpfaufbauten wurden wieder eingegliedert und bei 6 Zahnwurzeln (6 Prozent) wurde ein neuer Stift-Stumpfaufbau angefertigt (Abb. 3.18).

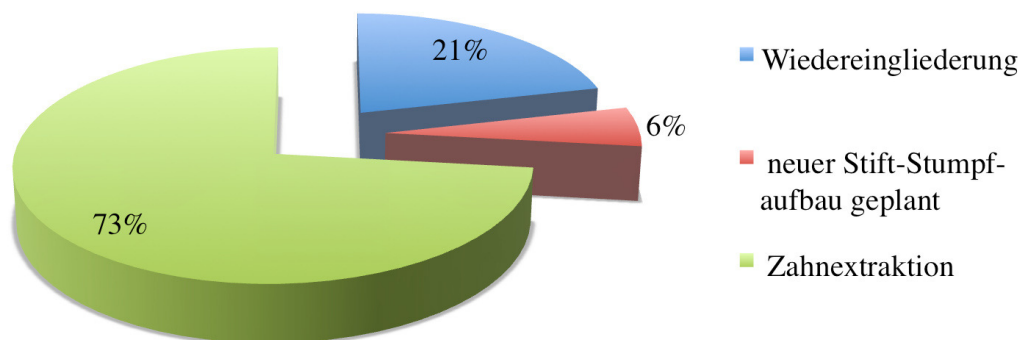


Abbildung 3.18: Prozentuale Verteilung der Therapiemaßnahmen nach Misserfolg

Abb. 3.18 zeigt, dass nach Dezentementierung der Stift-Stumpfaufbauten beinahe die Hälfte (20 Stift-Stumpfaufbauten) der betroffenen Zahnwurzeln extrahiert werden mussten. Von den 48 dezentementierten Stift-Stumpfaufbauten konnten nur 23 wieder eingegliedert werden und bei 5 Zahnstümpfen konnte ein neuer Stift-Stumpfaufbau angefertigt werden (Abb. 3.19).

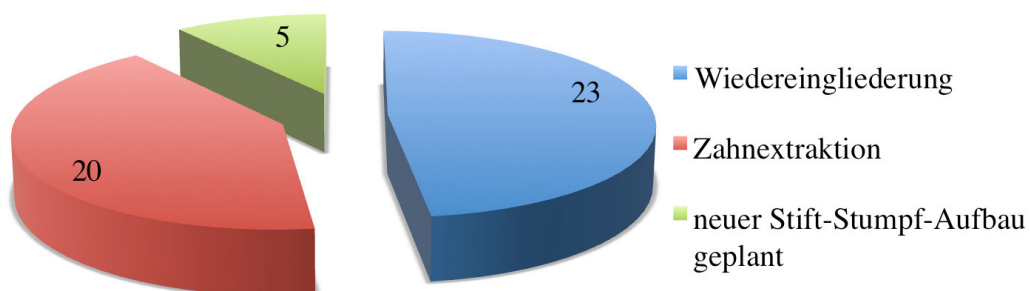


Abbildung 3.19: Numerische Darstellung der Therapiemaßnahmen nach Dezentementierung eines Stift-Stumpfaufbaus

Nach einem Misserfolg wurden in 73 Prozent der Fälle die mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zähne extrahiert: 35 wegen Entzündungszeichen und Schmerzen, 7 wegen Zahnfraktur, 14 aufgrund von parodontalen Problemen oder Sekundärkaries und 3 wegen Stiftbruch. Weitere 20 Zähne wurden wegen fehlender Erhaltungswürdigkeit nach Dezementierung des Stift-Stumpfaufbaus extrahiert (Abb. 3.20).

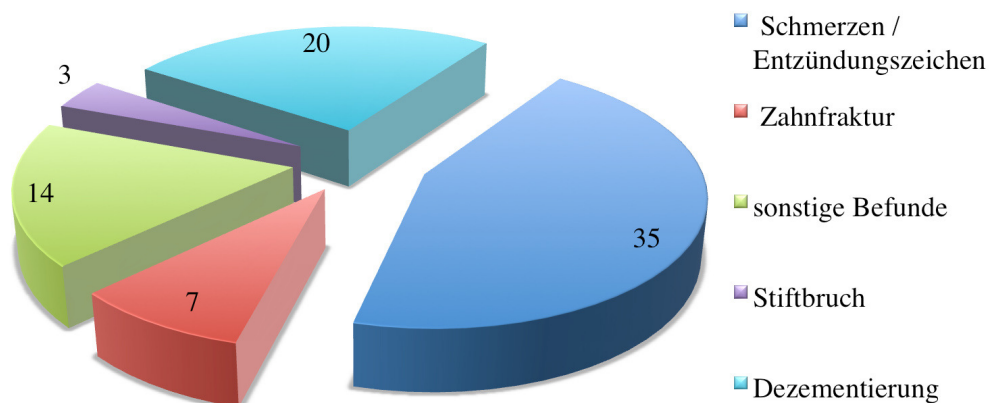


Abbildung 3.20: Numerische Verteilung der spezifischen klinischen Befunde, die zur Extraktion der mit Stift-Stumpfaufbau versorgten Zähne führten

3.1.4.4 Erfolgs- und Misserfolgscharakteristik

Insgesamt waren 212 Stift-Stumpfaufbauten erfolgreich, wohingegen 108 Stifte von einem Misserfolg betroffen waren.

Einen Überblick über die röntgenologischen und spezifischen klinischen Befunde sowie die Therapien nach Versagen der Stift-Stumpfaufbauten beschreiben die Tabellen 3.2 und 3.3, spezifiziert nach der Art des Zahnes (Abb. 3.8) beziehungsweise der prothetischen Restauration (Abb. 3.10).

Von den 67 stiftversorgten Eckzähnen wurde bei 32 ein Misserfolg beobachtet, bei den 49 Schneidezähnen 14 Misserfolge, bei den 143 Prämolaren 42 Misserfolge und bei den 61 Molaren wurden 20 Misserfolge beobachtet. Seitliche Schneidezähne waren häufiger von Komplikationen betroffen als mittlere Schneidezähne (Tabelle 3.2). In Bezug zur prothetischen Versorgungsart der Stift-Stumpfaufbauten konnten bei 40 endständigen Seitenzahnkronen 18 Misserfolge beobachtet werden. Von 100 mittelständigen Seitenzahnkronen waren 14 von einem Misserfolg betroffen. Bei den 49 Frontzahnkronen waren 14 Verluste zu verbuchen (Tabelle 3.3).

Bei den 9 Stift-Stumpfaufbauten, die in Hufeisenbrücken integriert waren, waren zwei im Beobachtungszeitraum verloren gegangen, bei den Frontzahnbrücken nur

Röntgenbefund	Eckzahn n=67 Misserfolge: 32	Schneidezahn n=49 Misserfolge: 14	Prämolar n=143 Misserfolge: 42	Molar n=61 Misserfolge: 20		gesamt
	1.Molar		2. + 3. Molar			
ohne pathologischen Befund	8	7	8	1	0	24
apikale Aufhellung	5	3	15	8	4	35
Wurzelresorption apikal / lateral	1	1	2	0	0	4
Z.n. WSR	3	2	2	1	0	8
PA / vertikaler Defekt	11	1	3	0	2	17
Sekundärkaries	4	0	12	2	2	20
spezifischer klinischer Befund						
Schmerzen	8	1	15	7	4	35
Dezementierung	13	11	20	2	2	48
Stiftbruch	2	0	2	0	0	4
Zahnfraktur	2	0	3	1	1	7
nicht stiftbezogene Pathogenese	7	2	2	2	1	14
Therapie						
bei Schmerzen: Zahnextraktion	8	1	15	7	4	35
bei Dezementierung: Wiedereingliederung	7	7	7	1	1	23
bei Dezementierung: Zahnextraktion	6	3	10	1	0	20
bei Dezementierung: neuer Stift- Stumpfaufbau geplant	0	1	3	0	1	5
bei Stiftbruch: Zahnextraktion	1	0	2	0	0	3
bei Stiftbruch: neuer Stift- Stumpfaufbau geplant	1	0	0	0	0	1
bei Zahnfraktur: Extraktion	2	0	3	1	1	7
bei nicht stiftbezogener Pathogenese: Extraktion	7	2	2	2	1	14
	Schneidezahn					gesamt
	seitlicher Schneidezahn OK n=28 Misserfolge: 10	mittlere Schneidezahn OK n=20 Misserfolge: 4	Schneidezahn UK n=1 Misserfolge: 0			
spezifischer klinischer Befund						
Schmerzen	1	0	0	0	0	1
Dezementierungen	7	4	0	0	0	11
andere Komplikationen (PA/WSR)	2	0	0	0	0	2
Therapie						
bei Schmerzen: Extraktion	1	0	0	0	0	1
bei Dezementierung: Wiedereingliederung neuer SSA	5 1	2	0	0	0	7 1
bei Dezementierung: Extraktion	1	2	0	0	0	3
bei anderen Komplikationen: Extraktion	2	0	0	0	0	2

Tabelle 3.2: Befunde und Therapien bei Misserfolg, unterteilt nach Art der Zähne

Röntgenbefund	Einzelkronen n=189 Misserfolge: 46				Brücken n=64 Misserfolge: 23						Teleskope n=55 Misserfolge: 35				MGP n=7 Misserfolge: 4	Ge- schie- be n=5	gesamt
	SZ mitte 1	SZ end	FZ	gesa mt	SZ end	SZ mitte 1	FZ	Huf- eisen	Anhän- ger SZ	gesa mt	mi tel	en d	prim. verbl ockt	gesa mt			
ohne pathologischen Befund	2	3	5	10	2	0	0	0	1	3	0	9	0	9	2	0	24
apikale Aufhellung	10	8	4	22	8	1	0	0	0	9	2	2	0	4	0	0	35
Wurzelresorption apikal / lateral	2	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Z.n. WSR	2	0	3	5	0	0	0	1	0	1	0	2	0	2	0	0	8
PA / vertikaler Defekt	0	2	0	2	3	0	0	0	0	3	3	7	2	12	0	0	17
Sekundärkaries	2	1	0	3	4	1	1	1	0	7	2	6	0	8	2	0	20
spezifischer klinischer Befund																	
Schmerzen	8	7	3	18	7	1	0	0	0	8	1	6	2	9	0	0	35
Dezementierung	6	4	10	20	10	0	0	0	1	11	4	11	0	15	2	0	48
Stiftbruch	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	3	1	0	4
Zahnfraktur	3	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	7
nicht stiftbezogene Pathogenese	2	1	0	3	0	1	1	2	0	4	1	5	0	6	1	0	14
Therapie																	
bei Schmerzen: Zahnextraktion	8	7	3	18	7	1	0	0	0	8	1	6	2	9	0	0	35
bei Dezementierung: Wiedereingliederung	0	1	7	8	3	0	0	0	0	3	3	6	0	10	2	0	23
bei Dezementierung: Zahnextraktion	6	2	2	10	4	0	0	0	1	5	1	5	0	5	0	0	20
bei Dezementierung: neuer Stift-Stumpfaufbau geplant	0	1	1	2	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	5
bei Stiftbruch: Zahnextraktion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	3	0	0	3
bei Stiftbruch: neuer Stift-Stumpfaufbau geplant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
bei Zahnfraktur: Extraktion	3	1	1	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	7
bei nicht stiftbezogener Pathogenese: Extraktion	2	1	0	3	0	1	1	2	0	4	1	5	0	6	1	0	14

N= Anzahl, SZ= Seitenzahn, FZ= Frontzahn, mittel= mittelständig in der Zahnreihe bzw. Brückenkonstruktion, end= endständig in der Zahnreihe bzw. Brückenkonstruktion, Anhänger SZ= Anhängerbrücke im Seitenzahngebiet, MGP= Modellgussprothese

Tabelle 3.3: Befunde und Therapien bei Misserfolg - unterteilt nach prothetischer Integration eines mit Stift-Stumpfaufbau wieder hergestellten Zahnes in die Zahnersatzkonstruktion

einer. Bei den 40 Seitenzahnbrücken überlebten 20 Stift-Stumpfaufbauten und 20 gingen verloren (Tabelle 3.3). Bei den 9 primär verblockten Teleskopkronen gingen im Beobachtungszeitraum nur 2 verloren. Bei den 13 mittelständigen Teleskopkronen waren 7 von einem Misserfolg betroffen, und von den 33 endständigen Primärkronen gingen 26 verloren (Tabelle 3.3).

3.1.4.5 Überlebenszeit

Im Balkendiagramm ist die Überlebensdauer der fehlgeschlagenen Stift-Stumpfaufbauten dargestellt. Bei den 108 Stiftzähnen, die von einem Misserfolg betroffen waren, lag die mittlere Überlebenszeit bei 60,6 Monaten (Abb. 3.21).

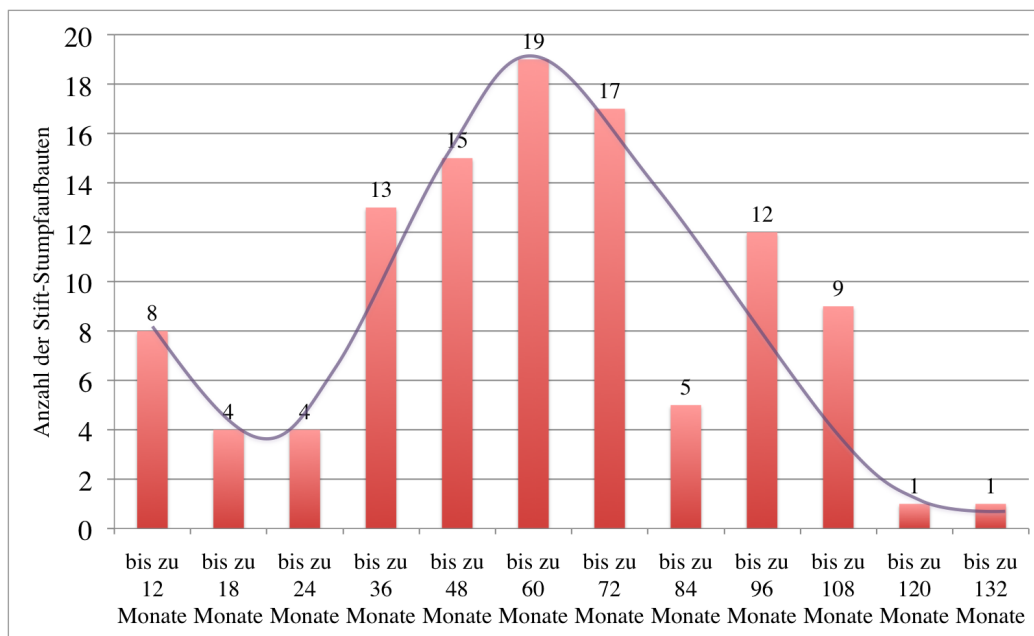


Abbildung 3.21: Skalierte Überlebensdauern der Stift-Stumpfaufbauten bis zum Misserfolg

3.2 Analytische Statistik

Aufgrund der insgesamt geringen Fallzahlen zeigte eine statistische Korrelationsanalyse zur Ermittlung von Kausalzusammenhängen beziehungsweise eine Regressionsanalyse nach Cox zur Abschätzung einer oder mehrerer Kovariablen auf ein Verlustrisiko keine statistisch signifikanten Ergebnisse. Daher wurde die analytische Auswertung auf die Überlebenszeitanalyse nach Kaplan-Meier beschränkt. Das Gesamtklientel wurde in Subgruppen unterteilt und - sofern genügend Patienten ausgewertet werden konnten - in Form einer Überlebensfunktion analysiert. Die Überlebenskurven wurden verglichen und mittels Log-Rang-Test auf statistische Signifikanz (Signifikanzniveau 5 %) getestet.

3.2.1 Überlebenszeitanalyse

3.2.1.1 Kaplan-Meier-Überlebenskurve

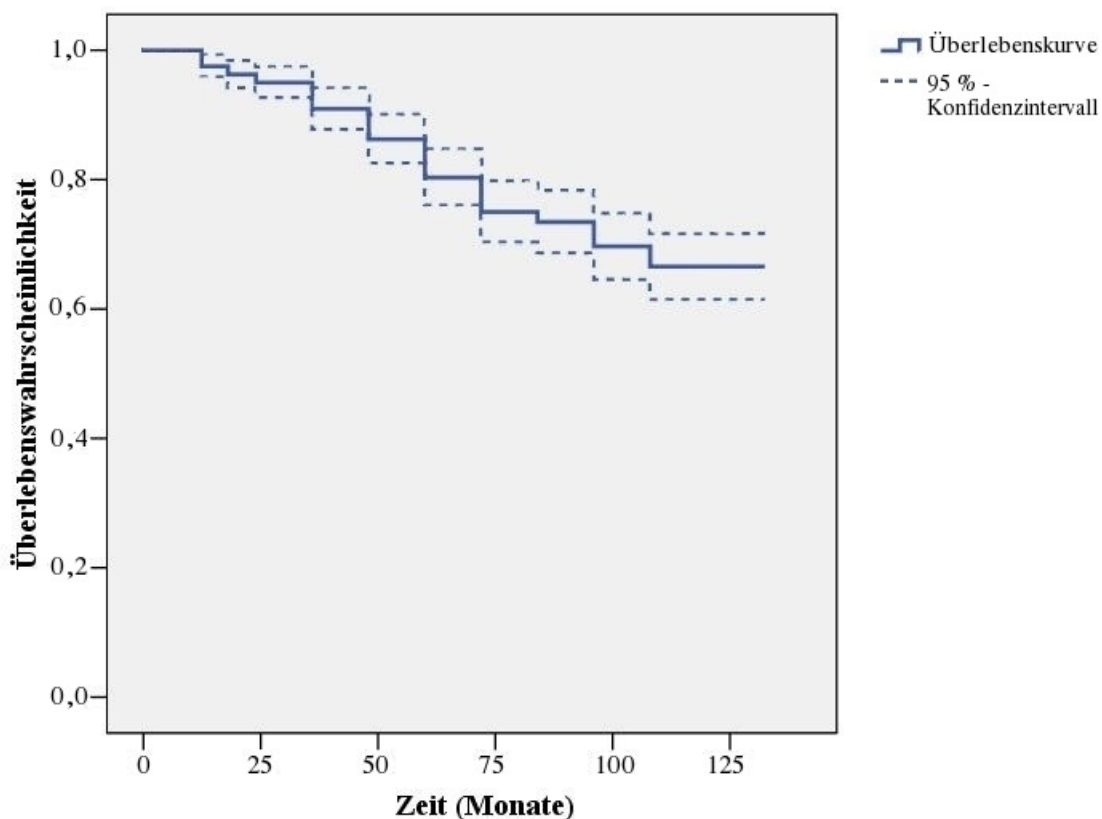


Abbildung 3.22: Verweilwahrscheinlichkeit aller Zähne mit Stift-Stumpfaufbauten

Die Kaplan-Meier-Kurve gibt für jeden Zeitpunkt zwischen dem Eingliederungszeitpunkt und dem Endpunkt der Beobachtungszeit die geschätzte Verweilwahrscheinlichkeit an. Die dazu gehörigen punktwisen approximativen Konfidenzintervalle liefern eine Information über die Aussagekraft dieser Schätzwerte (Anhang A. 5 - A. 11).

Wurde ein mit einem Stift-Stumpfaufbau rekonstruierter Zahn von einem biologischen oder technischen Misserfolg betroffen, trat per definitionem ein Ereignis ein.

Diejenigen Stift-Stumpfaufbauten, die den Beobachtungszeitraum in der Mundhöhle unbeschadet überstanden haben, ohne dass ein Ereignis stattgefunden hat, wurden zensiert.

In Abb. 3.22 ist die Verweildauer des gesamten Kollektivs dargestellt. Von 320 eingegliederten Stift-Stumpfaufbauten waren 108 von einem Misserfolg betroffen. 212 Stift-Stumpfaufbauten überlebten den Beobachtungszeitraum. Dabei lagen die Chancen, dass kein Misserfolg eintrat, nach 12 Monaten bei 97,5 Prozent, nach 24 Monaten bei 94,9 Prozent, nach 36 Monaten bei 90,9 Prozent, nach **5 Jahren bei 80,3 Prozent**, nach 6 Jahren bei 75,0 Prozent, nach 8 Jahren bei 69,7 Prozent und nach **10 Jahren bei 66,3 Prozent**.

In Tabelle 3.4 sind die Fallzahlen des Kollektivs zusammengefasst. Bei 66,3 % der untersuchten Zähne trat im Beobachtungszeitraum kein Ereignis auf.

	Gesamtzahl	Anzahl der Ereignisse	zensiert n	zensiert %
Stift-Stumpfaufbauten	320	108	212	66,3

Tabelle 3.4: Zusammenfassung der Fallzahlen

3.2.1.2 Zahngruppenspezifische Überlebenskurven

In Abb. 3.23 ist die Verweildauer der Zahntypen (Schneidezahn, Eckzahn, Prämolare, Molar), die mit Stift-Stumpfaufbauten versorgt wurden, dargestellt.

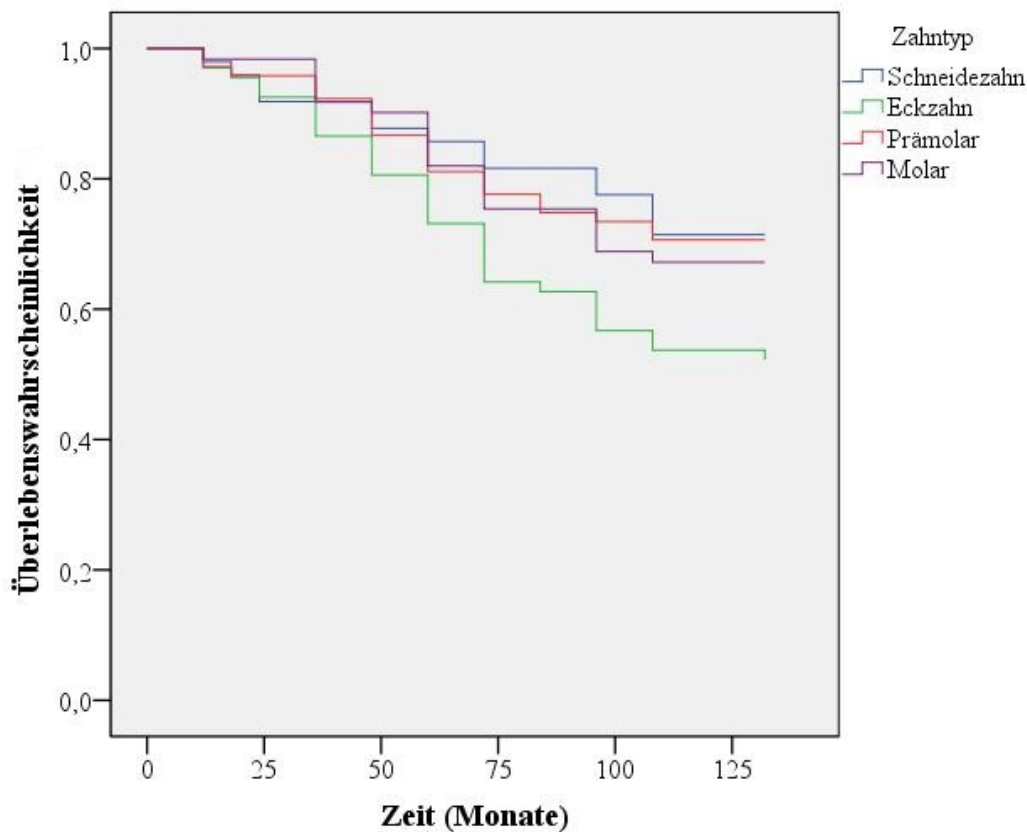


Abbildung 3.23: Verweilwahrscheinlichkeit der unterschiedlichen Zahntypen, die mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruiert wurden.

Von den 49 mit Stift-Stumpfaufbauten versorgten Schneidezähnen gingen 14 verloren. Dabei lag die Überlebenswahrscheinlichkeit nach 12 Monaten bei 98,0 Prozent, nach 36 Monaten bei 91,8 Prozent, nach **5 Jahren bei 85,7 Prozent**, nach 6 Jahren bei 81,6 Prozent, nach 8 Jahren bei 77,6 Prozent und nach **10 Jahren bei 71,4 Prozent**.

Von 67 Eckzähnen, die mit Stift-Stumpfaufbauten versorgt wurden, waren 32 von einem Misserfolg betroffen. Dabei lagen die Chancen dass kein Misserfolg auftrat lag nach 12 Monaten bei 97,0 Prozent, nach 24 Monaten bei 92,5 Prozent, nach 36 Monaten bei 86,6 Prozent, nach **5 Jahren bei 73,1 Prozent**, nach 6 Jahren bei 64,2 Prozent, nach 8 Jahren bei 56,7 Prozent und nach **10 Jahren bei 52,2 Prozent**.

Von 143 Prämolaren, die mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruiert wurden, versagten 42. Die Wahrscheinlichkeit, dass kein Misserfolg auftrat, lag nach 12 Monaten bei 97,2 Prozent, nach 36 Monaten bei 92,3 Prozent, nach **5 Jahren bei 81,1 Prozent** nach 6 Jahren bei 77,6 Prozent, nach 8 Jahren bei 73,4 Prozent und nach **10 Jahren bei 70,6 Prozent**.

Von 61 Molaren, die mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruiert wurden, wurden 20 von einem Misserfolg betroffen. Die Überlebenschancen lagen nach 12 Monaten bei 98,4 Prozent, nach 36 Monaten bei 91,8 Prozent, nach **5 Jahren bei 82,0 Prozent**, nach 6 Jahren bei 75,4 Prozent, nach 8 Jahren bei 68,9 Prozent und nach **10 Jahren bei 67,2 Prozent**.

Die Tabelle 3.5 gibt einen Überblick über die Fallzahlen der mit Stift-Stumpfaufbauten versorgten Zahntypen an, die mit Stift-Stumpfaufbauten. Bei den Eckzähnen und Molaren traten während der Beobachtungszeit häufiger Ereignisse auf als bei den Prämolaren und Schneidezähnen.

Zahntyp	Gesamtzahl	Anzahl der Ereignisse	zensiert n	zensiert %
Eckzahn	67	32	35	52,2
Molar	61	20	41	67,2
Prämolar	143	42	101	70,6
Schneidezahn	49	14	35	71,4
Gesamt	320	108	212	66,3

Tabelle 3.5: Zusammenfassung der Fallzahlen der Subgruppen - Zahntyp

Für die Subgruppen Frontzahn, Eckzahn, Prämolar und Molar konnte statistisch mit $p=0,047$ bei einem Signifikanzniveau von 5 % ein signifikant unterschiedliches Risiko nachgewiesen werden (Tabelle 3.6).

	Chi-Quadrat	Freiheitsgrade	Signifikanz (p-Wert)
Log Rank (Mantel-Cox)	7,950	3	0,047

Tabelle 3.6: Statistische Kennwerte für den Subgruppenvergleich Zahntyp

3.2.1.3 Überlebenskurven in Bezug auf die prothetische Integration der Stift-Stumpfaufbauten

Überlebenswahrscheinlichkeit bei Einzelkronen-Versorgung

In Abb. 3.24 ist die Verweilwahrscheinlichkeit der 189 Stift-Stumpfaufbauten dargestellt, die mit Einzelkronen versorgt wurden.

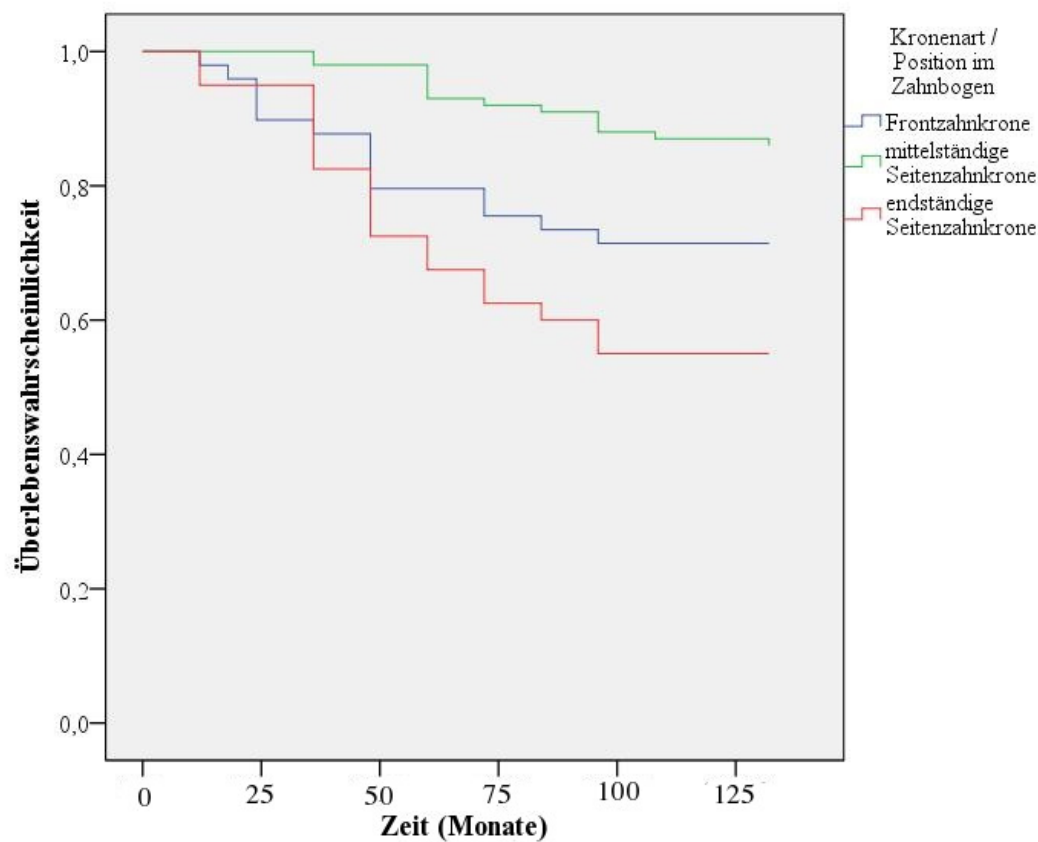


Abbildung 3.24: Verweilwahrscheinlichkeit des Kollektivs an Stift-Stumpfaufbauten, die mit Einzelkronen versorgt wurden.

Von den 49 Stift-Stumpfaufbauten, die mit Einzelkronen im Frontzahnbereich versorgt wurden, gingen 14 verloren. Die Chance, dass kein Misserfolg eintrat, lag nach 12 Monaten bei 97,9 Prozent, nach 36 Monaten bei 87,8 Prozent, nach **5 Jahren bei 79,6 Prozent**, nach 6 Jahren bei 75,5 Prozent, nach 8 Jahren bei 73,5 Prozent und nach **10 Jahren bei 71,4 Prozent**.

Von 100 Stift-Stumpfaufbauten, die unter mittelständigen Seitenzahnkronen verankert wurden, schlugen 14 fehl. Die Chance, dass kein Misserfolg auftrat, lag nach 12 Monaten bei 100 Prozent, nach 36 Monaten bei 98,0 Prozent, nach **5**

Jahren bei 93,0 Prozent, nach 6 Jahren bei 92,0 Prozent, nach 8 Jahren bei 88,0 Prozent und nach **10 Jahren bei 86,0 Prozent**.

Von 40 Stift-Stumpfaufbauten, die unter endständigen Seitenzahnkronen zementiert wurden, waren 18 von einem Misserfolg betroffen. Die Überlebenswahrscheinlichkeit lag nach 12 Monaten bei 95,0 Prozent, nach 36 Monaten bei 82,5 Prozent, nach **5 Jahren bei 67,5 Prozent**, nach 6 Jahren bei 62,5 Prozent, nach 7 Jahren bei 60,0 Prozent und nach **10 Jahren bei 55,4 Prozent**.

Die vergleichende Zusammenfassung der Fallzahlen (Tabelle 3.7) zeigt, dass bei den endständigen Seitenzahnkronen häufiger Ereignisse auftraten, als bei Einzelkronen im Frontzahnbereich beziehungsweise bei mittelständigen Seitenzahnkronen.

Kronenart / Position im Zahnbogen	Gesamtzahl	Anzahl der Ereignisse	zensiert n	zensiert %
endständige Seitenzahnkrone	40	18	22	55,0
Frontzahnkrone	49	14	35	71,4
mittelständige Seitenzahnkrone	100	14	86	86,0
Gesamt	189	46	143	75,7

Tabelle 3.7: Zusammenfassung der Fallzahlen - Einzelzahnkronen

Für die Subgruppen (endständige Seitenzahnkrone, Frontzahnkrone, mittelständige Seitenzahnkrone) konnte mit $p= 0,0002$ auf einem Signifikanzniveau von 5 % ein signifikant unterschiedliches Risiko nachgewiesen werden (Tabelle 3.8).

	Chi-Quadrat	Freiheitsgrade	Signifikanz (p-Wert)
Log Rank (Mantel-Cox)	17,785	2	0,0002

Tabelle 3.8: Statistische Kennwerte für den Subgruppenvergleich Einzelkronen

Überlebenswahrscheinlichkeit von Brückenpfeilern

Die Abb. 3.25 zeigt die Überlebensfunktion der 64 mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zähne, die als Pfeiler einer Brücke dienten.

58 Stift-Stumpfaufbauten davon waren Endpfeiler der Brückenkonstruktion. 6 weitere Pfeiler im Seitenzahnbereich, die mittelständig im Brückenverbund standen, wurden nicht ausgewertet, da die Subgruppe zu klein gewesen wäre.

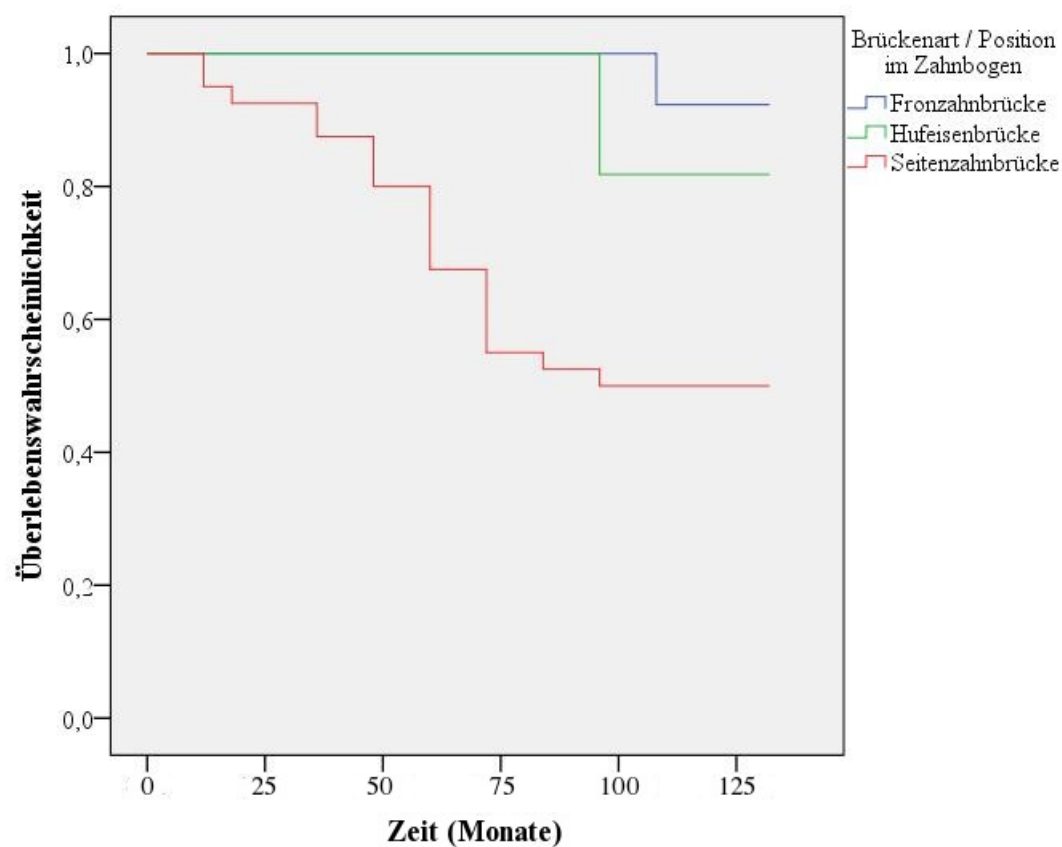


Abbildung 3.25: Verweilwahrscheinlichkeit des Kollektivs an Stift-Stumpfaufbauten, die als Pfeiler einer Brücke dienten.

Von 11 Stift-Stumpfaufbauten, die unter Hufeisenbrücken zementiert wurden, waren 2 von einem Misserfolg betroffen. Dabei lagen die Chancen verlustfrei zu bleiben nach **5 Jahren bei 100 Prozent** und **10 Jahren bei 81,8 Prozent**.

Von 13 Stift-Stumpfaufbauten, die Pfeiler einer Fontzahnbrücken waren, ging nur einer verloren. Dabei lagen die Chancen, dass kein Misserfolg eintrat nach **5 Jahren bei 100 Prozent** und nach **10 Jahren bei 92,3 Prozent**.

Von 40 Stift-Stumpfaufbauten, die als Pfeiler einer Seitenzahnbrücken dienten, waren 20 von einem Misserfolg betroffen. Die Überlebenswahrscheinlichkeit lag

nach 12 Monaten bei 95,0 Prozent, nach 36 Monaten bei 87,5 Prozent, nach **5 Jahren bei 67,5 Prozent**, nach 6 Jahren bei 55,0 Prozent, nach 7 Jahren bei 52,0 Prozent und nach **10 Jahren bei 50,0 Prozent**.

Die vergleichende Zusammenfassung der Fallzahlen zeigt, dass die Seitenzahnbrücken häufiger von Misserfolgen betroffen waren, als die Frontzahnbrücken oder Hufeisenbrücken (Tabelle 3.9).

Brückenart / Position im Zahnbogen	Gesamtzahl	Anzahl der Ereignisse	zensiert n	zensiert %
Frontzahnbrücke	13	1	12	92,3
Hufeisenbrücke	11	2	9	81,8
Seitenzahnbrücke	40	20	20	50,0
Gesamt	64	23	41	64,1

Tabelle 3.9: Zusammenfassung der Fallzahlen - Brückenpfeiler

Für die Subgruppen (Frontzahnbrücke, Seitenzahnbrücke, Hufeisenbrücke) konnte statistisch mit $p=0,007$ bei einem Signifikanzniveau von 5 % ein signifikant unterschiedliches Risiko nachgewiesen werden (Tabelle 3.10).

	Chi-Quadrat	Freiheitsgrade	Signifikanz (p-Wert)
Log Rank (Mantel-Cox)	10,069	2	0,007

Tabelle 3.10: Statistische Kennwerte für den Subgruppenvergleich Brücken

Überlebenswahrscheinlichkeit von Teleskopfeilern

Die Abbildung 3.26 zeigt die Überlebensfunktionen der 55 mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zähne, die mit Innenteleskopkronen versorgt wurden und als Pfeiler einer Teleskopprothese dienten.

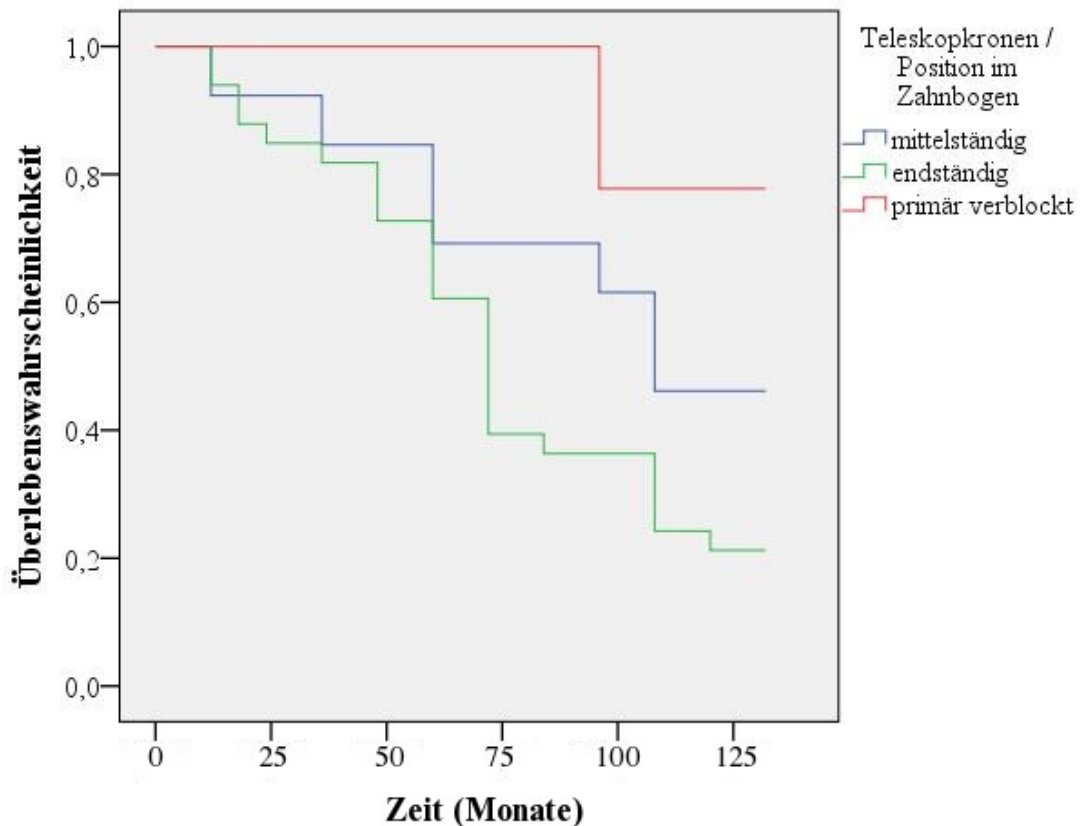


Abbildung 3.26: Verweilwahrscheinlichkeit des Kollektivs an Stift-Stumpfaufbauten, die mit Innenteleskopkronen versorgt wurden.

Von 9 Stift-Stumpfaufbauten, die mit Innenteleskopkronen versorgt wurden, die primär verblockt wurden, gingen 2 verloren. Die Überlebenswahrscheinlichkeit lag nach **5 Jahren bei 100 Prozent** und nach **10 Jahren bei 77,8 Prozent**.

Von 13 Stift-Stumpfaufbauten, die unter mittelständigen Primärkronen zementiert wurden, waren 7 von einem Misserfolg betroffen. Die Chance, dass kein Misserfolg eintrat, lag nach 12 Monaten bei 92,3 Prozent, nach 36 Monaten bei 84,6 Prozent, nach **5 Jahren bei 69,2 Prozent**, nach 8 Jahren bei 61,5 Prozent und nach **10 Jahren bei 46,2 Prozent**.

Von 33 Stift-Stumpfaufbauten, die unter endständigen Primärkronen zementiert wurden, waren 26 von einem Misserfolg betroffen. Die Chance, dass kein Misserfolg

auftrat, lag nach 12 Monaten bei 93,9 Prozent, nach 36 Monaten bei 81,8 Prozent, nach **5 Jahren bei 60,6 Prozent**, nach 8 Jahren bei 36,4 Prozent und nach **10 Jahren bei 21,0 Prozent**.

Die Zusammenfassung der Fallzahlen in Tabelle 3.11 zeigt, dass im Vergleich bei endständigen Primärkronen häufiger Ereignisse auftraten als bei mittelständigen Innenteleskopen oder bei einer primären Verblockung der Primärkronen.

Teleskopkrone / Position im Zahnbogen	Gesamtzahl	Anzahl der Ereignisse	zensiert n	zensiert %
endständig	33	26	7	21,2
mittelständig	13	7	6	46,2
primär verblockt	9	2	7	77,8
Gesamt	55	35	20	36,4

Tabelle 3.11: Zusammenfassung der Fallzahlen - Innenteleskopkronen

Für die Subgruppen (mittel-/ endständiges oder primär verblocktes Innenteleskop) konnte statistisch mit $p= 0,009$ bei einem Signifikanzniveau von 5 % ein signifikant unterschiedliches Risiko nachgewiesen werden (Tabelle 3.12).

	Chi-Quadrat	Freiheitsgrade	Signifikanz (p-Wert)
Log Rank (Mantel-Cox)	9,502	2	0,009

Tabelle 3.12: Statistische Kennwerte für den Subgruppenvergleich Teleskopkronen

3.2.2 Zusammenfassung der Überlebenswahrscheinlichkeiten

In der Tabelle 3.13 sind die Überlebenswahrscheinlichkeiten des Gesamtkollektivs der Stift-Stumpfaufbauten und bezogen auf die unterschiedlichen Zahntypen - nach 5 beziehungsweise 10 Jahren - angegeben.

	Gesamt	Schneidezähne	Eckzähne	Prämolaren	Molaren
ÜLW nach 5 Jahren	80,3 %	85,7 %	73,1 %	81,1 %	82,0 %
ÜLW nach 10 Jahren	66,3 %	71,4 %	52,2 %	70,6 %	67,2 %

ÜLW = Überlebenswahrscheinlichkeit

Tabelle 3.13: Zusammenfassung der Überlebenswahrscheinlichkeiten in % nach 5 und 10 Jahren unterteilt nach Zahntyp

Die Tabelle 3.14 fasst die Verweilwahrscheinlichkeit der mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zähne - nach 5 beziehungsweise 10 Jahren - in Bezug zu deren prothetischer Restauration zusammen.

	Frontzahnkronen	Seitenzahnkronen mittelständig / endständig	
ÜLW nach 5 Jahren	79,6 %	93,0 % / 67,5 %	
ÜLW nach 10 Jahren	71,4 %	86,0 % / 55,4 %	

	Frontzahnbrücken	Seitenzahnbrücken	Hufeisenbrücken
ÜLW nach 5 Jahren	100 %	67,5 %	100 %
ÜLW nach 10 Jahren	92,3 %	50,0 %	81,8 %

	Teleskopkronen mittelständig / endständig / primär verblockt
ÜLW nach 5 Jahren	69,2 % / 60,6 % / 100 %
ÜLW nach 10 Jahren	46,2 % / 21,0 % / 77,8 %

ÜLW = Überlebenswahrscheinlichkeit

Tabelle 3.14: Zusammenfassung der Überlebenswahrscheinlichkeiten in % nach 5 und 10 Jahren unterteilt nach Art der prothetischen Restauration

4

Diskussion

4.1 Diskussion der Methode

Ziel der retrospektiven Studie war es, die klinische Langzeitbewährung von adhäsiv verankerten Stift-Stumpfaufbauten zu ermitteln und in Form einer Überlebenszeitanalyse darzustellen.

Ein Problem bei retrospektiven Studien ist die Verfügbarkeit analysierbarer konsistenter Daten. Die Stammdaten der Studienpatienten wurden über Jahre hinweg von Studenten und Kollegen protokolliert und gesammelt. Die Auswertung der Daten beschränkte sich auf diejenigen Fälle, die bis zum letzten Recall von März bis August 2010 verfügbar waren und klinisch und röntgenologisch nachuntersucht werden konnten. So wurden seit 1999 Stammdaten von insgesamt 261 Patienten erfasst, die in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Universität Würzburg mit einem Stift-Stumpfaufbau versorgt worden waren. Aus statistischer Sicht konnten bei einer Drop-out-Rate von 27,5 Prozent die Daten von 320 Stift-Stumpfaufbauten bei 195 Patienten ausgewertet werden.

Die postendodontisch mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zähne wurden nicht zufällig pro Patient ausgewählt. Die überwiegende Anzahl (88 Prozent) der Patienten wurde mit ein oder zwei Stift-Stumpfaufbauten versorgt. Es wurden aber bis zu sechs Stift-Stumpfaufbauten pro Patient in der Studie erfasst und separat ausgewertet. Somit kann eine Unabhängigkeit der Fälle nicht garantiert werden.

Die Patienten wurden von unterschiedlichen Behandlern (Kollegen und Studenten) mit Stift-Stumpfaufbauten versorgt. Trotz vorgegebener standardisierter Behandlungsabläufe und eindeutiger Stammdaten- und Recallbögen können falsch erfasste Daten und Behandlungsfehler nicht ausgeschlossen werden.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

4.2.1 Diskussion der deskriptiven Statistik

Da die Stiftformen und Werkstoffe bereits ausreichend in zahlreichen Studien untersucht wurden und die Herstellungsmethode mittels der genannten Stift-Systeme seit Langem zum klinischen Standard gehört, wurde auf eine analytische Auswertung dieser Parameter verzichtet. Außerdem konnten viele Studien zeigen, dass Stiftlänge, Stiftdesign und Stift-Werkstoff eine untergeordnete Rolle bei der Erhöhung der Frakturfestigkeit spielten, wenn eine ausreichende Dentinumfassung (Ferrule-Design) gewährleistet war [11], [22], [31], [32], [33], [37], [38], [48], [49].

Die 320 mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Pfeiler wurden mit einem Anteil von 79 Prozent (253 Stifte) hauptsächlich in festsitzende prothetische Versorgungen integriert. Zu einem Anteil von 21 Prozent (67 Stifte) dienten die Zähne mit Stift-Stumpfaufbau als Pfeiler einer kombiniert festsitzend-herausnehmbaren prothetischen Konstruktion.

Insgesamt überlebten 212 Stift-Stumpfaufbauten den Beobachtungszeitraum, wogegen 108 mit Stiften rekonstruierte Zähne von einem Misserfolg betroffen waren. Die durchschnittliche Liegezeit bis zum Misserfolg betrug 60,6 Monate. Den frühen Misserfolgen in den ersten 18 Monaten lagen vermutlich iatrogene Ursachen zugrunde, wie zum Beispiel eine unentdeckte Perforation des Wurzelkanals bei der Kanalbohrung oder andere grundlegende Defizite im Behandlungsablauf.

Die schwerwiegendste Komplikation bei der Versorgung eines Zahnstumpfes mit einem Stift-Stumpfaufbau stellt die Wurzelfraktur dar [124]. In der vorliegenden Studie waren nur 7 von 320 nachkontrollierten Stiftzähnen von einer Wurzelfraktur betroffen. Bei Torbjørner et al. [130] sowie bei Peutzfeld et al. [50] stellten die Wurzelfrakturen den häufigsten Misserfolgsgrund dar. Beide Studien beschäftigen sich mit konventionell zementierten Stift-Stumpfaufbauten. In Laborversuchen wurde gezeigt, dass Zähne mit adhäsiv zementierten Stiften eine höhere Widerstandsfähigkeit gegenüber einwirkenden Kräften aufwiesen als jene, deren Stifte mit konventionellem Zement eingesetzt wurden [137]. Letztlich kann der Grund für die geringe Wurzelfrakturrate in der vorliegenden Studie jedoch nicht genannt werden.

Die hohe Rate von Dezementierungen der hier untersuchten Stift-Stumpfaufbauten - mit 44 Prozent des Kollektivs an missglückten Versorgungen - stellt dagegen die vorteilhafte Anwendung der adhäsiven Zementierung zur Verankerung der Stift-Stumpfaufbauten in Frage. In der Klinik schien die Klebung durch die fehleran-

fällige Umsetzung des Klebeprotokolls problembehaftet zu sein. Allerdings gaben auch andere Studien die Dezementierung als häufigsten Misserfolgsgrund an [102], [119], [122], [126]. Bei einer Studie von Valderhaug et al. dagegen war die Anzahl der Dezementierungen vernachlässigbar klein [99].

Unter Berücksichtigung der Position des stiftversorgten Zahnes im Zahnbogen konnten in dieser Studie vermehrt Dezementierungen im anterioren Bereich des Zahnbogens, insbesondere bei Eckzähnen, beobachtet werden. Die hohe Dezementierungsrate könnte, neben der Führungsfunktion der Eckzähnen und der damit verbundenen hohen Belastung bei Laterotrusion und Protrusion, auch an ihrer Wurzelanatomie liegen. Ein zumeist längs-ovaler Wurzelkanaldurchmesser (Anhang Abb. A.3) lässt per se keine substanzschonende „runde“ Stiftbettpräparation mit zirkulär vollständiger Dentinwandung zu. Bei einem im Querschnitt runden Stift kann die Dentinklebung daher aufgrund persistierender Guttapercha vestibulär und oral im Wurzelkanal beeinträchtigt werden.

In Bezug auf den Zahnersatz wurden die meisten Dezementierungen bei Einzelkronen, insbesondere bei Frontzahnkronen, bei Pfeilern endständiger Seitenzahnbrücken und bei endständigen Teleskopkronen beobachtet. Dass Frontzahnkronen mitunter erheblichen extraachsialen Belastungen ausgeliefert sind und durch den Nagelzieheffekt dezementieren können, konnte bereits an einem mechanischen Modell gezeigt werden [91]. Bei endständigen Seitenzahnbrücken kann die übermäßige Belastung in transversaler Richtung als Grund angesehen werden, die ja prinzipiell wie extrahierende Kräfte durch Zangen beim Ziehen von Zähnen in wechselnder vestibulo-oraler Richtung wirken. Es ist dabei anzumerken, dass die endständigen Zähne grundsätzlich den höchsten Belastungen ausgesetzt sind. Die endständigen Teleskopkronen sind durch die Verankerung des herausnehmbaren Zahnersatzes zusätzlich sehr hohen Biegemomenten sowie Zugkräften ausgeliefert und laufen durch die dorsale Einlagerung der Prothesenbasis eher Gefahr zu dezementieren als mittelständige Primärkronen.

Der zweithäufigste Grund für Misserfolge war das Auftreten von Entzündungszeichen mit Schmerzen, was auf eine Infektion des Wurzelkanals hindeutete. Zähne, die mit einem Stift-Stumpfaufbau versorgt wurden, zeigten auch in anderen Studien häufig eine apikale Entzündung. Sie gingen früher verloren als Zähne ohne Stiftversorgung [96]. Dieser Befund korrelierte mit der Auswertung der röntgenologischen Befunde: Bei 32 Prozent der missglückten Zähne mit Stift-Stumpfaufbau konnte eine apikale Aufhellung beobachtet werden. Am häufigsten waren davon Prämolaren und Molaren betroffen. Durch die variierende Wurzelkanalanzahl und die Krümmung der Wurzeln (Anhang Abb. A.1, A.2 und A.4) bei Prämolaren und Molaren stellt bereits die suffiziente Wurzelkanalbehandlung und dementsprechend die postendodontische Stiftversorgung eine Herausforderung dar.

Im Hinblick auf die endodontischen Misserfolge, die mit Dezementierungen der Stifte oder der prothetischen Restaurationen vergesellschaftet waren, kann angenommen werden, dass die Kontamination des Wurzelkanals durch den Retenti-

onsverlust des Stift-Stumpfaufbaus oder der Restauration entlang der Zementfuge verursacht wurde, was klinische Untersuchungen bereits zeigen konnten [128], [129]. Kerschbaum und Leempoel berichteten in dieser Hinsicht, dass sich eine Stiftverankerung ungünstig auf die Verweildauer von Einzelkronen auswirkte und stellten als Grund für die erhöhten Extraktionsraten Retentionsprobleme der Stift-Stumpfaufbauten und Kronen, nicht aber primär endodontische Misserfolge in den Vordergrund [139]. Signifikant günstigere Verweilzeiten wiesen allerdings Kronen und Brücken auf vitalen Pfeilern auf [99], [139].

Im untersuchten Kollektiv konnten nur wenige Stiftbrüche beobachtet werden. Die Stift-Stumpfaufbauten bestanden zum Einen hauptsächlich aus einer NEM-Legierung mit eher hohem Elastizitätsmodul und waren zum Anderen durch eine ausreichende Dimensionierung stabil. Auch in anderen klinischen Studien wurden weniger Wurzelfrakturen und Stiftfrakturen als Undichtigkeiten und Dezementierungen beobachtet [61], [62].

In zwei Studien war der Grund für Misserfolge hauptsächlich Karies [99], [118]. In der vorliegenden Studie waren nur 19 Prozent der missglückten Versorgungen von Karies betroffen.

16 Prozent der Fälle wurden durch einen PA-Defekt auffällig. Röntgenologisch konnten vertikale Defekte und eine PA-Problematik am häufigsten bei Eckzähnen, und unter Betrachtung des Zahnersatzes, bei Innenteleskopkronen beobachtet werden.

Bezüglich der Therapie wurde festgestellt, dass nur 21 Prozent der missglückten Stift-Stumpfaufbauten wieder eingliedert werden konnten, und nur bei 6 Prozent ein neuer Stift-Stumpfaufbau geplant werden konnte. In den meisten Fällen (73 Prozent) wurden die Wurzeln nach Versagen der Stift-Stumpfaufbauten extrahiert.

4.2.2 Diskussion der analytischen Statistik

4.2.2.1 Vergleich mit anderen Studien

Das Diagramm (Abb. 4.1) zeigt die Studienergebnisse zur Überlebenswahrscheinlichkeit von mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zähnen [86], [99], [118], [122], [123], [125], [126]. Zum Vergleich wurden die Ergebnisse der vorliegenden Studie - Überlebenswahrscheinlichkeiten des gesamten Kollektivs an Stift-Stumpfaufbauten mit zugehörigem Konfidenzintervall - hinzugefügt. Das Diagramm veranschaulicht die breite Streuung der publizierten Überlebenswahrscheinlichkeiten für Stift-Stumpfaufbauten.

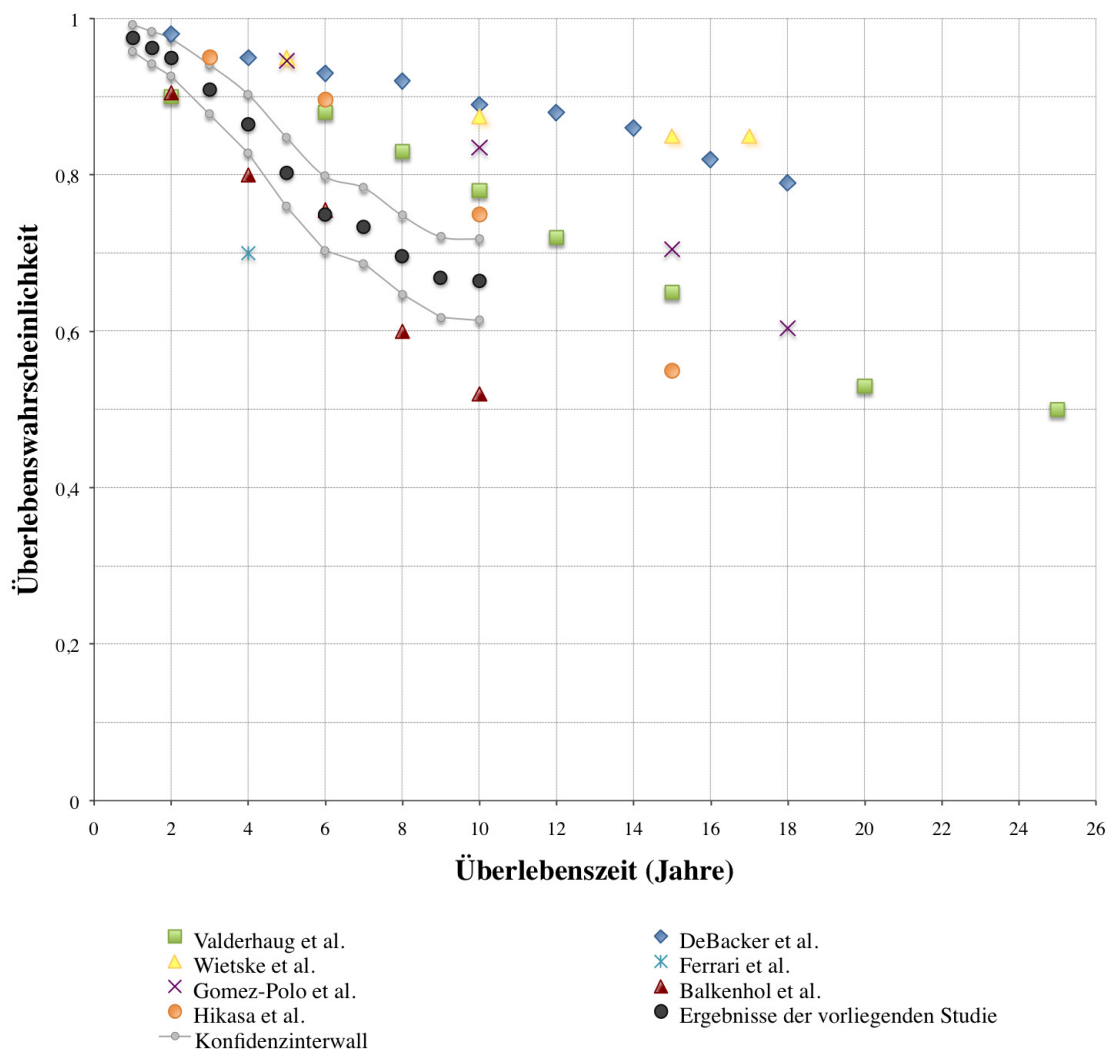


Abbildung 4.1: Verweilwahrscheinlichkeit der in dieser Studie untersuchten Stift-Stumpfaufbauten im Vergleich zu anderen Studien [86], [99], [118], [122], [123], [125], [126].

Die meisten verfügbaren klinischen Studien beziehen sich auf Stiftaufbauten, die konventionell zementiert wurden. Die unterschiedlichen Eingliederungsarten und -werkstoffe, die verschiedenen Werkstoffe und Formen der Stift-Stumpfaufbauten, das unterschiedliche Studiendesign sowie keine genaue Definition von Erfolg und Misserfolg lassen einen Vergleich der Ergebnisse von Überlebenswahrscheinlichkeitsstudien von Stift-Stumpfaufbauten nur bedingt zu [98], [121], [132], [133], [135]. Die Überlebenswahrscheinlichkeiten für mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierte Zähne variierten zwischen 93 [118] und 75,5 Prozent [126] nach 6 Jahren und zwischen 89 [118] und 52 [126] Prozent nach 10 Jahren - abgesehen von dem Einfluss der prothetischen Restauration oder der Art des Zahnes. Somit kann trotz langjähriger klinischer Untersuchungen aufgrund der publizierten Studien immer noch keine eindeutige verlässliche Aussage über die Überlebenswahrscheinlichkeit von Stift-Stumpfaufbauten gemacht werden. Welche Parameter das Überleben von Stift-Stumpfaufbauten beeinflussen, konnte anhand der Studienlage ebensowenig eindeutig herausgefunden werden. Einzig das Ferrule-Design schien den Erfolg von Stift-Stumpfaufbauten positiv zu beeinflussen [136].

Von den vorhandenen klinischen Studien waren nur wenige aufgrund des ähnlichen Studiendesigns und ähnlicher Methoden mit der vorliegenden Studie in etwa vergleichbar [99], [118], [122], [123], [125], [126].

4.2.2.2 Überlebenswahrscheinlichkeit des gesamten Kollektivs an Stift-Stumpfaufbauten

In dieser Studie waren 108 von 320 eingegliederten Stift-Stumpfaufbauten von einem Misserfolg betroffen. Die Chance, dass kein Misserfolg eintrat, lag nach 5 Jahren bei 80,3 Prozent und nach 10 Jahren bei 66,3 Prozent.

In einer annähernd vergleichbaren Studie kamen Hikasa et al. [125], die 2010 die Langzeit-Ergebnisse einer retrospektiven Studie über 610 Patienten mit 1053 mit Hilfe von Panavia adhäsiv eingegliederten Stift-Stumpfaufbauten publizierten, zu folgendem Ergebnis: Nach 10 beziehungsweise 15 Jahren lag die Überlebenswahrscheinlichkeit der 187 indirekt gegossenen Metall-Stift-Stumpfaufbauten bei 75 beziehungsweise 55,4 Prozent. Allerdings wurden die mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zähne nur mit Kronen und Brücken versorgt. Es ist jedoch eine robuste klinische Erfahrung, dass festsitzender Zahnersatz mit weniger kritischen Belastungen einhergeht als herausnehmbarer. Darin könnte die geringfügig höhere Überlebenswahrscheinlichkeit begründet sein. Balkenhol et al. [126] publizierten mit einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 52 Prozent nach 10 Jahren vergleichbare Studienergebnisse. Die Überlebenswahrscheinlichkeit nach 6 Jahren mit 75 Prozent deckt sich mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie. Die Stift-Stumpfaufbauten wurden allerdings konventionell mit Phosphat- oder Gla-

sionomerzement zementiert. Sie schlossen aber als einzige Studie auch Innenteleskopkronen als prothetische Restauration mit ein. Dagegen gaben Ellner et al. [136] eine Erfolgsrate für gegossene Stift-Stumpfaufbauten von 100 Prozent nach 10 Jahren an. Diese hohe Überlebensrate differierte zu den Ergebnissen der vorliegenden Studie. Die 100 - Prozent Überlebensrate lag aber wohl darin begründet, dass das Patientenkollektiv hoch selektiert war, dass nur 50 Stift-Stumpfaufbauten bei 31 Patienten untersucht und nur einwurzelige Zähne mit Einzelkronen und 2 mm Ferrule-Design betrachtet wurden.

4.2.2.3 Überlebenswahrscheinlichkeiten nach Zahntypen: Schneidezähne, Eckzähne, Prämolaren und Molaren

Im Gegensatz zu den Studien von De Backer et al. [118] und Balkenhol et al. [126], in denen keine signifikanten Unterschiede zwischen Front- und Seitenzähnen hinsichtlich der Überlebenswahrscheinlichkeit ermittelt wurden, waren in dieser Studie die Verweilwahrscheinlichkeiten für Frontzähne, Eckzähne, Prämolaren und Molaren statistisch signifikant unterschiedlich. Die Überlebenswahrscheinlichkeit von insgesamt 1037 Kronen lag bei De Backer et al. nach 18 Jahren bei 78 Prozent, wobei die Überlebenswahrscheinlichkeiten sich statistisch nach 6 Jahren für Molaren (96,1 Prozent), für Prämolaren (95,7 Prozent) und für Frontzähnen (93,9 Prozent) nicht unterschieden [118].

In der vorliegenden Studie lag die Überlebenswahrscheinlichkeit für Eckzähne, die mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruiert wurden, nach 5 Jahren bei 73,1 Prozent und nach 10 Jahren bei 52,2 Prozent. Die Eckzähne schienen aufgrund ihrer Belastung bei Lateralbewegungen und Protrusion und der Wurzelkanalanatomie häufiger von einem Misserfolg betroffen zu sein. Die hohe prothetische Wertigkeit, die sie als Pfeiler für festsitzenden und kombiniert-festsitzend-herausnehmbaren Zahnersatz prädestiniert, scheint nach endodontischer Behandlung und einer Rekonstruktion mittels Stift-Stumpfaufbauten fragwürdig zu sein, da die rekonstruierten Eckzähne dann den ursprünglichen Anforderungen nicht mehr standzuhalten scheinen.

Molare, die mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruiert wurden, erreichten nach 5 Jahren eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 82,0 Prozent und nach 10 Jahren von 67,2 Prozent. Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch Balkenhol et al. mit einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 81 Prozent nach 6 Jahren und 65 Prozent nach 10 Jahren [126]. Besonders zu erwähnen ist allerdings an dieser Stelle, dass eine Studie zur Überlebenswahrscheinlichkeit von endodontisch behandelten Molaren (ohne Stift-Stumpfaufbau) ähnliche Ergebnisse zeigte: Nagasiri et al. publizierten eine Überlebenswahrscheinlichkeit für endodontisch behandelte Molaren von 88 Prozent nach 2 Jahren und von 36 Prozent nach fünf Jahren; überkronte

Molaren hatten mit 78 Prozent nach fünf Jahren eine signifikant höhere Überlebenschance als nicht überkronte. Als Gründe wurden die erschwerten anatomischen Verhältnisse und die eingeschränkte Zugänglichkeit im posterioren Bereich des Zahnbogens angegeben [46]. Auch in anderen Studien zeigten mehrwurzelige wurzelkanalbehandelte Zähne niedrigere Überlebenschancen als einwurzelige Zähne [40], [43], [47]. Demnach scheinen bei Molaren - aufgrund der Wurzelanatomie und der daraus resultierenden schwierigen Wurzelkanalbehandlung - primär endodontische, also biologisch begründete Komplikationen, im Vordergrund zu stehen.

Signifikant besser schnitten in dieser Studie dagegen Prämolaren und Schneidezähne ab. Bei Prämolaren, die mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruiert wurden, lag die Chance, dass kein Misserfolg eintrat, nach 5 Jahren bei 81,1 Prozent und nach 10 Jahren bei 70,6 Prozent. Schneidezähne, die einen Stift-Stumpfaufbau erhielten, zeigten nach 5 beziehungsweise 10 Jahren eine Überlebenschance von 85,7 Prozent beziehungsweise 71,4 Prozent. Bei Balkenhol et al. hatten Frontzähne mit 69 Prozent und 35 Prozent eine geringere Überlebenschance als Prämolaren mit 70 Prozent und 61 Prozent nach 6 beziehungsweise 10 Jahren [126]. In der vorliegenden Studie bestand die Subgruppe "Frontzahn" aus 20 mittleren und 28 seitlichen Oberkiefer-Schneidezähnen sowie einem Unterkiefer-Schneidezahn. Die Misserfolgscharakteristik (Abb. 3.2) zeigte, dass seitliche Schneidezähne häufiger von Komplikationen betroffen waren als mittlere Schneidezähne.

4.2.2.4 Überlebenschance der in unterschiedliche prothetischen Konstruktionen integrierte Stift-Stumpfaufbauten: Einzelkronen, Brücken und Teleskopkronen

Kerschbaum et al. gaben an, dass nach 20 Jahren rund 55 Prozent aller Brücken und 50 Prozent der Einzelkronen noch intakt waren. In diesem Bereich dürfte bei optimistischer Einschätzung die Halbwertszeit von festsitzenden Restaurationen liegen. Die Überlebenschance lag nach 5 Jahren bei 95 Prozent bei Brücken, 92 Prozent bei Einzelkronen und 87 Prozent bei verblockten Kronen. Nach 10 Jahren wurde eine Verweilwahrscheinlichkeiten von 82 Prozent bei Brücken, 79 Prozent bei Einzelkronen und 67 Prozent bei verblockten Kronen angegeben [138].

Überlebenschance bei Einzelkronen

In dieser Studie wurden 59 Prozent der mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zähne mit Einzelkronen versorgt. Bei den Stift-Stumpfaufbauten, die unter Frontzahnkronen zementiert wurden, lag die Chance, dass kein Misserfolg eintrat, nach 5 Jahren bei 79,6 Prozent und nach 10 Jahren bei 71,4 Prozent.

In einer annähernd vergleichbaren Studie von Mentink et al. [102] konnte eine Überlebensrate für Frontzähne mit Einzelkronen von 82 Prozent nach 10 Jahren ermittelt werden. Allerdings wurden Misserfolge aufgrund Sekundärkaries und parodontalen Problemen sowie endodontische Misserfolge aus der Studie ausgegrenzt.

Balkenhol et al. publizierten eine Überlebenswahrscheinlichkeit für Kronen nach 10 Jahren von 68 Prozent [126]. Die vorliegende Auswertung der Studiendaten zeigte, dass von 100 Stift-Stumpfaufbauten, die unter mittelständigen Seitenzahnkronen zementiert wurden, nur 14 von einem Misserfolg betroffen waren. Somit lag die Überlebenswahrscheinlichkeit nach 5 Jahren bei 93,0 Prozent und nach 10 Jahren bei 86,0 Prozent. Vergleichbare Ergebnisse errechneten auch Gomez et al. [122]: Nach 10 Jahren konnte eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 83 Prozent für Kronen und Brücken ermittelt werden, ohne signifikanten Unterschied der beiden Gruppen.

Bei den Stift-Stumpfaufbauten, die unter endständigen Seitenzahnkronen zementiert wurden, lag die Überlebenswahrscheinlichkeit nach 5 Jahren bei 67,5 Prozent und nach 10 Jahren bei 55,0 Prozent. Die Überlebenswahrscheinlichkeit für Stift-Stumpfaufbauten zur Rekonstruktion endständiger Zähne war somit signifikant niedriger. Auch bei Mentink et al. hatten mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierte Brückenpfeiler und Zahnstümpfe mit Einzelkronen im Seitenzahnbereich eine signifikant niedrigere Überlebenswahrscheinlichkeit [102].

Überlebenswahrscheinlichkeit bei Brücken

In der vorliegenden Studie dienten 20 Prozent der mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zähne als Pfeiler einer Brücke. Die Stift-Stumpfaufbauten waren in den meisten Fällen Endpfeiler in der Brückenkonstruktion. In einer Meta-Analyse wurden Überlebenszeiten von Brücken von 74 Prozent nach 15 Jahren ermittelt [131]. Balkenhol et al. publizierten eine Überlebenswahrscheinlichkeit für Brücken nach 10 Jahren von 70 Prozent [126]. Bei De Baker et al. hatten Brücken im Frontzahnbereich eine signifikant höhere Überlebensrate als Brücken im Seitenzahnbereich. Die Rekonstruktion der Pfeilerzähne mittels Stiften hatte einen signifikanten Einfluss auf eine erhöhte Misserfolgsrate [119]. Mentink et al. gaben mit 78 Prozent nach 8 Jahren eine signifikant niedrigere Überlebenswahrscheinlichkeit für mit Stift-Stumpfaufbau rekonstruierte Pfeilerzähne im Seitenzahnbereich an als für Pfeilerzähne in der Frontzahnregion [102]. Vergleichbare Ergebnisse konnten auch anhand dieser Studie festgestellt werden: Die Überlebenswahrscheinlichkeit von Stift-Stumpfaufbauten, die unter Frontzahnbrücken zementiert wurden, lag nach 10 Jahren bei 92,3 Prozent und war signifikant höher als die Überlebenswahrscheinlichkeit von Seitenzahnbrücken nach 5 Jahren bei 67,5 Prozent und nach 10 Jahren bei 50,0 Prozent.

Eine höhere Überlebenswahrscheinlichkeit zeigten die Stift-Stumpfaufbauten, die Pfeiler einer Hufeisenbrücke waren: Nach 5 Jahren lag die Überlebenswahrscheinlichkeit

lichkeit bei 100 Prozent und nach 10 Jahren bei 81,8 Prozent.

Überlebenswahrscheinlichkeit bei Teleskopkronen

Die mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zähne wurden zu 17 Prozent mit Innenteleskopkronen versorgt und dienten als Pfeiler einer herausnehmbaren teleskopierenden Prothese. Bei den Stift-Stumpfaufbauten, die unter endständigen Primärkronen zementiert wurden, lag die Überlebenswahrscheinlichkeit nach 5 Jahren bei 60,6 Prozent und nach 10 Jahren bei 21,0 Prozent. Die Stift-Stumpfaufbauten, die unter mittelständigen Primärkronen zementiert wurden, schnitten im Vergleich signifikant besser ab: nach 5 Jahren lag die Chance, dass kein Misserfolg eintrat bei 69,2 Prozent und nach 10 Jahren bei 46,2 Prozent. Die Stift-Stumpfaufbauten, die unter Primärkronen zementiert wurden und primär mit dem benachbarten Innenteleskop verblockt wurden, erzielten in Vergleich dazu eine signifikant höhere Überlebenswahrscheinlichkeit: Diese lag nach 5 Jahren bei 100 Prozent und nach 10 Jahren bei 77,8 Prozent. Auch bei Balkenhol et al. waren die Verluste von mit Stift-Stumpfaufbauten restaurierten Teleskopkronen höher als die derjenigen, die mit Einzelkronen versorgt wurden. Sie gaben eine Überlebenswahrscheinlichkeit für Teleskopkronen von 25 Prozent nach 10 Jahren an [126]. Diese Beobachtung stimmt auch mit anderen Studien überein [116], [124], [134]. Besonders endständige Pfeilerzähne scheinen den Biegemomenten und der Zugbelastung durch die teleskopierende Prothese nicht lange standzuhalten.

4.3 Schlussfolgerung

Die häufigsten Misserfolgsgründe stellten Dezementierungen der Stift-Stumpfaufbauten und Entzündungszeichen mit apikalen Läsionen dar.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass der Erfolg einer postendodontischen Stiftverankerung je nach Zahntyp und Art der prothetischen Versorgung variierte. Festsitzende prothetische Restaurationen auf der Basis eines Stift-Stumpfaufbaus im Frontzahn- und Prämolarenbereich hatten eine relativ hohe Überlebenswahrscheinlichkeit, vor allem wenn sie Brückenpfeiler waren.

War der mit einem Stift-Stumpfaufbau rekonstruierte Zahn aber endständig in der Zahnreihe, überdurchschnittlichen Belastungen ausgesetzt - wie der Eckzahn - oder diente als endständiger Pfeiler einer herausnehmbaren teleskopierenden Prothese, waren frühzeitige Komplikationen wahrscheinlich. Die Ergebnisse zeigten, dass eine primäre Verblockung die Überlebenswahrscheinlichkeit von Innenteleskopkronen positiv beeinflussen konnte.

5

Zusammenfassung

Diese retrospektive klinische Studie untersuchte die Langzeitbewährung von ad-häsiv eingesetzten konventionellen Stift-Stumpfaufbauten in Form einer Überlebenszeitanalyse. In den Jahren 1999 - 2009 wurden 269 Patienten in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg mit Stift-Stumpfaufbauten versorgt und in die Studie aufgenommen. Bei einer Drop-out-Rate von 27,5 Prozent konnten die Daten von 195 Patienten mit 320 Stift-Stumpfaufbauten ausgewertet werden.

Mittels deskriptiver statistischer Auswertung wurden die erfassten Daten nach Häufigkeit und Anteilen gruppiert. Für die analytische Auswertung wurde die Überlebenszeitanalyse nach Kaplan-Meier gewählt. Die unterschiedlichen Überlebenswahrscheinlichkeiten wurden mit dem Log-Rank-Test auf statistische Signifikanz getestet.

Das Patientenkollektiv setzte sich aus 111 Frauen und 84 Männern mit einem mittleren Alter von 55,7 +/- 13,4 Jahren zusammen. 57 Prozent der Patienten, die einen Stift-Stumpfaufbau benötigten, waren bei Eingliederung zwischen 50 und 70 Jahre alt.

Innerhalb der beobachteten Zeit unter Risiko waren 212 Stift-Stumpfaufbauten erfolgreich, wogegen 108 Stifte von einem Misserfolg betroffen waren. Die häufigsten Ursachen für Misserfolg waren Dezementierungen der Stift-Stumpfaufbauten. Den zweithäufigsten Grund für Misserfolg stellte das Auftreten von Entzündungszeichen mit Schmerzen dar. Nach einem Misserfolg wurden 73 Prozent der Zahnwurzeln extrahiert. Nur wenige Stift-Stumpfaufbauten konnten wieder eingegliedert und nur wenige Zahnwurzeln mit einem neuen Stift-Stumpfaufbau versorgt werden. Die durchschnittliche Überlebenszeit der fehlgeschlagenen Stift-Stumpfaufbauten betrug 60,6 Monate. Die Chance, dass kein Misserfolg eintrat, lag nach 5 Jahren bei 80,3 Prozent und nach 10 Jahren bei 66,3 Prozent. Eckzähne, die mit Stift-Stumpfaufbauten versorgt wurden, hatten im Vergleich - mit 73,1 Prozent bzw. 52,2 Prozent - eine signifikant niedrigere Überlebenswahrscheinlichkeit als Schneidezähne - mit 85,7 Prozent bzw. 71,4 Prozent, Prämolaren - mit 81,1

Prozent bzw. 70,6 Prozent, und Molaren - mit 82,0 Prozent bzw. 67,2 Prozent. Die Restauration mit einer Einzelkrone war mit einem Anteil von 59 Prozent des Gesamtkollektivs die häufigste prothetische Versorgung der mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruierten Zahnstümpfe. Bei den Stift-Stumpfaufbauten, die unter Frontzahnkronen zementiert wurden, lag die Chance, dass kein Misserfolg eintrat, nach 5 Jahren bei 79,6 Prozent und nach 10 Jahren bei 71,4 Prozent. Die unter mittelständigen Seitenzahnkronen zementierten Stift-Stumpfaufbauten zeigten mit 93,0 Prozent nach 5 Jahren und mit 86,0 Prozent nach 10 Jahren eine signifikant höhere Überlebenswahrscheinlichkeit als Stift-Stumpfaufbauten unter endständigen Seitenzahnkronen - nach 5 Jahren 67,5 Prozent und nach 10 Jahren 55,4 Prozent.

Die Überlebenswahrscheinlichkeit von Stift-Stumpfaufbauten, die als Pfeiler einer Frontzahnbrücke dienten, lagen nach 5 Jahren bei 100 Prozent und nach 10 Jahren bei 92,3 Prozent und war signifikant höher, als die Überlebenswahrscheinlichkeit von Seitenzahnbrücken mit 67,5 Prozent nach 5 Jahren und mit 50,0 Prozent nach 10 Jahren. Bei Hufeisenbrücken lag die Chance, dass kein Misserfolg eintrat, mit 100 Prozent nach 5 Jahren und 81,8 Prozent nach 10 Jahren signifikant höher. Bei den Stift-Stumpfaufbauten, die unter endständigen Primärkronen teleskopierender Prothesen zementiert wurden, lag die Überlebenswahrscheinlichkeit nach 5 Jahren bei 60,6 Prozent und nach 10 Jahren bei 21,0 Prozent. Die Stift-Stumpfaufbauten, die unter mittelständigen Primärkronen zementiert wurden, schnitten dagegen signifikant besser ab: nach 5 Jahren lag die Chance, dass kein Misserfolg eintrat, bei 69,2 Prozent und nach 10 Jahren bei 46,2 Prozent. Die Stift-Stumpfaufbauten, die unter Primärkronen zementiert wurden und primär verblockt wurden, erzielten eine signifikant höhere Überlebenswahrscheinlichkeit: die Chancen verlustfrei zu bleiben lagen nach 5 Jahren bei 100 Prozent und nach 10 Jahren bei 77,8 Prozent.

Aus klinischer wie auch aus wissenschaftlicher Sicht bleibt die präprothetische Rekonstruktion avitaler Pfeilerzähne nach wie vor komplex. In Anlehnung an die Studien von Kerschbaum [139] hatten avitale Zähne, die mit Stift-Stumpfaufbauten rekonstruiert wurden, eine geringere Überlebenswahrscheinlichkeit als vitale Zähne, vor allem wenn sie als prothetische Pfeiler dienten [19], [112], [113], [114], [115]. Aufgrund der klinischen Komplikationen mit klassischen Stift-Stumpfaufbauten konzentriert sich die Wissenschaft seit ein paar Jahren auf die Entwicklung und klinische Untersuchung von Glasfaserstiften und liefert vielversprechende Ergebnisse. Anhand der aktuellen Studienlage kann aber noch keine Aussage darüber gemacht werden, ob Glasfaserstifte klinisch auf längere Sicht tatsächlich besser abschneiden als konventionelle Stift-Stumpfaufbauten aus Metall [116], [140], [142]. Solange sich keine klinisch bewährte Alternativ-Therapie für die langzeitstabile Sanierung strukturdefizienter endodontisch behandelter Zähne etabliert hat, bleibt die Rekonstruktion mittels Stift-Stumpfaufbauten aus Metall - als letzte Möglichkeit einen solchen Zahnstumpf in Form und Funktion zu rehabilitieren - eine Standardtherapie.

Literaturverzeichnis

- [1] Demas, N.C. *Direct impression for cast Richmond crown using acetate crown forms*. *Detal Dig* 1957; 63: 258-259.
- [2] Abrechnungs- und Einzelleistungsstatistiken, KZVB Jahrbuch 2009.
- [3] Fauchard, P. *The surgeon dentist or treatise on teeth, vol. 2. translated from the 2nd ed. 1746 by Lonsday, L.* London: Butterworth and Company Ltd; 1946.
- [4] Boldt, J., Rottner, K., Richter, E.-J. *Der Würzburger Stift*. *ZWR - Dt. Zahnärzteblatt* 2007; 116(12): 603-605.
- [5] Pitel, M.L., Hicks, N.L. *Evolving technology in endodontic posts*. *Compend Contin Educ Dent* 2003; 24(1):13-16.
- [6] Naumann, M., Kiessling, S., Seemann, R. *Treatment concepts for restoration of endodontically treated teeth: A nationwide survey of dentists in Germany* *J Prostet Dent* 2006; 96: 332-338.
- [7] Nergiz, I., Schmage, P. *Wurzelstifte im Wandel der Zeit* *Endodontie Journal* 2004;1:10-17.
- [8] Howe, C. A., McKendry, D. J. *Effect of endodontic access preparation on resistance to crown-root fracture*. *J Am Dent Assoc* 1990; 121: 712-715.
- [9] Reeh, E.S., Messer, H.H., Douglas, W. H. *Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures*. *J Endod* 1989; 15: 512-516.
- [10] Wilson, P.H., Fisher, N.L., Bartlett, D.W. *Direct cores for vital teeth - materials and methods used to retain cores in vital teeth* *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2002; 10:157-162.
- [11] Morgano, S.M., Brackett, S.E. *Foundation restorations in fixed prosthodontics: Current knowledge and future needs*. *J Prosthet Dent* 1999; 82:643-657.
- [12] Helfer, A.R., Melnick, S. Schilder, H. *Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth* *Oral Surg Oral Ned Oral Pathol* 1972; 34: 661-670.

- [13] Gutmann, J.L. *The dentin-root complex: anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth.* J Prosthet Dent 1991; 67: 458-467.
- [14] Sedgley, C.M., Messer, H.H. *Are endodontically treated teeth more brittle?* J Endod 1992; 18: S. 332-335.
- [15] Schwartz, R.S., Robbins, J.W. *Post placement and restoration of endodontically treated teeth: A literature review* J Endod 2004; 30: 289-301.
- [16] Peters, O.A., *Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: A review* J Endod 2004; 30: 559-567.
- [17] Papa, J., Cain, C., Messer, H.H. *Moisture content of vital vs, endodontically treated teeth.* Endod Dent Traumatol 1994; 10: S. 91-93.
- [18] Huang, T. G., Schilder, Nathanson, D. *Effects of moisture content and endodontic treatment on some mechanical properties of human dentin.* J Endod 1992; 18: 209-218.
- [19] Randow, K., Glantz, P.-O., Zöger, B. *Technical failures and some related clinical complications in extensive prosthodontics. An epidemiological study of longterm clinical quality.* Acta Odontol Scand 1986; 44: 241-55.
- [20] Randow, K., Glantz, P.-O. *On cantilever loading of vital and non-vital teeth. An experimental clinical study.* Acta Odontol Scand 1986; 44: 271-277.
- [21] Holm-Pedersen, P., Lang, N.P., Müller, F. *What are the longvites of teeth and oral implants?* Clin Oral Impl Res 2007; 18(3): S.15-19.
- [22] Sörensen, J.A., Engelmann, M.J. *Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth..* J Prosthet Dent 1990; 63: 529-526.
- [23] Sörensen, J.A., Martinoff *Clinically significant factors in dowel design.* J Prosthet Dent 1984; 52: 28-35.
- [24] Caputo, A.A., Standlee, J.P. *Biomechanics in clinical dentistry.* Quintessence 1987, Chicago, pp 185-203.
- [25] Rosen, H., Partida-Rivera, M. *Iatrogenic fracture of roots reinforced with cervical collar.* Oper Dent 1986; 11: 46-50.
- [26] Tamse, A. *Iatrogenic vertical root fractures in endodontically treated teeth.* Endod Dent Traumatol; 1988; 4: 190-196.
- [27] Nyman, S., Linde, J. *A longitudinal study of combined periodontal and prosthetic treatment of patients with advanced periodontal disease.* J Periodontol 1979; 50: 163-169.
- [28] Deutsch, A. S., Cavallari, J., Musikant, B. L. *Root Fracture and the design of prefabricated posts.* J Prosthet Dent 1985; 53: 637-640.

- [29] Deutsch, A. S., Musikant, B. L., Cavallari, J. *Root Fracture during insertion of prefabricated posts related to the root size.* J Prosthet Dent 1985; 53: 786-789.
- [30] Peroz, I., Blankenstein, F., Lange, K.P., Naumann, M. *Restoring endodontically treated teeth with posts and cores - a review.* Quintessence Int 2005; 36: 737-746.
- [31] Assif, D., Bitenski, A., Pilo, R., Oren, E. *Effect of post design on resistance to fracture of endodontically treated teeth with complete crowns.* J Prosthet Dent 1993; 69: 36-40.
- [32] Ichim, D., Kuzmanovic, D.V., Love, R.M. *A finite element analysis of ferrule design on restoration resistance and distribution of stress within the root* Int Endod J 2006; 39:443-452.
- [33] Pereira, J.R., Ornela, F., Conti, P.C.R., Valle, A.L. *Effect of a crown ferrule on the fracture resistance of endodontically treated teeth restored with prefabricated posts.* J Prosthet Dent 2006; 95: 50-54.
- [34] Morgano, S., Milot, P. *Clinical success of metal posts and cores.* J Prosthet Dent 1993; 70(1): 11-16.
- [35] Testori, T. Badino, M. Castagnola, M. *Vertical rootfractures in endodontically treated teeth: A clinical survey of 36 cases.* J Endod 1993; 19/2: 87-90.
- [36] www.ehuman.com *Dental Anatomy and 3-D Interactive Tooth Atlas.* Version 6.4. Freundlicherweise zur Verfügung gestellt von Dr. Josef Diemer.
- [37] Zhi-Yue, L., Yu-Xing, Z. *Effect of post-core design and ferrule on fracture resistance of endodontically treated maxillary incisors.* J Prosthet Dent 2003; 89: 368-375.
- [38] Stankiewicz, N.R., Wilson, P.R. *The ferrule effect: A literature review.* Int Endod J 2002; 35: 575-581.
- [39] Torabinejad, M., Anderson, P., Bader, J., Brown, L. J., Chen, L. H., Goodacre, C.J. *Outcomes of root canal treatment and restoration, implant-supported single crowns, fixed partial dentures, and extraction without replacement: A systematic review.* J Prosthet Dent 2007; 98: 285-311.
- [40] Smith, C.S., Setchel, D.J., Harty, F.J. *Factors influencing the success of conventional root canal therapy - a five year retrospective study.* Int Endod J 1993; 26: 321-333.
- [41] Dammaschke, T., Steven, D., Kaup, M., Ott, K.H. *Long-term-survival of root-canal-treated teeth: A retrospective study over 10 Years.* J Endod 2003; 29:638-643.

- [42] Stoll, R., Betke, K., Stachniss, V. *The influence of different factors on the survival of root canal fillings: A 10-year retrospective study.* J Endod 2005; 31: 783-790.
- [43] Imura, N., Pinheiro, E.T., Gomes, B.P., Zaia, A.A., Ferraz, .C.C., Souza-Filho, F.J. *The outcome of endodontic treatment: A retrospective study of 2000 cases performed by a specialiste.* J Endod 2007; 33:1278-1282.
- [44] Sjogren, U., Hagglund, B., Sundqvist, G., Wing, K. *Factors affecting the long-term results of endodontic treatment* J Endod 1990; 16:498-501.
- [45] Fonzar, F., Fonzar, A., Buttolo, P., Worthington, H.V. Esposito, M. *The Prognosis of root canal therapie: A 10-year retrospective cohort study on 411 patients with 1175 endodontically treated teeth.* Eur J Oral Implantol 2009; 2(3): 201-208.
- [46] Nagasiri, R., Chitmongkolsuk, S. *Long-term survival of endodontically treated molars without crown coverage: A retrospective cohort study.* J Prosthet Dent 2005; 93(2): 164-170.
- [47] Setzer, F.C., Boyer, K.R., Jeppson, J.R., Karabucak, B., Kim, S. *Long-term prognosis of endodontically treated teeth: A retrospective analysis of preoperative factors in molars.* J Endod 2011; 37(1): 21-25.
- [48] Flemming, I., Brondum, K., Ravnhold, G. *The Influence of post legth and crown ferrule length on the resistance to cyclic loading of bovine teeth with prefabricated titanium posts.* Int J Prosthodont 1999; 12:78-82.
- [49] Pereira, J.R., Valle, A.L., Shiratori, F.K., Ghizoni, J.S., de Melo, M. *Influence of intraradicular post and crown ferrule on the fracture strength of endodontically treated teeth.* Braz Dent J 2009; 20(4): 297-302.
- [50] Peutzfeld, A., Sahafi, A., Asmussen, E. *A survey of failed post-retained restorations.* Clin Oral Invest 2008; 12:37-41.
- [51] Gegauff, A.G. *Effect of crown lengthening and ferrule placement on static load failure of cemented cast post-cores and crowns.* J Prosthet Dent 2000; 84:169-179.
- [52] Alves, J., Walton, R., Drake, D. *Coronal Leakage: Endotoxin Penetration from Mixed Bacterial Comunitiers through Obturated, Post-Prepared Root Canals.* J Endod 1998; 24: 587-561.
- [53] Standlee, J.P.,Caputo, A. *The retentive and stress distributing properties of split threaded endodontic dowels.* J Prosthet Dent 1992; 68:436-442.
- [54] Carossa, S., Lombardo, S., Pera, P., Corsalini, M., Rastello, M.L., Preti, G. *Influence of Posts and Cores on Light Transmission Through Different All-*

- Ceramic Crowns: Spectrophotometric and Clinical Evaluation.* Int J Prosthodont Dent 2001; 14: 9-14.
- [55] Cohen, B.I., Pagnillo, M., Condos, S., Deutsch, A.S. *Comparison of the torsional forces at failure for seven endodontic post systems.* J Prosthet Dent 1995; 74: 350-357.
- [56] Weine, F.S., Wax, A.H., Wenckus, C.S. *Retrospective study of tapered, smooth post systems in place for 10 years or more.* J Endod 1991; 17: 293-297.
- [57] Weine, F.S., *The C-shaped mandibular second molar: Incidence and other Considerations.* J Endodon 1988; 24: 372-375.
- [58] Demarchi, M.G., Sato, E.F. *Leakage of Interim Post and Cores Used During Laboratory Fabrication of Custom Posts.* J Endod 2002; 28: 328-329.
- [59] Fox, K., Gutteridge, D.L. *An invitro-study of coronal microleakage in root-canal-treated teeth restored by the post and core technique.* Int Endod J 1997; 30: 361-368.
- [60] Saunders, W.P., Saunders, E.M. *Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapie - a review.* Endod Dent Traumatol 1994; 10: 105 ff.
- [61] Kern, M., Strub, J.P. *Bruchfestigkeit metallischer und keramischer Stiftkernaufbauten.* Dtsch Zahnärztl Z 1995; Jun: 451-453.
- [62] Sirimai, S., DDS, Riis D.N., Morgano, S.M. *An in vitro study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-core systems.* J Prosthet Dent 1999; 81:262-269.
- [63] Kern, M., Simon, M.H., Strub, J. *Erste klinische Erfahrungen mit Wurzelstiften aus Zirkonoxidkeramik.* Dtsch Zahnärztl Z 1998; 53: 266 ff.
- [64] Edelhoff, D., Spiekermann, H., Yildirim, M. *Klinische Erfahrungen mit konfektionierten Wurzelstiften und individuellen Stumpfaufbauten aus Keramik.* Dtsch Zahnärztl Z 2000; 55(11):746ff.
- [65] DeMoor, R.J., Hommez, G.M. *The long-term sealing ability of an epoxy resin root canal sealer used with five guttapercha obturation techniques.* Int Endod J 2002; 35: 275-282.
- [66] Economides, N. *Comparative study of the ability of a polydimethylsiloxane-based root canal sealer.* Braz Dent J 2005;16: 145-148.
- [67] Nothdurft, F.P., Pospiech, P.R. *Clinical evaluation of pulpless teeth restored with conventionally cemented zirconia posts: a pilot study.* J Prosthet Dent 2006; 95: 311-314.
- [68] Özkurt, Z., Iseri, U., Kazazoglu, E. *Zirconia ceramic post systems: a literature review and case report.* Dent Mat J 2010; 29(3): 233-245.

- [69] Heydecke, G., Butz, F., Hussein, A., Strub, J. *Fracture Strength after dynamic loading of endodontically treated teeth restored with different post-and-core systems.* J Prosthet Dent 2002; 87: 438-445.
- [70] Asmussen, E., Peutzfeldt, A., Heitmann, T. *Stiffness, elastic limit and strength of newer types of endodontic posts.* J Dent 1999; 27: 275-278.
- [71] Asmussen, E., Peutzfeldt, A., Sahafi, A. *Finite element analysis of stresses in endodontically treated, dowel-restored teeth* J Prosthet Dent 2005; 94: 321-329.
- [72] Sahafi, A., Asmussen, E., Peutzfeldt, A., Gotfredsen, K. *Retention and failure morphology of prefabricated posts.* Int J Prosthodont 2004; 17: 307-312.
- [73] Mannocci, F., Ferrari, M., Watson, T.F. *Intermittent loading of teeth restored using quartz fiber, carbon fiber and zirconium dioxide ceramic root canal posts.* J Adhes Dent 1999; 1: 153-158.
- [74] Leary, J.M., Aquilino, S.A., Svare, C.W. *An evaluation of post length within the elastic limits of dentin.* J Prosthet Dent 1987; 57(3): 277-281.
- [75] Zillich, R.M., Cocoran, J.F. *Average maximum of post lengths in endodontically treated teeth.* J Prosthet Dent 1984; 52(4): 489-491.
- [76] Standlee, J.P., Caputo, A.A., Hanson, E.C. *Retention of endodontic dowels: Effects of cement, dowel length, diameter and design.* J Prosthet Dent 1978; 39(4): 401-405.
- [77] Rosentritt, M., Furer, C., Behr, M., Lang, R., Handel, G. *Comparison of in vitro fracture strength of metallic and tooth-coloured posts and cores.* J Oral Rehabil, 2000; 27: 595-601.
- [78] Edelhoff, D., Heidemann, D., Kern, M., Weigel, P. *Aufbau endodontisch behandelte Zähne.* Gemeinsame Stellungnahme von DGZ und DGZPW, 2002, Gotha.
- [79] Wirz, J., Jungo, M., Jäger, K. *Schrauben- und Stiftaufbauten – werkstoffkundliche Betrachtungen.* Phillip Journal 1997; 14: 113-9.
- [80] Eichner, K., Kappert, H.F. *Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung 1..* Georg Thieme Verlag 2005; (8. Aufl.): 132 ff.
- [81] http://www.bego.com/de/produkte/produkte-detail/detail/88/wiron_99/
- [82] Garcia Valera, S., Rabade, L.B., Lombardero, P.R., Linares Suxto, J.M., Gonzales Bahillo, J.D., Park, S.A. *In vitro study of post cementation protocols that use resin cements.* J Prosthet Dent 2003; 89: 146-153.

- [83] Mannocci, F., Bertelli, nE., Sherriff, M., Watson, T.F. *Three-year clinical comparison of endodontically treated teeth restored with either full cast coverage or with direct composite restauration.* JProsthet Dent 2002; 88: 297-301.
- [84] Malferrari, S., Monaco, C., Scotti, R. *Clinical evaluation of teeth restored with quartz fiber-reinforced epoxy resin posts.* Int J Prosthodont 2003; 16: 39-4.
- [85] Ferrari, M., Vichy, A., Garcia-Godoy, F. *Clinical evaluation of fiber reinforced epoxy resin posts and cast post and cores.* Am J Dent 2000, 13: 15B-18B.
- [86] Ferrari, M., Cagidiaco, M.C., Grandini, S., De Sanctis, M., Goracci, C. *Post Placement Affects Survival of endodontically Treated Premolars.* J Dent Res 2007; 86(8): 729-734.
- [87] Junge, T., Nicholls, J.I., Phillips, Libman, W.J. *Load fatigue of compromised teeth: a comparison of 3 luting cements.* Int J Prosthodont 1998, 11: 558-564.
- [88] Mezzomo, E. Massa, F. Libera, S.D. *Fracture resistance of teeth restored with two different post and core designs cemented with two different cements: an invitro study Part I.* Quintessenz Int 2003; 34: 301-306.
- [89] Bergmann, B., Lundquist, P., Sjögren, U., Sundquist, G. *Restorative an endodontic results after treatment with cast posts and cores.* J Prosthet Dent 1989; 61: 10-15.
- [90] Naumann, M., Balkenstein, F., Kiessling, S., Dietrich, T. *Risk factors for failure of glass fiber-reinforced composite restorations: A prospective obsevational clinical study.* Eur J Oral Sci 2005; 113: 519-524.
- [91] Boldt, J., Rottner, K., Richter, E.-J. *Die Biomechanik von Stift-Stumpfaufbauten bei oberen Frontzähnen.* ZWR - Dt. Zahnärzteblatt 2007; 116(10): 484-487.
- [92] Ferrari, M., Vichy, A., Mannocci, F., Mason, P.N. *Retrospective study of the clinical performance of fiber posts.* Am J Dent 2000; 13: 9B-13B.
- [93] Jung, S.J., Min, K.S., Chang, H.S. Park, S. D., Kwon, S.N., Bae, J.M. *Microleakage and frakture patterns of teeth restored with different posts under dynamic loading.* J Prosthet Dent 2007; 98: 270-276.
- [94] Akkayan, B., Gülmez, T. *Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different posts.* J Prosthet Dent 2002; 87: 431-437.
- [95] Massa, F., Dias, C., Blos, C.E. *Resistance to fracture of mandibular premolars restored using post-and-core systems.* Quinessenz Int 2010; 41: 49-57.
- [96] Eckerbom, M., Magnusson, T., Martinsson, T. *Prevalence of apical periodontitis, crowned teeth and teeth with posts in a Swedish population.* Endod Dent Traumatol 1991, 7: 214-220.

- [97] Cooney, J.P., Caputo, A.A., Trabert, K.C. *Retention and stress distribution of tapered endodontic posts*. J Prosthet Dent, 1986; 55: 540-546.
- [98] Creugers, N.H., Mentik, A.G., Kayser, A.F. *An analysis of durability data on post and core restorations*. J Dent 1993; 21: 281-284.
- [99] Valderhaug, J., Jokstad, A., Ambjornsen, E., Norheim, P.W. *Assessment of the periapical and clinical status of crowned teeth over 25 years*. J Dent 1997; 25: 97-105.
- [100] Creugers, N.H., Mentink, A.G., Fokkinga, Wietske, A., Kreulen, C.M. *5-Year follow-up of a prospective clinical study on various types of post and core restorations*. Int J Prosthodont 2005; 18: 34-39.
- [101] Creugers, N.H., Kreulen, C.M., Fokkinga, W.A., Mentink, A.G. *A 5-year prospective clinical study on core restorations without covering crowns*. Int J Prosthodont 2005; 18: 40-41.
- [102] Mentink, A.G., Meeuwissen, R., Kayser, A.F., Mulder, J. *Survival rate and failure characteristics of the all-metall post and core restorations*. J Oral Rehabil 1993; 20: 455-461.
- [103] Piovesan, M.S., Demarco, F.F., Cenci, M.S., Pereira-Cenci, T. *Survival rates of endodontically treated teeth restored with fiber-reinforced custom posts and cores: A 97-month study*. Int J Prosthodont 2007; 20: 633-639.
- [104] Fredriksson, M., Astback, J., Pamenius, M., Arvidson, K.A. *A retrospective study of 236 Patients with teeth restored by carbon fiber-reinforced epoxy resin posts*. J Prosthet Dent 1998; 80: 151-157.
- [105] Cagidiaco, M.C., Goracci, C., Garcia-Godoy, F., Ferrari, M. *Clinical Studies of Fiber Posts: A Literature Review*. Int J Prosthodont 2008; 21: 328-336.
- [106] Cheung, W. *A review of management of endodontically treated teeth: Post, core and the final restoration*. J AM Dent 2005; 136: 611-619.
- [107] Arbeitsanleitung CosmoPost Ivoclar Vivadent AG, Schaan/Liechtenstein, 12/2001.
- [108] Kaplan, E.L., Meier, P. *Nonparametric estimation from incomplete observations*. J Am Stat Ass 1958; 53: 457- 481.
- [109] Ziegler, A., Lange, S., Bender, R. *Überlebenszeitanalyse: Der Log-Rang-Test*. Dtsch Med Wochenzeitschr 2007; 132: e39-e41.
- [110] Lange, S., Bender, R. *Was ist ein Signifikanztest? Allgemeine Aspekte*. Dtsch Med Wochenzeitschr 2007; 132: e19-e21.
- [111] Gebrauchsanleitung ParaPost, Fa. Colthene-Whaledent, Friedberg, Deutschland.

- [112] Leempoel, P.J., Kayser, A.F., van Rossum, G.M., de Haan, A.F. *The survival rate of bridges. A study of 1674 bridges in 40 Dutch general practices.* J Oral Rehabil 1995; 22: 327-330.
- [113] Hämmerle, C.H.F., 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 2000; 13: 409-415.
- [114] Reuter, J.E., Brose, M.O., *Failures in full crown retained dental bridges.* Br Dent J 1984; 157: 61-63.
- [115] Palmquist, S., Söderfeldt, B. *Multivariate analysis of factors influencing the longevity of fixed partial dentures, retainers and abutments.* J Prosthet Dent 1994; 71: 245-250.
- [116] Torbjorner, A., Karlsson, S., Odman, P.A. *Survival rate and failure characteristics for 2 post designs.* J Prosthet Dent 1995; 73: 439-444.
- [117] Nergiz, I., Schmage, P. *Gebr. Brasseler: Komet - Er System: Erlanger Wurzelstift-Aufbausystem.* Löhne, Brackmann GmbH, Druck und Verlag, 06/2007.
- [118] 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 2006; 19: 136-142.
- [119] 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 2006; 19: 143-153.
- [120] Butz, F., Lennon, A.M., Heydecke, G., Strub, J.R. *Survival rate and fracture strength of endodontically treated maxillary incisors with moderate defects restored with different post-and-core systems: An in-vitro study.* Int J Prosthodont 2001; 14: 58-64.
- [121] Heydecke, G., Peters, M. *The restoration of endodontically treated, single-rooted teeth with cast or direct posts and cores: A systematic review.* J Prosthet Dent 2002; 87: 380-386.
- [122] Gomez-Polo, M., Llido, B., Rivero, A., del Rio, J., Clementin, 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 2010; 38: 916-920.
- [123] Wietske, A., Fokkinga, W.A., Kreulen, C.M., Bronkhorst, E.B., Creugers, N. *Up to 17-year controlled clinical study on post-and-cores and covering crowns.* J Dent 2007; 35: 778-786.

- [124] Hatzikyriakos, A.H., Reisis, G.I., Tsingos, N. *A 3-year postoperative clinical evaluation of posts and cores beneath existing crowns.* J Prosthet Dent 1992; 67: 454-458.
- [125] Hikasa, T., Matsuka, Y., Mine, A., Minakuchi, H., Satoshi Hara, E., Van Meerbeek, B., Yatani, H., Kuboki, T. *A 15-year clinical comparative study of the cumulative survival rate of cast metal core and resin core restorations luted with adhesive resin cement.* Int J Prosthodont 2010; 23: 397-405.
- [126] Balkenhol, M., Wöstmann, B., Rein, C., Ferger, P. *Survival time of cast posts and cores: A 10-year retrospective study.* J Dent 2007; 35: 50-58.
- [127] Stavropoulou, A.F., Koidis, P.T. *A systematic review of single crowns on endodontically treated teeth.* J Dent 2007; 35: 761-767.
- [128] Ray, H.A., Trope, M. *Periapical statuses of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration.* Int Endod J 1995; 28:12-18.
- [129] Tronstad, L., Asbjornsen, K., Doving, L., Pedersen, I., Eriksen, H.M. *Influence of coronal restorations on the periapical health of endodontically treated teeth.* Endod Dent Traumatol 2000; 89: 368-373.
- [130] Torbjorner, A., Lic, O., Fransson B. *Biomechanical aspects of prosthetic treatment of structurally compromised teeth.* Int J Prosthodont 2004;17: 135-141.
- [131] Creugers, N., Kayser, A., van't Hoff, M. *Meta-analysis of durability data on conventional fixed bridges.* Community Dent Oral Epidemiol 1994;22: 448-452.
- [132] Bolla, M., Muller-Bolla, M., Borg, C., Lupi-Pegurier, L., Laplanche, O., Leforestier, E. *Root canal posts for the restoration of root filled teeth.* Cochrane Data Base Syst Rev 2007; (1): CD004623.
- [133] Goodacre, C. J., Bernal, G., Rungcharassaeng, K., Kan, J. Y. *Clinical complications in fixed prosthodontics.* 2003; 90 (1): 31-34.
- [134] Goodacre, C. J., Spolnik, K.J. *The prosthodontic management of endodontically treated teeth: A literature review. Part I. Success and failure data, treatment concepts.* J Prosthodont 1994; 3: 243-250.
- [135] Dietschi, D., Duc, O., Krejci, I., Sadan, A. *Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: A systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies).* Quintessence Int 2008; 39:117-129.
- [136] Ellner, S., Bergendahl, T., Bergmann, B. *Four post-and-core combinations as abutments for fixed single crowns: A prospective up to 10- year study.* Int J Prosthodont 2003; 16: 249-254.

- [137] Naumann, M., Sterzenbach, G., Rosentritt, M., Beuer, F., Frankenberger, R. *Is adhesive cementation of endodontic posts necessary?* J Endod 2008; 34: 1006-1010.
- [138] Kerschbaum, T., Paszyna, C., Klapp, S., Meyer, G. *Verweilzeit- und Risiko-faktorenanalyse von festsitzendem Zahnersatz.* Dtsch Zahnärztl Z 1991; 46: 20-24.
- [139] Kerschbaum, T., Leempoel, P.J.B. *Kronen und Brücken - Konsequenzen aus Langzeitergebnissen.* Fortschritte der Zahnärztlichen Prothetik und Werkstoffkunde Band 4; Carl Hanser Verlag München 1989, S.110-136.
- [140] Theodosopoulou, J.N., Chochlidakis, K.M. *A Systematic Review of Dowel (Post) and Core Materials and Systems.* J Prosthodont 2009; 18: 464-472.
- [141] King, P.A., Setchell, D.J., Rees, J.S. *Clinical evaluation of of carbon fibre reinforced carbon endodontic posts.* J Oral Rehabil 2003; 30: 785-790.
- [142] Goodacre, C.J. *Carbon fiber posts may have fewer failures than metal posts.* J Evid Base Dent Pract 2010; 10: 32-34.

A

Anhang



Abbildung A.1: Anatomische Variationen: Oberkiefer - erste und zweite Prämolaren [36]

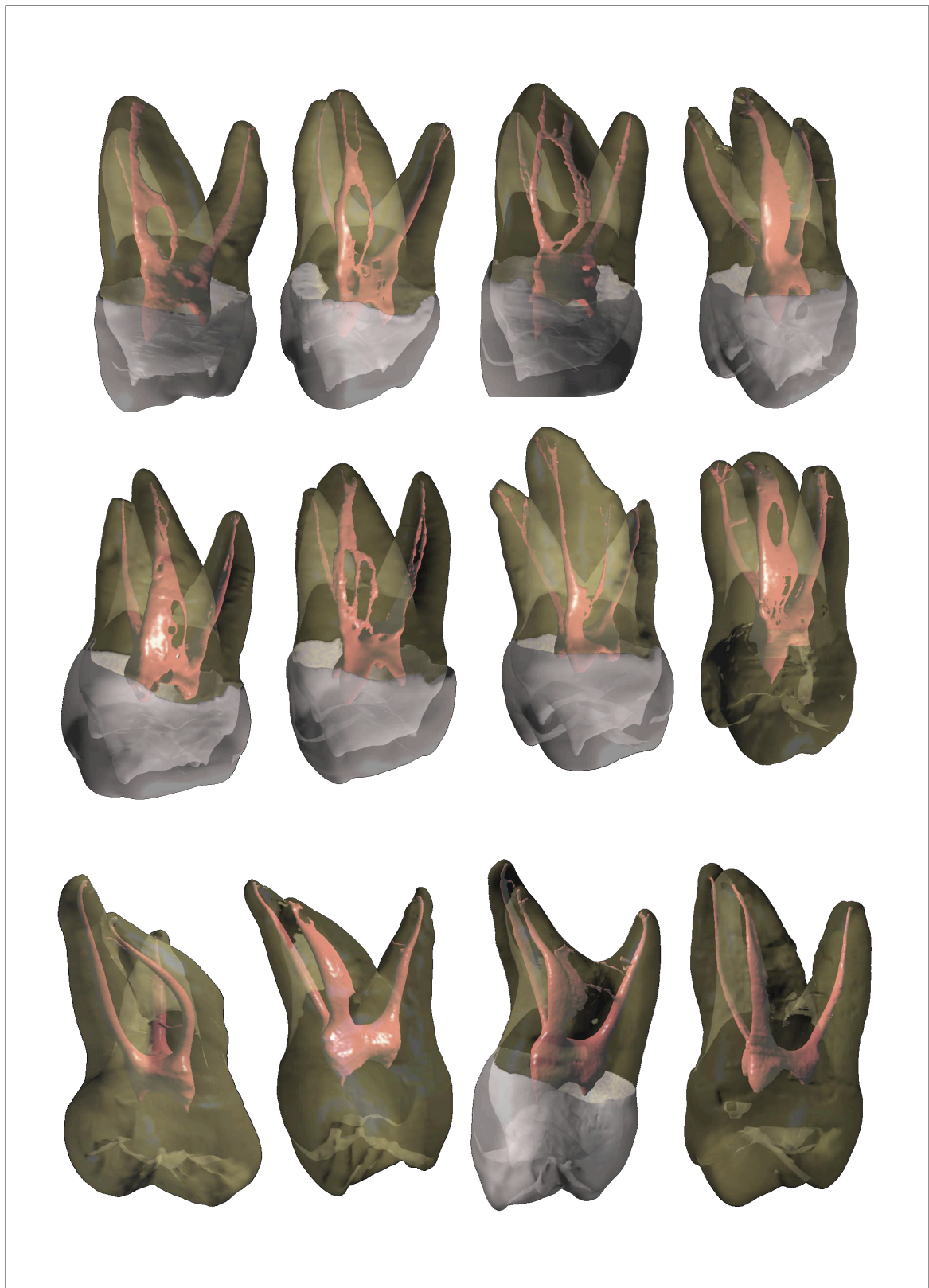


Abbildung A.2: Anatomische Variationen: Oberkiefer - erste und zweite Molaren [36]

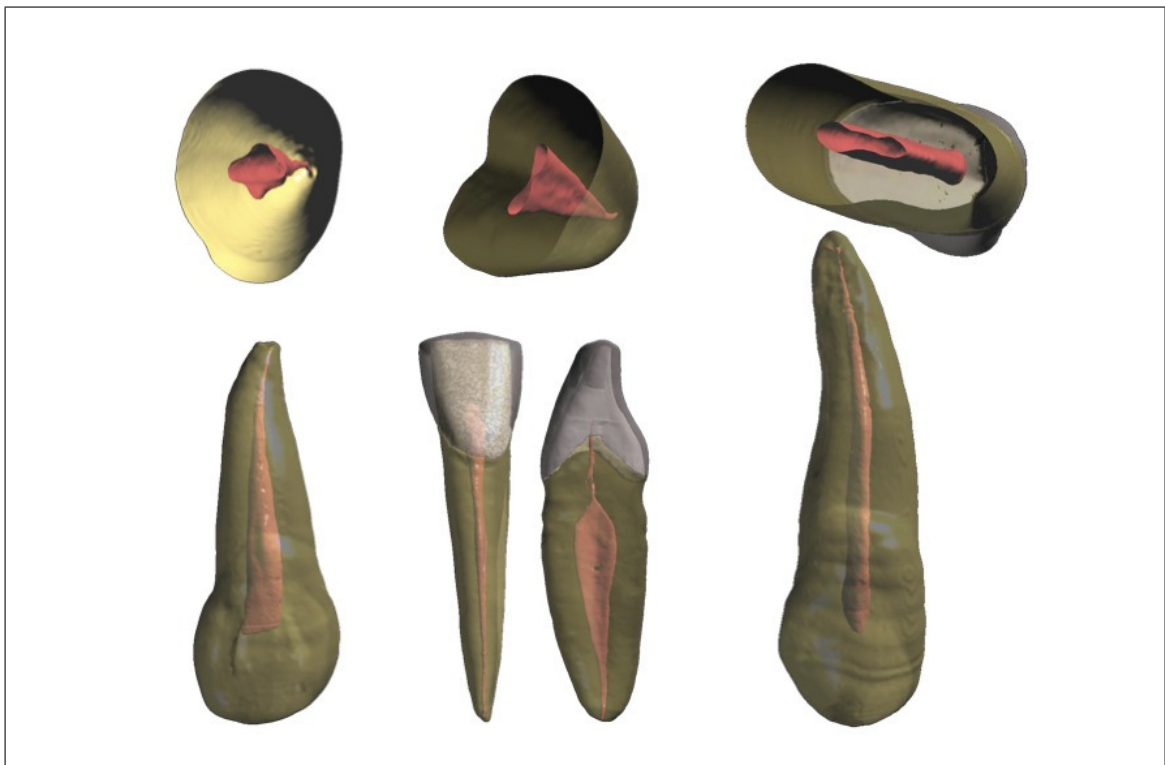



Abbildung A.3: Wurzelmorphologie: OK - seitlicher Schneidezahn, UK- Frontzahn, OK-Eckzahn [36]



Abbildung A.4: UK - zweiter Molar von bukkal und lingual [36]



Universitätsklinikum Würzburg

Klinik und Polikliniken für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
Direktor: Prof. Dr. Dipl.-Ing. E.-J. Richter

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik - Pleicherwall 2 - 97070 Würzburg

An

Ihre Nachricht vom: _____

Ihr Zeichen: _____

Bitte bei Antwort angeben:
Unser Zeichen: _____

Telefon: (09 31) 2 01 – 73101
Telefax: (09 31) 2 01 – 7 3000
moegele_s@klinik.uni-wuerzburg.de

Würzburg, den _____

Nachuntersuchung

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

bei Ihnen wurde im Rahmen einer zahnärztlichen Behandlung in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik ein Stift-Stumpfaufbau eingegliedert.

Um das Fortbestehen der Versorgung zu gewährleisten möchten wir Sie bitten, an einer Nachuntersuchung teilzunehmen. Wir werden uns demnächst mit Ihnen für eine Terminvereinbarung in Verbindung setzen.

Da es sich lediglich um eine Nachuntersuchung handelt wird *keine* Praxisgebühr fällig. Bitte bringen Sie zu Ihrem Termin Ihr eventuell vorhandenes Bonusheft mit.

Mit freundlichen Grüßen,

Zahnärztin Stefanie Mögele

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
Pleicherwall 2
97070 Würzburg
Anstalt des öffentlichen Rechts

Pforte (allgem. Auskunft) Tel.: (09 31) 2 01 – 7 20 00
(09 31) 2 01 – 7 20 10
www.klinik.uni-wuerzburg.de

Die Zahnklinik liegt gegenüber dem Congress Centrum (Stadtmitte). Parkmöglichkeiten u. a. in dessen Tiefgarage.

Direktion:
Prof. Dr. Dipl.-Ing. E.-J. Richter
Tel.: (09 31) 2 01 - 7 30 10
Fax: (09 31) 2 01 - 7 30 00
Richter_E@klinik.uni-wuerzburg.de

Sekretariat:
Frau Gitta Keupp
Tel.: (09 31) 2 01 - 7 30 20

Behandlung:
Tel.: (09 31) 2 01 - 7 30 30

Implantologie / Implantatprothetik:
Prof. Dr. Dipl.-Ing. E.-J. Richter

Funktionsdiagnostik / -therapie:
Prof. Dr. Th. Holste
Tel.: (09 31) 2 01 – 7 30 80
(09 31) 2 01 – 7 31 03
Holste_T@klinik.uni-wuerzburg.de

Kiefer-Gesichts-Prothetik:
Prof. Dr. A. Renk
Tel.: (09 31) 2 01 – 7 30 60
(09 31) 2 01 – 7 31 01
Renk_A@klinik.uni-wuerzburg.de

Poliklinik Anmeldung:
Tel.: (09 31) 2 01 – 7 31 00

Behandlungszeiten:
täglich Montag – Freitag, jeweils
8:15-12:15 und 13:15-17:15 Uhr




Abbildung A.5: Patientenanschreiben zur Nachuntersuchung



Überlebenstabelle - Gesamt

Zeit	Überlebens- wahrscheinlichkeit	Varianz	Konfidenz	95% Konfidenz-Interwall		Anzahl	
				untere Grenze	obere Grenze	kumulative Ereignisse	verbliebene Fälle
12	0,97492163	7,664402905585	8,75465756359722	0,957762501	0,992080759	8	312
18	0,962382445	1,13487380643791	1,06530456041355	0,941502476	0,983262415	12	308
24	0,94984326	1,49344956938409	1,22206774336944	0,925890732	0,973795788	16	304
36	0,909090909	2,59074069276406	1,60957779953753	0,877543184	0,940638634	29	291
48	0,865203762	3,65599411911104	1,91206540659859	0,82772728	0,902680244	44	276
60	0,803403493	5,01892437177339	0,022402955991952	0,759493699	0,847313287	63	257
72	0,750260071	5,92831851136092	2,43481385558751	0,70253772	0,797982423	80	240
84	0,734629653	6,16231865608077	2,48240179182999	0,685974578	0,783284728	85	235
96	0,697116652	6,66184974111381	0,025810559352935	0,646527953	0,747705346	97	223
108	0,668981897	6,97899270893921	2,64177832320186	0,617203042	0,720760752	107	213
120	0,665855813	7,01118820557857	2,64786483899359	0,613957662	0,717753964	108	212
132	0,663895281	3,30356041752225	1,81756992094452	0,618270911	0,689519652	108	212

Überlebenstabelle - Schneidezahn

Zeit	Überlebens- wahrscheinlichkeit	Varianz	Konfidenz	95% Konfidenz-Interwall		Anzahl	
				untere Grenze	obere Grenze	kumulative Ereignisse	verbliebene Fälle
12	0,980191837	4,07993268111076	2,01988432369548	0,940002104	1,019181569	1	48
18	0,959183673	7,98986816717524	2,826635485373	0,903781618	1,014585729	2	47
24	0,918367347	1,5299747554165	3,91148917346902	0,841702159	0,995032535	4	45
36	0,918367347	1,52997475541654	3,91148917346902	0,841702159	0,995032535	4	45
48	0,877551022	2,19296381609703	4,68290915574607	0,785766001	0,96933604	6	43
60	0,855612245	2,5539633517922	5,05367524856138	0,75656021	0,95466428	7	42
72	0,815868805	3,1070095336624	0,055740555555739	0,705617316	0,924120294	9	40
84	0,814868805	3,10700953366242	0,055740555555739	0,705617316	0,924120294	9	40
96	0,776125364	0,00359258936709	5,99382129121231	0,656646467	0,891604262	11	38
108	0,714010204	4,19445971394076	6,47646486436911	0,586071493	0,839948915	14	35
120	0,714010204	4,19445971394076	6,47646486436911	0,586071493	0,839948915	14	35
132	0,714010204	4,19445971394076	6,47646486436911	0,586071493	0,839948915	14	35

Abbildung A.6: Verweilwahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier

Überlebenstabelle – Eckzahn

Zeit	Überlebens- wahrscheinlichkeit	Varianz	Konfidenz	95% Konfidenz-Interwall		Anzahl	
				untere Grenze	obere Grenze	kumulative Ereignisse	verbliebene Fälle
12	0,970149254	4,32234018147179	2,07902385303098	0,929400386	1,010898121	2	65
18	0,955223881	6,38376396032757	2,52661116128453	0,905702302	1,004745459	3	64
24	0,925373134	1,03071188942789	3,21047019831658	0,862447918	0,98829835	5	62
36	0,865671642	1,73558582671406	4,16603627770337	0,784017331	0,947325953	9	58
48	0,805970149	2,33406369799477	4,83121485549418	0,711278338	0,90066196	13	54
60	0,731453468	3,02514139188594	5,50012853657616	0,619150949	0,834755987	18	49
72	0,641938758	3,48854526724016	0,059063908330216	0,522173497	0,753704018	24	43
84	0,623102973	3,54315596947601	5,95244149024248	0,506435119	0,739770826	25	42
96	0,566759832	3,6969608441627	6,08026384638257	0,444586661	0,682933004	29	38
108	0,522408826	3,73508052095201	6,11153051285192	0,414302264	0,65387426	31	36
120	0,522408826	3,73508052095201	6,11153051285192	0,414302264	0,65387426	31	36
132	0,519252477	3,74444466920816	6,11918676721683	0,399316416	0,639188538	32	35

Überlebenstabelle - Prämolare

Zeit	Überlebens- wahrscheinlichkeit	Varianz	Konfidenz	95% Konfidenz-Interwall		Anzahl	
				untere Grenze	obere Grenze	kumulative Ereignisse	verbliebene Fälle
12	0,971830986	1,92785357253619	1,3884716678910	0,944616941	0,999045031	4	139
18	0,957746479	2,84987049853176	1,68815594615301	0,924658622	0,990834335	6	137
24	0,957746479	2,84987049853176	1,68815594615301	0,924658622	0,990834335	6	137
36	0,922535211	5,03267572105915	2,24336259241772	0,878565304	0,966505118	11	132
48	0,865239437	7,79523401068981	2,79199462941636	0,818516342	0,927962531	19	124
60	0,810523474	1,07444629572198	3,27787476228421	0,750777129	0,87926982	27	116
72	0,775893152	1,22000660975095	3,49285930113274	0,71143311	0,848353194	32	111
84	0,751788894	1,32400906717768	3,63869353913967	0,680470501	0,823107288	36	107
96	0,733736765	1,3718616979589	3,70386514057802	0,665141009	0,810332522	38	105
108	0,706432508	1,45926976365704	3,82003895746764	0,634759744	0,784505271	42	101
120	0,706432508	1,45926976365704	3,82003895746764	0,634759744	0,784505271	42	101
132	0,706432508	1,45926976365704	3,82003895746764	0,634759744	0,784505271	42	101

Abbildung A.7: Verweilwahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier

Überlebenstabelle - Molar

Zeit	Überlebens- wahrscheinlichkeit	Varianz	Konfidenz	95% Konfidenz-Interwall		Anzahl	
				untere Grenze	obere Grenze	kumulative Ereignisse	verbliebene Fälle
12	0,983606557	2,64339305933096	1,62585148747693	0,951739868	1,015473247	1	60
18	0,983606557	2,64339305933096	1,62585148747693	0,951739868	1,015473247	1	60
24	0,983606557	2,64339305933096	1,62585148747693	0,951739868	1,015473247	1	60
36	0,918032787	1,23358342768778	3,51224063481957	0,84919287	0,986872703	5	56
48	0,901639344	1,45386618263203	3,81295971999709	0,826905334	0,976373355	6	55
60	0,820467213	2,42311030438671	4,92250983176947	0,723190938	0,916153324	11	50
72	0,754098361	3,0399020182306	5,51353064581181	0,64603316	0,862163561	15	46
84	0,754098361	3,0399020182306	5,51353064581181	0,64603316	0,862163561	15	46
96	0,68852459	3,51571276891017	5,92934462559748	0,572309436	0,804739745	19	42
108	0,67242459	1,55637652563455	3,73 295547833208	0,572902473	0,795736513	20	41
120	0,67242459	1,55637652563455	3,73 295547833208	0,572902473	0,795736513	20	41
132	0,67242459	1,55637652563455	3,73 295547833208	0,572902473	0,795736513	20	41

Überlebenstabelle –Frontzahnkrone

Zeit	Überlebens- wahrscheinlichkeit	Varianz	Konfidenz	95% Konfidenz-Interwall		Anzahl	
				untere Grenze	obere Grenze	kumulative Ereignisse	verbliebene Fälle
12	0,979591836734694	4,07993268111076	2,01988432369548	0,940002103	1,019181569	1	48
18	0,959183673469388	7,98986816717524	2,82663548537395	0,903781617	1,014585728	2	47
24	0,897959183673469	1,8699691455091	0,043243139866447	0,813202629	0,982715737	5	44
36	0,877551020408163	2,19296381609703	4,68290915574607	0,785766000	0,969336039	6	43
48	0,795918367346939	3,31494530340249	5,75755616855146	0,683070266	0,908766468	10	39
60	0,795918367346939	3,31494530340249	5,75755616855146	0,683070266	0,908766468	10	39
72	0,755102040816326	3,77393773002745	6,14323833985582	0,634694569	0,875509512	12	37
84	0,73469387755102	3,97793436408299	0,063070867792373	0,611074976	0,858312778	13	36
96	0,714285714285714	4,1649312786339	6,45362787789465	0,587794607	0,840776820	14	35
108	0,714285714285714	4,1649312786339	6,45362787789465	0,587794607	0,840776820	14	35
120	0,714285714285714	4,1649312786339	6,45362787789465	0,587794607	0,840776820	14	35
132	0,714285714285714	4,1649312786339	6,45362787789465	0,587794607	0,840776820	14	35

Abbildung A.8: Verweilwahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier

Überlebenstabelle – mittelständige Seitenzahnkrone

Zeit	Überlebens- wahrscheinlichkeit	Varianz	Konfidenz	95% Konfidenz-Interwall		Anzahl	
				untere Grenze	obere Grenze	kumulative Ereignisse	verbliebene Fälle
12	1	0	0	1	1	0	100
18	1	0	0	1	1	0	100
24	1	0	0	1	1	0	100
36	0,980582524271845	1,84858615189338	1,3596272106328	0,953933830	1,007231217	2	98
48	0,980582524271845	1,84858615189338	1,35962721063289	0,953933830	1,007231217	2	98
60	0,930447572815534	5,32612445743539	0,02607839781578	0,890513913	0,986981232	7	93
72	0,920494978542282	1,00760447768446	3,1747862306455	0,820779117	0,945210839	8	92
84	0,910876923076540	5,4619936276741	7,39053017561941	0,788222531	0,937931314	9	91
96	0,880159183673469	1,86996914550913	0,0432431398666	0,813202629	0,932715737	12	88
108	0,870182012452512	3,22787099646604	5,6814355549157	0,767431741	0,930144015	13	87
120	0,860182012452512	1,28102791975351	3,5791450372309	0,744030769	0,914333255	14	86
132	0,860182012452512	1,28102791975351	3,5791450372309	0,744030769	0,914333255	14	86

Überlebenstabelle – endständige Seitenzahnkrone

Zeit	Überlebens- wahrscheinlichkeit	Varianz	Konfidenz	95% Konfidenz-Interwall		Anzahl	
				untere Grenze	obere Grenze	kumulative Ereignisse	verbliebene Fälle
12	0,950157142857143	1,53935860058309	3,92346607043197	0,865957207	1,019757077	2	38
18	0,950157142857143	1,53935860058309	3,92346607043197	0,865957207	1,019757077	2	38
24	0,950157142857143	1,53935860058309	3,92346607043197	0,865957207	1,019757077	2	38
36	0,825267589450907	4,57142857142857	6,76123403782813	0,667479812	0,932520187	7	33
48	0,724857142857143	5,45772594752187	7,38764234889715	0,598059352	0,887654932	11	29
60	0,674814285714286	6,15743440233236	7,84693214086395	0,531914415	0,839514155	13	27
72	0,624571428571429	6,67055393586006	8,16734591887723	0,468491448	0,788651408	15	25
84	0,600438271604938	1,16174702365832	0,107784369166328	0,423680908	0,736195635	16	24
96	0,554162679425837	8,37301405174466	0,091504175050894	0,394814496	0,753510862	18	22
108	0,554162679425837	8,37301405174466	0,091504175050894	0,394814496	0,753510862	18	22
120	0,554162679425837	8,37301405174466	0,091504175050894	0,394814496	0,753510862	18	22
132	0,554162679425837	8,37301405174466	0,091504175050894	0,394814496	0,753510862	18	22

Abbildung A.9: Verweilwahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier

Überlebenstabelle – Huftesenbrücke

Zeit	Überlebens- wahrscheinlichkeit	Varianz	Konfidenz	95% Konfidenz-Interwall		Anzahl	
				untere Grenze	obere Grenze	kumulative Ereignisse	verbliebene Fälle
12	1	0	0	1	1	0	11
18	1	0	0	1	1	0	11
24	1	0	0	1	1	0	11
36	1	0	0	1	1	0	11
48	1	0	0	1	1	0	11
60	1	0	0	1	1	0	11
72	1	0	0	1	1	0	11
84	1	0	0	1	1	0	11
96	0,818181818181818	1,35236664162284	0,116291299830333	0,590250870	1,046112765	2	9
108	0,818181818181818	1,35236664162284	0,116291299830333	0,590250870	1,046112765	2	9
120	0,818181818181818	1,35236664162284	0,116291299830333	0,590250870	1,046112765	2	9
132	0,818181818181818	1,35236664162284	0,116291299830333	0,590250870	1,046112765	2	9

Überlebenstabelle – Frontzahnbrücke

Zeit	Überlebens- wahrscheinlichkeit	Varianz	Konfidenz	95% Konfidenz-Interwall		Anzahl	
				untere Grenze	obere Grenze	kumulative Ereignisse	verbliebene Fälle
12	1	0	0	1	1	0	13
18	1	0	0	1	1	0	13
24	1	0	0	1	1	0	13
36	1	0	0	1	1	0	13
48	1	0	0	1	1	0	13
60	1	0	0	1	1	0	13
72	1	0	0	1	1	0	13
84	1	0	0	1	1	0	13
96	1	0	0	1	1	0	13
108	0,923076923076923	5,4619936276741	7,39053017561941	0,778222531	1,067931314	1	12
120	0,923076923076923	5,4619936276741	7,39053017561941	0,778222531	1,067931314	1	12
132	0,923076923076923	5,4619936276741	7,39053017561941	0,778222531	1,067931314	1	12

Abbildung A.10: Verweilwahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier

Überlebenstabelle – Seitenzahnbrücke

Zeit	Überlebens- wahrscheinlichkeit	Varianz	Konfidenz	95% Konfidenz-Interwall		Anzahl	
				untere Grenze	obere Grenze	kumulative Ereignisse	verbliebene Fälle
12	0,950176470588235	1,62833299409729	4,03526082688256	0,862085358	1,020267582	2	38
18	0,924764705882353	2,36617138204763	4,86433076799638	0,816423822	1,007105588	3	37
24	0,924764705882353	2,36617138204763	4,86433076799638	0,816423822	1,007105588	3	37
36	0,875294117647058	3,68919193975168	6,07387186212524	0,733893287	0,971989064	5	35
48	0,800117647058823	4,80867087319357	6,93445807052979	0,658202268	0,930033025	8	32
60	0,675482352941176	6,10624872786485	7,81424899005966	0,572723072	0,859041633	13	27
72	0,550323529411765	7,2511703643395	8,51538041683371	0,391922073	0,725724985	18	22
84	0,520111764705882	7,32749847343782	8,56008088363528	0,361634179	0,697189350	19	21
96	0,500	7,35294117647058	8,57492925712544	0,331931386	0,668068613	20	20
108	0,500	7,35294117647058	8,57492925712544	0,331931386	0,668068613	20	20
120	0,500	7,35294117647058	8,57492925712544	0,331931386	0,668068613	20	20
132	0,500	7,35294117647058	8,57492925712544	0,331931386	0,668068613	20	20

Überlebenstabelle – Teleskopkrone primär verblockt

Zeit	Überlebens- wahrscheinlichkeit	Varianz	Konfidenz	95% Konfidenz-Interwall		Anzahl	
				untere Grenze	obere Grenze	kumulative Ereignisse	verbliebene Fälle
12	1	0	0	1	1	0	9
18	1	0	0	1	1	0	9
24	1	0	0	1	1	0	9
36	1	0	0	1	1	0	9
48	1	0	0	1	1	0	9
60	1	0	0	1	1	0	9
72	1	0	0	1	1	0	9
84	1	0	0	1	1	0	9
96	0,777777777777778	1,92043895747599	0,13857990321385	0,506161167	1,049394388	2	7
108	0,777777777777778	1,92043895747599	0,13857990321385	0,506161167	1,049394388	2	7
120	0,777777777777778	1,92043895747599	0,13857990321385	0,506161167	1,049394388	2	7
132	0,777777777777778	1,92043895747599	0,13857990321385	0,506161167	1,049394388	2	7

Abbildung A.11: Verweilwahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier

Überlebenstabelle – Teleskopkrone mittelständig

Zeit	Überlebens- wahrscheinlichkeit	Varianz	Konfidenz	95% Konfidenz-Interwall		Anzahl	
				untere Grenze	obere Grenze	kumulative Ereignisse	verbliebene Fälle
12	0,923076923076923	5,4619936276741	7,39053017561941	0,778222531	1,067931314	1	12
18	0,923076923076923	5,4619936276741	7,39053017561941	0,778222531	1,067931314	1	12
24	0,923076923076923	5,4619936276741	7,39053017561941	0,778222531	1,067931314	1	12
36	0,846153846153846	1,00136549840692	0,100068251628922	0,650020072	1,042287619	2	11
48	0,846153846153846	1,00136549840692	0,100068251628922	0,650020072	1,042287619	2	11
60	0,692414285714286	6,15743440233236	7,8469321408639	0,531914415	0,839514155	4	9
72	0,692414285714286	6,15743440233236	7,8469321408639	0,531914415	0,839514155	4	9
84	0,692414285714286	6,15743440233236	7,8469321408639	0,531914415	0,839514155	4	9
96	0,615171428571429	6,67055393586006	8,16734591887723	0,468491448	0,788651408	5	8
108	0,462085470085476	2,27333319597181	0,150775767150156	0,174564966	0,765605973	7	6
120	0,462085470085476	2,27333319597181	0,150775767150156	0,174564966	0,765605973	7	6
132	0,462085470085476	2,27333319597181	0,150775767150156	0,174564966	0,765605973	7	6

Überlebenstabelle – Teleskopkrone endständig

Zeit	Überlebens- wahrscheinlichkeit	Varianz	Konfidenz	95% Konfidenz-Interwall		Anzahl	
				untere Grenze	obere Grenze	kumulative Ereignisse	verbliebene Fälle
12	0,939393939393939	1,72524139466288	4,15360252631722	0,857983329	1,020804548	2	31
18	0,878787878787879	3,22787099646604	5,68143555491571	0,767431741	0,990144015	4	29
24	0,848484848484849	3,89570637504522	6,24155940053863	0,726150284	0,970819412	5	28
36	0,818181818181818	4,50788880540947	6,71408132614542	0,686585824	0,949777812	6	27
48	0,727272727272727	6,01051840721262	0,077527533220222	0,575318762	0,879226692	9	24
60	0,606162679425837	8,37301405174466	0,091504175050894	0,394814496	0,753510862	13	20
72	0,394205741626794	7,2875125871791	8,5366929118829	0,205886560	0,540524922	20	13
84	0,364497607655502	6,97023844797356	8,34879539093728	0,180861217	0,508133997	21	12
96	0,364497607655502	6,97023844797356	8,34879539093728	0,180861217	0,508133997	21	12
108	0,242966507177033	5,29563563762463	7,27711181556572	8,703368018	0,372296463	25	8
120	0,210456937799043	4,77560837165579	6,91057766880294	6,550961549	0,336404260	26	7
132	0,210456937799043	4,77560837165579	6,91057766880294	6,550961549	0,336404260	26	7

Abbildung A.12: Verweilwahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier

Danksagung

Mein Dank gilt Herrn Professor Dr. Dipl.-Ing. E.-J. Richter für die Überlassung des Themas sowie für die zeitintensive und freundliche Betreuung dieser Dissertation.

Ebenso bedanke ich mich bei allen Mitarbeitern der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, vor allem bei meiner Assistentin für die Unterstützung bei der Durchführung des Recall-Programms der Patienten.

Ein liebes Dankeschön an meinen Bruder Herbert, der mir bei der Erstellung der Datenbank, der SQL-Abfragen und Auswertung der Daten sowie bei der Layoutgestaltung jederzeit mit Rat und Tat zur Seite stand.

Bedanken möchte ich mich außerdem bei Dipl.-Math. Johannes Hain, der die graphische Darstellung der analytischen Statistik ermöglichte.