

Aus der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
(Direktor: Prof. Dr. Dr. J. Wiltfang)
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**RETROSPEKTIVE EVALUATION DES LANGZEITERFOLGES VON
WURZELSPITZENRESEKTIONEN**

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
vorgelegt von

HELENE SCHMID
aus Hamburg

Kiel 2018



HELENE SCHMID

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. Stephan Thomas Becker
2. Berichterstatter: Prof. Dr. Helge Fischer-Brandies
Tag der mündlichen Prüfung: 07.06.2019
Zum Druck genehmigt, Kiel, den 14.04.2019

Gez.:

Vorsitzender der Prüfungskommission

I. EINLEITUNG	1
1. Vorwort	1
2. Die Wurzelspitzenresektion	2
2.1. Anatomie der Wurzelspitze	2
2.2. Ätiologie und Pathogenese des apikalen Entzündungsgeschehens	3
2.3. Indikationen für eine Wurzelspitzenresektion	3
2.4. Kontraindikation für eine Wurzelspitzenresektion	5
2.5. Therapiealternativen im Falle einer periapikalen Osteolyse	5
3. Problembeschreibung	6
4. Inhaltliches Ziel der vorliegenden Arbeit – Fragestellungen	7
II. MATERIAL UND METHODEN	9
1. Beobachtungszeitraum und Patientenkohorte	9
2. Untersuchungsgegenstand	9
3. Behandlungsablauf einer WSR	9
3.1. Präoperative Patientengespräche	9
3.2. Operativer Ablauf einer WSR	10
3.2.1. Anästhesie	10
3.2.2. Operativer Zugang	10
3.2.3. Wurzelspitzenkürzung und Beseitigung des Entzündungsgewebes	11
3.2.4. Aufbereitung und Füllung des Wurzelkanals	11
3.3. Wundversorgung und medikamentöse Therapie	12
4. Studiendesign – Datenerhebung und statistische Auswertung	12
4.1. Erfolgs-/Misserfolgskriterien der postoperativen Röntgenauswertung	13
4.2. Kriterien für die röntgenologische Auswertung der WSR	14
4.3. Klinische Evaluation	14
4.4. Definition von Überleben und Misserfolg	15
4.5. Statistische Auswertung	16

III. ERGEBNISSE **17**

1. Kaplan-Meier-Schätzer-Diagramm der Überlebensrate von Zähnen nach WSR	17
2. Kaplan-Meier-Schätzer-Diagramm der Überlebensrate der operierten Zähne in Abhängigkeit von der intraoperativen WF	18
3. Kaplan-Meier-Schätzer-Diagramm der Überlebensrate der operierten Zähne in Abhängigkeit von der Qualität der WKB präoperativ	20
4. Kaplan-Meier-Schätzer-Diagramm der Überlebensrate der operierten Zähne in Abhängigkeit von Schmerzen präoperativ	21
5. Kaplan-Meier-Schätzer-Diagramm der Überlebensrate der operierten Zähne in Abhängigkeit von der prothetischen oder konservierenden Versorgung	22
6. Deskriptive Untersuchung der präoperativ erhobenen Parameter	24
6.1. Patientenanzahl und Patientengeschlecht	24
6.2. Patientenalter	24
6.3. Aufteilung der behandelten Zähne nach Zahngruppen	24
6.4. Anzahl der Zähne mit Zweit-/Dritt-Operationen	24
6.5. Schmerzsymptome, Lockerungsgrad und Entzündungszeichen präoperativ	25
6.6. Läsionsgröße präoperativ	26

IV. DISKUSSION **27**

1. Inhaltliche Zielsetzung der Arbeit	27
2. Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur	28
2.1. Überlebensrate einer WSR	29
2.1.1. Überlebensrate einer WSR nach einem Jahr bzw. nach zwei Jahren	29
2.1.2. Überlebensrate einer WSR nach fünf Jahren	30
2.1.3. Überlebensrate einer WSR nach 10 Jahren	31
2.1.4. Überlebensrate einer WSR nach 12 Jahren	32
2.2. Art der Wurzelfüllung	33
2.3. Qualität der präoperativen Wurzelfüllung	35
2.4. Schmerzen präoperativ	35
2.5. Versorgungsart der Zähne	38
3. Patientenbezogene Daten	39
3.1. Geschlechter- und Altersverteilung	39
4. Zahnbezogene Daten	40
4.1. Aufteilung der behandelten Zähne nach Zahngruppen	40

5. Behandlungsbezogene Daten	41
5.1. Konventionelle und moderne Operationstechnik	41
6. Alternative Behandlungsmethoden zur WSR	42
6.1. Wurzelkanalbehandlungen	42
6.2. Wurzelkanalbehandlungsrevision	43
6.3. Implantate	45
7. Kritik	45
<u>V. SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK</u>	48
<u>VI. LITERATURVERZEICHNIS</u>	50
<u>VII. DANKSAGUNG</u>	58
<u>VIII. LEBENSLAUF</u>	59
<u>IX. VERÖFFENTLICHUNGEN</u>	60

I. EINLEITUNG

1. Vorwort

Trotz der zur Verfügung stehenden modernen therapeutischen Verfahren zur Beseitigung apikaler Entzündungsgeschehen mittels Wurzelkanalbehandlung (- WKB -) gelingt es nicht in jedem Einzelfall, die bakterielle Flora in Gänze zu beseitigen. Das kann zu Rekontaminationen des Wurzelkanals führen. In nicht unerheblicher Zahl liegen Wurzelkonfigurationen vor, die der orthograden Aufbereitung nicht zugänglich sind (Shen 2016). Die Prävalenz apikaler Parodontiden an wurzelkanalbehandelten Zähnen liegt - vielen epidemiologischen Studien zufolge - bei über 50% (Weiger 1997, Saunders 1997, Kirkevang 2001). Somit hat das im Jahr 1899 von Partsch etablierte Operationsverfahren der Wurzelspitzenresektion (- WSR -) an Bedeutung nicht verloren (Partsch 1899). Das Ziel der WSR ist die Entfernung von Seitenkanälen im apikalen Bereich durch die Kürzung der Wurzel. Im Zuge dessen werden bakterielle Reservoirs beseitigt und Zysten bzw. Granulome entfernt, um eine Reinfektion des Zahnes zu vermeiden (Zoletti 2010). Durch die Einführung der Mikrochirurgie hat die WSR in den vergangenen Jahren eine Weiterentwicklung erfahren. Unter Anwendung verbesserter diagnostischer Mittel sind die Wurzelkanäle genau zu detektieren und neu entwickelte Wurzelfüllmaterialien ermöglichen es, diese randschicht und volumenbeständig zu versorgen (Von Arx 2002, Regan 2002).

Untersuchungen, die sich mit der klinischen Erfolgsratenbestimmung von Wurzelspitzenresektionen befassen, beschränken sich aktuell vorwiegend auf ein Untersuchungsintervall von maximal fünf Jahren. Langzeitstudien, die diese Zeitspanne überschreiten, lassen sich in der aktuellen Literatur nicht finden (Rapp 1991, Testori 1999, Gagliani 2005, Martí-Bowen 2005).

Aus diesem Grund ist es das Ziel dieser Arbeit, die Langzeiterfolge der WSR zu evaluieren. Dies soll auf der Basis der retrospektiven Auswertung der Daten von Patienten aufbereitet werden, die im Zeitraum von 2001 bis 2006 in der Praxis Dr. med. Dr. med. dent. Hans-Peter Busch in Kiel eine Apikektomie erhielten.

2. Die Wurzelspitzenresektion

Die WSR ist eine zahnerhaltende Maßnahme, die vorgenommen wird, wenn durch eine konventionelle Behandlung der periapikalen Läsion ein Behandlungserfolg nicht erreicht wurde, wenn der Wurzelkanal von orthograd nicht mehr zu erreichen ist, nach Abszedierung der Entzündung oder aber bei osteolytischen Prozessen, die eine Dimension größer als 5mm aufweisen (Von Arx 2011, Barone 2010). Mit der Maßgabe der Zahnerhaltung hat sie den keimdichten apikalen und koronalen Verschluss der Zahnwurzel nach chirurgischer Kürzung der Wurzelspitze zum Behandlungsziel. Im Zuge dessen wird der Knochen über der Wurzelspitze mittels Osteotomie entfernt und die Zahnwurzel mit oder ohne Wurzelfüllung (- WF -), orthograd oder retrograd versorgt. Die Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Behandlung ist ein dichter koronaler Abschluss mit einer suffizienten konservierenden oder prothetischen Versorgung (Barone 2010, Song 2011, Bernabé 2007).

2.1. Anatomie der Wurzelspitze

Die Pulpa gliedert sich in einen Kronen- und einen Wurzelanteil. Der koronale Abschnitt verzweigt sich unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze in die Hauptkanäle und bildet das Wurzelkanalsystem. Strukturell besteht die Pulpa aus einer gallertartigen Grundmasse mit kollagenem Faserapparat, Nervensträngen und Blutgefäßen, die über das Foramen apicale in die Wurzelpulpa einziehen. 0,5-1,0mm weiter koronal dieser Öffnung liegt das physiologische Foramen, die engste Stelle des Wurzelkanals (apikale Konstriktion). Der Hauptkanal spaltet sich in seinem Verlauf in akzessorische Kanäle auf, die besonders in den apikalsten 3mm anzutreffen sind (Song 2011). Solche sog. apikalen Ramifikationen sind durchschnittlich in 27,4% der Zähne anzutreffen, wobei sie besonders häufig bei Prämolaren und Molaren zu erwarten sind (De Deus 1975).

2.2. Ätiologie und Pathogenese des apikalen Entzündungsgeschehens

Die Ursache des entzündlichen Geschehens innerhalb der Zahnpulpa ist eine pathogene Mischflora, die das Wurzelkanalsystem befällt. Die Antwort des Organismus ist eine protektive und destruktive Immunreaktion mit dem Ziel, die bakterielle Infektion zu beseitigen. Charakterisiert wird die Wirtsreaktion durch Vasodilatation, Erhöhung der Gefäßpermeabilität, Leukozytenextravasation und schlussendlich durch Aktivierung von Osteoklasten.

Unbehandelt entwickelt sich aus der akut bakteriell besiedelten Wurzelpulpa ein chronisches Entzündungsgeschehen. In dessen Verlauf entsteht ein apikales Granulom als Reaktion auf den chronischen Entzündungsreiz. Im Zuge dieser Entwicklung kann aus einem apikalen Granulom eine radikuläre Zyste werden. Ca. 15% der periapikalen Läsionen entwickeln sich aus bislang noch unklaren Gründen weiter zu einer radikulären Zyste (Nair 1998). Zu unterscheiden sind dabei wahre Zysten und Taschenzysten. Letztere haben Verbindung zum Wurzelkanal (offene Zyste) und entstehen durch Extension des entzündeten Wurzelkanalgewebes in den Periapex. Wahre, geschlossene Zysten kommunizieren hingegen nicht mit dem Kanalinneren und sind daher selbstversorgende Läsionen, die unabhängig von der Keimreduktion innerhalb des Kanalsystems bestehen bleiben (Nair 2006). Sie entstehen durch Epithelproliferation, Hohlrumbildung und Wachstum (Núñez-Urrutia 2010).

2.3. Indikationen für eine Wurzelspitzenresektion

Als absolut indiziert gilt eine Wurzelspitzenresektion, wenn es sich bei der apikalen Läsion um eine radikuläre Zyste handelt. Gegenwärtig ist es röntgenologisch und klinisch nicht möglich, eine solche zystische Läsion mit Sicherheit zu diagnostizieren. Trotzdem ist in einer Vielzahl der Fälle davon auszugehen, dass es sich bei Ostelosen, die größer als 5mm sind, um radikuläre Zysten handelt (Gutwald 2010, Nair 2006). Im Rahmen der WSR ist die Zyste zu exzidieren und ggf. histologisch auszuwerten. Die Zyste entsteht durch den chronischen Entzündungsreiz einer keimbesiedelten Pulpa und kann bei Nichtbehandlung zur Resorption des Knochens und der Zahnwurzel führen. Im Rahmen der histologischen Auswertung zeigen sich

Cholesterinkristalle, die flüssigkeitsgefüllte Hohlräume bilden. Die Zysten sind außerdem mit zwei- bis dreischichtigem Plattenepithel und bindegewebiger Masse ausgekleidet. Im Einzelfall kann es sich außerdem um eine Keratozyste handeln (Lin 2007, Jones 2006).

Eine zweite absolute Indikation stellt überstopftes Wurzelfüllmaterial dar, das bereits den Nervkanal des N. alveolaris inferior oder die Kieferhöhle penetriert. Dieses Fremdmaterial ist umgehend zu entfernen, denn es kann im Bereich des Nervs zu Hyp-, Par- und Anästhesien führen. Die physiologisch keimfreie Kieferhöhle kann, bedingt durch überpresstes Wurzelfüllmaterial von Schimmelpilzen befallen werden und es kann sich eine Aspergillose entwickeln. Besondere Gefahren können von Zinkoxid-Eugenol-haltigen Präparaten ausgehen, da sie ossäre und desmodontale Nekrosen verursachen können (Giardino 2006).

Unter gewissen Bedingungen können auch die folgenden Umstände eine WSR erforderlich machen. Im Einzelfall sollte jedoch geprüft werden, ob eine Kappung der Wurzelspitze wirklich die Therapie der Wahl darstellt (Serrano-Giménez 2015). Eine persistierende apikale Parodontitis mit akuten Entzündungszeichen, wie Schwellung und Schmerzen kann eine WSR induzieren, wenn der orthograde Zugang durch eine Wurzelfüllungsrevision nicht möglich erscheint (Abramovitz 2002). Sollten die klinischen und röntgenologischen Symptome trotz erfolgter Wurzelfüllungsrevision nicht zu eliminieren sein, so kann eine WSR erfolgen (Kreisler 2013). Ist ein wurzelkanalbehandelter Zahn ursächlich für eine abszedierende Ausbreitung der Entzündung, so ist dies ein Zeichen für eine besonders hohe Keimbelastung. Aus diesem Grund kann die vestibuläre Abklappung des Zahnfleisches und das gründliche Reinigen des apikalen Hartgewebes im Rahmen einer WSR notwendig sein (Lieblich 2012). Die wiederholte WKB vermag es nicht in jedem Fall, die hohe Keimbesiedlung zu beseitigen. Unter anderem können bestimmte Wurzelmorphologien eine WSR begründen, denn sie lassen die Erschließung des gesamten Kanalsystems durch Handinstrumente nicht zu. Aber auch Instrumentenfrakturen im apikalen Drittel des Zahns können zu einer WSR führen (Lieblich 2012). Einige Wurzelstifte machen einen orthograden Zugang zum Wurzelkanal nicht möglich und erlauben daher nur die retrograde Versorgung des Zahnes (Lustmann 1991). Bedingt durch ein dentoalveoläres Trauma kann es zur

Wurzelfraktur im apikalen Drittel kommen, so dass der Zahn mit Hilfe einer WSR erhalten werden kann. Auch eine Via falsa, die im Rahmen der WKB entstanden ist, kann durch eine WSR behoben werden. In Einzelfällen stellt die chirurgische Maßnahme nur vermeintlich die zeit- und kostenintensivere Lösung dar, denn bei einer suffizienten koronalen und intrapulpalen Situation ist die schlichte Kappung der Wurzelspitze eine gute Alternative, denn sie erlaubt, die prothetische Versorgung des Zahnes zu belassen (Von Arx 2011). Und letztendlich kann auch eine bereits durchgeführte und erfolglose Kappung der Wurzelspitze eine Nachresektion zur Folge haben.

2.4. Kontraindikation für eine Wurzelspitzenresektion

Kontraindiziert ist eine WSR aus allgemeinmedizinischer Sicht hingegen, wenn die Grundkonstitution des Patienten einen dentalchirurgischen Eingriff nicht zulässt. Dies ist bei strahlungs- und immunsuprimierten Patienten der Fall.

Aus zahnmedizinischer Sicht gelten die folgenden Umstände als Kontraindikationen für eine Apikotomie: Lassen sich Anzeichen für ein eitriges Entzündungsgeschehen feststellen, so sollte eine WSR erst durchgeführt werden, wenn die Entzündung therapiert wurde. Dies ist durch Spaltung des Abszesses, Spülen der Wunde und Einlegen eines Streifens möglich. Auch eine schlechte Mundhygiene stellt eine temporäre Kontraindikation für einen oralchirurgischen Eingriff dar (Gutwald 2010). Des Weiteren sollte keine WSR durchgeführt werden, wenn ein inadäquater Parodontalstatus, wie ein vertikaler Knochenabbau von über 25% und eine Taschentiefe von mehr als 5mm vorliegt. Schlussendlich sollte die Wurzelspitze auch nicht gekappt werden, wenn eine Paro-Endo-Läsion vorliegt, denn die Erfolgsaussicht ist durch die starke Schwächung des Zahnes reduziert (Lieblich 2012).

2.5. Therapiealternativen im Falle einer periapikalen Osteolyse

Zu beachten ist, dass es alternative Behandlungskonzepte im Vorfeld einer WSR gibt. Zunächst ist es möglich, das apikale Entzündungsgeschehen mittels einer WKB zu therapieren. Mit Hilfe einer konventionellen endodontischen Maßnahme lassen sich eine Vielzahl der kleineren apikalen Aufhellungen (bis 5mm) erfolgreich

beseitigen. Dabei wird der Zahn trepaniert und das infizierte Pulpengewebe entfernt. Mittels einer bakteriostatischen Natriumhypochlorid-Lösung kann die Keimzahl reduziert werden, sodass die Substratzufuhr und somit auch die osteolytischen Prozesse im Knochen gestoppt werden. Abschließend wird der Wurzelkanal mit einer Kombination aus Guttapercha und plastischem Füllungsmaterial dicht abgeschlossen (Imura 2007). Fraglich ist jedoch, ob eine apikale Läsion mittels einer WKB gänzlich beseitigt werden kann. Bei einer periradikulären Transluzenz kann es sich um ein Granulom oder um eine Zyste handeln. Letztere muss chirurgisch exzidiert werden. Ein Granulom kann sich in der Folge einer erfolgreichen WKB zurückbilden. Wie bereits erwähnt, kann eine solche Differenzialdiagnose nur histologisch gestellt werden, da eine WKB eine radikuläre Zyste nicht beseitigen kann (Nair 1998). Gehen die klinischen und röntgenologischen Beschwerden trotz WKB nicht zurück, kann ein Revisionsversuch vorgenommen und die WF erneuert werden.

Im Einzelfall kann ein Teil des Wurzelsystems im Sinne einer Hemisektion oder Wurzelamputation entfernt werden. Eine Therapiealternative, die in Betracht kommt, wenn bei einem mehrwurzeligen Zahn ein Teil des Wurzelsystems nicht mehr erhaltungswürdig ist. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn die Wurzel keinerlei Knochenfassung aufweist (Tsurumachi, Honda 2007). Ergänzend, sowohl zu den konservativen, als auch zu den chirurgischen Maßnahmen sollte koronal für eine bakteriendichte Restauration gesorgt werden, bei der sich statische und dynamische Okklusion harmonisch in das Kausystem eingliedern. Außerdem ist im Einzelfall eine Antibiotikatherapie möglich. Zu bedenken ist, dass diese Maßnahme nur Therapieunterstützend eingesetzt werden sollte. Die Gabe von Antibiotikum ersetzt eine der oben genannten Behandlungen nicht. Schlussendlich stellt auch die Zahnextraktion eine mögliche Therapie bei apikaler Parodontitis dar. Anschließend steht zur Entscheidung, wie die Zahnentfernung kompensiert werden kann, ob prothetisch durch eine Brückenversorgung, oder durch eine Implantation. Diese Wahl ist unter Berücksichtigung der Besonderheiten des Einzelfalls zu treffen (Kunkel 2009).

3. Problembeschreibung

Entscheidend für eine differenzierte Patientenaufklärung über mögliche Therapiealternativen ist mitunter die Langzeitprognose der jeweiligen Versorgungsart. Um dem Patienten eine ungefähre Vorstellung zu vermitteln, welche

durchschnittlichen Erfolgsraten ein Eingriff hat, sind klinische Studien aus der Praxis wichtig. Die WSR ist eine häufige, vom kassenärztlichen Spektrum abgedeckte Operation. Trotzdem sind wenige Langzeitstudien (10-12 Jahre Untersuchungszeitraum) publiziert. Hingegen sind viele Veröffentlichungen zu finden, die den Erfolg einer WSR nach 1-5 Jahren untersuchen.

Anders gestaltet sich die Situation in der Endodontologie. Viele Studien dokumentieren Überlebensraten und mögliche Fehlerquellen einer WKB. So liegt die Überlebensrate, einer Studie aus Schweden zufolge, nach 10 Jahren bei 81,5% (Landys Borén 2015). Eine Untersuchung aus Amerika nennt Überlebensraten von 97% nach 8 Jahren (Salehrabi, Rotstein 2004). Auch über Kronen- und Brückenversorgungen lassen sich recht genaue Prognosen treffen. Sowohl auf dem Gebiet der Metallkeramik, als auch im Falle von vollkeramischen Systemen können Patienten durch Langzeitstudien eine genaue Kosten-Nutzen-Abwägung anstellen (Strub 2011). Eine klinische Nachuntersuchung beschreibt für Einzelkronen aus Aluminiumoxid-Keramik eine Überlebensrate von 93,5% nach 10 Jahren (Odman, Andersson 2001). Eine weitere Arbeit untersuchte Einzelkronen über insgesamt 18 Jahre und konnte hierbei eine Überlebensrate von 74,9% dokumentieren (De Backer 2007).

Mit dem Ziel, eine Langzeitstudie von Überlebensraten bei Wurzelspitzenresektionen nach 12 Jahren zu erstellen und mögliche Einflussfaktoren zu beschreiben, wurde diese Untersuchung durchgeführt.

4. Inhaltliches Ziel der vorliegenden Arbeit – Fragestellungen

Das Ziel dieser retrospektiven Studie ist es, den Langzeiterfolg von WSR (aus den Jahren 2001 bis 2006) nach bis zu zwölf Jahren zu ermitteln. Im Zuge dessen wurden die Operationsberichte, sowie die regelmäßig erhobenen Patientenbefunde und Röntgenbilder statistisch ausgewertet. Die vorliegende Arbeit soll die folgenden Fragen beantworten:

- Wie groß ist die Überlebensrate von Zähnen nach WSR nach einem, nach zwei, nach fünf, nach zehn und nach zwölf Jahren?

- Lässt sich ein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Überlebensraten zwischen intraoperativ retro- oder orthograd gelegten WF feststellen?
- Hat die Qualität der ursprünglichen WKB Einfluss auf den Langzeiterfolg von resezierten Zähnen?
- Ist die Überlebenswahrscheinlichkeit von Wurzelspitzen resezierter Zähne abhängig vom Patientengeschlecht, vom Patientenalter, von individueller Schmerzsymptomatik oder von bestimmten Risikofaktoren des Patienten?
- Hat der Indikationsbereich, die resezierte Zahngruppe oder die gekappte Wurzel Einfluss auf den Langzeiterfolg der WSR?

II. MATERIAL UND METHODEN

1. Beobachtungszeitraum und Patientenkohorte

Im Zeitraum der Jahre 2001 bis 2006 wurden in der Praxis des niedergelassenen MKG-Chirurgen (Dr. med. Dr. med. dent. Hans-Peter Busch) in Kiel ca. 500 Wurzelspitzenresektionen im Front- und Seitenzahnbereich durchgeführt. 149 dieser 500 Zähne wurden in der vorliegenden Studie nachuntersucht. Von den insgesamt 16 Überweiser-Praxen wurden die Patientenakten der 9 Haupt-Überweiser in dieser Arbeit beurteilt. Dieses Vorgehen erklärt die Verlustrate von ca. 2/3. Ursprünglich umfasste das Kollektiv der 9 Haupt-Überweiser-Praxen insgesamt 180 Patienten. Doch von 31 Patienten konnten keine Akten gefunden werden, sodass diese aus der Analyse ausgeschlossen werden mussten.

2. Untersuchungsgegenstand

Gegenstand dieser Untersuchung sind innerhalb der oben genannten Patientenkohorte ausschließlich Patienten, bei denen im bezeichneten Zeitraum erstmalig eine WSR im Front- oder Seitenzahnbereich durchgeführt wurde. Behandler und Operateur war in allen Fällen Herr Dr. med. Dr. med. dent. Hans-Peter Busch.

3. Behandlungsablauf einer WSR

Der nachstehende Abschnitt skizziert speziell den Behandlungsablauf einer WSR in der Praxis Dr. Dr. Busch.

3.1. Präoperative Patientengespräche

Die zumeist überwiesenen Patienten wurden im Rahmen des ersten Termins über den operativen Ablauf, mögliche Risiken und notwendiges postoperatives Verhalten aufgeklärt und klinisch untersucht. Die Gespräche liefen nach standardisiertem

Protokoll ab. Im Anschluss willigte der Patient mit seiner Unterschrift zur Durchführung des Eingriffs ein.

3.2. Operativer Ablauf einer WSR

3.2.1. Anästhesie

Zur lokalen Schmerzausschaltung wurden im Regelfall 2-4ml Ultracain (UDS), jeweils vestibulär und oral appliziert. Im Oberkiefer wurde die Methode der Infiltrationsanästhesie durchgeführt. Im Unterkiefer wurde mit Hilfe einer Leitungsanästhesie der zu behandelnde Quadrant betäubt und zusätzlich dazu die spezifische Wurzelspitze infiltriert. Im speziellen Fall (Zahnarztphobie, Behandlung mehrerer Zähne in einer Sitzung) konnte außerdem eine intravenöse Sedierung des Patienten angebracht sein.

3.2.2. Operativer Zugang

Grundsätzlich wurde ein Mukoperiostallappen präpariert. Hierbei wurden mit dem Skalpell unter Knochenkontakt sowohl Periost, als auch Schleimhaut abgetragen.

Im Falle einer ausschließlichen den Apex betreffenden Osteolyse wurde ein paramarginaler Schnitt durchgeführt. Die marginale Gingiva blieb hierbei intakt und eventuell vorhandene Fisteln konnten exzidiert werden. In der Front wurde in der Regel ein Bogenschnitt nach Partsch gewählt, um eventuelle postoperative Schleimhautrezessionen zu vermeiden.

Ist hingegen auch der marginale Anteil der Wurzel von der Entzündung betroffen gewesen, dann wurde ein Zahnfleischrandschnitt gewählt. Vorteil hierbei ist, dass die gesamte Wurzel unter Sicht gereinigt werden kann. Des Weiteren birgt diese Schnittart den Nutzen, dass im Oberkiefer eine mögliche Mund-Antrum-Verbindung plastisch gedeckt werden kann.

3.2.3. Wurzelspitzenkürzung und Beseitigung des Entzündungsgewebes

Nachdem der Mukoperiostlappen vom Knochen mittels eines Raspatoriums stumpf gelöst wurde, folgte die Abtragung des Knochens mit dem Rosenbohrer. In einer Mindesthöhe von ca. 3mm wurde die Wurzelspitze durch einen planen Fissurenbohrer abgetragen. Sofern es die Sichtverhältnisse zuließen, wurde die Wurzelspitze im rechten Winkel zur Zahnachse entfernt. Besonders im distalen Unterkiefer kann nur mittels einer leichten Abwinkelung der Resektionsstelle gewährleistet werden, dass die Wurzel in Gänze gekappt wurde. Anschließend wurde die Resektionshöhle kürettiert und von Entzündungsgewebe befreit.

3.2.4. Aufbereitung und Füllung des Wurzelkanals

Die Aufbereitung des Wurzelkanals erfolgte in ortho- oder retrograder Richtung. Hierbei entschieden die Qualität und das Alter der WF über den Versorgungsweg.

Erschien die WF intraoperativ insuffizient, dann wurde diese intraoperativ entfernt und der Kanal im Sinne einer herkömmlichen Wurzelkanalbehandlung aufbereitet und erweitert.

Wurde röntgenologisch eine, in ihrem Verlauf randdichte WF diagnostiziert, so wurde die Wurzelspitze gekappt und eine untersichgehende 3mm große retrograde Kavität mit einem Mikrowinkelstück angelegt. Das Ziel hierbei ist eine apikale Versiegelung des Kanals.

Im Anschluss an die Aufbereitung wurden die Kanäle mit Wasserstoffperoxid und Alkohol gereinigt. Nach der anschließenden Trocknung mittels Papierspitzen wurde die WF gelegt.

Die Versorgung des Wurzelkanals im Sinne einer herkömmlichen orthograden WF wurde angestrebt, sofern der Kanal intraoperativ in seinem gesamten Verlauf neu aufbereitet wurde. Mit Hilfe eines zentralen Guttapercha-Stiftes und plastischem Sealermaterial wurde eine neue WF gelegt. Koronal und apikal wurden die Kanaleingänge mit heißen Instrumenten versiegelt.

Im Falle einer retrograd angelegten Kavität wurde diese in den hier untersuchten Fällen wahlweise mit Diaket, Ketac Bond oder Super-EBA versorgt. Unter zur

Hilfenahme eines Heidemannspatels wurde das Füllungsmaterial eingebracht und durch einen Kugelstopfer verdichtet und randdicht kondensiert.

In einigen Fällen stellte sich direkt nach der Wurzelkappung am Neoapex eine randdichte Füllung dar, sodass der bakteriendichte Abschluss gewährleistet war und es keiner zusätzlichen Maßnahme bedurfte.

3.3. Wundversorgung und medikamentöse Therapie

Nach der erfolgreichen Versorgung der Wurzelkanäle wurde das Operationsfeld mit einem scharfen Löffel gereinigt und scharfe Kanten geglättet.

Der Wundverschluss erfolgte in der Regel mit Einzelknopfnähten der Stärke 4.0. Sofern im Oberkiefer eine Verbindung zur Kieferhöhle provoziert wurde, wurde diese mittels Periostschlitzung plastisch gedeckt und anschließend gewissenhaft vernäht, um eine bakterielle Besiedlung der Kieferhöhle zu vermeiden.

Schlussendlich wurde nach jeder WSR ein Abschlussröntgenbild angefertigt, um sicherzustellen, dass die Wurzelspitze vollständig gekappt und eine suffiziente WF gelegt wurde.

Die Patienten wurden angehalten, die Wunde zu kühlen und von körperlicher Betätigung abzusehen. Zur Schmerzreduktion erhielten die Patienten Analgetikum. In seltenen Fällen, in denen beispielsweise mehrere Zähne reseziert wurden oder die Kieferhöhle eröffnet wurde, erhielten die Patienten eine antibiotische Abschirmung, um die Gefahr einer bakteriellen Infektion zu minimieren.

4. Studiendesign – Datenerhebung und statistische Auswertung

Für die radiologische Evaluation wurden prä- und postoperative Röntgenbilder analysiert. Da die klinischen Kriterien neben zahn- und patientenbezogenen Daten auch behandlungsspezifische Kriterien beinhalten, wurden ergänzend Operationsberichte, Patientenakten und Arztbriefe evaluiert. Dafür wurden sowohl die entsprechenden Operationsberichte als auch die Patientenakten der Haus-Zahnärzte ausgewertet.

4.1. Erfolgs-/Misserfolgskriterien der postoperativen Röntgenauswertung

Modifiziert durch Rud et al., etabliert durch Molven et al., lassen sich bei der WSR röntgenologisch vier Kategorien des Erfolges und Misserfolges unterscheiden (Rud 1972).

Als vollständige Heilung wird eine postoperative Situation verstanden, in welcher der Zahn einen maximal zweifach verbreiterten Parodontalspalt aufweist. In diesem Fall stellt sich die Lamina dura als ein dünnes Band dar, das um die Zahnwurzel verläuft, wobei ausschließlich im Bereich der retrograden Füllung eine Aufhellung sichtbar und das reossifizierte Knochengewebe minimal weniger stark röntgenopak ist. Es zeigt sich ein Bild analog dem eines gesunden Knochens. Idealerweise ist die Knochenwunde vollständig reossifiziert und ein schmaler Parodontalspalt verläuft um die Wurzel.

Im Falle einer inkompletten Heilung hat sich Knochen- oder Narbengewebe im Bereich der ehemaligen apikalen Läsion gebildet. Dies entspricht einer noch nicht vollständig reossifizierten Situation, in der sich die apikale Aufhellung verkleinert hat, aber noch nicht in Gänze verschwunden ist. Dabei ist die ehemalige Resektionslinie noch zu erkennen. Stellt sich auch nach Jahren eine rundlich, unscharf begrenzte, Aufhellung dar, so ist die Wunde narbig verheilt. Ein Umstand, der nicht als Misserfolg gewertet werden sollte. Nach drei Monaten verschwindet der scharfe Osteotomie rand in der Regel und die Wunde wird langsam knöchern durchwandert. Obwohl das apikale Geschehen noch nicht gänzlich verschwunden ist, ist diese Kategorie als radiologischer Erfolg zu werten.

Eine unsichere Heilung liegt vor, wenn sich die Größe der apikalen Aufhellung reduziert hat, sich jedoch im Vergleich mit einem gesunden Parodontalspalt größer als doppelt so breit darstellt. Eine Lamina dura kann in Teilen erkennbar sein. Sollte ein Zahn in der klinischen Nachkontrolle über vier Jahre im Status einer unsicheren Heilung verweilen so kann dies nach Rud et al. als Misserfolg gewertet werden. Die Aussicht auf eine Besserung ist in einem solchen Fall in der Regel nicht gegeben. Ist ein Zahn jedoch nur wenige Monate bis zu einem Jahr noch nicht in Gänze apikal ausgeheilt, so kann eine vollständige Regeneration noch eintreten. Wenn sich die apikale Läsion auch nach einem Jahr nicht verkleinert, ist über eine Nachresektion der Wurzelspitze nachzudenken. Mögliche Ursachen sind in der Regel akzessorische

Wurzelkanäle, die weiter apikal gelegen sind und Wurzellängsfrakturen, die eine Extraktion des Zahnes indizieren.

Die vierte Kategorie macht Fälle aus, in denen kein Rückgang des apikalen Läsionskörpers festzustellen ist. Die Entzündung konnte nicht gestoppt werden, sodass der Defekt unverändert bleibt oder in der Größe zunimmt (Rud 1972). Sie stellen einen röntgenologisch belegten Misserfolg dar.

4.2. Kriterien für die röntgenologische Auswertung einer WSR

Von den Zähnen, die im Rahmen dieser Arbeit untersucht wurden, ist zur röntgenologischen Kontrolle in den meisten Fällen prä- und postoperativ ein Zahnfilm mittels digitalem Sensor in Halbwinkeltechnik angefertigt worden. Die nachfolgenden Kriterien wurden dabei untersucht:

- Art und Qualität der Wurzelfüllung (orthograd, retrograd, keine intraoperative WF)
- Apikale Aufhellung (Größe mm² prä-/postoperativ)
- Reossifikation erkennbar
- Weitere Befunde (Längsfraktur, unvollständige Füllung des Kanalsystems)

4.3. Klinische Evaluation

Im Anschluss an die röntgenologische erfolgt die klinische Beurteilung. Dazu wurden folgende Parameter erfasst:

- Geburtsdatum
- Geschlecht
- Behandelte Zahn
- Anzahl der resezierten Wurzeln
- Datum und Qualität der WKB
- Datum der WSR
- Intraoperative Komplikationen
- Antibiotikatherapie
- Datum einer eventuellen Zahnextraktion

Des Weiteren wurden prä- und postoperative klinische Kriterien erfasst:

- Schmerzen (Aufbiss-, Perkussions-, Palpationsschmerz)
- Zahnlockerung
- Fistelbildung
- Vorliegen einer marginalen Parodontitis
- Art der prothetischen Versorgung

Die erhobenen Daten wurden in einer Microsoft Excel® Tabelle zusammengeführt.

Als Erfolg wurden die Zähne gewertet, die keine klinischen oder subjektiven Anzeichen für einen persistierenden Entzündungsprozess vorwiesen. Der Zahn sollte beschwerdefrei sein und keine Anzeichen einer akuten Entzündung vorweisen. Die klinischen und subjektiven Zeichen eines Misserfolgs sind Schwellung, Rötung und Funktionseinschränkungen, sowie Druck- und Klopfempfindlichkeit. Diese weisen auf ein apikales Bakteriengeschehen hin.

4.4. Definition von Überleben und Misserfolg

Der folgende Abschnitt befasst sich mit der Einordnung der deskriptiv erhobenen Parameter, in „Überleben“ und „Misserfolg“ definiert durch den Parameter des Zahnerhalts. Dieses objektive Überlebenskriterium beschreibt den Umstand, dass der Zahn zum Zeitpunkt der letzten klinischen Untersuchung in situ steht und dem Patienten somit als funktioneller Anteil des Kauorgans zunutze ist.

Als Misserfolg wurden alle Zähne gewertet, die im Laufe der Nachuntersuchung extrahiert werden mussten. Hierbei datiert der Extraktionstermin das Ende der Beobachtungszeit und die Einordnung des Zahnes in die Kategorie „Misserfolg“.

4.5. Statistische Auswertung

Die Analyse der erhobenen Parameter wurde mit Hilfe der Programme IBM SPSS Statistics® und Microsoft Excel® 2007 durchgeführt. Das hierbei verwendete Signifikanzniveau lag bei $p < 0.05$, wobei die Normalverteilung getestet wurde. Zusätzlich wurden T-Test oder Mann-Whitney-U-Test durchgeführt.

III. ERGEBNISSE

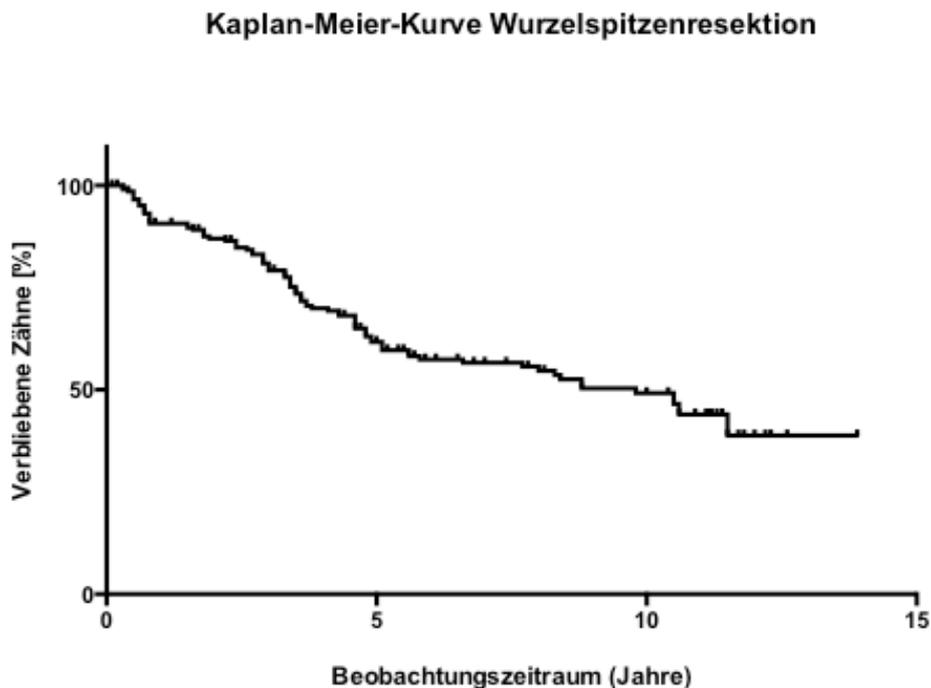
Die Ergebnisse der vorliegenden Studie basieren auf der Nachuntersuchung von 124 Patienten, bei denen 149 Zähne in dem Zeitraum zwischen dem 25.01.2001 und dem 13.04.2006 mit einer WSR versorgt wurden. Der durchschnittliche Beobachtungszeitraum zwischen WSR und der letzten zahnärztlichen Nachuntersuchung liegt bei 6,3 Jahren ($\pm 4,4$).

1. Kaplan-Meier-Schätzer-Diagramm der Überlebensrate von Zähnen nach WSR

Aus dem Kaplan-Meier-Schätzer-Diagramm ist ersichtlich, dass es initial in den ersten 6-12 Monaten der Nachuntersuchung zu einem Abfall der Überlebensrate von 100% auf 90,41% kam. Nach zwei Jahren beträgt die Überlebensrate 86,99%. Nach zehn Jahren ist knapp die Hälfte der operierten Zähne noch in situ (49,32%).

TAB. 1: Überlebensrate von Zähnen nach WSR (N=146)

Zeitpunkt	Überlebensrate
1 Jahre	132 (90,41%)
2 Jahre	127 (86,99%)
5 Jahre	90 (61,64%)
10 Jahre	72 (49,32%)
12 Jahre	57 (39,04%)

ABB. 1: Überlebensrate von Zähnen nach WSR (N=146)

2. Kaplan-Meier-Schätzer-Diagramm der Überlebensrate der operierten Zähne in Abhängigkeit von der intraoperativen WF

Betrachtet man das Kaplan-Meier-Schätzer-Diagramm der Überlebensrate in Abhängigkeit der intraoperativ gelegten WF, so ist ersichtlich, dass die Kohorte der orthograd versorgten Zähne in den ersten drei Jahren eine ähnlich gute Überlebensrate hat, wie die retrograd versorgten Zähne. Die Zähne, die nach Kappung der Wurzelspitze nicht weiter versorgt wurden, stellen in den ersten drei Jahren die Gruppe mit der niedrigsten Überlebensrate dar.

Im Laufe der Nachuntersuchung kehrt sich diese Tendenz mit zunehmender Zeit um. Nach fünf Jahren der Beobachtung stellt die Gruppe der retrograd versorgten Zähne mit einer Überlebensrate von 94,11% die beste Kohorte dar. 65,00% der Zähne, die intraoperativ keine Füllung erhielten, befinden sich nach fünf Jahren noch in situ. Die Gruppe der orthograd gefüllten Zähne stellt die schwächste Fraktion dar. Ein Umstand, der sich auch zum Ende der Nachuntersuchungszeit nicht ändert. Nach 10 Jahren konnten 14,89% (N=7) der orthograd versorgten Zähne erhalten werden. Wohingegen nach 12 Jahren noch 50,00% (N=40) der Zähne vorhanden sind, die

ohne weitere intraoperative WF therapiert wurden. 64,71% der retrograd gefüllten Zähne sind zum Ende des Untersuchungszeitraums noch erhalten.

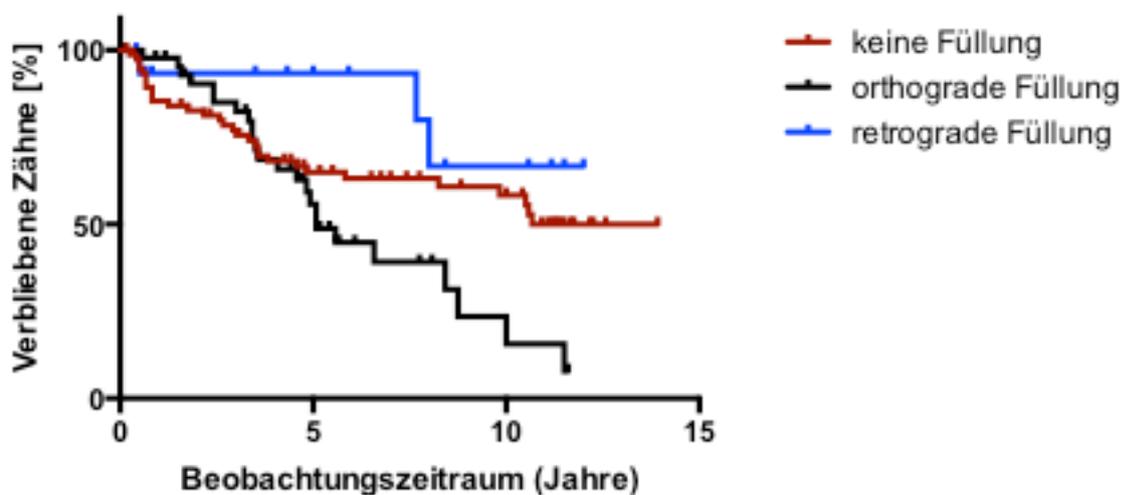
Mit einem p-Wert von 0,0273 kann bei diesen Beobachtungen ein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

TAB. 2: Überlebensrate von Zähnen nach WSR in Abhängigkeit von der intraoperativen WF (N=144)

Zeitpunkt	Keine WF Überlebensrate (N=80)	Orthograde WF Überlebensrate (N=47)	Retrograde WF Überlebensrate (N=17)
1 Jahr	67 (83,25%)	46 (97,87%)	16 (94,11%)
2 Jahre	65 (81,25%)	43 (91,49%)	16 (94,11%)
5 Jahre	52 (65,00%)	25 (53,19%)	16 (94,11%)
10 Jahre	47 (58,75%)	7 (14,89%)	11 (64,71%)
12 Jahre	40 (50,00%)	-	11 (64,71%)

ABB. 2: Überlebensrate von Zähnen nach WSR in Abhängigkeit von der intraoperativen WF (N=144)

Kaplan-Meier-Kurve und Wurzelfüllung



3. Kaplan-Meier-Schätzer-Diagramm der Überlebensrate der operierten Zähne in Abhängigkeit von der Qualität der WKB präoperativ

Betrachtet man mit Hilfe des Kaplan-Meier-Schätzer-Diagramms die Abhängigkeit des Überlebens der Zähne getrennt nach der Qualität der präoperativen WF, so ist ersichtlich, dass in den ersten drei Jahren der Nachuntersuchung der Anteil der verbliebenen Zähne mit präoperativ insuffizienter endodontischer Therapie höher ist als der Anteil der verbliebenen Zähne mit suffizienter WKB. Nach einem Jahr liegt die Überlebensrate bei Zähnen mit suffizienter WKB bei 87,23% (N=82) und die Anzahl der verbliebenen Zähne mit insuffizienter WKB liegt nach einem Jahr bei 96,23% (N=51). Die Überlebensquoten sind in den ersten fünf Jahren jedoch recht ähnlich, sodass die Kurven in diesem Zeitintervall annähernd parallel verlaufen.

Nach gut drei Jahren schneiden sich die beiden Kurven bei einer Überlebensrate von ca. 78%. Anschließend kehrt sich die Tendenz im oben beschriebenen Sinne um. Am Ende der Nachuntersuchung liegt die Überlebensrate der Zähne mit suffizienter WKB bei 46,81% und die Überlebensquote der Zähne mit insuffizienter WKB bei 15,09% (N=8).

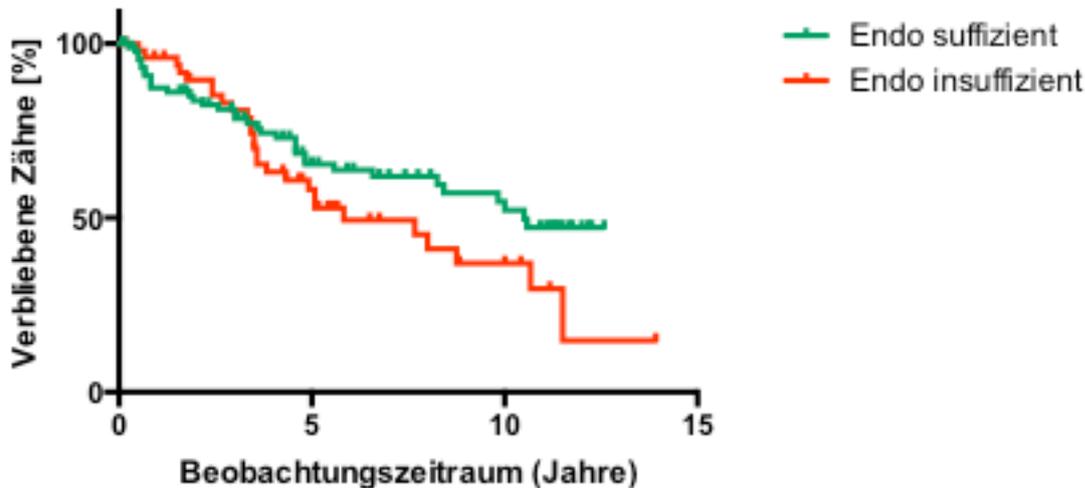
Der p-Wert der Analyse der endodontischen Versorgungsqualität liegt bei 0,125 und daher statistisch nicht signifikant.

TAB. 3: Überlebensrate von Zähnen nach WSR in Abhängigkeit von der Qualität der präoperativen WKB (N=147)

Zeitpunkt	WF suffizient Überlebensrate (N=94)	WF insuffizient Überlebensrate (N=53)
1 Jahre	82 (87,23%)	51 (96,23%)
2 Jahre	79 (84,04%)	46 (86,79%)
5 Jahre	62 (65,96%)	29 (54,72%)
10 Jahre	49 (52,13%)	20 (37,74%)
12 Jahre	44 (46,81%)	8 (15,09%)

ABB. 3: Überlebensrate von Zähnen nach WSR in Abhängigkeit von der Qualität der präoperativen WKB (N=147)

Kaplan-Meier-Kurve und Qualität der WKB



4. Kaplan-Meier-Schätzer-Diagramm der Überlebensrate der operierten Zähne in Abhängigkeit von Schmerzen präoperativ

Bei der vergleichenden Betrachtung der Kaplan-Meier-Diagramme der Überlebensraten in Abhängigkeit von präoperativen Schmerzen ist ein recht paralleler Kurvenverlauf erkennbar. Zu Beginn der Untersuchungen rangieren die Überlebensraten bei ca. 95%, unabhängig vom Auftreten von präoperativen Schmerzen.

Nach 10 Jahren der Nachuntersuchung sind noch 62,50% der vor dem Eingriff Schmerz-provozierenden Zähne und nur knapp 50% der präoperativ keinen Schmerzreiz auslösenden Zähne erhalten. Diese Tendenz kehrt sich auch bis zum Ende der Untersuchungen nicht um. Nach 12 Jahren sind 55% der ehemals schmerzenden Zähne und knapp 40% der präoperativ schmerzfreien Zähne in situ.

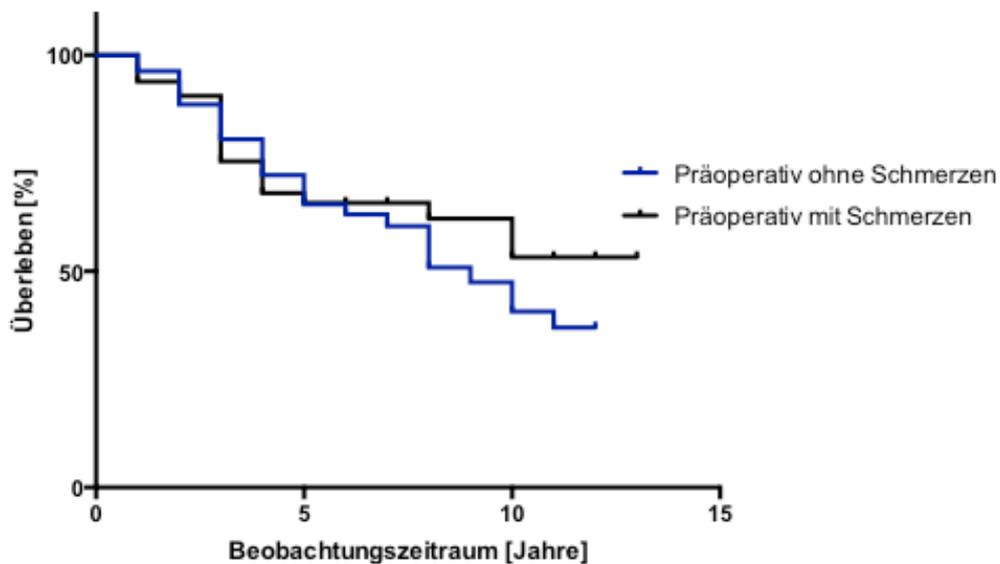
Da der p-Wert bei 0,4661 liegt, sind die Werte statistisch nicht signifikant.

TAB. 4: Überlebensrate von Zähnen nach WSR in Abhängigkeit von präoperativen Schmerzen (N=148)

Zeitpunkt	Präoperativer Schmerz Überlebensrate (N=79)	Kein präoperativer Schmerz Überlebensrate (N=69)
1 Jahr	75 (93,75%)	66 (95,65%)
2 Jahre	75 (93,75%)	66 (95,65%)
5 Jahre	54 (67,50%)	50 (72,46%)
10 Jahre	50 (62,50%)	34 (49,28%)
12 Jahre	44 (55,00%)	27 (39,13%)

ABB. 4: Überlebensrate von Zähnen nach WSR in Abhängigkeit von präoperativen Schmerzen (N=148)

Überleben in Abhängigkeit von präoperativen Schmerzen



- Kaplan-Meier-Schätzer-Diagramm der Überlebensrate der operierten Zähne in Abhängigkeit von der prothetischen oder konservierenden Versorgung

Betrachtet man die Kaplan-Meier-Kurve des Überlebens in Abhängigkeit von der postoperativen Versorgung, so ist ersichtlich, dass über den gesamten Untersuchungszeitraum die Kohorte der konservierend versorgten Zähne die höchste

Überlebensrate aufweist. Nach einem Jahr liegt diese bei 93,33% (N=28) und nach 10 Jahren bei 66,66% (N=20).

Die Kurven der Gruppen der Zähne, die durch eine Einzelkrone oder eine Brückenkonstruktion versorgt wurden verlaufen recht parallel. Nach 12 Jahren liegt die Überlebensrate der Einzelkronen bei 39,60% (N=40), und die Anzahl der verbliebenen Brückenanker bei 26,72% (N=4).

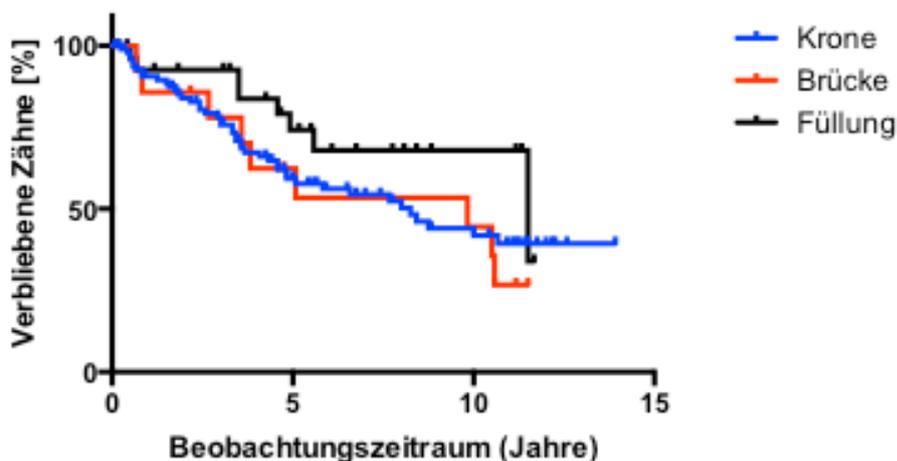
Mit einem p-Wert von 0,2702 haben diese Ergebnisse jedoch keine statistische Signifikanz.

TAB. 5: Überlebensrate der Zähne nach WSR in Abhängigkeit von der postoperativen Versorgung (N=147)

Zeitraum	Füllungen Überlebensrate (N=30)	Einzelkronen Überlebensrate (N=101)	Brücken Überlebensrate (N=16)
1 Jahr	28 (93,33%)	92 (91,08%)	14 (85,50%)
2 Jahre	28 (93,33%)	85 (84,16%)	14 (85,50%)
5 Jahre	22 (73,33%)	60 (59,41%)	9 (56,52%)
10 Jahre	20 (66,66%)	42 (41,58%)	7 (43,75%)
12 Jahre	-	40 (39,60%)	4 (26,72%)

ABB. 5: Überlebensrate der Zähne nach WSR in Abhängigkeit von der postoperativen Versorgung (N=147)

Kaplan-Meier-Kurve und Versorgungsart



6. Deskriptive Untersuchung der präoperativ erhobenen Parameter

Im Folgenden werden die präoperativ erhobenen Parameter deskriptiv darstellt.

6.1. Patientenanzahl und Patientengeschlecht

In der Studie wurden 124 Personen untersucht. Davon waren insgesamt 73 weiblich (58,87%) und 51 männlich (41,13 %).

6.2. Patientenalter

Das durchschnittliche Alter der Patienten betrug zum Zeitpunkt der Operation 49,9 Jahre ($\pm 15,2$).

6.3. Aufteilung der behandelten Zähne nach Zahngruppen

Bei 124 behandelten Patienten wurden 149 Zähne mit einer WSR versorgt. Am häufigsten wurden hierbei im Oberkiefer der zweite Prämolare (N=27) und im Unterkiefer der erste Molare (N=37) reseziert.

Im Oberkiefer entsprechen die zweiten Prämolaren 18,12% der operierten Zähne. Im Unterkiefer umfassen die ersten Molaren 24,83% der behandelten Zähne.

TAB. 6: Anzahl der operierten Zähne nach Zahngruppen verteilt (N=149)

Position	1	2	3	4	5	6	7
Oberkiefer	6 (4,03%)	2 (1,34%)	2 (1,34%)	17 (11,41%)	27 (18,12%)	18 (12,08%)	5 (3,36%)
Unterkiefer	1 (0,67%)	0	0	6 (4,03%)	17 (11,41%)	37 (24,83%)	11 (7,38%)

6.4. Anzahl der Zähne mit Zweit-/Dritt-Operationen

Von den 149 versorgten Zähnen wurde bei 122 erstmalig eine WSR durchgeführt. Bei 24 Zähnen war zusätzlich ein Revisionseingriff notwendig, beide Eingriffe entsprechen 16,11%. Drei Zähne (2,01%) mussten im Rahmen einer Dritt-Operation abermals versorgt werden.

6.5. Schmerzsymptome, Lockerungsgrad und Entzündungszeichen präoperativ

Die Anzahl der Patienten, die sich vor der WSR mit Schmerzen an dem betroffenen Zahn vorstellte, lag bei 53,70% (N=80). 69 der 149 untersuchten Zähne war präoperativ symptomfrei (46,30%).

Bei 17 der Zähne fiel der Klopfest positiv aus (11,41%). Bei einem Großteil der Zähne (N=132) konnte durch dieses Testverfahren kein Schmerz provoziert werden (88,60%).

Durch Befühlen und Abtasten der Zähne und des umgebenen Alveolarfortsatzes, sowie der Schleimhaut konnte bei 31 von 149 Zähnen vor der Operation Palpationsschmerz provoziert werden. Dies entspricht 20,81%. 118 Zähne (79,81%) waren hingegen unempfindlich und reagierten ohne Schmerz auf das Abtasten durch den Behandler.

136 von 144 Zähnen wiesen vor der Operation einen Lockerungsgrad 0 auf, dies entspricht einer physiologischen Zahnbeweglichkeit (94,44%). Bei 8 Zähnen konnte ein erhöhter Lockerungsgrad festgestellt werden (5,55%).

Des Weiteren wurde erhoben, welche Zähne vor dem Eingriff chronische Entzündungszeichen einer Fistel aufwiesen. Von den 149 Zähnen hatten 14, dies entspricht 9,40%, eine Fistel entwickelt.

TAB. 7: Untersuchungsfaktoren präoperativ (N=149 Beschwerden, Perkussions-, Palpationsschmerz, Fistel; N=144 Lockerungsgrad)

Untersuchungsfaktoren präoperativ	Zahnanzahl
Beschwerden präoperativ	80 (53,70%)
Keine Beschwerden präoperativ	69 (46,30%)
Perkussionsschmerz präoperativ	17 (11,41%)
Kein Perkussionsschmerz präoperativ	132 (88,60%)
Palpationsschmerz präoperativ	31 (20,81%)
Kein Palpationsschmerz präoperativ	118 (79,19%)
Lockerungsgrad 0 präoperativ	136 (94,44%)
Lockerungsgrad I – III präoperativ	8 (5,55%)
Fistel präoperativ	14 (9,40%)
Keine Fistel präoperativ	135 (90,60%)

6.6. Läsionsgröße präoperativ

Anhand der zumeist analogen Röntgenbilder wurde der Durchmesser der apikalen Aufhellung errechnet. Die durchschnittliche Läsionsgröße lag präoperativ bei 10,79 mm² ($\pm 9,27$) bei 83 nachuntersuchten Röntgenbildern.

IV. DISKUSSION

1. Inhaltliche Zielsetzung der Arbeit

Die vorliegende Studie basiert auf der Datenanalyse von 124 Patienten. Insgesamt wurden 149 Zähne in dem Zeitraum zwischen dem 25.01.2001 und dem 13.04.2006 mit einer WSR versorgt und im Rahmen dieser Arbeit analysiert.

Das Ziel dieser retrospektiven Arbeit ist es, die Langzeitüberlebensrate von Zähnen nach WSR nach jeweils einem, zwei, fünf, zehn und zwölf Jahren zu ermitteln und den Einfluss ausgewählter klinischer Parameter auf das Überleben der Zähne zu erforschen. Schon im Jahr 1972 modifizierten Rud et al. die von Molven et al. etablierten Bewertungskategorien von „Erfolg“ und „Misserfolg“ einer WSR. Die drei Erfolgsgruppen „komplette“, „inkomplette“ und „unsichere“ Heilung stehen der „Misserfolgsgruppe“ gegenüber (Rud 1972, Molven 1987). Erkennbar ist, dass der Schwerpunkt auf der Auswertung von röntgenologischen Parametern liegt, eine klinische Bewertung wird nicht angestrebt. Die Vielzahl der aktuellen Veröffentlichungen wendet diese Erfolgskriterien auch heute noch an. Andere Autoren analysieren zusätzlich klinische Faktoren, wie Schmerzsymptomaten der Patienten.

In der vorliegenden Studie findet eine radikal einfachere Bewertung statt. Die Unterscheidung von „Überleben“ und „Misserfolg“ orientiert sich an dem objektiven Kriterium des Zahnerhalts zum Zeitpunkt der letzten klinischen Nachuntersuchung. Sofern der Zahn als Teil des Kauapparates dem Patienten zum Ende der Untersuchungszeit noch zur Verfügung stand, wurde der Zahn zur Kategorie „Überleben“ gezählt. Wenn der Zahn entfernt werden musste, so datiert der Extraktionstermin das Ende der Nachuntersuchung und der Zahn musste als „Misserfolg“ gewertet werden.

2. Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur

Gut 60% der Wurzelkanal gefüllten Zähne lassen trotz erfolgter WKB röntgenologisch ein apikales Entzündungsgeschehen erkennen (Weiger 1997). Als letzten Versuch des Zahnerhalts kommt häufig nur die chirurgische Entfernung der Wurzelspitze mitsamt des periradikulären Gewebes infrage. Bei Betrachtung der Forschungslage, stellt sich diese als recht inhomogen dar. Die Erfolgsraten von Wurzelspitzenresektionen schwanken zwischen 37-91% (Song 2011). Die Schwierigkeit der Vergleichbarkeit der vorliegenden Studie mit der aktuellen Literatur scheint durch folgende Faktoren erklärbar.

Zunächst einmal variieren die Untersuchungen stark in der Länge ihrer Nachuntersuchungszeit. Eine große Anzahl an Studien weist eine recht kurze Untersuchungszeit von wenigen Monaten bis zwei Jahren auf. Einige andere retrospektive Arbeiten bewerten den Langzeiterfolg nach über zehn Jahren.

Ein weiterer Unterschied stellt die gewählte Operationstechnik dar. Viele der älteren Studien untersuchen Zähne, die im herkömmlichen Sinne operiert wurden - mit recht großen Resektionshöhlen und unter Verwendung von Mikrowinkelstücken. Die modernen Arbeiten bewerten vielfach Zähne, die mit Hilfe von Operationsmikroskop und Ultraschallinstrumenten versorgt wurden.

Des Weiteren ist es sehr unterschiedlich, welche Zahngruppen in den Studien vornehmlich mit einer WSR versorgt wurden. Untersuchungen, die primär Frontzähne und Prämolaren analysierten, weisen bessere Ergebnisse auf, als Arbeiten, die posteriore erste und zweite Molaren bewerten.

Auch die Analysefaktoren sind häufig unterschiedlich. Viele der älteren Studien bewerten eine WSR vornehmlich röntgenologisch. Wohingegen modernere Arbeiten auch subjektive Schmerzkriterien in die Bewertung einfließen lassen.

Schlussendlich ist jedoch die uneinheitliche Bewertung von Erfolg bzw. Überleben und Misserfolg der Parameter, welcher die Vergleichbarkeit der Studien erschwert. Da in der vorliegenden Arbeit zwischen Überleben (Zahnerhalt) und Misserfolg

(Zahnextraktion) unterschieden wird, wurde der Vergleich primär mit Studien angestrebt, die ähnliche Bewertungsmaßstäbe verwendeten.

2.1. Überlebensrate einer WSR

2.1.1. Überlebensrate einer WSR nach einem Jahr bzw. nach zwei Jahren

Bei der Betrachtung des Kaplan-Meier-Schätzer-Diagramms (Abb. 1) ist ersichtlich, dass die Überlebensrate der vorliegenden Studie in den ersten 6-12 Monaten der Nachuntersuchung bei 90,41% liegt (N=132), siehe Tab. 1. In der aktuellen Literatur sind eine Vielzahl von zumeist prospektiven Studien zu finden, die nur einen Nachuntersuchungszeitraum von 6-12 Monaten umfassen.

Im Rahmen einer Studie von Kreisler et. al wurden 281 Front- und Seitenzähne für ein halbes Jahr nachuntersucht, wobei die Erfolgsrate bei 88% lag. Hierbei wurden die Patienten sowohl klinisch, als auch radiologisch nachuntersucht. Als Misserfolg wurden Zähne bewertet, die Schmerzen verursachten oder radiologisch keine Anzeichen eines Rückgangs der apikalen Aufhellung aufwiesen, sowie extrahierte Zähne. Therapiert wurden die Zähne im Sinne des modernen mikrochirurgischen Operationsverfahrens (Kreisler 2013). Obwohl in der vorliegenden Studie eine röntgenologische Auswertung aller Zähne in einem standardisiertem Zeitintervall auf Grund ihres retrospektiven Charakters nicht möglich war, lässt sie sich doch mit der Untersuchung von Kreisler et. al vergleichen. Die hohe Anzahl von operierten Seitenzähnen (86 Prämolaren, 130 Molaren), sowie die Berücksichtigung von postoperativen Schmerzsymptomen stellen eine Parallele zur vorliegenden Arbeit dar.

Eine Untersuchung von Rapp et al., die 6 Monate nach der WSR eine klinische und röntgenologische Bewertung der Zähne vornahm (Rapp 1991), hat eine Heilungsrate von 94,4% (komplette Heilung 65%, inkomplette Heilung 29,4) und liegt damit über der in dieser Studie ermittelten Überlebensquote von 90,41% nach einem Jahr. In der Studie von Rapp et. al wurden jedoch vornehmlich Frontzähne reseziert, wohingegen in der vorliegenden Studie nur 7,38% der operierten Zähne Frontzähne darstellen. Von den 11 Frontzähnen, die in der untersuchten Studie behandelt

wurden, musste bis zum Ende der Nachuntersuchung lediglich ein Zahn entfernt werden. Aus der Literatur sind ähnlich gute Ergebnisse bei der Therapie von Frontzähnen erkennbar. Bedingt durch die gute Einsicht des Operationsfeldes und die oft simpleren Kanalsysteme, werden wohl deutlich bessere Ergebnisse erzielt, als bei der WSR von Molaren. Aus diesen Gründen sind die besseren Ergebnisse der Studie von Rapp et. al nach einem Jahr nur bedingt mit den geringfügig schlechteren Resultaten der vorliegenden Untersuchung zu vergleichen. Die Überlebensrate nach 2 Jahren liegt bei der hier untersuchten Studie bei fast 87% und fällt im Laufe der Beobachtungszeit weiter. Bei anderen Untersuchungen gestaltet sich dies anders. Eine Studie von Testori et al. beschreibt nach 2 Jahren eine Heilungsrate von knapp 69% für Zähne, die im Sinne der konventionellen Operationstechnik therapiert wurden. Ein Wert, der im Laufe der Studie weiter auf 80% nach sechs Jahren steigt (Testori 1999). Ein Grund für diese Entwicklung könnte die ausschließlich röntgenologische Bewertung von Erfolg und Misserfolg sein, die Testori im Sinne von Rud et al. vornimmt. Im Laufe der Beobachtungszeit können Zähne, deren apikaler Defekt anfänglich noch nicht gänzlich ausgeheilt ist, einige Monate später röntgenologisch verheilt sein.

2.1.2. Überlebensrate einer WSR nach fünf Jahren

Die Überlebensrate in der vorliegenden Studie liegt nach 5 Jahren (Abb. 1) bei 61,64% (N=90). In einer prospektiven Untersuchung aus dem Jahr 2005 untersuchten Gagliani et al. 231 Wurzeln für fünf Jahre und verglichen dabei die Erfolgsraten von Erst- und Zweiteingriffen (Gagliani 2005). Eine Bewertung der Zähne wurde im Sinne von Rud et al. vorgenommen. Betrachtet man nun die Fälle mit kompletter Heilung, so liegt die Erfolgsrate bei 78% nach fünf Jahren und somit höher als die Überlebensrate der vorliegenden Studie. Dieses Ergebnis könnte damit im Zusammenhang stehen, dass Gagliani et al. in ihrer Untersuchung moderne Operationsverfahren angewandt haben. Die Präparation der retrograden Kavität wurde mithilfe von ultraschallbetriebenen Instrumenten und Vergrößerungshilfen vorgenommen. Außerdem wurde Zinkoxid EBA als retrogrades Füllungsmaterial verwendet, ein Präparat, das hohe Randbeständigkeit und gute bakterizide Eigenschaften aufweist. In der vorliegenden Arbeit wurde die retrograde Kavität vorwiegend mit einem Mikrowinkelstück und ohne eine Vergrößerungshilfe angelegt,

des Weiteren wurde die retrograde Füllung aus Diaket oder Ketac Bond gelegt. Diese Faktoren könnten der Grund für das schlechtere Ergebnis der vorliegenden Arbeit sein.

Unterstützt wird diese Überlegung durch die Arbeit von Testori et al. aus dem Jahr 1999. Diese über einen Zeitraum von 5 Jahren vorgenommene Untersuchung vergleicht die Heilungsraten der herkömmlichen Operationstechnik mit dem modernen operativen Vorgehen (Testori 1999). Die Beurteilung von Heilung und Misserfolg wird auch bei dieser Studie im Sinne von Rud et al. vorgenommen. Hierbei wurden insgesamt 181 Zähne mit einer WSR versorgt. Die Zähne, die unter zur Hilfenahme eines Mikrowinkelstücks und durch eine retrograde Amalgamfüllung versorgt wurden, zeigten nach 4,6 Jahren Beobachtungszeitraum eine Heilungsrate von 68%. Da auch in der vorliegenden Studie die Zähne mittels Mikrowinkelstück und ohne moderne ultraschallbetriebene Piezochirurgie operiert wurden, kann man feststellen, dass die Überlebensraten ähnlich hoch sind. Die Zähne, die jedoch mit modernen Vergrößerungshilfen und Super-EBA behandelt wurden, wiesen nach knapp fünf Jahren eine Heilungsrate von 85% auf.

Eine Studie, die herkömmliche Operationstechniken einer WSR in einem Zeitraum von 4 Jahren nachuntersucht, beschreibt eine komplette Heilungsrate von 67% (Altonen, Mattila 1976). In der vorliegenden Studie konnte eine Überlebensrate von knapp 70% nach 4 Jahren dokumentiert werden. Obwohl die Studie von Altonen und Mattila eine recht kleine Kohorte von 46 Zähnen nachuntersucht, ermöglicht der Umstand, dass ausschließlich Molaren im konventionellen Sinne operiert und hier untersucht wurden, eine gute Vergleichbarkeit.

2.1.3. Überlebensrate einer WSR nach 10 Jahren

Nach zehn Jahren (Abb. 1) ist in der vorliegenden Arbeit knapp die Hälfte der operierten Zähne noch in situ (49,32%). Über eine vergleichbar lange Zeit haben auch Park et al. die Zähne nachuntersucht (Park 2009). Zu erwähnen ist jedoch, dass die Operationen vornehmlich von Parodontologen durchgeführt wurden. Aus diesem Grund umfassen die 342 behandelten Patienten auch eine Vielzahl von Zähnen, die durch eine Hemi- oder Biskuspitation versorgt wurden. Eine

Unterscheidung in der Bewertung des Erfolges wird dabei nicht vorgenommen. Nach zehn Jahren sind 71,2% der Zähne als Erfolg zu bewerten. Ein Grund für die höheren Erfolgsraten könnte der Umstand sein, dass - obwohl nur Molaren behandelt wurden - fast immer ausschließlich eine Wurzel reseziert wurde. Von den 342 behandelten Zähnen wurden nur bei 16 Zähnen zwei Wurzeln gekürzt. Diese Tatsache könnte dafür sprechen, dass Zähne behandelt wurden, bei denen nur eine Wurzel apikale Entzündungszeichen aufwies. Somit könnte davon ausgegangen werden, dass der apikale Knochendefekt schneller abheilen konnte, so dass bessere Ergebnisse erzielt werden konnten. Da die operativen Eingriffe in einem Zahnklinikum durchgeführt wurden, erhielten die Patienten im halbjährigem Abstand eine professionelle Zahnreinigung mit subgingivaler Ultraschallbehandlung und Mundhygieneinstruktion. Diese engmaschige Kontrolle und Reinigung der Zähne können auch eine Erklärung für die besseren Ergebnisse sein.

2.1.4. Überlebensrate einer WSR nach 12 Jahren

Zum Ende des Untersuchungszeitraums nach 12 Jahren lag die Überlebensrate bei 39,04% (Abb. 1). Eine vergleichbar lange Beobachtungszeit weisen primär ältere Studien, wie beispielsweise die Arbeit von Ericson et al. aus dem Jahr 1974, auf (Ericson 1974). Diese Studie untersuchte 314 Eckzähne, Prämolaren und Molaren, in einem Zeitintervall von durchschnittlich rund sechs Jahren nach (sechs Monaten bis zu 12 Jahre). Dabei lag die durchschnittliche Erfolgsrate bei 54%. Beurteilt wurden nicht nur Röntgenbilder, sondern auch klinische Beschwerdebilder der Patienten. Sofern der Patient keine Schmerzen äußerte, wurden ausschließlich die Röntgenbilder für die Beurteilung des jeweiligen Zahns genutzt. Verursachte der operierte Zahn jedoch Schmerzen, so wurde der Zahn ungeachtet des Röntgenbildes als Misserfolg betrachtet. Das konventionelle Operationsverfahren der Ericson Studie beinhaltete als retrogrades Füllungsmaterial Amalgam, Guttapercha oder Cavit.

Ein Grund für die besseren Ergebnisse der Studie von Ericson et al. könnte die Tatsache sein, dass Zähne, bei denen eine Revision der Wurzelkappung vorgenommen werden musste, aus der Erfolgsanalyse ausgeschlossen wurden. Die Begründung für dieses Vorgehen sei der Umstand, dass die wesentlich schlechteren Ergebnisse, die bei den Revisionseingriffen zu erwarten wären, die Erfolgsanalyse

der Ersteingriffe verfälschen würde. Doch auch durch das Nicht-Berücksichtigen von Zähnen, bei denen die erste WSR erfolglos verlief, wird das Studienergebnis verfälscht. Folglich muss festgestellt werden, dass die 12 Jahres-Überlebensrate der vorliegend analysierten Daten, trotz ihrer zunächst schlechter erscheinenden Ergebnisse, durchaus mit den Daten von Ericson et al. zu vergleichen sind (Ericson 1974).

2.2. Art der Wurzelfüllung

In der vorliegenden Untersuchung weisen die intraoperativ durch eine retrograde Wurzelfüllung versorgten Zähne nach 12 Jahren (Abb. 2) signifikant besser Ergebnisse auf (64,71%, N=11), als die alternativ versorgten Zähne. Diese Beobachtung deckt sich auch mit vielen Ergebnissen der Literatur. In einer Arbeit von Lustmann et al. weisen die retrograd versorgten Zähne nach einer Untersuchungsperiode von 1-8 Jahren eine Erfolgsrate von durchschnittlich 46,4% (Lustmann 1991). Und auch in einer Studie von Grung et al. wird ein erfolgreiches Ergebnis für 51% der retrograd versorgten Zähne beschrieben (Grung 1972). In einer Arbeit von Allen et al., die einen wesentlich kürzeren Zeitraum von einem Jahr nachuntersuchte, lag die Erfolgsrate bei retrograd versorgten Zähnen bei 60% (Allen 1989). In der vorliegenden Arbeit lag die Überlebensrate für retrograd versorgte Zähne nach einem Jahr bei über 94,11% (Abb. 2). Doch die Operationstechnik der retrograd versorgten Zähne unterliegt vielen Variablen, die eine Vergleichbarkeit erschweren. Die Art der retrograden Kavitätenaufbereitung, sowie die Wurzelfüllungsmaterialien sind häufig unterschiedlich.

Wesentlich schlechter schneiden in der Arbeit von Lustmann et al. die Zähne ab, die intraoperativ ausschließlich reseziert wurden. 23% der nicht weiter versorgten Zähne konnten nach 1-8 Jahren als Erfolg gewertet werden. Diese Ergebnisse decken sich auch mit einer älteren Arbeit von Altonen und Mattila. Nach 1-6 Jahren konnten hier 65% der intraoperativ gekürzten und nicht weiter gefüllten Zähne als Erfolg gewertet werden (Altonen, Mattila 1976). In der vorliegend untersuchten Studie waren nach 12 Jahren (Abb. 2) noch die Hälfte der Zähne erhalten, die intraoperativ ohne weitere Wurzelfüllung versorgt wurden (N=40). Auch in der Veröffentlichung von Grung et al. konnten gute Erfolgsraten für die Zähne dokumentiert werden, deren Wurzel

intraoperativ ausschließlich gekappt wurde. Sie lag bei 57%. In der Literatur werden für die einfache Kappung der Wurzelspitze unterschiedlich gute Ergebnisse beschrieben. Sofern die nicht erneuerte WF suffizient ist und sofern der apikale Abschluss bakteriendicht ist, hat der gekappte Zahn eine gute Erfolgschance. Doch der Operateur kann lediglich während des Eingriffs visuell beurteilen, ob die WF auf Höhe der Resektion gut kondensiert ist. Im Kanalverlauf kann ausschließlich das zweidimensionale Röntgenbild Aufschluss über die Qualität der WF geben. Dies ist ein Parameter, der einstellungsbedingten Schwankungen unterliegt, die in einigen Fällen auch eine suffiziente WF vortäuschen können. Aus diesem Grund birgt das Nichterneuern der WF ein gewisses Risiko.

In der Arbeit von Grung et al. konnten 71% der Zähne, die intraoperativ durch eine neue orthograde WF versorgt wurden als Erfolg gewertet werden. Nach fünf Jahren der Beobachtung waren in der hiesigen Studie noch 53,19% der orthograd gefüllten Zähne erhalten. Diese Rate fällt jedoch nach 10 Jahren auf ca. 15% ab. Ursächlich dafür könnte eine neue Keimbesiedlung des Wurzelkanals während der orthograden WSR sein. Denn durch die Entfernung der WF ist das Kanalsystem dem bakteriellen Milieu des apikalen Entzündungsgeschehens ausgesetzt. Anders als bei einer konventionellen WKB kann nicht unter absoluter Trockenlegung gearbeitet werden und es wird auch keine medikamentöse Einlage in den Kanal eingelegt, die die Keimzahl reduzieren kann. Folglich können Bakterien im Wurzelsystem überleben und zu einer erneuten Entzündung führen. Des Weiteren könnte die Ein-Stift-Technik ein Grund für die schlechteren Ergebnisse sein. Im Zuge der orthograden WSR wird mit Hilfe eines zentralen großlumigen Guttapercha-Stiftes der Wurzelkanal gefüllt. Doch ein einzelner Stift hat nicht die gleiche Randdichte, wie viele akzessorische Guttapercha-Points. Diese Überlegungen könnten eine Erklärung für die recht schlechten Ergebnisse der orthograd versorgten Zähne sein. Ähnlich wie in der Arbeit von Grung et al. beschreiben viele Veröffentlichungen dementsprechend bessere Ergebnisse für den orthograden Zugang bei einer WSR im Vergleich zum retrograden Zugang.

2.3. Qualität der präoperativen Wurzelfüllung

In einer Metaanalyse aus dem Jahr 2010 wurden die prognostischen Faktoren, die Einfluss auf den Erfolg einer WSR nehmen, zusammengetragen. In Bezug auf die Qualität der Wurzelfüllung wurde zwischen adäquater Länge der WF (2mm bis zum Apex) und röntgenologischer Randdichtigkeit der WF unterschieden. Letzteres hat der oben erwähnten Studie zufolge signifikanten Einfluss auf den Erfolg einer WSR. Die Länge der WF hingegen soll keine signifikanten Auswirkungen auf die Heilung des wurzelgekappten Zahnes haben (Von Arx 2010). Unerwarteterweise sind eine Reihe von Veröffentlichungen zu finden, die eine positive Korrelation zwischen Erfolg und einer inadäquaten WF-Länge beschreiben. Unterstützt durch die Ausführung von Barone et al. wurde in einer Arbeit von 2011 eine signifikant höhere Heilungsrate für Zähne mit insuffizienter WF-Länge dokumentiert (Barone 2011). Der apikale Anteil des Wurzelkanalsystems, der nicht durch eine WF versorgt wurde, ist in der Regel der Abschnitt des Zahnes, der am stärksten durch bakterielle Besiedlung befallen ist. Im Rahmen der chirurgischen Kürzung der Wurzel wird dieser infizierte Abschnitt entfernt. Der Zahn hat somit eine gesteigerte Heilungschance, da das restliche Kanalsystem keimfrei abgedichtet und der entzündete Teil der Wurzel entfernt ist (Song 2011).

Diese positive Korrelation konnte in der vorliegenden Studie nur in den ersten drei Jahren der Nachuntersuchung beschrieben werden. Zu Beginn der Nachuntersuchung konnten mehr Zähne mit präoperativ insuffizient versorgter WF erhalten werden.

Zum Ende der Nachuntersuchung (Abb. 3) war noch knapp die Hälfte der Zähne mit suffizienter WF und nur 15,09% der Zähne mit inadäquater WF erhalten. Dieser Unterschied ist statistisch signifikant (Tab. 3).

2.4. Schmerzen präoperativ

Bei der vergleichenden Betrachtung der in dieser Arbeit vorliegenden Kaplan-Meier-Diagramme der Überlebensraten in Abhängigkeit von präoperativen Schmerzen (Abb. 4) ist ein recht paralleler Kurvenverlauf erkennbar. Zu Beginn der Untersuchungen rangieren die Überlebensraten bei ca. 95%, unabhängig vom

Auftreten von präoperativen Schmerzen. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch eine Studie von Allen et al. Doch diese Arbeit untersucht nur einen recht kurzen Zeitraum von 6 Monaten nach. Das Ergebnis dieser Studie war jedoch, dass der Parameter „Schmerz präoperativ“ keinen signifikanten Einfluss auf den Erfolg einer WSR hat (Allen 1989).

Nach 10 Jahren der hiesigen Nachuntersuchung sind noch 62,50% der vor dem Eingriff schmerz-provozierenden Zähne und noch 49,28% der präoperativ keinen Schmerzreiz auslösenden Zähne erhalten. Diese Tendenz kehrt sich auch bis zum Ende der Untersuchungen nicht um. Nach 12 Jahren sind 55% der ehemals schmerzenden Zähne und knapp 40% der präoperativ schmerzfreien Zähne in situ. Diese Unterschiede sind nicht signifikant. Da Schmerzen zum Zeitpunkt der Operation ein akutes Entzündungsgeschehen implizieren, könnten die besseren Ergebnisse dafür ein Indiz sein, dass durch die Entfernung der Wurzelspitze, die Kürettage und Reinigung der Resektionshöhle die Höhe der Keimzahl in einem Maße reduziert werden konnte, dass diese Zähne schlussendlich eine bessere Heilungschance haben.

Doch Song et al. konnten diese Korrelation nicht bestätigen. Sie beschäftigen sich in ihrer Arbeit mit den prä- und intraoperativen Einflussgrößen einer WSR (Song 2011). Hierbei beschreiben sie signifikant schlechtere Ergebnisse für Zähne, die vor dem Eingriff dem Patienten Schmerzen bereiteten. Die Erfolgsrate lag nach durchschnittlich vier Jahren Nachuntersuchungszeit (sechs Monate bis zu acht Jahre) bei ca. 40%. Schmerzfreie Zähne konnten hingegen zu knapp 67% als Erfolg gewertet werden (Lustmann 1991).

Tsurumachi beschreibt eine positive Korrelation zwischen dem Auftreten von Schmerzen und röntgenologischen Anzeichen von Entzündung (Tsurumachi 2007). Hierbei wiesen gut 30% der nachuntersuchten Zähne Schmerzen auf. Bei diesen Zähnen wurden signifikant häufiger apikale Aufhellungen diagnostiziert, als bei Zähnen ohne Schmerzsymptomatiken. Ein Umstand, der von Rud et al. nicht bestätigt werden konnte. Ihm zufolge läuft ein chronisches apikales Entzündungsgeschehen symptomlos ab, sodass eine klinische Bewertung hinfällig sei. Seiner Überzeugung zufolge wiesen nur ca. 6% der operierten Patienten vor

dem Eingriff Entzündungszeichen auf, sodass nur eine Analyse der röntgenologischen Entzündungszeichen zielführend sei (Rud 1972). In Bezug auf die Anzahl der präoperativ schmerz-provozierenden Zähne ist in der vorliegenden Arbeit erkennbar, dass die Hälfte der Zähne für den Patienten Schmerzen verursachten (Abb. 4). Diese Prozentzahl liegt deutlich höher, als die von Rud et al. beschriebene. Die Korrelation zwischen präoperativem Schmerz und röntgenologischen Entzündungszeichen konnte in der vorliegenden Arbeit jedoch, wegen Ermangelung an Röntgenbildern nicht weiter untersucht werden.

Die Theorie von Rud et al. wird auch von anderen Autoren durchaus kritisch bewertet. Begründet wird dies damit, dass auch die vermeintlich „objektive“ Bewertung des Erfolges durch Röntgenbilder potenziellen Fehlerquellen unterlägen. Grund dessen ist zunächst der Umstand, dass ein dreidimensionales Geschehen auf ein zweidimensionales Bild projiziert wird (Huumonen, Ørstavik 2002, Estrela 2015). Dies führt automatisch zu Überlagerungen und Ungenauigkeiten. Des Weiteren ist eine exakt reproduzierbare rechtwinkelige Einstellung des Filmhalters auf die Zahnebene oft nicht möglich, so dass das Ausmaß der apikalen Aufhellung (und folglich auch die Bewertung von Erfolg und Misserfolg) einstellungsbedingten Schwankungen unterliegen (Tsurumachi 2013).

In den hier vorgenommenen Untersuchungen wiesen ca. die Hälfte der Patienten (N=79, 53,02%) vor dem Eingriff akute Entzündungszeichen wie Schmerzen und Schwellungen auf. Anders als von Rud et al. postuliert, verlaufen auch chronische Entzündungsgeschehen in Phasen als akute Inflammation. Somit können auch große apikale Aufhellungen für den Patienten als akuter Schmerz auffällig werden. Bestätigung dessen findet sich in einer aktuellen Studie aus dem Jahr 2013. Hierbei wurde festgestellt, dass Zähne, die dem Patienten vor dem Eingriff Schmerzen bereiteten, wohl in einer akuten bzw. subakuten Phase des Entzündungsgeschehens waren. Dies habe zur Folge, dass ein schlechteres Heilungspotenzial auch zu schlechteren Ergebnissen führt (Kreisler 2013).

2.5. Versorgungsart der Zähne

Betrachtet man die Kaplan-Meier-Kurve des Überlebens in Abhängigkeit der postoperativen Versorgung (Abb. 5), so ist ersichtlich, dass über den gesamten Untersuchungszeitraum die Kohorte der konservierend versorgten Zähne die höchste Überlebensrate aufweist. Nach einem Jahr liegt diese bei 93,33% (N=28) und nach 10 Jahren bei 66,66% (N=20). Ein Grund dafür könnte in der geringeren Schwächung und somit auch in einem besseren Zustand des Zahnes liegen. Denn das Ausmaß der Reduktion der Bruchfestigkeit im Zuge der Kavitätenpräparation stellt für den behandelten Zahn eine enorme Belastung dar. Schon bei einer zweiflächigen Kavität beläuft sich diese auf 40%. Durch die Behandlung eines Zahns durch eine WKB steigert sich dieser Wert um weitere 20-40%, da das stärkende Pulpendach entfernt wird (St-Georges 2003).

Die Versorgung des Zahnes durch eine Füllung könnte folglich implizieren, dass die Zahnhartsubstanz nur in Teilen reduziert ist. Diese geringe Schwächung des Zahnes hat einen positiven Einfluss auf die Stabilität des Zahnes und könnte somit auch bessere Erfolgsdaten zur Folge haben. Des Weiteren kann eine Füllung recht kosten- und zeitunintensiv erneuert werden oder möglicherweise durch die Versorgung mittels einer Teil- oder Vollkrone ersetzt werden. Die statistische Bewertung von Füllungen unterliegt einer Vielzahl von Einflussgrößen, welche die Langzeitbewertung erschweren. Die Größe der Kavität und die Art des Füllungsmaterials sind sehr unterschiedlich (Nykiel 2010). Im Rahmen dieser retrospektiven Arbeit sind diese Faktoren häufig nicht aus den analogen Akten zu entnehmen.

Die Kurven der Zähne, die durch eine Einzelkrone oder eine Brückenkonstruktion versorgt wurden, verlaufen recht parallel. Nach 12 Jahren liegt die Überlebensrate der Einzelkronen bei 41,58% (N=42), und die Anzahl der verbliebenen Brückenanker bei 43,75% (N=7). Eine Langzeitstudie, die den Einfluss von prä- und intraoperativen Faktoren auf den Erfolg einer WSR untersuchte, beschrieb ähnlich gute Erfolgsraten für prothetisch und konservierend versorgte Zähne. Die Erfolgsraten nach 2-8 Jahren rangieren jeweils bei ca. 45% (Lustmann 1991). In der vorliegend analysierten Arbeit konnten nach 10 Jahren bessere Ergebnisse für die durch Füllungstherapie

versorgten Zähne als die durch Einzelkronen oder Brückenkonstruktionen versorgten Zähne dokumentiert werden (Abb. 5).

3. Patientenbezogene Daten

Sowohl in der vorliegenden Studie, als auch in der vergleichenden Literatur lassen sich keine signifikanten geschlechter- oder altersspezifischen Unterschiede in der Überlebenswahrscheinlichkeit der Zähne nach WSR feststellen.

3.1. Geschlechter- und Altersverteilung

Es ist zu beobachten, dass mehr Frauen, als Männer versorgt wurden. Von den 124 Patienten waren 73 (58,97%) weiblich. Diese Mehrzahl an weiblichen Patientinnen ist auch in anderen Studien erkennbar. Ein Grund dafür könnte der höhere ästhetische und gesundheitliche Anspruch der Frauen sein. Die Überzahl der Frauen lässt sich wohl nicht durch eine erhöhte Anzahl an apikalen Entzündungsgeschehen begründen (Jiménez-Pinzón 2004).

Das durchschnittliche Patientenalter betrug zum Operationszeitpunkt 49,9 Jahre. Da die Überlebensraten jedoch weder in dieser, noch in anderen Studien, in Abhängigkeit des Alters signifikant unterschiedlich ausfielen, ist der Indikationsbereich auch bei älteren Patienten nicht eingeschränkt (Zuolo 2000, Friedman 1991).

Einer Meta-Analyse von Arx et al. zufolge gibt es keine patientenbezogenen Parameter, die den Erfolg einer WSR beeinflussen können. Davon ausgenommen sind Patienten mit reduziertem allgemeinmedizinischem Zustand (Von Arx 2010).

4. Zahnbezogene Daten

Anders als bei den patientenbezogenen Parametern gibt es, der Metaanalyse von Arx et al. zufolge, durchaus zahnbezogene Faktoren, die signifikanten Einfluss auf den Erfolg einer WSR haben. Dazu zählen die weiter oben erörterten Daten zum präoperativen Schmerz und die weiter oben erwähnten Daten zur Dichtigkeit der präoperativ gelegten WF. Aber auch die operierte Zahngruppe hat statistisch signifikanten Einfluss auf den Erfolg einer WSR.

4.1. Aufteilung der behandelten Zähne nach Zahngruppen

Bei 124 behandelten Patienten wurden in der vorliegenden Arbeit 149 Zähne mit einer WSR versorgt, 11 dieser Zähne waren Front- und 138 waren Seitenzähne. Die allgemein geltende Tendenz, dass Frontzähne signifikant bessere Ergebnisse aufweisen als Seitenzähne konnte in der untersuchten Arbeit in Auszügen bestätigt werden. So konnten 10 der 11 Frontzähne auch nach durchschnittlich 12 Jahren Beobachtung erhalten werden. Auf Grund der geringen Fallzahl kann diese Tendenz nicht als signifikant gelten. In einer Arbeit von Zuolo et al. aus dem Jahr 2000 wiesen die nachuntersuchten Oberkieferfrontzähne nach zwei Jahren eine Erfolgsrate von 97% auf. Für die Molaren konnte hingegen eine Erfolgsrate von 85% beschrieben werden (Zuolo 2000). Und auch die Studie von Testori et al. dokumentiert bessere Ergebnisse für anteriore Zähne (Testori 1999). Des Weiteren beschreibt die Untersuchung bessere Resultate für Oberkieferzähne (77,9%), als für Unterkieferzähne (66,1%). Ein Ergebnis, welches in vielen Teilen der Literatur zu finden ist (Von Arx 2010).

Im Seitenzahnbereich wurden in der vorliegenden Studie am häufigsten der zweite Prämolare im Oberkiefer (N=27) und der erste Molar im Unterkiefer (N=37) reseziert. Im jeweiligen Kiefer stellen diese Zähne auch die am häufigsten extrahierten Zähne dar. Doch die Anzahl der Zähne ist insgesamt zu gering, als dass man die Ergebnisse von Testori et al. bestätigen könnte. Ein Grund für das signifikant schlechtere Operationsergebnis bei ersten Molaren im Unterkiefer könnte der erschwerte chirurgische Zugang sein. Die eingeschränkte Übersicht des Operationsfeldes in Kombination mit dem insgesamt komplexen Kanalsystem der

posterioren Zähne könnte die schlechteren Ergebnisse erklären (Cheung, Lam 1993).

5. Behandlungsbezogene Daten

Auch im Falle der therapiebezogenen Parameter gibt es einige, die statistisch signifikanten Einfluss auf den Erfolg einer WSR nehmen. Zunächst einmal können signifikant schlechtere Ergebnisse erwartet werden, sofern es sich um einen Revisionseingriff handelt. Weiter ist das konventionelle Operationsverfahren einer WSR durch die moderne Mikrochirurgie verdrängt worden und birgt wesentlich schlechtere Resultate, als die heute gebräuchliche Piezochirurgie.

5.1. Konventionelle und moderne Operationstechnik

Bei der Analyse der Operationstechnik stellt sich das Problem dar, dass in der vorliegenden Langzeitstudie Daten einer Privatpraxis aus den Jahren von 2001 bis 2006 erhoben wurden. Da die Mikrochirurgie erst in der Mitte der 1990 Jahre Einzug in die dentoalveoläre Chirurgie nahm, wurde in der Praxis von Dr. med. dent. Dr. med. Busch im Jahr 2007 auf die moderne piezochirurgische Operationstechnik gewechselt. Somit wurden die hier untersuchten Zähne durch Fissurenbohrer mit Mikrowinkelstück behandelt und können folglich nur bedingt mit der Literatur der letzten fünf Jahre verglichen werden. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Operationsverfahren muss festgestellt werden, dass die Überlebensrate der vorliegend untersuchten Zähne eher der Erfolgsraten der mikrochirurgisch versorgten Zähne entspricht, als den Resultaten der älteren Untersuchungen der konventionellen Methodik.

6. Alternative Behandlungsmethoden zur WSR

6.1. Wurzelkanalbehandlungen

Die Voraussetzung für die erfolgreiche Therapie einer apikalen Läsion ist die vollständige Ausheilung des periradikulären Entzündungsgewebes. Es stellt sich die Frage, inwiefern durch eine konventionelle WKB eine Heilung erreicht werden kann. Problematisch ist der Umstand, dass zum Zeitpunkt der Therapie der histologische Befund der apikalen Aufhellung unbekannt ist. Somit kann der Behandler nicht feststellen, ob es sich bei dem Entzündungsgeschehen um ein Granulom oder um eine Zyste handelt. Im Falle eines Granuloms ist bei orthogradem Zugang eine vollständige Ausheilung möglich. Bei ca. 15% der apikalen Läsion handelt es sich jedoch um Zysten. Hierbei lassen sich Zysten und Pseudozysten unterscheiden.

In einer prospektiven Studie aus dem Jahr 2011 konnte für 816 wurzelkanalbehandelte Zähne eine Erfolgsrate von 88,6% nach fünf Jahren beschrieben werden (Ricucci 2011). Eine ähnlich große Untersuchung ermittelte eine Überlebensrate von 95% vier Jahre nach WKB (Ng 2011). Wie weiter oben bereits erwähnt liegt die Überlebensrate der hier untersuchten Arbeit bei knapp 60% nach fünf Jahren.

Eine Arbeit von Craverio et al. hat in dem Zeitraum von 2002 bis 2012 337 Patienten nach der Versorgung durch konventionelle WKB nachuntersucht. Nach 2-10 Jahren der Untersuchung lag die durchschnittliche Erfolgsrate bei 85% (Craveiro 2015). Vergleicht man dies mit der durchschnittlichen Überlebensrate der hier vorliegenden Studie, so liegt diese bei 64%. Die Schwierigkeit der Vergleichbarkeit liegt jedoch darin, dass der typische Behandlungsablauf eines pulpitisches Zahnes von einer WKB über eine eventuelle Revision der WKB zu einer WSR führt. Somit ist es durchaus verständlich, dass die Wurzelkappung schlechtere Ergebnisse zur Folge hat, denn sie stellt die letzte Maßnahme der Zahnerhaltung dar. Da einer WSR in der großen Mehrzahl der Fälle eine WKB vorausgeht, stellt die WKB nicht im klassischen Sinne eine Therapiealternative dar und muss sich daher auch nicht an ihren Erfolgen messen lassen.

6.2. Wurzelkanalbehandlungsrevision

Sofern ein Patient bereits eine erfolglose WKB erhalten hat und sich die persistierende apikale Entzündung nicht zurück entwickelt, stehen zwei zahnerhaltende Therapien zur Wahl: die orthograde WKB-Revision und die chirurgische Wurzelkappung im Sinne einer WSR.

In einer Kurzzeitstudie aus dem Jahr 2010 konnten 93,3% der nichtchirurgisch revidierten Zähne ohne apikale Parodontitis und 52,9% der Zähne mit apikalen Entzündungszeichen nach zwei Jahren der Nachuntersuchung als Erfolg gewertet werden, dies entspricht einer durchschnittlichen Heilungsrate von 72,1% (Nešković 2010). Nach zwei Jahren der Beobachtungszeit konnten für die hier untersuchten wurzelspitzenresezierten Zähne eine Überlebensrate von gut 85% beschrieben werden. Eine weitere Studie, die einen direkten Vergleich von WKB-Revisionen und WSR anstrebt konnte nach einer Kurzzeitanalyse von einem Jahr signifikant bessere Ergebnisse für Wurzelkappungen dokumentieren. Und auch nach vier Jahren konnten bessere Ergebnisse für die chirurgisch revidierten Zähne, als für die konventionellen WKB-Revisionen ermittelt werden, dieser Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant (Kvist, Reit 1999).

Eine Langezeituntersuchung aus dem Jahr 1990 beschreibt nach 8-10 Jahren der Nachuntersuchung eine durchschnittliche Erfolgsrate von 62% für Zähne, bei denen die erste WKB revidiert werden musste (Sjögren 1990). Die durchschnittliche Überlebensrate der in dieser Studie untersuchten Zähne liegt bei 8-10 Jahren bei knapp 52% und somit 10% unter den Ergebnissen, die für WKB-Revisionen genannt werden. Problematisch ist jedoch der Umstand, dass Sjögren et al. jene Zähne, die im Laufe der langen Nachuntersuchungszeit extrahiert werden mussten, nicht als „Misserfolg“ in der Studie bewertet haben, sondern diese schlicht nicht berücksichtigt haben. Diese Nichtbewertung von Zähnen, die als nichterhaltungswürdig entfernt werden mussten, führt dazu, dass die Erfolgsrate nach oben korrigiert wurde. Schlussendlich scheinen auch die Langzeitergebnisse von WKB-Revisionen und Wurzelkappungen nicht im erhöhten Maße von einander abweichen.

In einer Studie, die den Vergleich zwischen WSR und WKB-Revision anstrebt, konnte nach 2-4 Jahren der Nachuntersuchung eine Erfolgsrate von knapp 80% für

die WSR und eine Erfolgsrate von 70% für die WKB-Revisionen dokumentiert werden. Diese Tendenz kehrt sich nach 4-6 Jahren der Beobachtung um. Zu diesem Zeitpunkt liegt die Erfolgsrate der Zähne, die mit einer WSR versorgt wurden, bei gut 70% und die Erfolgsrate der durch Revision therapierten Zähne bei 83% (Naito 2010).

In der hier untersuchten Studie liegt die Überlebensrate nach 2-5 Jahren bei durchschnittlich 72,82% und somit auf dem Niveau der Ergebnisse von Sundqvist et al. Hierbei wurden insgesamt 45 Zähne mit einer nichtchirurgischen WKB-Revision versorgt. Die Erfolgsrate lag nach 5 Jahren bei 74%. In der vorliegenden Studie lag die Überlebensrate nach fünf Jahren bei knapp 60%. Ein Grund für dieses bessere Ergebnis der Sundqvist-Studie könnte der Umstand sein, dass 40 der 45 behandelten Zähne einwurzelige Frontzähne darstellten (Sundqvist 1998). Wie weiter oben schon erwähnt, sind deutlich bessere Ergebnisse bei der Therapie von Frontzähnen zu erwarten. Die gute Übersichtlichkeit und das simple Kanalsystem, machen die Versorgung dieser – egal, ob durch WKB oder WSR – deutlich einfacher. Insgesamt ist jedoch festzustellen, dass trotz der oftmals kostenintensiven und aufwendigen Methodik der WKB-Revision, auf der Grundlage der vergleichenden Studien zwischen WKB-Revision und WSR kein signifikanter Erfolgsunterschied zu erkennen ist.

Folglich kann keine generell geltende Therapieempfehlung abgegeben werden. Vielmehr muss im Einzelfall durch den behandelnden Zahnarzt entschieden werden, welche Therapieform als passend erscheint. Vor diesem Hintergrund gilt trotzdem der Grundsatz, dass im Falle einer zystischen Läsion durch die WKB-Revision kein Therapieerfolg zu erwarten ist, denn die Zyste muss im Zuge einer WSR entfernt werden (Kim, Kratchmann 2006).

6.3. Implantate

Eine weitere Therapiealternative im Falle einer erfolglosen WKB ist die chirurgische Zahntfernung mit anschließender Implantation.

Nach einer Studie aus dem Jahr 2010 liegt die Überlebensrate für Implantate nach 10 Jahren bei durchschnittlich 89% und nach 16 Jahren bei knapp 83%, wobei Einzelzahnimplantate bessere Ergebnisse aufwiesen als Implantatbrücken und Konstruktionen zwischen Zahn und Implantat. Ursächlich für den Verlust der Implantate war in der Mehrzahl der Fälle eine periimplantäre Entzündung (Simonis 2010). In einer Arbeit aus dem Jahr 2014 wurde auch eine Überlebenszeitanalyse nach Kaplan-Meier erstellt. Hierbei wurden 388 gesetzte Implantate bei 93 Patienten nach 5, 10 und 15 Jahren untersucht (Roßmann 2014). Die Überlebenswahrscheinlichkeit betrug nach fünf Jahren 92,4%, nach 10 Jahren 91,5% und nach $14 \pm 1,9$ Jahren 84,5%. Die Ergebnisse gleichen somit den Resultaten von Simonis.

Viele weitere Implantat-Studien beschreiben ähnlich gute Langzeitergebnisse. Doch die Implantatsetzung ist eine Privatleistung, die so kostenintensiv ist, dass sie von vielen Patienten nicht getragen werden kann. Trotz der sehr guten Langzeitergebnisse für Implantate ist es durchaus sinnvoll, dem Patienten erst im Zuge einer WSR den „kostenlosen“ Versuch des Zahnerhaltes zuteil werden zu lassen. Gerade im Frontzahnbereich sind die Ergebnisse für Resektionen sehr gut, so dass eine Überlebenswahrscheinlichkeit von über 10 Jahren realistisch ist. Im Anschluss an diesen temporären Zahnerhalt kann dann über anschließende Therapieoptionen wie die Implantation diskutiert werden.

7. Kritik

Bei der Bewertung von klinischen Studien ist ein Spannungsverhältnis zwischen den pro- und retrospektiven Arbeiten erkennbar.

Die prospektiven Untersuchungen haben den großen Vorteil von einheitlichen Bewertungskriterien und engmaschiger Patientennachuntersuchung. Eine

regelmäßige röntgenologische Kontrolle kann erfolgen und macht eine ganzheitliche Bewertung von objektiven und subjektiven Parametern möglich. Auch ist es möglich, eine homogene Patientenkohorte zu untersuchen und beispielsweise die gleiche Anzahl an Front- und Seitenzähnen zu bewerten. Diese Vorteile gehen häufig zulasten der Länge der Nachuntersuchung und zum Nachteil der Größe des Patientenkollektivs.

Bei retrospektiven Arbeiten gestaltet sich dies genau gegensätzlich. Die Patientengruppen sind häufig größer und die Untersuchungszeit ist länger. Im Falle der vorliegenden Nachuntersuchung war hingegen keine einheitliche röntgenologische Bewertung möglich. So konnte beispielsweise keine homogene Verteilung von operierten Front- und Seitenzähnen erfolgen, so dass wesentlich mehr posteriore Zähne als anteriore Zähne behandelt wurden, was einen Vergleich erschwert. Ein Grund dafür ist der Umstand, dass leichter zugängliche Frontzähne auch vielfach durch den Haus-Zahnarzt selbst versorgt werden. Weniger einfach zu resezierende Seitenzähne werden an spezialisierte kieferchirurgische Praxen überwiesen. Ein weiteres Hindernis, das die Datenanalyse erschwerte, war die Tatsache, dass die Patientensituation nach dem Eingriff durch den Operateur nicht weiter dokumentiert werden konnte.

Die Auswertung von Patientenakten der unterschiedlichen Hauszahnärzte ergab ein uneinheitliches Bild der Falldokumentation. Somit konnten viele Untersuchungsparameter nicht einheitlich erhoben werden. Durch die Länge der Nachuntersuchung kam es in einigen Praxen bereits zum Behandlerwechsel und somit zur Änderung des Patientenstamms, was die Langzeitbewertung in einigen Fällen erschwerte. Auch die Umstellung der analogen Akten auf digitale Patientenkarteen ergab zu Teilen einen Bruch in der Falldokumentation.

Insgesamt konnten aus den untersuchten Patientenakten viele klinische Parameter erhoben werden, die eine umfangreiche Analyse des Eingriffs und der Begleitfaktoren ermöglichte. Die Einflussgrößen „WF intraoperativ“, „Qualität der präoperativen WF“, „Vorliegen von präoperativen Schmerzen“, sowie „Versorgung postoperativ“, auf das Überleben der Zähne, konnten analysiert werden, so dass ein großer Datensatz in dieser Arbeit bewertet werden konnte. Von den 500 Zähnen, die

in dem Zeitraum zwischen 2001 und 2006 in der Praxis von Dr. Dr. Busch insgesamt mit einer WSR versorgt wurden, konnten 149 randomisiert ausgewählte Zähne im Rahmen dieser Arbeit untersucht werden. Hierbei wurden die Patientendaten der sieben Haupt-Überweiserpraxen analysiert. Dieses Vorgehen erklärt die Verlustrate von ca. 2/3.

V. SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK

In der Überweiserpraxis von Dr. med., Dr. med. dent. H. P. Busch wurden zwischen 2001 und 2006 insgesamt rund 500 Zähne durch eine WSR im Sinne der konventionellen Operationstechnik versorgt. Die Daten von 149 Zähnen wurden in die vorliegende Untersuchung mit einbezogen.

Das Ziel von klinischen Nachuntersuchungen ist es, dem Patienten im Einzelfall die bestmögliche Therapie zuteil werden zu lassen. Für den Patienten ist hierbei die Langzeitüberlebenswahrscheinlichkeit für den Therapieentscheid wichtig. Für die klinische Bewertung ist die Validität der Studie entscheidend. Diese bemisst sich nach der Größe der Studienkohorte und der Länge der Beobachtungszeit. Viele der prospektiven WSR-Studien weisen lediglich eine Untersuchungszeit 6-12 Monaten auf. Diese kurze Beurteilungszeit ist für die Therapiewahl, sowohl für den Behandler, als auch für den Patienten nur bedingt hilfreich. Da es sich im Falle der vorliegenden Arbeit um eine retrospektive Studie handelt, konnte eine recht lange Nachuntersuchungszeit von 12 Jahren gewählt werden, welche zur Klärung der Frage beitrug, wie sich die durchschnittliche Überlebensrate eines Zahnes nach WSR nach einem Jahr bzw. nach 12 Jahren entwickelt. 149 Zähne lassen eine repräsentative Bewertung der erhobenen Parameter zu. Die Überlebensrate bewegt sich von 91,23% nach einem Jahr und knapp 39% nach 12 Jahren (Tab.1).

Die Frage nach einem statistisch signifikanten Einfluss der intraoperativen Wurzelfüllungsart auf das Überleben der Zähne kann bejaht werden. Der erheblichen Unterschied zwischen der Überlebensrate von orthograd (nach 10 Jahren 15%) und retrograd (nach 12 Jahren 53%) versorgten Zähne, beweist dies. Die Kohorte der intraoperativ ausschließlich gekürzten Wurzelspitzen stellt nach 12 Jahren die zweitstärkste Fraktion dar (ca. 42%). Aus diesem Grund stellt die schlichte Kappung der Wurzelspitze bei suffizienter WF durchaus eine mögliche Therapiealternative zur intraoperativen WF dar.

Der Einfluss der Qualität der präoperativen WKB ist in der vorliegenden Studie nicht signifikant. Trotzdem ist festzustellen, dass nach 12 Jahren rund die Hälfte der Zähne

mit suffizienter und 20,13% der Zähne mit insuffizienter WKB erhalten werden konnten.

In Bezug auf die Frage nach dem Einfluss der patienten-bezogenen Parameter auf die Überlebensrate konnte in der vorliegenden Studie bestätigt werden, dass es keine nachzuweisenden indikationseinschränkenden Patientenfaktoren gibt.

Der in der Literatur beschriebene signifikante Einfluss der operierten Zahngruppe auf den Erfolg konnte in der vorliegenden Studie leider nicht bestätigt werden, da die Kohorte der Frontzähne zu klein war. Nur einer der 11 Frontzähne musste nach 12 Jahren der Nachuntersuchung entfernt werden.

Durch die Modernisierung der Operationsverfahren und durch die mikrochirurgischen Techniken stellt die WSR eine zukunftsfähige Therapieoption dar. Die Daten der Literatur lassen erkennen, dass die WSR im Falle der persistierenden apikalen Entzündung eine wichtige Therapiealternative darstellt. Da es sich in der vorliegenden Studie um die Analyse von Patientendaten aus einer niedergelassenen mund-, kiefer- und gesichtschirurgischen Praxis handelt, spiegeln die Daten auch den hohen Standard einer Privatpraxis wieder. Die hohen WKB-Erfolgsraten in den ersten Jahren der Nachuntersuchung (90%) könnten vermuten lassen, dass die WSR als Therapie von persistierenden periradikulären Entzündungen obsolet sei. Doch bei der Betrachtung von epidemiologischen Studien ist ersichtlich, dass 31,2% der Zähne trotz suffizienter WKB apikale Entzündungen aufweisen. Es liegt folglich eine Diskrepanz zwischen publizierten Daten und der tatsächlichen Anzahl an Zähnen mit apikaler Aufhellung vor (Kunkel 2009). Durch die gestiegenen Erfolgsraten der modernen Operationstechnik vermag es die WSR, diese entzündeten Zähne zu therapieren. Im Einzelfall muss für den jeweiligen Patienten die optimale Therapieoption gewählt werden.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

1. Abramovitz, I., Better, H., Shacham, A., Shlomi, B., Metzger, Z. (2002): Case selection for apical surgery: A retrospective evaluation of associated factors and rationale. *J. Endod.*, 28(7), 527- 530
2. Allen, R. K., Newton C. W., Brown, C. E. Jr. (1989): A statistical analysis of surgical and nonsurgical endodontic retreatment cases. *J. Endod.*, 15(6), 261-266
3. Altonen, M., Mattila, K. (1976): Follow-up study of apicoectomized molars. *Int. J. Oral Surg.*, 5(1), 33-40
4. Barone, C., Dao, T. T., Basrani, B. B., Wang, N., Friedman, S. (2010): Treatment outcome in endodontics: The Toronto study-phases 3, 4, and 5: Apical surgery. *J. Endod.*, 36(1), 28-35
5. Bernabé, P. F. E., Gomes-Filho, J. E., Rocha, W. C., Nery, M. J., Otoboni-Filho, J. A., Dezan-Júnior, E. (2007): Histological evaluation of MTA as a root-end filling material. *Int. Endod. J.*, 40(10), 758-765
6. Cheung, L. K., Lam, J. (1993): Apicectomy of posterior teeth – A clinical study. *Aust. Dent. J.*, 38(1), 17-21
7. Craveiro, M. A., Fontana, C. E., de Martin, A. S., Bueno, C. E. (2015): Influence of coronal restoration and root canal filling quality on periapical status: Clinical and radiographic evaluation. *J. Endod.*, 41(6), 836-840
8. De Backer, H., Van Maele, G., Decock, V., Van den Berghe, L. (2007): Long-term survival of complete crowns, fixed dental prostheses, and cantilever fixed dental prostheses with posts and cores on root canal-treated teeth. *Int. J. Prosthodont.*, 20(3), 229-234

9. De Deus, Q. D. (1975): Frequency, location, and direction of the lateral, secondary, and accessory canals. *J. Endod.*, 1(11), 361-366
10. Ericson, S., Finne, K., Persson, G. (1974): Results of apicoectomy of maxillary canines, premolars and molars with special reference to oroantral communication as a prognostic factor. *Int. J. Oral Surg.*, 3(6), 386-393
11. Estrela, C., Bueno, M. R., Couto, G. S., Rabelo, L. E. G., Alencar, A. H. G., Silva R. G., Pécora, J. D., Sousa-Neto, M. D. (2015): Study of root canal anatomy in human permanent teeth in a subpopulation of Brazil's center region using cone-beam computed tomography – part 1. *Braz. Dent. J.*, 26(5), 530-531
12. Friedman, S., Lustmann, J., Shaharabany, V. (1991): Treatment results of apical surgery in premolar and molar teeth. *J. Endod.*, 17(1), 30-33
13. Gagliani, M. M., Gorni, F. G., Strohmer, L. (2005): Periapical resurgery versus periapical surgery: A 5-year longitudinal comparison. *Int. Endod. J.*, 38(5), 320-327
14. Giardino, L., Pontieri, F., Savoldi, E., Tallarigo, F. (2006): Aspergillus mycetoma of the maxillary sinus secondary to overfilling of a root canal. *J. Endod.*, 32(7), 692-694
15. Grung, B. (1972): Nachuntersuchung apektomierter Zähne. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, 27(9), 767-768
16. Gutwald, R., Gellrich, N.-C., Schmelzeisen, R. (2010): Einführung in die zahnärztliche Chirurgie und Implantologie. Für Studium und Beruf. 2. Aufl. Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln
17. Huumonen, S., Ørstavik, D. (2002): Radiological aspects of apical periodontitis. *Endod. Topics*, 1(1), 3-25

18. Imura, N., Pinheiro, E. T., Gomes, B. P. F. A., Zaia, A. A., Ferraz, C. C. R., Souza-Filho, F. J. (2007): The outcome of endodontic treatment: A retrospective study of 2000 cases performed by a specialist. *J. Endod.*, 33(11), 1278-1282
19. Jones, A. V., Craig, G. T., Franklin, C. D. (2006): Range and demographics of odontogenic cysts diagnosed in a UK population over a 30-year period. *J. Oral Pathol. Med.*, 35(8), 500-507
20. Jiménez-Pinzón, A., Segura-Egea, J. J., Poyato-Ferrera, M., Velasco-Ortega, E., Ríos-Santos, J. V. (2004): Prevalence of apical periodontitis and frequency of root-filled teeth in an adult spanish population. *Int. Endod. J.*, 37(3), 167-173
21. Kim, S., Kratchmann, S. (2006): Modern endodontic surgery concepts and practice: A review. *J. Endod.*, 32(7), 601-623
22. Kirkevang, L. L., Hörsted-Bindslev, P., Ørstavik, D., Wenzel, A. (2001): Frequency and distribution of endodontically treated teeth and apical periodontitis in an urban Danish population. *Int. Endod. J.*, 34(4), 198-205
23. Kreisler, M., Gockel, R., Aubell-Falkenberg, S., Kreisler, T., Weihe, C., Filippi, A., Kühl, S., Schütz, S., d'Hoedt, B. (2013): Clinical outcome in periradicular surgery: Effect of patient- and tooth-related factors – A multicenter study. *Quintessence Int.*, 44(1), 53-60
24. Kunkel, M., Allroggen, S., Appel, C., Bargholz, C., Biffar, R., Boehme, P., Engel, P., Esser, W., Fedderwitz, J., Frank, M., Georgi, M., Heurich, T., Kopp, I., Kreusser, B., Reichert, T. E., Sanner, F., Singer, R., Staehle, H. J., Terheyden, H., Wagner, W., Wahl, G., Weingart, D., Werkmeister, R., Hülsmann, M. (2007): Apical tooth root resection guideline. *Mund Kiefer Gesichtschir.*, 11(5), 251-257

25. Kvist, T., Reit, C. (1999): Results of endodontic retreatment: A randomized clinical study comparing surgical and nonsurgical procedures. *J. Endod.*, 25(12), 814-817
26. Landys Borén, D., Jonasson, P., Kvist, T. (2015): Long-term survival of endodontically treated teeth at a public dental specialist clinic. *J. Endod.*, 41(2), 176-181
27. Lieblisch S. E. (2012): Endodontic surgery. *Dent. Clin. North Am.*, 56(1), 121-132
28. Lin, L. M., Huang, G. T.-J., Rosenberg, P. A. (2007): Proliferation of epithelial cell rests, formation of apical cysts, and regression of apical cysts after periapical wound healing. *J. Endod.*, 33(8), 908-916
29. Lustmann, J., Friedman, S., Shaharabany, V. (1991): Relation of pre- and intraoperative factors to prognosis posterior apical surgery. *J. Endod.*, 17(5), 239-241
30. Martí-Bowen, E., Peñarrocha Diago, M., Mira, B. G. (2005): Periapical surgery using the ultrasound technique and silver amalgam retrograde filling, A study of 71 teeth with 100 canals. *Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal*, 10(1), E67-E73
31. Molven, O., Halse, A., Grung, B. (1987): Observer strategy and the radiographic classification of healing after endodontic surgery. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 16(4), 432-439
32. Nair, P. N. (1998): New perspectives on radicular cysts: Do they heal? *Int. Endod. J.*, 31(3), 155-160
33. Nair, P. N. (2006): On the causes of persistent apical periodontitis: A review. *Int. Endod. J.*, 39(1), 249-281

34. Naito, T., Torabinejad, M., Corr, R., Handysides, R., Shabahang, S. (2010): Surgical or nonsurgical treatment for teeth with existing root fillings? *Evid. Based Dent.*, 11(2), 54-55
35. Nešković, J., Živković, S., Medojević, M., Maksimović, M. (2010): Outcome of orthograde endodontic retreatment – A two-year follow-up. *J. Endod.*, 36, 790-792
36. Ng, Y.-L., Mann, V., Gulabivala, K. (2011): A prospective study of the factors affecting outcomes of non-surgical root canal treatment: Part 2: Tooth survival. *Int. Endod. J.*, 44(7), 610-625
37. Núñez-Urrutia, S., Figueiredo, R., Gay-Escoda, C. (2010): Retrospective clinicopathological study of 418 odontogenic cysts. *Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal*, 15(5), E767-E773
38. Nykiel, K. (2010): Der Einfluss der postendodontischen Restauration auf das Überleben posteriorer Zähne in situ. Eine retrospektive Studie über 10 Jahre. *Med. Diss., Münster*
39. Odman, P., Andersson, B. (2001): Procera AllCeram crowns followed for 5 to 10.5 years: A prospective clinical study. *Int. J. Prosthodont.*, 14(6), 504-509
40. Park, S.-Y., Shin, S.-Y., Yang, S.-M., Kye, S.-B. (2009): Factors influencing the outcome of root-resection therapy in molars: A ten year retrospective study. *J. Periodontol.*, 80(1), 32-40
41. Partsch, C. (1889): Über die Wurzelspitzenresektion. *Dtsch. Mschr. Zahnheilk.* 16, 80-86
42. Rapp, E. L., Brown, C. E. Jr., Newton, C. W. (1991): An analysis of success and failure of apicoectomies. *J. Endod.*, 17(10), 508-512

43. Regan J. D., Gutmann J. L., Witherspoon D. E. (2002): Comparison of Diaket and MTA when used as root-end filling materials to support regeneration of the periradicular tissues. *Int. Endod. J.*, 35(10), 840-847
44. Reichart, P. A., Hausamen, J.-E. (2002): *Zahnärztliche Chirurgie*. 2. Aufl. Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin
45. Roßmann, C. (2014): *Langzeitergebnisse enossaler dentaler Implantate am Beispiel des ITI®-Implantatsystems*. Med. Diss., Kiel
46. Ricucci, D., Russo, J., Rutberg, M., Burleson, J. A., Spångberg, L. S. W. (2011): A prospective cohort study of endodontic treatments of 1,369 root canals: Results after 5 years. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*, 112(6), 825-842
47. Rud, J., Andreasen, J. O., Jensen J. E. (1972): Radiographic criteria for the assessment of healing after endodontic surgery. *Int. J. Oral Surg.*, 1(4), 195-214
48. Rud, J., Andreasen, J. O., Möller Jensen, J. E. (1972): A multivariate analysis of the influence of various factors upon the healing after endodontic surgery. *Int. J. Oral Surg.*, 1(5), 258-271
49. Salehrabi, R., Rotstein, I. (2004): Endodontic treatment outcomes in a large patient population in the USA: An epidemiological study. *J. Endod.*, 30(12), 846-850
50. Saunders, W. P., Saunders, E. M., Sadiq, J., Cruickshank, E. (1997): Technical standard of root canal treatment in an adult Scottish sub-population. *Dr. Dent. J.*, 182(10), 382-386
51. Schwenger, N., Ehrenfeld, M. (2009): *Zahnärztliche Chirurgie*. 4. Aufl. Georg Thieme Verlag, Stuttgart

52. Serrano-Giménez, M., Sánchez-Torres, A., Gay-Escoda, C. (2015): Prognostic factors on periapical surgery: A systematic review. *Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal*, 20(6), E715-E722
53. Shen, J., Zhang, H., Gao, J., Du, X., Chen, Y., Han, L. (2016): Short-term observation of clinical and radiographic results of periapical microsurgery: A prospective study. *Biomed. Res.*, 27(3), 923-928
54. Simonis, P., Dufour, T., Tenenbaum, H. (2010): Long-term implant survival and success: A 10-16 year follow-up non-submerged dental implants. *Clin. Oral Implants Res.*, 21(7), 772-777
55. Sjögren, U., Björn, H., Sundqvist, G., Wing, K. (1990): Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J. Endod.*, 16(10), 498-504
56. Song, M., Jung, I. Y., Lee, S. J., Lee, C. Y., Kim, E. (2011): Prognostic factors for clinical outcomes in endodontic microsurgery: A retrospective study. *J. Endod.*, 37(7), 927-933
57. St-Georges, A. J., Sturdevant, J. R., Swift, E. J. Jr., Thompson, J. Y. (2003): Fracture resistance of prepared teeth restored with bonded inlay restorations. *J. Prosthet. Dent.*, 89(6), 551-557
58. Strub, J. R., Kern, M., Türp, J. C., Witkowski, S., Heydecke, G., Wolfart, S. (2011): *Curriculum Prothetik. Bd. II. Quintessenz Verlag, Berlin*
59. Sundqvist, G., Figdor, D., Persson, S., Sjögren, U. (1998): Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*, 85(1), 86-93
60. Testori, T., Capelli, M., Milani, S., Weinstein, R. L. (1999): Success and failure in periradicular surgery: A longitudinal retrospective analysis. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*, 87(4), 493-498

61. Tsurumachi, T., Honda, K. (2007): A new cone beam computerized tomography system for use in endodontic surgery. *J. Endod.*, 40(3), 224-232
62. Tsurumachi, T. (2013): Current strategy for successful periradicular surgery. *J. Oral Science*, 55(4), 267-273
63. Von Arx, T., Hunenbart, S., Buser, D. (2002): Endoscope- and video-assisted endodontic surgery. *Quintessence Int.*, 33(4), 255-259
64. Von Arx, T., Penarrocha, M., Jensen, S. (2010): Prognostic factors in apical surgery with root-end filling: A meta-analysis. *J. Endod.*, 36(6), 957-973
65. Von Arx, T. (2011): Apical surgery: A review of current techniques and outcome. *Saudi Dent. J.* 23(1), 9-15
66. Von Arx, T., Alsaeed, M., Salvi, G. E. (2011): Five-year changes in periodontal parameters after apical surgery. *J. Endod.*, 37(7), 910-918
67. Weiger, R., Hitzler, S., Hermle, G., Löst, C. (1997): Periapical status, quality of root canal fillings and estimated endodontic treatment needs in an urban German population. *Endod. Dent. Traumatol.*, 13(2), 69-74
68. Zoletti, G. O., Carmo, F. L., Pereira, E. M., Rosado, A. S., Siqueiro, J. F. Jr., Santos, K. R. N. (2010): Comparison of endodontic bacterial community structures in root-canal-treated teeth with or without apical periodontitis. *J. Med. Microbio.*, 59, 1360-1364
69. Zuolo, M. L., Ferreira, M. O. F., Gutmann, J. L. (2000): Prognosis in periradicular surgery: A clinical prospective study. *Int. Endod. J.*, 33(2), 91-98

VII. DANKSAGUNG

Herrn Professor Dr. med. Dr. med. dent. Stephan Becker danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und für die hilfreiche und intensive Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit.

Bei Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Benedicta Beck-Broichsitter bedanke ich mich für die Hilfe bei der Erhebung und Verarbeitung der statistischen Daten.

Großer Dank gilt auch Herrn Dr. med. Dr. med. dent. Hans-Peter Busch für die Bereitstellung der Patientenakten und für die Beantwortung von Fragen bezüglich der operativen Abläufe.

Bedanken möchte ich mich außerdem bei allen Haus-Zahnärztinnen und deren Mitarbeiterinnen für die Einsicht in die analogen Akten und für die tatkräftige Hilfe beim Auffinden dieser.

Schlussendlich möchte ich meiner Familie und im Besonderen meiner Mutter für die Unterstützung beim Korrekturlesen und für den liebevollen Zuspruch danken.

VIII. LEBENSLAUF

Name	Helene Schmid
Geburtsdatum	04. Juli 1992
Geburtsort	Hamburg, Deutschland
2012-2018	Studium der Zahnmedizin an der CAU, Kiel
2011	Studium der Rechtswissenschaften, Münster
2010-2011	Studium Generale am Leibniz-Kolleg, Tübingen
2002-2010	Gymnasium Blankenese, Hamburg
1998-2002	Grundschule, Hamburg

Datum, Ort

Unterschrift

IX. VERÖFFENTLICHUNGEN

1. Becker S.T., Beck-Broichsitter B., Busch H.P., Schmid H. (2018): Langzeitergebnisse nach Wurzelspitzenresektion in einer MKG-Praxis. Internationales Symposium für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen, Oralchirurgen, Zahnärzte und Kieferorthopäden in St. Anton
2. Becker S. T., Beck-Broichsitter B., Busch H. P., Schmid H. (2018): Long-term survival of teeth in the posterior region after apical surgery. J. Craniomaxillofac. Surg.