

**Retrospektive Untersuchung zum Langzeiterfolg endodontologischer
Therapien im Staatsexamen der Zahnmedizin**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn

Bernhard Wolfgang Rick

aus Neuwied

2016

Angefertigt mit der Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. med. dent. Henrik Dommisch
2. Gutachter: Prof. Dr. med. dent. Andreas Jäger

Tag der Mündlichen Prüfung: 16.02.2016

Aus der Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde des
Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Søren Jepsen, M.S.

In großer Dankbarkeit meiner Familie gewidmet

Inhaltsverzeichnis

	Abkürzungsverzeichnis	8
1.	Einleitung	10
1.1	Einführung	10
1.2	Literaturübersicht	12
1.2.1	Indikationen für eine Wurzelkanalbehandlung	12
1.2.2	Endodontologische Therapie	13
1.2.3	Kontrolle einer Wurzelfüllung und Weiterbehandlung	17
1.2.4	Revisionen	17
1.2.5	Einflussfaktoren auf den endodontologischen Erfolg	18
1.3	Fragestellung der Studie	20
2.	Material und Methode	21
2.1	Patientenkollektiv	21
2.2	Endodontologische Behandlung im Examen	21
2.3	Studiendesign	22
2.4	Daten der endodontologischen Behandlung	23
2.4.1	Allgemeine Daten	23
2.4.2	Daten zum Zeitpunkt der Vorbehandlung	23
2.4.3	Daten zum Zeitpunkt des Examens	24
2.4.4	Daten zur post-endodontologischen Weiterbehandlung	24
2.4.5	Daten zum Zeitpunkt der routinemäßigen Kontrolluntersuchung	24
2.5.	Radiologische Datenerfassung	25
2.5.1	Festlegung der Bewertungskriterien	25
2.5.1.1	Bewertung der apikalen und periapikalen Region	25
2.5.1.2	Bewertung der Qualität der Wurzelfüllung	27
2.5.2	Kalibrierung der Untersucher	28
2.5.3	Beurteilung der Röntgenbilder zum Zeitpunkt der definitiven Wurzelfüllung	28
2.5.4	Beurteilung der Röntgenbilder zum Zeitpunkt der routinemäßigen Kontrolluntersuchung	29
2.6	Definition von Erfolg und Misserfolg im Vergleich zum Überleben	29

2.7	Statistische Auswertung	30
3.	Ergebnisse	31
3.1	Kontrollrate sowie Alters-, Geschlechtsverteilung der Patienten	31
3.2	Zahnverteilung und Allgemeine Erfolgsrate	32
3.3	Abhängigkeiten der Einflussfaktoren zum endodontologischen Erfolg	35
3.3.1	Präoperative Faktoren	35
3.3.2	Intraoperative Faktoren	39
3.3.3	Postoperative Faktoren	41
3.4	Abhängigkeiten der prä-, intra- und postoperativen Faktoren untereinander in Bezug zum endodontologischen Erfolg	43
4.	Diskussion	45
4.1	Ziele der Untersuchung	45
4.2	Diskussion von Material und Methode	46
4.2.1	Patientenkollektiv und Beobachtungszeiträume	46
4.2.2	Klinische und röntgenologische Datenerfassung	47
4.2.3	Definition von Erfolg und Misserfolg in der Endodontologie im Vergleich zum Überleben	51
4.2.4	Statistik	52
4.3	Diskussion der Ergebnisse	54
4.3.1	Kontrollrate und Allgemeine Erfolgsrate	54
4.3.2	Einfluss der präoperativen Faktoren	58
4.3.3	Einfluss der intraoperativen Faktoren	63
4.3.4	Einfluss der postoperativen Faktoren	68
4.4	Fazit und Ausblick	72
5.	Zusammenfassung	74
6.	Anhänge	75
6.1	Endodontologiebogen der Studentenkurse und der Examensprüfung	75
6.2	Endodontologiebogen der Kontrolluntersuchungen	77
6.3	Kodetabelle	80
7.	Abbildungsverzeichnis	83
8.	Tabellenverzeichnis	85
9.	Literaturverzeichnis	88

10. Danksagung

108

Abkürzungsverzeichnis

AAT	Angestrebte Aufbereitungstiefe
AF	Amalgamfüllung
BOP	<i>Bleeding on Probing</i> (= Blutung auf Sondierung)
Cand.med.dent.	Candidatus medicinae dentariae (= Kandidat für das Examen in der Zahnmedizin)
CBCT	<i>Cone Beam Computed Tomography</i> (= Dentale Volumentomographie)
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
do	disto-oral
dv	disto-vestibulär
Endometr.	Endometrisch
EPT	Elektrische Pulpa-Testung
ESE	<i>European Society of Endodontology</i> (= Europäische Gesellschaft für Endodontologie)
Fi	Exakter Test nach Fischer
Furk.	Furkation
GIZ	Glasionomerzementfüllung
GK	Goldkrone
HIV	Humanes Immundefizienz Virus
IG	Inlay Gold
IK	Inlay Keramik
Instr.	Instrument
KF	Kompositfüllung
KFO	Kieferorthopädie
LIR	Länge des Instrumentes im Röntgenbild
LIZ	Länge des Instrumentes im Zahn
LK	Lymphknoten
LZ	Länge des Zahnes
LZR	Länge des Zahnes im Röntgenbild
Med.	Medikament

MF	<i>Master-Feile</i>
mo	mesio-oral
Mob.	Mobilität
MP	<i>Masterpoint</i>
mv	mesio-vestibulär
NaOCl	Natriumhypochlorit
NAP	Nervenaustrittspunkt
o	oral
OK	Oberkiefer
o.p.B.	ohne pathologischen Befund
Pac	Parodontitis apicalis chronica
PAI	<i>Periapical Index</i> (= Periapikaler Index)
Palp.	Palpation
Perk.	Perkussion
PRI	<i>Periapical Probability Index</i> (= Periapikaler Wahrscheinlichkeits Index)
PV	Provisorische Versorgung
Rec.	Rezissionen
Ref.Punkt	Referenzpunkt
Rö-Apex	röntgenologischer Apex
RöMess	Röntgen-Messaufnahme
Sens	Sensibilität
SKD	Schneidekantendistanz
SPSS	<i>“Statistical Package for the Social Sciences”</i>
UK	Unterkiefer
v	vestibulär
VK	Vollkeramikkrone
VMK	Verblendete Metallkrone
WF	Wurzelfüllung
WSR	Wurzelspitzenresektion
x^2	Chi-Quadrat-Test

1. Einleitung

1.1 Einführung

Die Endodontologie hat mit wachsendem Wunsch zum Zahnerhalt seitens der Patienten und mit dem Fortschritt innerhalb der Behandlungsformen in den letzten Jahrzehnten zunehmend an Bedeutung gewonnen (Klimm, 2011).

Hinzu kommt, dass durch zunehmendes Bewusstsein für Ernährung und vermehrter Flouridprophylaxe gemäß der vierten deutschen Mundgesundheitsstudie eine Steigerung der Anzahl vorhandener Zähne bis ins hohe Alter hinein festzustellen ist (Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung und Bundeszahnärztekammer, 2006).

Bereits im Jahr 1998 hatten Schulte et al. (1998) vorausgesagt, dass durch die demographische Entwicklung der Bevölkerung vieler westlicher Industrieländer mit einem zunehmenden Anteil an älteren Menschen sich auch der endodontologische Behandlungsbedarf in den nächsten zwei Dezennien erhöhen würde.

Darin wurden sie durch Zahlen des Jahrbuchs 2010 der Kassenzahnärztlichen Bundesvereinigung (2010) bestätigt, die für einen Beobachtungszeitraum von 1991 bis 2009 einen Anstieg der mit den Primär- und Ersatzkassen pro Jahr abgerechneten Wurzelkanalfüllungen in Deutschland um 570.000 auf 7.480.000 Fälle auswiesen.

Im Zeitraum von 1970 bis 2009 war in den westlichen Bundesländern sogar eine Verdoppelung der abgerechneten Wurzelfüllungen pro Jahr von 3.165.000 auf 6.362.000 zu verzeichnen.

Die gestiegenen Behandlungszahlen in Kombination mit der damit verbundenen Forderung nach Sicherung und Verbesserung der Qualität bedeutet für die Lehre an den Zentren für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde eine große Herausforderung.

Die Zahnmedizinstudenten sollen theoretisch und praktisch in die Grundlagen der vielfältigen Methoden und Techniken der modernen Endodontologie eingeführt werden, um somit für die Tätigkeit als späterer Zahnarzt vorbereitet zu sein.

Kerekes und Tronstad (1979) fragten sich bereits vor über 30 Jahren, ob auch das Erlernen einer einfachen, standardisierten Aufbereitungstechnik in Form der von Ingle (1961) propagierten „*standardized endodontic technique*“ zu besserem Verständnis und vor allem gleichbleibend guten Erfolgsquoten bei der Behandlung durch angehende Zahnmediziner führen kann. Als Ergebnis wurde unter anderem festgestellt, dass die gleichen Abläufe bei jeder endodontologischen Versorgung in Form einer Wurzelfüllung für Front- wie Seitenzähne zu einer wesentlichen Verbesserung der Erfolgsraten geführt hatten (Kerekes und Tronstad, 1979).

Im Rahmen der vorliegenden Schrift wurde daher untersucht, zu welcher Erfolgsrate die standardisierte Aufbereitung und Obturation des Wurzelkanalsystems im Examen der Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (Prof. Dr. Dr. Jepsen, M.S.) geführt hat. Zusätzlich wurde in Anlehnung an die Studie von Kerekes und Tronstad (1979) ebenfalls untersucht, ob vor, während oder nach der Behandlung bestimmte Parameter das Therapieergebnis beeinflussen.

1.2 Literaturübersicht

1.2.1 Indikationen für eine Wurzelkanalbehandlung

In den Versuchen von Kakehashi et al. (1965) an experimentell infizierten Pulpen von Laborratten konnte nachgewiesen werden, dass die bakterielle Besiedlung des Pulpagewebes in der Regel den Ausgangspunkt für endodontische Erkrankungsformen markiert. Bakterien und deren Virulenzfaktoren können sowohl über profunde kariöse Läsionen im Kronen- oder Wurzelbereich als auch über exponierte Dentin- und Seitenkanäle infolge von Parodontopathien und Traumata zu einer Infektion der Pulpa führen (Bender und Seltzer, 1972; Bergenholtz, 1977; Geurtsen et al., 2003; Kahler et al., 2000; Langeland et al., 1974; Love, 1996; Olsburgh und Krejci, 2003; Reeves und Stanley, 1966). Ebenso sind komplizierte Kronen- und Wurzelfrakturen mit freigelegter Pulpa eine mögliche Quelle der bakteriellen Invasion, die letztendlich eine Kolliquationsnekrose des Gewebes zur Folge hat (Bender und Seltzer, 1972; Bergenholtz, 1974 und 1977; Bergenholtz et al., 1982). Traumatische Geschehen in Form von Frakturen, Infraktionen, Kontusionen oder Luxationen können aber auch ohne eine bakterielle Mitbeteiligung eine Ursache für eine entzündliche Reaktion der Pulpa (Pulpitis) und eine spätere Koagulationsnekrose darstellen (Andreasen und Pederson, 1985). Iatrogene Gründe einer Pulpitis durch zahnärztliche Eingriffe beruhen auf der Einwirkung physikalischer und chemischer Reize, wie beispielsweise einer pulpennahen Präparation mit unzureichender Wasserkühlung, übermäßiger Trocknung des Dentins oder biologischer Unverträglichkeit auf zahnärztliche Materialien wie Säuren oder Adhäsivsysteme (Baumgardner et al., 1999; Brännström, 1960; Hebling et al., 1999; Law et al., 1999; Retief et al., 1974).

Unbehandelt verursacht eine bakterielle Pulpitis über die Wurzelkanäle und deren Ramifikationen im Wurzelspitzenbereich eine akute Entzündung des apikalen Gewebes (= *Parodontitis apicalis acuta*), die in eine chronische Verlaufsform (= *Parodontitis apicalis chronica*) übergehen kann (Abbott, 2004; Korzen et al., 1974; Möller et al., 1981; Nair, 1997). Besteht eine hohe Virulenz der pathogenen Bakterien oder ist die körpereigene Abwehr reduziert, bilden sich primär apikale Abszesse beziehungsweise

gehen aus einer vormals chronischen, apikalen Parodontitis hervor (= Phönix-Abszess) (Abbott, 2004; Nair, 1997).

Die Indikation für eine Wurzelkanalbehandlung ist sowohl bei der Feststellung einer irreversiblen Pulpitis als auch bei einer Pulpanekrose oder einer apikalen Parodontitis gegeben (ESE 1994, 2006; DGZMK, 2000 a). Eine irreversible Pulpitis ist klinisch oftmals durch einen pulsierenden, pochenden, anhaltenden, ausstrahlenden Schmerz gekennzeichnet, der thermische und elektrische Reize überdauert und auch nachts spürbar ist (Bender, 2000; Baume, 1965; Baume et al., 1970; Michaelson und Holland, 2002; Sirgudsson, 2003). Oft ist sie mit ausgedehnten kariösen Läsionen, tiefreichenden Füllungen oder einem Trauma vergesellschaftet. Der Übergang von einer irreversiblen Pulpitis in eine akute, apikale Parodontitis ist oftmals schwierig zu diagnostizieren, jedoch häufig von einem Aufbisschmerz und einer stark positiven Reaktion auf vertikales Klopfen (= Perkussion) begleitet (Abbott, 2004). Radiologisch ist gemäß Abbott (2004) bei der Manifestation einer *Parodontitis apicalis acuta* oftmals ein verbreiteter Parodontalspalt an der Wurzelspitze (= Apex) erkennbar. Eine *Parodontitis apicalis chronica* ist hingegen klinisch nahezu symptomlos und zeigt bei der Sensibilitätsprobe (= thermische Testung der Sensibilität) keine Sensation. Unter Umständen ist die Palpation der Wurzelspitzenregion schmerzhaft. Im Röntgenbild ist eine apikale Aufhellung am Apex zu beobachten (Abbott, 2004; Nair, 1997).

Differentialdiagnostisch sind Erkrankungen des marginalen Parodontiums, eine traumatische Okklusion, kranio-manibuläre Dysfunktionen (CMD), eine Sinusitis maxillaris, Zysten, Neuralgien, Otitiden u.v.m. auszuschließen.

1.2.2 Endodontologische Therapie

Ziel einer Wurzelkanalbehandlung sind gesunde, apikale Strukturen durch eine chemo-mechanische Aufbereitung des Wurzelkanalsystems mit anschließender bakterien-dichten Obturation (DGZMK 2000 a und 2000 b; ESE, 1994 und 2006). Die Aufbereitung soll einerseits Mikroorganismen sowie vitales oder nekrotisches Gewebe aus dem Wurzelkanalsystem entfernen und andererseits die Formgebung des Wurzelkanals unter Beibehaltung des ursprünglichen Verlaufs und der apikalen Konstriktion beinhalten. Eine

konische Gestaltung des Wurzelkanals ermöglicht die spätere Aufnahme einer bakteriendichten Wurzelfüllung (= Obturation) von Wurzelkanälen und ehemaliger Kronenpulpa (DGZMK, 2000 a; Hülsmann et al., 2005; Schilder, 1974).

Im Vorfeld der eigentlichen Wurzelkanalbehandlung ist häufig die Entfernung von Karies, insuffizienten Füllungen und Kronen, sowie gegebenenfalls ein adhäsiver Aufbau stark zerstörter Zähne mit Komposit notwendig (ESE, 2006).

Bei entsprechender Indikation stellt das Anlegen einer Zugangskavität zum Wurzelkanalsystem (= Trepanation) unter absoluten Trockenlegung den ersten Schritt einer Wurzelkanalbehandlung dar (Heling und Heling, 1977). Hierbei ist auf eine vollständige Entfernung des Pulpenkammerdachs und der Kronenpulpa sowie einen direkten Zugang zu dem/den lokalisierten Wurzelkanal/-kanälen zu achten (Weine, 1996). Im Fall einer irreversiblen Pulpitis wird das vitale Gewebe anschließend mit speziellen Handinstrumenten (Exstirpationsnadeln) entfernt. Eine Erweiterung des/der Kanaleinganges/-gänge ermöglicht in der Folge das sogenannte „*Preflaring*“ (= Initiale Erweiterung zur provisorisch festgelegten AAT) mit weiteren Hand- (Kerr-, Hedströmfeilen, Reamer) oder rotierenden Nickel-Titan-Instrumenten, das jeweils internierend von entsprechenden Spülungen begleitet wird (Pecora et al., 2005). Die Spülungen haben in diesem Zusammenhang das Ziel Gewebereste, Detritus und Bakterien aus Dentinkanälchen, Seitenkanälen und anderen schwer zugänglichen Bereichen zu beseitigen (Haapasalo et al., 2007; Siqueira et al., 2002). Da Natriumhypochlorit (= NaOCl) sowohl antimikrobiell wirksam ist als auch Gewebereste zuverlässig auflöst, sollte es hinsichtlich der großen Anzahl an verfügbaren Spüllösungen (NaOCl, Wasserstoffperoxid, Chlorhexidin, Zitronensäure, Alkohol) als Mittel der ersten Wahl betrachtet werden (Klimm, 2011; Sirtes et al., 2005).

Mit der Bestimmung der Aufbereitungslänge in Bezug auf einen koronalen Referenzpunkt beginnt die eigentliche Aufbereitung des Wurzelkanalsystems. Diese Messung wird in der Regel zunächst mittels Endometrie vorgenommen, die auf dem konstanten elektrischen Widerstand (6,5 Kilo-Ohm) zwischen Mundschleimhaut und Desmodont beruht (Sunada, 1962). Mittels geschlossenem Stromkreis über das Instrument im Wurzelkanal und einer Ausgleichselektrode an der Mundschleimhaut kann somit die Lage des Apex zuverlässig bestimmt werden (Hör und Attin, 2004; Hör et al., 2005). Im

Anschluss an die endometrische - erfolgt die röntgenologische Längenbestimmung mittels Silberstiften oder Handinstrumenten, die sich in ihrer Länge an den Messungen der Endometrie orientieren (ESE, 2006; DGZMK, 2004).

Gemäß der angestrebten Aufbereitungstiefe (= AAT) erfolgt danach die chemo-mechanische Aufbereitung und Desinfektion des Wurzelkanalsystems mit Hand- oder maschinell-betriebenen Feilensystemen und weiteren Spülungen nach jedem Instrument. Bei Verwendung von Handinstrumenten wird diesbezüglich oft nach apikal-koronalen Methoden wie der *Step-back*-Technik verfahren, bei der ab der ersten Feile mit Friktion an der AAT (= Initialfeile) mindestens 3-5 weitere Instrumentengrößen bis zur sogenannten Masterfeile infiziertes Dentin abgetragen wird. Als letzter Schritt im Rahmen der Formgebung sollte zum Ende im apikalen Wurzeldrittel die Länge in Relation zur Masterfeile bei den 3-5 folgenden Größen um jeweils 0,5 bis 1 mm reduziert werden (Allison et al., 1979; Baugh und Wallace, 2005; Clem, 1969; Mullaney, 1979).

Bei maschinellen Feilensystemen hat sich im Gegensatz dazu oft ein koronal-apikales Vorgehen bewährt, bei dem mit absteigender Feilengröße immer tiefer in den Kanal vorgedrungen wird (*Step-down*-, *Crown-down*-, *Double-flared*-Technik) (Fava, 1983; Goerig et al., 1982; Morgan und Montgomery, 1984). Dies bietet den Vorteil einer frühen Ausräumung des koronalen Anteils und damit eine Vermeidung einer Verschleppung größerer Bakterienmenge nach apikal. Des Weiteren kann die Spüllösung somit frühzeitig und besser in tiefere Wurzelkanalanteile penetrieren. Dem gegenüber besteht allerdings auch ein erhöhtes Risiko einer sog. „*Ledge*“-Präparation (übermäßige Erweiterung der Außenkrümmung gekrümmter Wurzelkanäle) oder einer Perforation (Hülsmann et al., 2005).

Nach entsprechenden medikamentösen Einlagen, wie zum Beispiel Ledermix® (Riemser Pharma GmbH, Greifswald) oder Kalziumhydroxid, kann bei Beschwerdefreiheit die Ob-turation des Wurzelkanalsystems mit einer Kombination von Sealer und Guttapercha erfolgen (DGZMK, 2000 b; Mohammadi und Abbott, 2009; Mohammadi und Dummer, 2011; Weiger et al., 2000). Nur die Verbindung beider Materialien erfüllt die Anforderungen von Biokompatibilität, chemischer und biologischer Beständigkeit, Dimensionstreu, Dichtigkeit in Bezug auf Bakterien und Flüssigkeiten sowie eine ent-

sprechende Verarbeitbarkeit (Chandra, 2009; DGZMK, 2000 b). Allerdings ist hierfür auch eine geeignete Applikationstechnik notwendig, die oft in Form der kalten, lateralen Kondensation vollzogen wird. Diese zunehmende Verdichtung des zuerst bis zur AAT eingeführten *Masterpoints* mit den folgenden Nebenstiften, die alle mit Sealer beschickt sind, gilt nach wie vor als Gold-Standard innerhalb der vielfältigen Fülltechniken (Guigand et al., 2005). Sie erzielt in diesem Zusammenhang ähnlich gute Ergebnisse wie beispielsweise die warme, vertikale Kondensation nach Schilder (Guigand et al., 2005; Ng et al., 2011 a; Peng et al., 2007; Schilder, 2006). Weitere thermoplastische Fülltechniken wie Thermafil® (DENTSPLY DeTrey, Konstanz), Guttafusion® (VDW, München) und BeeFill® (VDW, München) halten inzwischen zunehmend Einzug in die Endodontologie.

Unmittelbar nach einer röntgenologischen Kontrollaufnahme sollte die für suffizient befundene Wurzelfüllung koronal ebenfalls bakteriendicht verschlossen werden, um eine Reinfektion durch die Zugangskavität zu verhindern (DGZMK, 2003).

Merkmale einer guten Wurzelfüllung (WF) sind in diesem Zusammenhang eine homogene Obturation mit guter Adaptation an der Kanalwand. Dabei sollte die WF in einem Bereich zwischen 2 mm vor dem - und dem Apex selbst enden (ESE, 2006). Ansonsten muss sie entweder als zu kurz oder zu lang bezeichnet und als Konsequenz erneuert werden (s. Tab. 1).

Tab. 1: International geläufige Einteilung der Länge einer Wurzelfüllung

Kategorie	Definition
Zu Kurz (= „ <i>short</i> “)	Mehr als 2 mm vom röntgenologischen Apex entfernt
Zufriedenstellend (= „ <i>flush</i> “)	0 - 2 mm vom röntgenologischen Apex entfernt
Zu Lang (= „ <i>long</i> “)	Über den röntgenologischen Apex hinaus

1.2.3 Kontrolle einer Wurzelfüllung und Weiterbehandlung

Friedman und Mor (2004) merken hinsichtlich des Erfolgs einer Wurzelkanalbehandlung an, dass aus Patientensicht die Beseitigung der klinischen Beschwerden und/oder der Verbleib des betreffenden Zahnes von größerem Interesse ist, als die Bewahrung beziehungsweise Wiederherstellung der Integrität der apikalen Gewebe.

Gemäß den Richtlinien der ESE (2006) muss das Ziel jeder Wurzelkanalbehandlung jedoch eine Entzündungsfreiheit am Apex (= Wurzelspitze) sein, weshalb bei der Kontrolle einer endodontologischen Behandlung eine klinische und radiologische Nachuntersuchung notwendig ist (ESE, 2006; Ng et al., 2007 a und 2011 a). Um Veränderungen an der Wurzelspitze feststellen zu können, sollte ein Röntgenbild allerdings frühestens nach einem halben Jahr erstellt werden.

Bleibt der endodontologisch behandelte Zahn klinisch und radiologisch unauffällig, ist in Abhängigkeit vom Substanzverlust durch Karies, Traumata und durch die Zugangskavität eine weitere restaurative Versorgung im Sinne einer Überkronung in Betracht zu ziehen (DGZMK, 2003; Saunders und Saunders, 1994). Diese fasst den Zahn körperlich und wirkt somit einer erhöhten Frakturanfälligkeit infolge reduzierter Stabilität entgegen. Bei sehr großen Defekten kann zusätzlich der Einsatz von gegossenen Stiftaufbauten oder Stiften auf Glasfaser-Komposit-Basis für eine ausreichende Retention des Zahnstumpfes notwendig sein.

1.2.4 Revisionen

Die Gründe für das Scheitern einer Wurzelkanalbehandlung sind vielfältiger Natur, aber letztendlich oft auf eine Re- oder Neuinfektion des Wurzelkanalsystems zurückzuführen (Nair et al., 1990). Daneben führt Nair (2006) in einer Übersichtsstudie extraradikuläre Infektionen, Fremdkörperreaktionen auf extrudiertes Material, eine Akkumulation von Cholesterolkristallen apikal, Narbengewebe oder beispielsweise Zysten als weitere Gründe für persistierende, apikale Osteolysen auf. Konsequenz aus der Feststellung eines endodontologischen Misserfolgs ist laut Sundqvist et al. (1998) die Entscheidung zur orthograden Revision (= sekundäre Wurzelkanalbehandlung).

Diesbezüglich steht der Zahnarzt vor der technischen Herausforderung das zuvor eingebrachte WF-Material vollständig zu entfernen und sich wieder Zugang zur apikalen Konstriktion zu erarbeiten. Zudem ist er mit einem veränderten mikrobiellen Milieu konfrontiert, bei dem mit einer Prävalenz von 22 % bis zu 77 % *Enterococcus faecalis* nachweisbar ist (Siqueira und Rocas, 2004; Fouad et al., 2005). Aufgrund dessen Resistenz gegenüber den meisten angewandten Mitteln zur Desinfektion und seiner Fähigkeit zur Unterhaltung monoinfektöser Erkrankungen erwachsen zusätzliche Problematiken (Byström und Sundqvist, 1985 a; Fabricius et al., 1982).

Daher ist bei Revisionen besonders auf eine effektive chemo-mechanische Aufbereitung bis zur angestrebten Aufbereitungstiefe (AAT), gegebenenfalls unter Verwendung zusätzlicher desinfizierender Maßnahmen (Chlorhexidin - oder erwärmte Natriumhypochlorit-Spülung), sowie eine bakteriendichte Obturation zu achten (Sirtes et al., 2005).

1.2.5 Einflussfaktoren auf den endodontologischen Erfolg

Zahlreiche Studien der letzten Jahrzehnte untersuchten den Einfluss diverser Faktoren auf das Therapieergebnis. Diesbezüglich können Variablen vor Behandlungsbeginn (= präoperativ) von solchen während (= intraoperativ) und nach (= postoperativ) der Wurzelkanalbehandlung unterschieden werden (Ng et al., 2007 b).

Laut der Studienlage sind präoperativ vor allem der pulpale Status sowie die periapikalen Verhältnisse von entscheidender Bedeutung, da sowohl Zähne mit nekrotischer Pulpa als auch solche mit apikalen Aufhellungen signifikant häufiger nicht vollständig ausheilen (Basmadjian-Charles et al., 2002; Kojima et al., 2004; Ng et al., 2007 b, 2008). Gemäß neuerer Erkenntnisse wirken sich in Bezug auf allgemeine Erkrankungen ein Diabetes mellitus ebenfalls negativ auf das Behandlungsergebnis endodontologisch behandelter Zähne aus (Fouad und Burleson, 2003; Marending et al., 2005). Hingegen wird die Rolle des Zahntyps und somit die Frage, ob eine kompliziertere Wurzelkanalanatomie mit einem häufigerem Scheitern verbunden ist, weiterhin kontrovers diskutiert und kann als noch nicht abschließend geklärt betrachtet werden (Cheung, 2002; Cheung und Chan, 2003; Farzaneh et al., 2004 a; Ng et al., 2007 b, 2008, 2011 a; Ricucci et al., 2011; Weiger et al., 2000).

Intraoperativ wird die effektive Elimination der Bakterien im Rahmen der chemo-mechanischen Aufbereitung, gegebenenfalls in Verbindung mit medikamentösen Einlagen, angestrebt, da eine Bakterienfreiheit im Vorfeld der Obturation mit einem erfolgreichen Therapieausgang assoziiert ist (Byström et al., 1985 b; Card et al., 2002; Ng et al., 2008; Ørstavik et al., 1991; Sjögren et al., 1997; Sundqvist et al., 1998). Um einen langfristigen Erfolg zu gewährleisten muss die anschließende Wurzelfüllung homogen und randständig sein sowie bis zur apikalen Konstriktion reichen (Kojima et al., 2004; Ng et al., 2007 b und 2008).

Der unmittelbar nach der Wurzelfüllung vorzunehmende, bakteriendichte koronale Abschluss beendet die intraoperative- und leitet die postoperative Phase ein (DGZMK, 2003; Ng et al., 2011 a; Saunders und Saunders, 1994). In dieser ist eine qualitativ suffiziente Versorgung gleichbedeutend mit höheren Erfolgsquoten (Gillen et al., 2011; Ng et al., 2007b, 2008; Ray und Trope, 1995). Die Einbeziehung in prothetische Versorgungsformen bei Fehlen benachbarter Zähne birgt diesbezüglich zusätzliche Risiken (Matsumoto et al., 1987; Ng et al., 2007 b; Sjögren et al., 1990).

1.3 Fragestellung der Studie

Im Examen der Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (Prof. Dr. Dr. Jepsen, M.S.) wurde hinsichtlich der Aufbereitung, Desinfektion und Obturation des Wurzelkanalsystems ein standardisiertes Konzept eingehalten. Diesbezüglich stellen sowohl die apikal-koronale, chemo-mechanische Aufbereitung und Desinfektion als auch die kalte, laterale Kondensation seit Jahrzehnten bewährte und leicht zu erlernende Techniken dar (Clem, 1969; Guigand et al., 2005).

Ziel dieser retrospektiven, wissenschaftlichen Arbeit war es, im Unterschied zu einer alleinigen Evaluation des Verbleibs wurzelkanalbehandelter Zähne (= Überleben), die Erfolgsrate endodontologischer Interventionen in der Staatsexamensprüfung zu analysieren. Darüber hinaus sollten diejenigen Parameter identifiziert werden, die Einfluss auf das Therapieergebnis nahmen.

Folgende Fragestellungen sollten im Rahmen dieser retrospektiven Analyse aufgeklärt werden:

1. Wie hoch lag der Anteil erfolgreicher, endodontologischer Therapien aus den untersuchten Examina mit einer Beobachtungszeit von mindestens 2 Jahren?
2. Welchen Einfluss nahmen die Ausgangsdiagnose und andere präoperative Faktoren auf den Erfolg?
3. Welche Korrelation bestand zwischen intraoperativen Faktoren und dem Erfolg?
4. Hatten die postoperativen Faktoren einen Einfluss auf eine vollständige Heilung?
5. Welche Kombination von prä-, intra- und postoperativen Faktoren besaß den größten Einfluss auf die Erfolgsrate?

2. Material und Methode

2.1 Patientenkollektiv

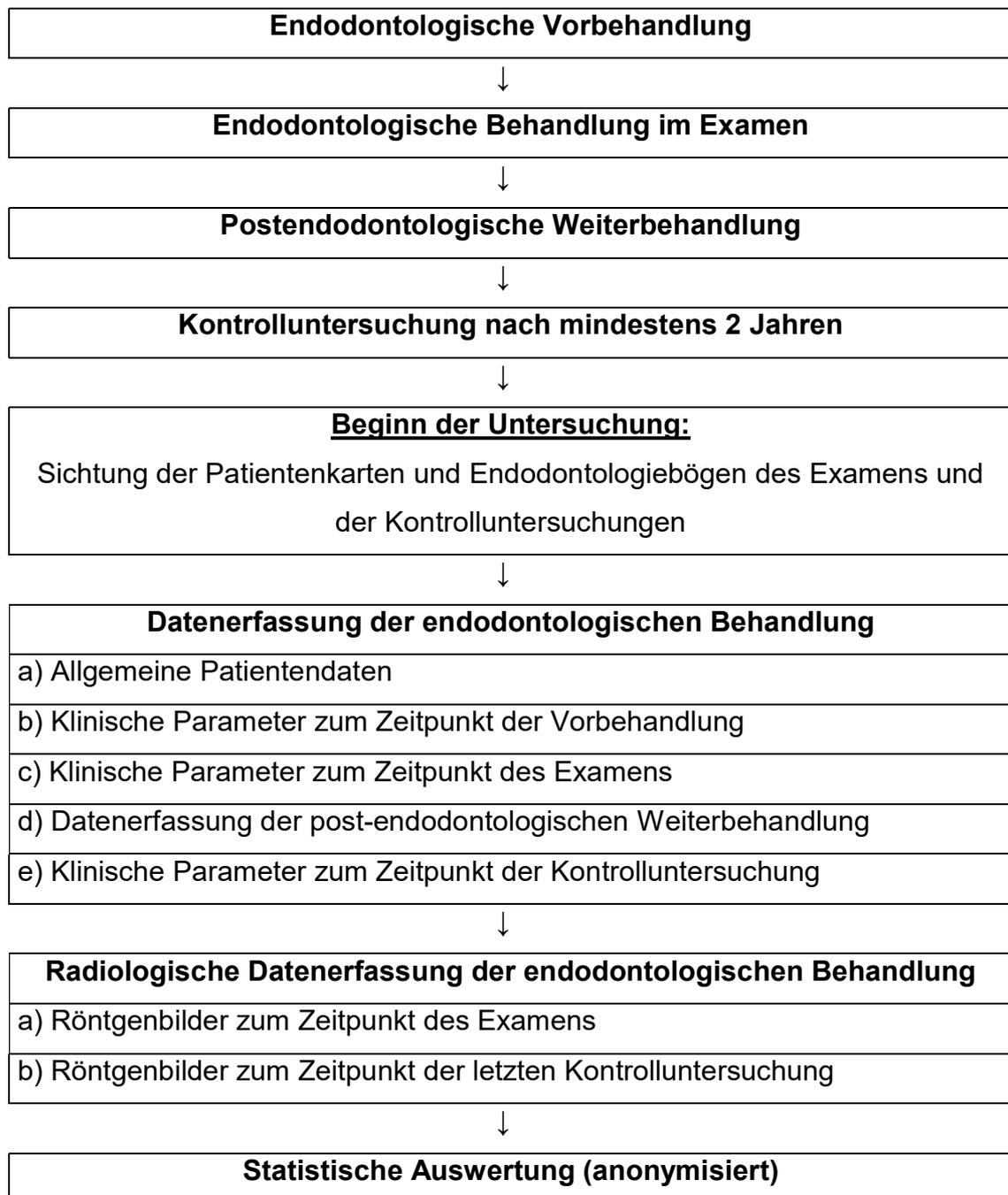
Die in dieser retrospektiven Studie erfassten Daten stammen ausschließlich von Patienten, bei denen im Rahmen der Staatsexamens-Prüfung der Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (Prof. Dr. Dr. Jepsen, M.S.) eine abgeschlossene, endodontologische Behandlung durchgeführt wurde. Insgesamt standen die Daten von 9 Examensprüfungen, beginnend mit dem Examen des Sommersemester 2005 und endend mit dem Examen des Wintersemester 2010, zur Verfügung. Somit beträgt die Patientenzahl dieser Studie insgesamt 211 mit einer Anzahl von 227 Zähnen.

2.2 Endodontologische Behandlung im Examen

Nach vorangegangener Vorbehandlung (Trepanation, initiale Kanalerweiterung und medikamentöse Einlage) durch Assistenten oder im Studentenkurs umfasste die endodontologische Behandlung im Examen routinemäßig zunächst die manuelle, chemomechanische Aufbereitung mit Kerr-Feilen gemäß der endometrisch - und röntgenologisch-ermittelten Aufbereitungstiefe. Diesbezüglich wurde nach der apikal-koronalen Methode der *Step-back*-Technik verfahren und mit 3-prozentiger NaOCl-Lösung gespült. Nach gegebenenfalls erneuter medikamentöser Einlage mit Kalziumhydroxid erfolgte die kalt-laterale Obturation des Wurzelkanalsystems mit einer Kombination von Seal Apex[®] (KerrHawe, Bioggio) beziehungsweise Roeco Seal[®] (Coltène/Whaledent, Langenau) und Guttapercha. Nach röntgenologischer Kontrolle der Wurzelfüllung wurde diese nach koronal in der Regel mit einer Schicht Zinkoxid-Eugenol-Zement, gefolgt von einer Schicht Zinkoxid-Phosphat-Zement und der abschließenden Kompositrestauration verschlossen. Alle Behandlungsschritte wurden unter absoluter Trockenlegung durchgeführt.

2.3 Studiendesign

Der chronologische Ablauf vor und während der vorliegenden Untersuchung vollzog sich nach dem folgenden Schema:



2.4. Daten der endodontologischen Behandlung

Den Patientenkarten sowie den Endodontologie-Bögen des Examens (siehe Anhang 6.1.) und der Kontrolluntersuchungen (siehe Anhang 6.2.) wurden neben allgemeinen Daten die Befunde zum Zeitpunkt der Vorbehandlung, des Examens, der postendodontologischen Weiterbehandlung und der Kontrolluntersuchung entnommen und in OpenOffice®-Tabellen (The Apache Software Foundation, Los Angeles) erfasst.

2.4.1 Allgemeine Daten

Folgende allgemeine Daten waren im Interesse dieser retrospektiven Studie:

- a) Geschlecht
- b) Alter zum Zeitpunkt der Wurzelfüllung in der Examensprüfung und Alter zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchungen

2.4.2 Daten zum Zeitpunkt der Vorbehandlung

Nachfolgend wurden die zum Zeitpunkt der Trepanation vorliegenden Befunde erfasst:

- a) Behandelter Zahn
- b) Schmerzsymptomatik (Auslöser, Lokalisation, Qualität, Dauer, Frequenz)
- c) Ergebnis der Sensibilitätsprüfung (stark positiv, positiv, unklar, negativ) und des Perkussion-Tests (horizontal und vertikal)
- d) Mögliche, weitere Befunde wie Fistel, Schwellung, Rötung und/oder Druckdolenz
- e) Lockerungsgrad des behandelten Zahnes (0, I, II oder III)
- f) Diagnostische Röntgenbilder
- g) Diagnose
- h) Trepanationsbefund und endodontologische Vorbehandlung
- i) Kanalanzahl und -konfiguration (Kanal 1 immer oral, Kanal 2 immer vestibulär)

2.4.3 Daten zum Zeitpunkt des Examens

Neben der wiederholten Überprüfung der Sensibilität, der Perkussion, der Schmerzsymptomatik und des parodontalen Befundes wurden die aktuelle Diagnose sowie die nachstehenden Daten registriert (siehe Anhang 6.1.):

- a) Längenbestimmung mittels Endometrie und verwendetes Gerät
- b) Einsatz/Nicht-Einsatz von maschinellen Aufbereitungsmethoden
- c) Art des verwendeten Sealers
- d) Anzahl der Sitzungen bis zur definitiven Wurzelfüllung innerhalb des Examens
- e) Art der unmittelbar nach erfolgreichem Abfüllen des Wurzelkanalsystems erfolgten, koronalen Versorgung
- f) Mögliche Komplikationen während der Behandlung im Examen

2.4.4 Daten zur postendodontologischen Weiterbehandlung

Die Patientenkarten wurden bezüglich der postendodontologischen Weiterbehandlung auf folgende Aspekte überprüft:

- a) Art, Eingliederungsdatum, Alter und zeitlicher Abstand zur Behandlung im Examen der post-endodontologischen, prothetischen Versorgung
- b) Suffizienz von Kronen- bzw. Füllungsrandern
- c) Post-endodontologische Schmerzen
- d) Revisionen der Wurzelfüllung und/oder Wurzelspitzenresektionen
- e) Frakturen und deren zeitlicher Abstand zur Behandlung im Examen

2.4.5 Daten zum Zeitpunkt der routinemäßigen Kontrolluntersuchung

Im Rahmen der routinemäßig durchgeführten Kontrolluntersuchungen (= *Recall*) mittels eines zweiten Endodontologiebogens (siehe Anhang 6.2.) wurde die allgemeinmedizinische Anamnese überprüft sowie die zahnärztliche Anamnese gegebenenfalls aktualisiert. Im Anschluss erfolgte eine extra- und intraorale Befunderhebung.

Die wurzelkanalbehandelten Zähne wurden in diesem Zusammenhang hinsichtlich der folgenden Parameter untersucht:

- a) Ergebnis des Perkussions- (horizontal und vertikal) und des Watterollentests
- b) Ergebnis der Palpation des Alveolarkammes von vestibulär und oral
- c) Bestimmung des Lockerungsgrades (0, I, II und III) nach Lindhe und Nyman (Lindhe und Nyman, 1977)
- d) Messung der Sondierungstiefen und Rezessionen mesio-vestibulär, vestibulär, disto-vestibulär, disto-oral, oral und mesio-oral, gemessen mit einer PCP 11-Sonde des Herstellers Hu-Friedy®
- e) Messung des Furkationgrades (0, I, II oder III) nach Hamp, gemessen mit einer PQ2N Nabers -Sonde des Herstellers Hu-Friedy® (Hamp et al., 1975)
- f) Art, Alter und Qualität (Suffizienz oder Insuffizienz) der vorhandenen Versorgung
- g) Karies, Verfärbungen, Infrakturen, Traumata, Attrition, Abrasion, Perforationen und/oder Zahnhalsdefekten

2.5 Radiologische Datenerfassung

2.5.1 Festlegung der Bewertungskriterien

2.5.1.1 Bewertung der apikalen und periapikalen Region

Für die Beurteilung der apikalen und periapikalen Region jedes einzelnen Wurzelkanals im Rahmen dieser Studie wurde der sogenannte *Periapical Index* (PAI) von Ørstavik et al. (1986) mit den entsprechenden Referenzbildern verwendet (schematische Darstellung mit Allplan 2014® der Nemetschek Allplan Deutschland GmbH, München und *GNU Image Manipulation Program 2.8.10*® des *GIMP Team*, www.gimp.org siehe Abb. 1-5) und geringfügig modifiziert (siehe Tab. 2).

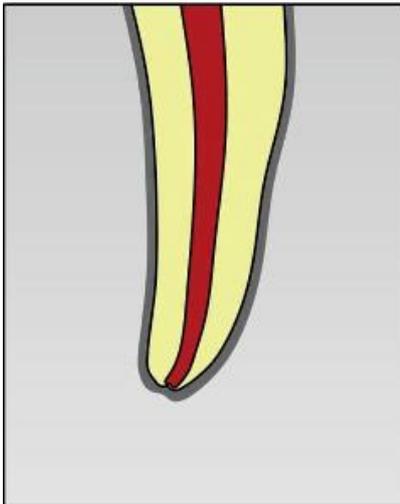


Abb. 1: PAI 1 = Gesunder Periapex

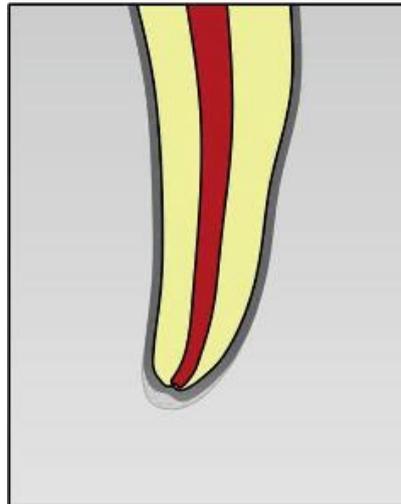


Abb. 2: PAI 2 = Veränderte Knochenstruktur am Periapex

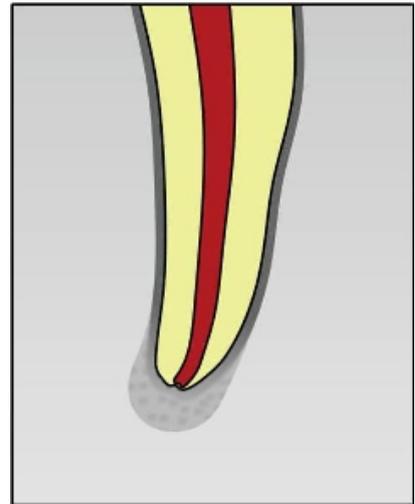


Abb. 3: PAI 3 = Veränderte Knochenstruktur mit Mineralverlust am Periapex

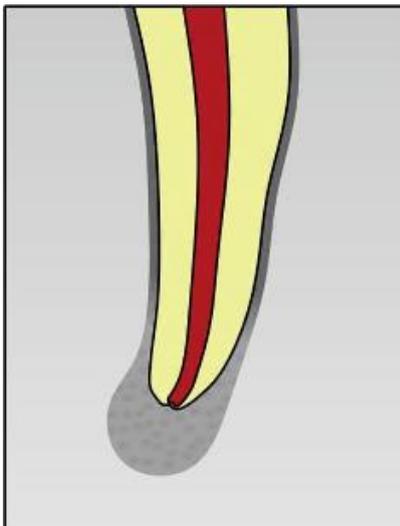


Abb. 4: PAI 4 = Klar begrenzte, apikale Parodontitis

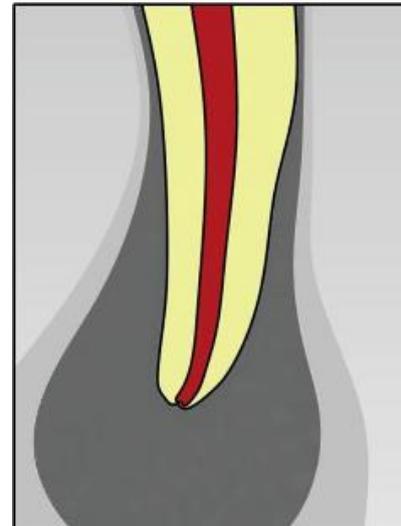


Abb. 5: PAI 5 = Apikale Parodontitis mit Anzeichen einer Exazerbation

Tab. 2: Modifikation des PAI-Index zur Beurteilung der apikalen Region

Grad	Ursprüngliche Beschreibung	Zusätzliche Modifikation in Studie
1	Gesunde, periradikuläre Verhältnisse	übernommen
2	Kleine Veränderungen in der Knochenstruktur	Jede Form von erweitertem Parodontalspalt unter 1 mm Durchmesser
3	Veränderungen in der Knochenstruktur mit erkennbarem Mineralverlust	Größe der apikalen Veränderung liegt unter 3 mm im Durchmesser
4	Apikale Parodontitis mit klar definierter Läsion	Größe der apikalen Veränderung liegt über 3 mm im Durchmesser
5	Schwere apikale Parodontitis mit Anzeichen einer akuten Exazerbation	übernommen

2.5.1.2 Bewertung der Qualität der Wurzelfüllung

Die Bewertung der Qualität der Wurzelfüllung im Röntgenbild erfolgte für jeden Wurzelkanal einzeln und wurde mit Hilfe des in der Studie von Moussa-Badran et al. (2008) entwickelten *Scoring-Systems* vorgenommen (s. Tab. 3)

Tab. 3: *Scoring-Systems* zur Beurteilung der Wurzelfüllungsqualität

Score	Definition
1	Unzureichende Kondensation der Wurzelfüllung
2	Luftblasen innerhalb der Wurzelfüllung oder im Grenzbereich zur Wurzelkanalwand
3	Wurzelfüllung ist mehr als 2 mm vom röntgenologischen Apex entfernt
4	Wurzelfüllung geht über den röntgenologischen Apex hinaus

2.5.2 Kalibrierung der Untersucher

Eine Kalibrierung von zwei im Bereich der Endodontologie erfahrenen Zahnärzten und einem endodontologisch unerfahrenen Zahnarzt wurde eine Woche vor der Befundung der Röntgenbilder mittels 12 Aufnahmen von Wurzelfüllungen (WF) und 12 Kontrollaufnahmen durchgeführt. Gemäß den Empfehlungen von Patel et al. (2000) fand diese in einem verdunkelten Raum mit optischer Vergrößerung an einem abgeblendeten Röntgenbetrachter statt.

Unter den gleichen Bedingungen wurden eine Woche später die vorliegenden Röntgenbilder nacheinander innerhalb eines Termins durch die 3 Untersucher befundet. In fraglichen Fällen wurde eine Entscheidung mittels Konsens getroffen.

2.5.3 Beurteilung der Röntgenbilder zum Zeitpunkt der definitiven Wurzelfüllung

Neben der Einschätzung der apikalen Verhältnisse und der Qualität der Behandlung zum Zeitpunkt der Wurzelfüllung wurden folgende anatomische Aspekte zusätzlich erfasst:

- a) starke Krümmungen der Wurzel oder Wurzelspitze
- b) apikale als auch laterale, externe wie interne Resorptionen
- c) Bifurkationen oder sich im apikalen Wurzeldrittel vereinigende Wurzelkanäle
- d) Obliterationen
- e) Ausmaß von marginalem Knochenabbau (0 %, 25 %, 50 % oder 75 %), gemessen ab 2 mm koronal der Schmelz-Zement-Grenze bis zur lateralen Knochenkante

Bezüglich der Aufbereitung des Wurzelkanalsystems wurde zudem auf die nun aufgeführten Variablen geachtet:

- f) „Ledge“ – Präparation (übermäßige Erweiterung der apikalen Außenkurvatur)
- g) Perforation apikal oder lateral
- h) *Via falsa*
- i) Instrumentfraktur

2.5.4 Beurteilung der Röntgenbilder zum Zeitpunkt der routinemäßigen Kontrolluntersuchung

Jeweils im Vergleich zum Ausgangsbild waren diese Befunde im Interesse der Studie:

- a) Aktueller PAI und die Entwicklung der apikalen, knöchernen Regeneration
- b) Ausmaß von marginalem Knochenabbau (0 %, 25 %, 50 % oder 75 %), gemessen ab 2 mm koronal der Schmelz-Zement-Grenze bis zur lateralen Knochenkante
- c) Suffizienz der koronalen Versorgung unter besonderer Berücksichtigung von Stiften und Wurzelstiftkappen

2.6 Definition von Erfolg und Misserfolg im Vergleich zum Überleben

In der Definition von Erfolg und Misserfolg orientiert sich diese Studie an den Qualitätsrichtlinien der Europäischen Gesellschaft für Endodontologie (ESE, 2006) (s. Tab. 4).

Daher wird nur die vollständige Heilung primär als Therapieerfolg angesehen, wohingegen die Gruppe Misserfolg die unvollständige Heilung sowie Fälle von keiner Heilung beinhaltet.

Tab. 4: Definition von Heilung/Nicht-Heilung durch die ESE (1994, 2006)

Definition	Beschreibung
Vollständige Heilung	Klinische Symptomlosigkeit und radiologisch durchgehend verfolgbare Parodontalspalt normaler Breite
Unvollständige Heilung	Klinische Symptomfreiheit und radiologisch verifizierbare Verkleinerung der endodontisch bedingten Läsion
Keine Heilung	Klinische Symptome einer endodontisch bedingten Parodontitis und/oder radiologisch nicht nachweisbare Verkleinerung einer endodontologisch bedingten periapikalen Läsion, ggf. Neubildung einer periradikulären Läsion und/oder radiologisch erkennbare externe, progressive Resorption

Vom endodontologischen Erfolg zu unterscheiden ist das sogenannte Überleben wurzelkanalbehandelter Zähne. Zur zusätzlichen Bestimmung einer Überlebensrate wurden, in Anlehnung an die meisten Publikationen, in dieser Untersuchung diejenigen Zähne herangezogen, die sich 2 Jahre nach einer endodontologischen Therapie im Examen noch *in situ* befanden (Alley et al., 2004; Dammascke et al., 2003; Ng et al., 2011 b; Salehrabi und Rotstein, 2004; Tan et al., 2006).

2.7 Statistische Auswertung

Alle Patientendaten wurden mit *OpenOffice* - Tabellenkalkulation[®] (*The Apache Software Foundation, Los Angeles*) erfasst und anschließend für die Auswertung mit dem Zahn als statistische Einheit in Form von Zahlenwerten kodiert (siehe Anhang 6.3.). Die Auswertung aller Daten erfolgte diesbezüglich in anonymisierter Form, das heißt persönliche, patientenbezogene Daten wurden nicht registriert und somit nicht ausgewertet. Die anonymisierten Datensätze wurden dann in das Programm IBM SPSS 20[®] (IBM Corporation, New York) übertragen und danach für die weitere Analyse auf Patienten mit Kontrolluntersuchungen begrenzt.

Nach Beratung durch das Institut für Medizinische Biometrie, Informatik und Epidemiologie (IMBIE) (Dr. Fimmers) des Universitätsklinikums Bonn wurden zur Ermittlung der Abhängigkeiten des Erfolgs von bestimmten Faktoren der sogenannte Chi-Quadrat-Homogenitätstest sowie der Exakte Test nach Fischer durchgeführt. Fälle mit unsicheren Befunden wurden in diesem Zusammenhang faktorenbezogen ausgeschlossen. Um die mögliche gegenseitige Beeinflussung von Faktoren hinsichtlich einer vollständigen Heilung zu beurteilen, wurde mit den gewonnenen Erkenntnissen eine vorwärts-bedingte, binär-logistische Regressionsanalyse berechnet. Bei allen drei statistischen Verfahren wurde das Signifikanzniveau mit 0,05 definiert. Von einer tendenziellen Signifikanz wurde bei Werte $> 0,1$ ausgegangen. Für eine weitere Beschreibung des Ausmaßes der Korrelationen wurde zusätzlich für jeden Faktor der Erfolgsstatistik die sog. *odds ratio* (= Chancenverhältnis) mit dem entsprechenden Konfidenzintervall berechnet.

3. Ergebnisse

3.1 Kontrollrate sowie Alters- und Geschlechtsverteilung der Patienten

Von den 211 für die Studie ausgewählten Patienten der Examina zwischen 2005 bis 2010 mit insgesamt 227 Zähnen konnten 173 Zähne (= 76,21 %) von 162 Patienten nach 2 Jahren hinsichtlich des Überlebens beurteilt werden. Von 173 Zähnen waren 2 Jahre nach den endodontischen Behandlung noch 159 (= 91,91 %) in situ, wohingegen 14 aus verschiedenen Gründen in diesem Zeitraum einer Extraktion unterlagen.

71 von 211 der ausgewählten Patienten suchten nach mindestens zwei Jahren das Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde für eine routinemäßige Kontrolluntersuchung der Wurzelkanalbehandlung aus den genannten Examina auf, beziehungsweise befanden sich dort weiterhin in Behandlung. Dies war gleichbedeutend mit einer Kontrollrate von 33,65 % der Patienten (s. Tab. 5).

Tab. 5: Kontrollraten nach Jahren nach Abzug von Patienten/Patientinnen, die in zwei Examina behandelt wurde (= *)

Jahr	Patientenzahl	Anteil
2005	3 (von 19)	15,79 %
2006	10 (von 33)	30,30 % (*)
2007	16 (von 51)	31,37 % (*)
2008	16 (von 49)	32,65 % (*)
2009	9 (von 25)	36,00 %
2010	17 (von 34)	50,00 % (*)
Gesamt	71 (von 211)	33,65 %

Das Alter der Patienten lag zum Zeitpunkt der Kontrolluntersuchungen in einem Bereich zwischen 21 und 85 Jahren, wobei die Gruppe der über 50-Jährigen mit 48 Vertretern ebenso wie die 43 männlichen Patienten deutlich größer war als die der unter 50-Jährigen und der weiblichen Patienten mit 23 bzw. 28 Fällen (s. Abb. 6 und 7).

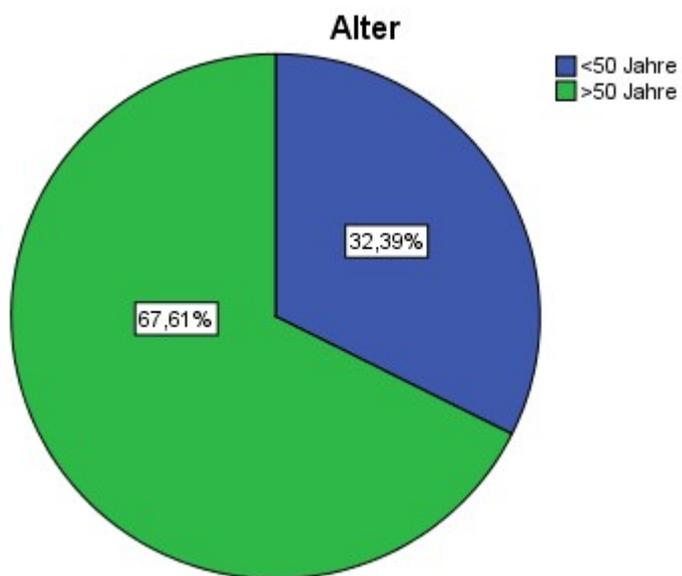


Abb. 6: Anteil der über- und unter 50-Jährigen

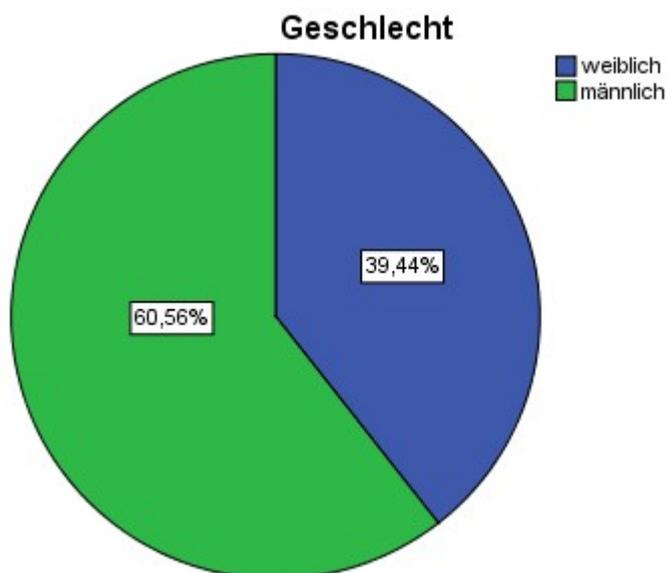


Abb. 7: Anteil der weiblichen und männlichen Patienten

3.2 Zahnverteilung und Allgemeine Erfolgsrate

75 von 227 Zähnen (= 33,04 %) fanden Eingang in die statistischen Betrachtungen dieser Untersuchung (s. Tab. 6).

Tab. 6: Zahnbezogene Kontrollraten nach Jahren unter Einbeziehung einer Revision eines im Examen 2005 wurzelkanalbehandelten Zahnes (= #)

Jahr	Zahnzahl	Anteil
2005	4 (von 21)	19,05 %
2006	11 (von 37)	29,73 %
2007	16 (von 54)	29,63 % (#)
2008	16 (von 52)	30,77 %
2009	9 (von 26)	34,62 %
2010	19 (von 37)	51,35 %
Gesamt	75 (von 227)	33,04 %

Drei Fünftel der nachkontrollierten Zähne (n = 47) stammten aus dem Oberkiefer, während zwei Fünftel (n = 28) im Unterkiefer lagen (s. Abb. 8). Beim Zahntyp lag im Gegensatz dazu eine gleichmäßige Verteilung zwischen 34 Frontzähnen und 40 Prämolaren vor. Ein hemisezierter Molar fand Eingang in die Untersuchungen zum Erfolg (s. Abb. 9).

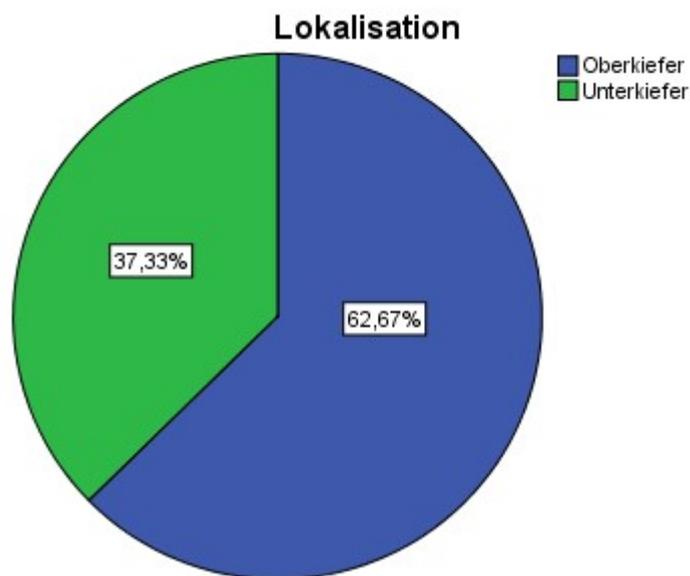


Abb. 8: Lokalisation der Zähne

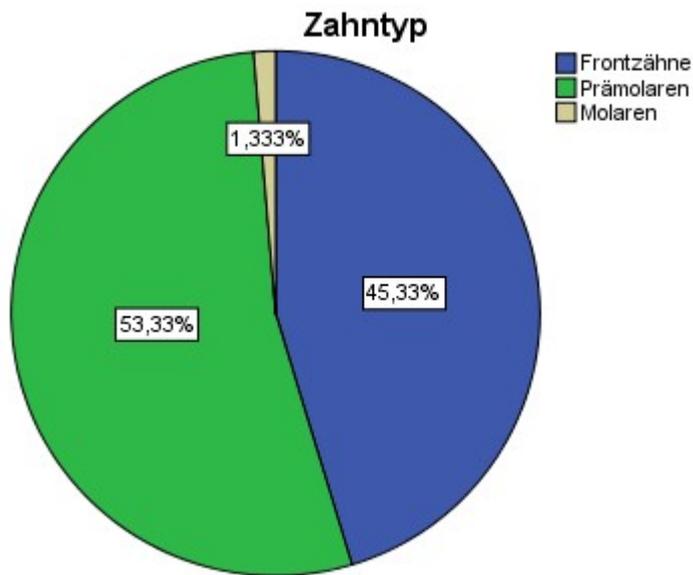


Abb. 9: Verteilung des Zahntyps

Nach eingehender klinischer und röntgenologischer Untersuchung konnten 56 (74,67 %) von 75 Zähnen nach einem Beobachtungszeitraum von mindestens 2 Jahren als im Sinne der ESE (ESE 1994 und 2006) endodontologisch erfolgreich therapiert angesehen werden, während 19 Zähne klinisch und/oder röntgenologisch auffällig waren (s. Abb. 10).

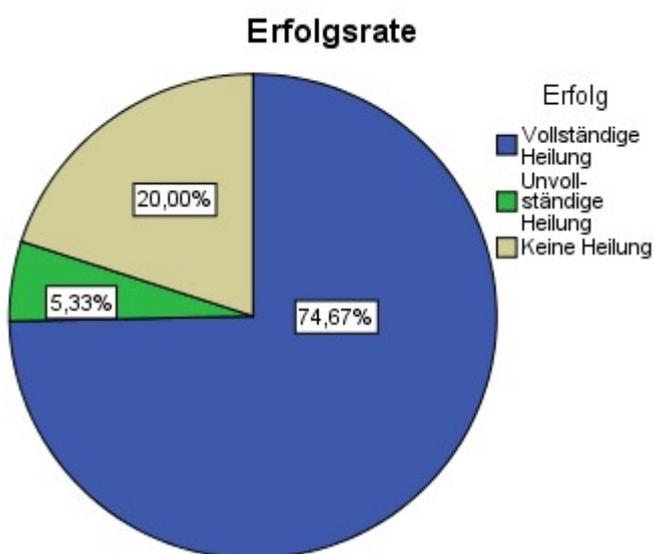


Abb. 10: Allgemeine Erfolgsrate

3.3 Abhängigkeiten der Einflussfaktoren zum endodontologischen Erfolg

3.3.1 Präoperative Faktoren

Im Bereich der präoperativen Faktoren zeigten weder das Alter noch das Geschlecht einen Einfluss auf den Erfolg der Wurzelkanalbehandlung. Zwar differierten die Erfolgsquoten sowohl beim Alter als auch beim Geschlecht um 14 % bzw. 12 % zwischen den Einzelgruppen, jedoch bestand bei den jeweiligen Chancenverhältnissen (= *odds ratios*) eine um nur 2-fach erhöhte Möglichkeit für eine vollständige Heilung bei Patienten unter 50 Jahren und weiblichen Studienteilnehmern (s. Tab. 7).

Tab. 7: Statistische Auswertung der präoperativen Faktoren Teil 1
(χ^2 = Chi-Quadrat-Test; F_i = Exakter Test nach Fischer)

Faktor	An- zahl	Erfolgs- quote	odds ratio	Konfidenz- intervall	P-Wert
Alter	n = 75				
< 50 Jahre	n = 25	84,0 %	2,250	0,659 – 7,686	$\chi^2 = 0,263$
> 50 Jahre	n = 50	70,0 %			$F_i = 0,263$
Geschlecht	n = 75				
Weiblich	n = 28	82,1 %	1,952	0,617 – 6,173	$\chi^2 = 0,286$
Männlich	n = 47	70,2 %			$F_i = 0,286$
Lokalisation	n = 75				
Oberkiefer	n = 47	78,7 %	1,753	0,609 – 5,043	$\chi^2 = 0,411$
Unterkiefer	n = 28	67,9 %			$F_i = 0,411$
Zahntyp	n = 74				
Frontzahn	n = 34	82,4 %	2,247	0,746 – 6,766	$\chi^2 = 0,186$
Prämolar	n = 40	67,5 %			$F_i = 0,186$
Kanalanzahl	n = 75				
Eins	n = 52	76,9 %	1,458	0,487 – 4,371	$\chi^2 = 0,569$
Zwei	n = 23	69,9 %			$F_i = 0,569$

Auch in Hinsicht auf die Lokalisation, den Zahntyp und die Kanalanzahl ließen sich keine Unterschiede in den Erfolgsquoten, die zwischen 15-17 % lagen, feststellen. Eine wesentlich erhöhte Chance für einen Erfolg im Sinne der *odds ratio* bestand bei Werten von 1,8 (Lokalisation), 2,25 (Zahntyp) sowie 1,5 (Kanalanzahl) nicht (s. Tab. 7).

Bei den klinischen Vorbefunden der im Examen behandelten Zähne, wie beispielsweise Vitalität, Perkussion, Schwellung, Palpation, Lockerung, Sondierung und Schmerz, waren ebenso keine Auffälligkeiten bei den Erfolgsquoten ersichtlich. Eine Ausnahme davon bildeten mit einer Differenz von ca. 25 % gegenüber den Vergleichskategorien eine Schwellung, eine positive Palpation oder ein Lockerungsgrad von II-III. Allerdings bewegten sich die Werte der Chancenverhältnisse für alle genannten Faktoren lediglich in einem Bereich von 0,7 bis 1,5, sodass nicht von einer Abhängigkeit zum Therapieergebnis auszugehen war (s. Tab. 8 und Tab. 9).

Tab. 8: Statistische Auswertung der präoperativen Faktoren Teil 2
(χ^2 = Chi-Quadrat-Test; F_i = Exakter Test nach Fischer)

Faktor	An- zahl	Erfolgs- quote	<i>odds ratio</i>	Konfidenz- intervall	P-Wert
<i>Vitalität</i>	<i>n = 75</i>				
Vital	n = 34	76,5 %	1,192	0,416 – 3,410	$\chi^2 = 0,795$
Nicht vital	n = 41	73,2 %			$F_i = 0,795$
<i>Perkussion</i>	<i>n = 75</i>				
Positiv	n = 37	75,7 %	1,111	0,392 – 3,149	$\chi^2 = 1,00$
Negativ	n = 38	73,7 %			$F_i = 1,00$
<i>Schwellung</i>	<i>n = 75</i>				
Ja	n = 1	100 %	1,345	1,177 – 1,538	$\chi^2 = 1,00$
Nein	n = 74	74,3 %			$F_i = 1,00$
<i>Palpation</i>	<i>n = 75</i>				
Ja	n = 3	100 %	1,358	1,183 – 1,560	$\chi^2 = 0,567$
Nein	n = 72	73,6 %			$F_i = 0,567$

Tab. 9: Statistische Auswertung der präoperativen Faktoren Teil 3
(χ^2 = Chi-Quadrat-Test; F_i = Exakter Test nach Fischer)

Faktor	Anzahl	Erfolgsquote	odds ratio	Konfidenzintervall	P-Wert
Lockerung	n = 58				
0-I	n = 53	71,7 %	0,717	0,605 – 0,849	$\chi^2 = 0,313$ $F_i = 0,313$
II-III	n = 5	100 %			
Sondierung	n = 68				
< 5mm	n = 61	72,2 %	1,035	0,183 – 5,826	$\chi^2 = 1,00$ $F_i = 1,00$
> 5mm	n = 7	71,4 %			
Schmerz	n = 75				
Ja	n = 37	78,4 %	1,477	0,516 – 4,224	$\chi^2 = 0,597$ $F_i = 0,597$
Nein	n = 38	71,4 %			

Erstbehandlungen waren dagegen im Vergleich zu Revisionen um 26,1 % erfolgreicher; zudem bestand ein um den Faktor 3,2 erhöhtes Chancenverhältnis (= *odds ratio*) zugunsten von Erstbehandlungen.

Noch deutlicher stellten sich die Varianzen bei Vorliegen eines Traumas in der Anamnese dar, bei dem nicht nur 35 % weniger Erfolgsfälle zu verzeichnen waren, sondern der positive Ausgang der Therapie 0,212-fach geringer ausfiel. Im Gegensatz zum Behandlungsmodus waren gemäß des Chi-Quadrat-Test und des exakten Test nach Fischer bei der Variablen Trauma diese Ergebnisse tendenziell signifikant (s. Tab. 10).

Im Bereich des PAI-Wertes zeigten sich bei den zweiten Kanälen, im Gegensatz zu den ersten Kanälen, bei einem Ausgangs-PAI von drei und höher drei Viertel der Zähne als klinisch und/oder im Röntgenbild auffällig. Zähne mit einem zweiten Kanal und einem PAI von 1 nach der Behandlung im Examen hatten im Gegensatz eine 12-fach bessere Chance für einen positiven Therapieausgang (s. Tab. 11).

Bei der Pulpadiagnose sowie der Apexdiagnose, apikalen Aufhellungen und dem Trepanationsbefund variierten sowohl die Erfolgsquoten (3-10 %) als auch die *odds ratios* (0,455-1,812) nur geringfügig, wodurch eine Korrelation zum Erfolg nicht belegt werden konnte (s. Tab. 10).

Tab. 10: Statistische Auswertung der präoperativen Faktoren Teil 4
(χ^2 = Chi-Quadrat-Test; F_i = Exakter Test nach Fischer)

Faktor	An- zahl	Erfolgs- quote	odds ratio	Konfidenz- intervall	P-Wert
Behandlungs- modus	n = 75				
Erstbehandlung	n = 71	76,1 %	3,176	0,415 –	$\chi^2 = 0,567$
Revision	n = 4	50,0 %		24,291	$F_i = 0,264$
Trauma	n = 75				
Ja	n = 7	42,9 %	0,212	0,043 – 1,054	$\chi^2 = 0,064$
Nein	n = 68	77,9 %			$F_i = 0,064$
Pulpadiagnose	n = 70				
Pulpitis	n = 35	77,1 %	1,168	0,391 – 3,489	$\chi^2 = 1,00$
Nekrose	n = 35	74,3 %			$F_i = 1,00$
Apexdiagnose	n = 75				
Normal (1)	n = 42	73,8 %	(1) vs (2) = 1,208	0,265 – 5,508	$\chi^2 = 0,87$
Akut (2)	n = 10	70,0 %	(1) vs (3) = 0,783	0,234 – 2,615	$F_i = 0,87$
Chronisch (3)	n = 23	78,3 %			
Apikale Aufhellung	n = 75				
Ja	n = 27	81,5 %	1,812	0,572 – 5,741	$\chi^2 = 0,41$
Nein	n = 48	70,8 %			$F_i = 0,41$
Trepanation	n = 71				
Unauffällig (1)	n = 10	80,0 %	(1) vs (2) = 1,200	0,199 – 7,246	$\chi^2 = 1,00$
Hyperämisch (2)	n = 26	76,9 %	(1) vs (3) = 1,385	0,247 – 7,771	$F_i = 1,00$
Nekrotisch (3)	n = 35	74,3 %			

Tab. 11: Statistische Auswertung der präoperativen Faktoren Teil 5
(χ^2 = Chi-Quadrat-Test; F_i = Exakter Test nach Fischer)

Faktor	Anzahl	Erfolgsquote	odds ratio	Konfidenzintervall	P-Wert
PAI Kanal 1	n = 75				
PAI 1 (1)	n = 42	71,4 %	(1) vs (2) = 0,455	0,087 –	$\chi^2 = 0,671$
PAI 2 (2)	n = 13	84,6 %	(1) vs (3) = 0,833	2,364	$F_i = 0,715$
PAI 3 (3)	n = 20	75,0 %		0,248 – 2,804	
PAI Kanal 2	n = 23				
PAI 1 (1)	n = 15	80,0 %	(1) vs (2) = 1,333	0,100 –	$\chi^2 = 0,160$
PAI 2 (2)	n = 4	75,0 %	(1) vs (3) = 12,00	17,823	$F_i = 0,160$
PAI 3 (3)	n = 4	25,0 %		0,898 – 160,40	

3.3.2 Intraoperative Faktoren

Die elektrometrische Längenbestimmung zeigte zwar bei Nicht-Anwendung in einem Fall 100 % Erfolg, jedoch ließen weder die *odds ratio* von 0,7 noch der Chi-Quadrat Test beziehungsweise der Exakte Test nach Fischer einen Zusammenhang zum Therapieausgang schließen ($\chi^2 = 1,00$).

Auch die Anzahl der Sitzungen im Examen und die Art des Sealers spielten keine Rolle für eine vollständige Heilung. Ebenso war eine schwierige Anatomie für die Aufbereitung bis zur AAT somit auch für den Erfolg in dieser Untersuchung unbedeutend (s. Tab.12). Signifikante Zusammenhänge zum Erfolg ergaben sich gemäß Chi-Quadrat-Test und Exaktem Test nach Fischer hingegen für die Länge der Wurzelfüllung bei den zweiten Kanälen ($\chi^2 = 0,02$) und die Qualität der ersten Kanäle ($\chi^2 = 0,03$). Insbesondere zu kurze Wurzelfüllungen bei den zweiten Kanälen konnten in keinem Fall als vollständig ausgeheilt bewertet werden. Hinsichtlich der Länge der Wurzelfüllung des ersten Kanals unterschieden sich, bei Fehlen der Kanäle mit zu kurzer WF, die zu langen Wurzelfüllungen nicht von den als in der Länge als optimal eingeschätzten Obturationen des Wurzelkanalsystems (s. Tab. 12).

Tab. 12: Statistische Auswertung der intraoperativen Faktoren Teil 1
(χ^2 = Chi-Quadrat-Test; Fi = Exakter Test nach Fischer)

Faktor	An- zahl	Erfolgs- quote	odds ratio	Konfidenz- intervall	P-Wert
Endometrie	n = 75				
Ja	n = 74	74,3 %	0,743	0,650 – 0,850	χ^2 = 1,00 Fi = 1,00
Nein	n = 1	100 %			
Sitzungen	n = 75				
Eine	n = 47	74,5 %	0,972	0,331 – 2,857	χ^2 = 1,00 Fi = 1,00
Zwei oder mehr	n = 28	75,0 %			
Sealer	n = 75				
Roeco Seal	n = 26	76,9 %	1,204	0,396 – 3,656	χ^2 = 0,788 Fi = 0,788
Seal Apex	n = 49	73,5 %			
Schwierige Anatomie	n = 75				
Ja	n = 19	73,7 %	0,933	0,285 – 3,058	χ^2 = 1,00 Fi = 1,00
Nein	n = 56	75,0 %			
Länge Kanal 1	n = 75				
Gut	n = 69	73,9 %	0,567	0,062 – 5,182	χ^2 = 0,688 Fi = 1,00
Zu Kurz	n = 0	keine			
Zu Lang	n = 6	83,3 %			
Länge Kanal 2	n = 23				
Gut	n = 18	77,8 %	(1) vs (2) = 5654162027 (1) vs (3) = 0,000	0,00 0,00	χ^2 = 0,02 Fi = 0,03
Zu Kurz	n = 3	0,00 %			
Zu Lang	n = 2	100 %			

Die Möglichkeit für ein Scheitern der Therapie bei homogenen Wurzelfüllungen war bei den ersten Kanälen um den Faktor 5,65 erhöht. Konträr zu den ersten Kanälen war die Chance für eine Regeneration/Integrität der apikalen Gewebe für homogene, gute Wurzelfüllungen bei den zweiten Kanäle um den Faktor 2 höher als die der inhomogenen Fälle (s. Tab. 13).

Tab. 13: Statistische Auswertung der intraoperativen Faktoren Teil 2
(χ^2 = Chi-Quadrat-Test; F_i = Exakter Test nach Fischer)

Faktor	Anzahl	Erfolgsquote	odds ratio	Konfidenzintervall	P-Wert
Qualität Kanal 1	n = 75				
Gut	n = 56	67,9 %	0,177	0,015 – 0,949	$\chi^2 = 0,03$ $F_i = 0,03$
Inhomogen	n = 19	94,7 %			
Qualität Kanal 2	n = 23				
Gut	n = 13	76,9 %	2,222	0,365 – 13,538	$\chi^2 = 0,65$ $F_i = 0,65$
Inhomogen	n = 10	60,0 %			
Komplikationen	n = 75				
Ja	n = 13	53,8 %	0,310	0,089 – 1,081	$\chi^2 = 0,08$ $F_i = 0,08$
Nein	n = 62	79,0 %			
Sofortrestaurationen	n = 74				
Komposit	n = 67	77,6 %	4,622	0,930 – 22,971	$\chi^2 = 0,067$ $F_i = 0,067$
Cavit oder Zement	n = 7	42,9 %			

Komplikationen, wie beispielsweise *Ledge* - Präparationen, Perforationen apikal oder lateral, *Via falsa* und Instrumentfrakturen, führten zu einer 40 % schlechteren Erfolgsquote und einer 3-fach höheren Chance für einen Misserfolg. Diese Ergebnisse waren tendenziell signifikant ($\chi^2 = 0,08$) (s. Tab. 13).

In ähnlichen Größenordnungen bewegten sich die Unterschiede zwischen Zähnen mit einer Sofortrestauration mit Komposit gegenüber solchen mit Cavit® (3M Deutschland GmbH, Neuss) oder einem Zement. Kompositrestaurationen wiesen diesbezüglich 4,6-fach bessere Aussichten auf Erfolg auf als provisorische Verschlüsse der koronalen Zugangskavität nach Beendigung der Wurzelfüllung (s. Tab. 13).

3.3.3 Postoperative Faktoren

Die spätere Restauraform des endodontologisch behandelten Zahnes nahm einen signifikanten Einfluss ($\chi^2 = 0,022$; $F_i = 0,027$) auf den Erfolg, da teleskopierende Ver-

sorgungen gegenüber adhäsiven Aufbauten mit Komposit und Kronen in nur 37,5 % klinisch und röntgenologisch unauffällig waren. Zudem war die Möglichkeit für einen Erfolg bei Restaurationen mit Komposit im Vergleich zu Teleskopen 8-fach erhöht.

Stiftversorgungen zeigten bei einem Chancenverhältnis von 0,328 ebenfalls negative Effekte auf die Erfolgsrate, die um 23,5 % geringer ausfiel (s. Tab. 14).

Tab. 14: Statistische Auswertung der postoperativen Faktoren Teil 1
(χ^2 = Chi-Quadrat-Test; F_i = Exakter Test nach Fischer)

Faktor	An- zahl	Erfolgs- quote	odds ratio	Konfidenz- intervall	P-Wert
Restauration	n = 75				
Komposit (1)	n = 41	82,9 %	(1) vs (2) = 1,789	0,545 – 5,874	$\chi^2 = 0,022$
Krone (2)	n = 26	73,1 %	(1) vs (3) = 8,095	1,560 –	$F_i = 0,027$
Teleskop (3)	n = 8	37,5 %		41,999	
Stiftversorgung	n = 75				
Ja	n = 16	56,2 %	0,328	0,102 – 1,062	$\chi^2 = 0,101$
Nein	n = 59	79,7 %			$F_i = 0,101$
Qualität Versorgung	n = 75				
Suffizient	n = 56	71,4 %	0,469	0,120 – 1,831	$\chi^2 = 0,366$
Insuffizient	n = 19	84,2 %			$F_i = 0,366$
Zeit zur Versorgung	n = 41				
Im 1. Jahr	n = 26	57,7 %	0,210	0,039 – 1,125	$\chi^2 = 0,084$
Nach dem 1. Jahr	n = 19	86,7 %			$F_i = 0,084$

Die Qualität der späteren Versorgung wies keine bedeutenden Varianzen zwischen suffizienten und insuffizienten Formen auf. Bei Zähnen mit einer Restauration, die erst ein Jahr oder später nach der Wurzelfüllung erfolgt war, fiel die Chance auf eine vollständige Heilung allerdings 4,76-fach höher aus als die der Zähne mit einer Versorgung innerhalb des ersten Jahres. Diese Unterschiede waren gemäß Chi-Quadrat-Test und exaktem Test nach Fischer mit 0,084 tendenziell signifikant (s. Tab. 14).

Sowohl eine Parodontitis, als auch eine spätere Fraktur und/oder Karies nach der endodontologischen Behandlung waren mit Werten der *odds ratio* zwischen 0,7 und 1,4 unbedeutend für einen positiven Therapieausgang. Zähne mit einer Karies erreichten in dieser Hinsicht eine Erfolgsquote von 100 %.

Ob die Kontrolluntersuchung nach 2-3 Jahren oder nach 4-5 Jahren statt fand, hatte keine Auswirkungen auf die Erfolgsquoten (s. Tab. 15).

Tab. 15: Statistische Auswertung der postoperativen Faktoren Teil 2
(χ^2 = Chi-Quadrat-Test; F_i = Exakter Test nach Fischer)

Faktor	An- zahl	Erfolgs- quote	<i>odds ratio</i>	Konfidenz- intervall	P-Wert
<i>Parodontitis</i>	<i>n = 75</i>				
Ja	n = 32	71,9 %	0,774	0,272 – 2,204	$\chi^2 = 0,789$ $F_i = 0,789$
Nein	n = 43	76,7 %			
<i>Karies</i>	<i>n = 74</i>				
Ja	n = 7	100 %	1,367	1,183 – 1,581	$\chi^2 = 0,184$ $F_i = 0,184$
Nein	n = 67	73,1 %			
<i>Fraktur</i>	<i>n = 75</i>				
Ja	n = 5	80,0 %	1,385	0,145 – 13,251	$\chi^2 = 1,00$ $F_i = 1,00$
Nein	n = 70	74,3 %			
<i>Kontrolle</i>	<i>n = 75</i>				
Nach 2-3 Jahren	n = 44	77,3 %	1,391	0,488 – 3,967	$\chi^2 = 0,596$ $F_i = 0,596$
Nach 4-5 Jahren	n = 31	71,0 %			

3.4 Abhängigkeiten der prä-, intra- und postoperativen Faktoren untereinander in Bezug zum endodontologischen Erfolg

Die vorwärts-bedingte, binär-logistische Regressionsanalyse identifizierte die Qualität der Wurzelfüllung als erklärungsstärkste, unabhängige Variabel in Bezug auf den Erfolg (s. Tab. 16 Schritt 1). In der Kombination mit der Zeit zur Versorgung (s. Tab. 16 Schritt 2) und der Restaurationsform (s. Tab. 16 Schritt 3) zeigte die Qualität der Wurzelfüllung

signifikante Änderungen des jeweiligen Einflusses auf die vollständige Heilung (s. Tab. 16 Signifikanz der Änderung).

Tab. 16: Ergebnisse der vorwärts-bedingten, binär-logistischen Regressionsanalyse

Variable		Log-Likelihood des Modells	Änderung der – 2 Log-likelihood	df	Signifikanz der Änderung
Schritt 1	Qualität Kanal 1	-42,683	7,200	1	0,007
Schritt 2	Qualität Kanal 1	-39,765	9,313	1	0,002
	Zeit zur Versorgung	-39,154	8,093	2	0,017
Schritt 3	Qualität Kanal 1	-37,243	11,258	1	0,001
	Restauration	-35,305	7,380	2	0,025
	Zeit zur Versorgung	-35,709	8,188	2	0,017

Somit schnitten inhomogene Wurzelfüllungen, die ein Jahr nach der Wurzelkanalbehandlung in Form einer Kompositfüllung oder einer Krone versorgt wurden, überproportional erfolgreicher ab.

Dagegen waren homogene Obturationen, die im ersten Jahr nach der Behandlung Teil einer Teleskop-Versorgung waren, überdurchschnittlich häufiger von „Unvollständiger Heilung“ oder „Keiner Heilung“ betroffen.

4. Diskussion

4.1 Ziele der Untersuchung

Die vorliegende Dissertation wollte untersuchen, zu welchem Anteil die in den Examina der Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (Prof. Dr. Dr. Jepsen, M.S.) routinemäßig endodontologisch behandelten Patienten ein erfolgreiches Therapieergebnis zeigten. Darüber hinaus sollte festgestellt werden, welche Faktoren präoperativ, intraoperativ und postoperativ Einfluss auf das Behandlungsergebnis nahmen und welche Kombination von Faktoren die stärksten Auswirkungen auf den Erfolg besaßen.

Das Staatsexamen der Zahnmedizin an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn stellte diesbezüglich den optimalen Zeitpunkt zur Beurteilung der Qualität der Ausbildung der Studenten dar. Das Staatsexamen bedeutet den Abschluss der universitären Lehre und ist damit der Übergang zwischen Studium und Berufstätigkeit. Der angehende Zahnarzt ist erstmals gefordert sein erlerntes Wissen und seine praktischen Fähigkeiten selbstständig und im vollen Umfang in die Behandlung einzubringen.

Neben dem gleichen Ausbildungsstand hinsichtlich des theoretischen Wissens und der praktischen Fertigkeiten bei allen Behandelnden, ermöglichte das standardisierte Vorgehen den Vergleich aller Fälle miteinander.

Somit konnte die Abhängigkeit sowohl von unterschiedlichen beruflichen Erfahrungen oder Spezialisierungen als auch von verschiedenen Methoden der Therapie auf den Ausgang der Behandlung minimiert werden. Dadurch konnte diese Studie wiederum das Augenmerk auf die Bedeutung der übrigen prä-, intra- und postoperativen Faktoren richten.

4.2 Diskussion von Material und Methode

4.2.1 Patientenkollektiv und Beobachtungszeiträume

Die Voraussetzungen für die Einbeziehung der Patienten der Examina Sommer 2005 bis Winter 2010 in die statistischen Betrachtungen dieser retrospektiven Studie waren zum Ersten eine ausreichende Dokumentation. Aufgrund unvollständiger Befunde zum Zeitpunkt der Vorbehandlung und des Examens mussten deshalb alle Patienten des Examens Sommer 2009 von der weitergehenden Auswertung ausgeschlossen werden. Zum Zweiten sollte eine abgeschlossene endodontologische Behandlung innerhalb der Examensprüfung im Sinne einer Wurzelfüllung vorliegen, welche in zwei weiteren Fällen wegen akuter Schmerzsymptomaten nicht möglich war.

Weitere Ausschlusskriterien wurden jedoch nicht formuliert, sodass in der Analyse der Befunde auch Revisionsbehandlungen durch die Examenskandidaten enthalten sind. Dies betraf allerdings im Rahmen der Erfolgsstatistik lediglich 4 von 75 Fällen, weshalb auf eine Auswertung als eigenständiges Kollektiv, wie zum Teil in anderen Studien vollzogen, in der vorliegenden Untersuchung verzichtet wurde.

Drei weitere der kontrollierten Wurzelfüllungen wurden zu einem späteren Zeitpunkt erneuert und daher im Übereinstimmung mit Wu et al. (2009), Cheung (2002) sowie Cheung und Chan (2003) unabhängig von dem apikalen Status und der klinischen Situation des Zahnes als Misserfolg angesehen. Im Angesicht der Ergebnisse von Hepworth und Friedman (1997) war dieses Vorgehen ein Kompromiss, weil nach deren Erkenntnissen 57 % der Revisionen aus technischen Gründen und 43 % infolge endodontologischen Misserfolgs durchgeführt werden.

Durch den festgelegten Zeitraum von Mitte des Jahres 2005 bis Anfang des Jahres 2010 ergab sich ein postoperativer Beobachtungszeitraum von mindestens 2 Jahren. Damit wurde den Richtlinien der ESE (2006) Rechnung getragen, die diesbezüglich mindestens ein Jahr fordert. Sind hingegen Zähne vor der Wurzelkanalbehandlung bereits von einer chronischen, apikalen Parodontitis betroffen, kann die knöcherne Regeneration des Defekts an der Wurzelspitze mitunter bis zu vier Jahre in Anspruch nehmen (DGZMK, 2001; ESE, 2006).

Wu et al. (2009) halten es aber für unzulässig, daraus ein Minimum von vier Jahren an Beobachtungszeit abzuleiten und führen zur Begründung unter anderem eine Studie von Ørstavik (1996) an. In der genannten Untersuchung von 732 Wurzeln nach ein, zwei, drei und vier Jahren war in 88 % der Fälle bereits nach 12 Monaten die nach 4 Jahren diagnostizierte Reduktion der periapikalen Aufhellung erkennbar (Ørstavik, 1996). Mit einer Kontrollquote von 82 % beobachteten Ørstavik (1996) in der gleichen Untersuchung bei 29 Patienten eine Neuentwicklung eines osteolytischen Bereichs am Wurzelapex, der bei 76 % ebenfalls schon nach einem Jahr ersichtlich war. Strindberg (1956) sowie Byström et al. (1987) konnten in diesem Zusammenhang 85 % der erfolgreichen Behandlungen bereits in den ersten 2 Jahren diagnostizieren. Als Konsequenz dieser Analysen schlugen Wu et al. (2011) eine Kontrolle nach einem Jahr und, für den Fall von zu diesem Zeitpunkt reduzierten, demineralisierten Arealen an der Wurzelspitze, ein weiteres Beobachtungsjahr vor.

Daher ist die Mindestbeobachtungsdauer von 2 Jahren in dieser Dissertation als ausreichend zu bewerten, zumal reduzierte Aufhellungen gemäß der Erfolgsdefinition der ESE in diesem Zusammenhang in die Kategorie der „Unvollständigen Heilung“ fielen und somit nicht primär als Erfolg angesehen wurden.

4.2.2 Klinische und röntgenologische Datenerhebung

Während laut Ng et al. (2007 b) nahezu 43 % der von ihnen ausgewählten Studien in der internationalen Literatur den Erfolg einer Wurzelkanalbehandlung allein durch die Interpretation von radiologischen Befunden evaluierten, folgte diese Arbeit den Qualitätsrichtlinien der ESE, die eine Beurteilung auf Basis einer kombiniert klinisch-radiologischen Untersuchung empfiehlt (Byström et al., 1987; ESE, 2006; Sjögren et al., 1990; Selden, 1974; Trope et al., 1999). Eine ausschließlich röntgenologische Vorgehensweise birgt das Risiko einer Verfälschung der Erfolgsquote durch Ausschluss von symptomatischen Zähne ohne ersichtliche Entzündungsprozesse am Wurzelapex (Ng et al., 2011 a). Im Umkehrschluss bedeutet jedoch eine Beschwerdefreiheit des Zahnes keineswegs die Abwesenheit eines apikalen Entzündungsprozesses (Bender et al., 1966 a und 1966 b).

Allerdings unterliegt die Beurteilung der periapikalen Region mittels intraoralen Einzel-
filmaufnahmen, wie sie in dieser retrospektiven Studie vorgenommen wurde, einigen
Limitationen.

Intraorale Röntgenaufnahmen stellen immer die zweidimensionale Darstellung einer
dreidimensionalen Struktur dar (Huomonen und Ørstavik, 2002; Wu et al., 2009).
Dadurch kann in Abhängigkeit von der Dicke des bedeckenden Knochens beispiels-
weise ein periapikaler Entzündungsprozess bei entsprechender Stärke der Kortikalis
unter Umständen unentdeckt bleiben (Bender et al., 1966 a und 1966 b; Bender, 1982;
Huomonen und Ørstavik, 2002). Zudem kann bei entsprechendem Projektionswinkel ein
knöcherner Defekt an der Wurzelspitze entweder größer, kleiner oder als nicht mehr vor-
handen erscheinen, obwohl er in seiner tatsächlichen Ausdehnung unverändert ist
(Bender, 1982; Hummonen und Ørstavik, 2002).

In den Untersuchungen von De Paula-Silva et al. (2009 a und 2009 b) an
endodontologisch behandelten Hundezähnen stellten sich beispielsweise 80 % der in
intraoralen Röntgenbildern reduzierten, apikalen Aufhellungen bei der Anwendung der
dreidimensionalen *Cone Beam Computed Tomography* (CBCT) als eine Vergrößerung
heraus. Zudem waren nur bei 25 % der auf Basis von intraoralen Zahnfilmen für gesund
befundenen Apices histologisch tatsächlich kein Entzündungsgeschehen nachweisbar
(De Paula-Silva et al., 2009 b). Im Vergleich mit der CBCT beschrieben weitere Studien,
hinsichtlich der Genauigkeit der Diagnostik von Veränderungen aufgrund einer apikalen
Parodontitis, einen um ca. 30 % geringeren positiven Befund bei Einzelfilmaufnahmen
(Estrela et al., 2008; Lofthag-Hansen et al., 2007).

Da aber auch die CBCT unter anderem durch die unverhältnismäßig erhöhte Strahlen-
belastung Nachteile besitzt, betrachtet diese Studie die Auswertung auf Basis von
routinemäßig erstellten, intraoralen Kontrollaufnahmen als probates Vorgehen
(Katsumata et al., 2006; Ludlow und Ivanovic, 2008; Scarfe et al., 2009).

Um Fehler durch eine unterschiedliche Interpretation von Röntgenaufnahmen möglichst
auszuschließen, wurden gemäß der Empfehlungen von Eckerbom et al. (1986), Reit und
Grondahl (1983) sowie Reit (1987) die Untersucher in dieser Arbeit kalibriert (Eckerbom
und Magnusson, 1997; Goldman et al., 1972; Lambrianidis, 1985; Reit und Hollender,
1983; Zakariasen et al., 1984).

Ohne vorherige Kalibrierung konnten Goldman et al. (1972) in nur 47 % der Fälle eine Übereinstimmung bei der Diagnosestellung von 253 zufällig ausgewählten Röntgenbildern zwischen sechs Beurteilern feststellen. Die Reduzierung auf 5 Beurteiler oder die Einteilung in 2 Gruppen führten zu einer geringen Verbesserung auf ca. 65 % an Übereinkünften. Besonders kritisch ist in diesem Kontext die Übereinstimmung von nur 42,1 % bei der Frage nach dem Vorliegen einer apikalen Aufhellung zu bewerten. Auch bei ein und demselben Untersucher variierten die Aussagen nach 2 Jahren in 12-28 % bei erneuter Beurteilung.

Weil bei der Interpretation der Aufnahmen neben der technischen Qualität der verwendeten Röntgenbilder auch die Spezialisierung bei den Beurteilern keinen verantwortlichen Parameter für die Unterschiede darstellte, war die Einbeziehung eines endodontologisch unerfahrenen Zahnarztes in die radiologische Bewertung dieser wissenschaftlichen Arbeit nicht von Belang (Goldman et al., 1972; Lambrianidis, 1985; Zakariasen et al., 1984). Da die untersuchenden Zahnärzte zudem keine Kenntnis hinsichtlich der Diagnose und etwaiger Schwierigkeiten bei den jeweiligen Wurzelkanalbehandlungen hatten, konnte eine positivere Einschätzung des Heilungsverlaufs in dieser retrospektiven Studie ebenfalls ausgeschlossen werden (Goldman et al., 1972). Eckerbom und Magnusson (1997), Goldman et al. (1972) und Lambrianidis (1985) sahen in diesem Zusammenhang einen möglichen Einfluss der Lokalisation des Zahnes, worin ihnen allerdings Zakariasen et al. (1984) widersprachen.

Zu diskutieren bleibt allerdings die Frage, ob eine einmalige Kalibrierung anhand von Studienmaterial als ausreichend bezeichnet werden kann. Denn zum Ersten sind studienfremde Röntgenbilder zur Kalibrierung geeigneter, um eine Verfälschung beziehungsweise Verzerrung bei der späteren Befunderhebung auszuschließen. Zum Zweiten kann nur die ausgiebige Wiederholung und die ausführliche Diskussionen der fraglichen Grenzfälle eine optimale Auswertung garantieren (Molven et al., 2002). Jedoch bestand in allen Fällen Einigkeit seitens der Beurteiler, wodurch dieser Aspekt eine untergeordnete Rolle spielen sollte.

Zur weiteren Reduktion von intraindividuellen - sowie interindividuellen Abweichungen bei der Beurteilung der Röntgenaufnahmen sah diese Studie in dem von Ørstavik et al. (1986) propagierten, sogenannten *Periapical Index* (PAI) ein geeignetes Bewertungs-

schema. Denn dieser erreicht sowohl im Vergleich zum zuvor publizierten *Periapical Probability Index* (PRI) als auch für sich betrachtet eine höhere bzw. hohe Sensibilität und Sensitivität und eine bessere/sehr gute Reproduzierbarkeit innerhalb der Untersucher sowie innerhalb desselben Beurteilers (Ørstavik et al., 1986; Ørstavik, 1988; Reit und Grondahl, 1983).

Daher besitzt dieser Index mittlerweile eine hohe Akzeptanz und wurde laut Wu et al. (2009) von insgesamt 58 Studien zwischen 1987 und 2008 als Mittel für die Feststellung von relevanten Veränderungen am Wurzelapex und damit zur Unterscheidung von Erfolg und Misserfolg verwendet (De Chevigny et al., 2008 a und 2008 b; Farzaneh et al., 2004 a und 2004 b; Friedman et al. 2003; Marending et al., 2005; Marquis et al., 2006).

Der PAI koppelt seine Skalierung an Referenzbilder einer Veröffentlichung von Brynolf (1967), die bei 292 Oberkieferschneidezähnen die Korrelation von röntgenologischer Erscheinung und histologischem Befund untersucht und anschließend sieben radiologische Gruppen definiert hatte. Ørstavik et al. (1986) fassten diese in einer 5-stufigen Skalierung mit jeweiliger Vergleichsaufnahme zusammen, die bei gesunden periapikalen Verhältnissen (PAI 1) beginnt und bei einer schweren *Parodontitis apicalis* mit Anzeichen einer Exazerbation (PAI 5) endet.

Allerdings variiert die Dicke des kortikalen Knochens sowie die Distanz der Wurzelspitze zum Knochenkortex zwischen Front- und Seitenzähnen stark (Huomonen und Ørstavik, 2002). Deshalb ist die Übertragung des Erscheinungsbildes von apikalen Entzündungsgeschehen im Röntgenbild von Oberkieferschneidezähnen auf Prämolaren und Molaren des Unter- oder Oberkiefers im Rahmen der Bewertung mit dem PAI problematisch (Wu et al., 2009). Zudem kritisierten Wu et al. (2009), dass Zähne mit dem PAI 2 im Sinne einer Vermeidung von Falschdiagnosen einer *Parodontitis apicalis chronica* durch mehrere Autoren in die Erfolgsstatistik mit aufgenommen wurden (Farzaneh et al., 2004 a und 2004 b; Friedman et al., 2003; Marquis et al., 2006; Ørstavik et al., 2004; Trope et al., 1999). Die Zähne in dieser Studie mit einem PAI von 2 wurden aus diesem Grund nicht primär als Erfolg gewertet.

Da die Bewertung mit dem PAI-System durch gut-kalibrierte Beurteiler trotz der Einwände von Wu et al. (2009) zudem ähnliche Ergebnisse reproduzieren konnte wie die objektiveren Methoden der computerunterstützten, densitometrischen Vergleichs-

messung der Graustufen oder die digitale Subtraktionsradiographie, war die Verwendung des PAI in der vorliegenden Untersuchung gerechtfertigt (Delano et al., 2001).

4.2.3 Definition von Erfolg und Misserfolg in der Endodontologie im Vergleich zum Überleben

Die Heterogenität der bisher in großer Vielzahl zum Erfolg von Wurzelkanalbehandlungen publizierten Studien betrifft gemäß Friedman (2002) nicht nur deren Komposition und Methodik, sondern auch die Definition von Erfolg.

Strindberg (1956) definierte als einer der Ersten den endodontologischen Erfolg als die Abwesenheit von klinischen Symptomen in Verbindung mit einem hinsichtlich der Kontur, Weite und Struktur unauffälligen Parodontalspalt. Geringfügige Erweiterungen des Parodontalspalt nach Extrusion von Wurzelfüllungsmaterial wertete Strindberg ebenfalls als erfolgreiche Wurzelkanalbehandlung.

Die vorliegende retrospektive Studie orientierte sich jedoch wie andere Publikationen der letzten Jahre in der Umschreibung der Begriffe Erfolg und Misserfolg an dem Vorschlag der ESE (s. Seite 29), der auch Grundlage für eine wissenschaftliche Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde war (DGZMK, 2001; Friedman et al., 1995; Hoskinson et al., 2002; Imura et al., 2007; Peak et al., 2001; Peters und Wesselink, 2002; Ricucci et al., 2011; Weiger et al., 2000). Einige Autoren benannten die Fälle von „Unvollständiger Heilung“ allerdings als „Möglichen Erfolg“, „Unsicher“ oder „Zweifelhaft“ (Peak et al., 2001; Peters und Wesselink, 2001; Ricucci et al., 2011).

Für Friedman und Mor (2004) ist die knöchernen Regeneration von Osteolysen am Wurzelapex ein dynamischer Prozess und somit sind reduzierte, apikale Aufhellungen „in Heilung begriffen“. Eine Zuordnung zum Erfolg oder Misserfolg ist nicht eindeutig möglich und darum wurde in dieser retrospektiven Studie die Erfolgsrate zusätzlich auch inklusive der Fälle mit verringerter apikaler Aufhellung angegeben (Friedman und Mor, 2004).

Im Bereich des sogenannten Überlebens existieren ebenfalls unterschiedliche Definitionen, die von einer reinen Unterscheidung von „Extraktion“ und „Nicht-Extraktion“

bis zum zusätzlichen Ausschluss von Revisionen und/oder Wurzelspitzenresektionen reichen (Alley et al., 2004; Caplan et al., 2002; Dammascke et al., 2003; Lazarski et al., 2001; Lumley et al., 2008; Salehrabi und Rotstein, 2004; Stoll et al., 2005; Tan et al., 2006). Obwohl die vorliegende wissenschaftliche Arbeit den endodontologischen Erfolg zum Thema hatte, wurde trotz dessen zusätzlich auch eine Überlebensrate bestimmt, die zwischen extrahierten und verbliebenden Zähnen unterschied.

Obwohl der Ausschluss von Revisionen und/oder Wurzelspitzenresektionen eine bessere Beurteilung der eigentlichen Wurzelkanalbehandlung in einer Überlebensstatistik ermöglicht, wurde in dieser wissenschaftliche Arbeit darauf verzichtet (Caplan et al., 2002; Lazarski et al., 2001; Lumley et al., 2008; Stoll et al., 2005). Eine weitere Untersuchung soll diesem Aspekt Rechnung tragen.

4.2.4 Statistik

Gemäß der Empfehlung von Weiger et al. (1998) und Friedman (2002) betrachtete die vorliegende Untersuchung den Zahn sowohl als experimentelle als auch statistische Einheit und folgte damit einer Vielzahl von Studien des letzten Jahrzehntes (De Chevigny et al., 2008 a und 2008 b; Cheung, 2002; Cheung und Chan, 2003; Chugal et al., 2001 und 2007; Farzaneh et al., 2004 a und 2004 b; Friedman et al., 2003; Imura et al., 2007; Marending et al., 2005; Marquis et al., 2006; Peak et al., 2001; Weiger et al., 2000). Die Zahnwurzel als alternative Maßeinheit ist hingegen ungeeignet, da dadurch der Anteil von mehrwurzeligen Zähnen an der Gesamtheit unproportional stark steigen würde und es somit zu Verzerrungen der Studienergebnisse zu Gunsten der Molaren kommen könnte (Weiger et al.; 1998; Friedman, 2002).

Weiger et al. (1998) gaben des Weiteren zu bedenken, dass die möglicherweise variierenden Heilungschancen innerhalb derselben Person nicht mit den interindividuellen Unterschieden übereinstimmen müssen und lehnten daher zusätzlich auch die Einbeziehung von mehreren Zähnen je Patient in die Auswertung ab. Im Fall von mehrwurzeligen Zähnen sollte bei der Einschätzung des endodontologischen Erfolgs des jeweiligen Zahnes stets die am schlechtesten bewertete Wurzel ausschlaggebend sein, da diese schließlich das weitere therapeutische Vorgehen bestimmt (Weiger et al.

1998). Allerdings fällt die Chance auf eine Entdeckung einer periapikalen Parodontitis somit bei Molaren deutlich höher aus und kann nur durch eine große Menge an mehrwurzeligen Zähnen in einer Studie ausgeglichen werden (Friedman, 2002).

Da die vorliegende Arbeit fast ausschließlich einwurzelige Zähne beinhaltete, wurde in den wenigen Fällen von mehrwurzeligen Zähnen trotz der Einwände von Friedman (2002) gemäß dem Vorschlag von Weiger et al. (1998) die am schlechtesten bewertete Wurzel einbezogen. Lediglich 4 Patienten (= 5 %) waren mit zwei Zähnen vertreten, so dass ein gravierender Einfluss auf die Erfolgsstatistik verneint werden kann.

4.3 Diskussion der Ergebnisse

4.3.1 Kontrollrate und Allgemeine Erfolgsrate

Von den 211 für die vorliegende, retrospektive Studie ausgewählten Patienten der Examina zwischen 2005 bis 2010 mit insgesamt 227 Zähnen konnten basierend auf Dokumentationen 173 Zähne (= 76,21 %) von 162 Patienten nach 2 Jahren hinsichtlich des Überlebens (= 91,91 %) beurteilt werden.

Vor diesem Hintergrund wäre in dieser Untersuchung im Bereich des endodontologischen Erfolgs eine höhere Kontrollrate als 33,04 % aller wurzelkanalbehandelten Zähne anzustreben gewesen. Zudem betont Friedman (2002) mit Hinweis auf die „Power“-Analyse (Bestimmung der benötigten Teilgruppengröße zur Verifizierung eines statistisch signifikanten Unterschieds) von Trope et al. (1999), dass der Nachweis eines statistisch relevanten Einflusses auf den Erfolg hohe Fallzahlen benötigt.

Ein Vergleich mit anderen Studien verdeutlicht jedoch die Problematik der Patienteneinbestellung zur systematischen Nachuntersuchung des Therapieerfolgs gegenüber einer Beurteilung des Überlebens, wobei letztgenannte auch mit Befragungen und/oder Kontrolle der Dokumentationen möglich ist. In den sog. Toronto-Studien wurde der Versuch unternommen möglichst viele Studienteilnehmer mit mehrmaligen Anschreiben, Anrufen und finanziellen Entschädigungen für die Anreise und den Verdienstaufschlag zur Wahrnehmung eines Kontrolltermins zu bewegen (Farzaneh et al., 2004 a; Friedman et al., 2003; Marquis et al., 2006). Dennoch konnten nur 374 von 1379 Zähne nachuntersucht werden, was einer Kontrollrate von 27 % entsprach (Farzaneh et al., 2004 a; Friedman et al., 2003; Marquis et al., 2006).

Der Versuch von Ørstavik et al. (2004) in Form mindestens einer Nachuntersuchung innerhalb von 4 Jahren eine neue Methode des „Recalls“ (= Kontrolluntersuchung) zu etablieren, verdeutlicht des Weiteren trotz einer allgemeinen Kontrollrate von 82 % den Einfluss des zeitlichen Abstandes zur Therapie und damit der Bereitschaft seitens der Patienten zur Nachkontrolle der endodontologischen Behandlung.

Korrespondierend zu dieser wissenschaftlichen Arbeit war der Anteil der erscheinenden Patienten mit zunehmendem Beobachtungszeitraum stark rückläufig und reduzierte sich von 66 % im ersten Jahr auf 38 % im vierten Jahr.

Die vorliegende Untersuchung war in diesem Zusammenhang durch das retrospektive Design gegenüber prospektiven Studien zusätzlich im Nachteil (Friedman, 2002).

Ng et al. (2007 a) errechneten in einer Literaturübersicht auf Grundlage von 39 Studien eine Kontrollrate von durchschnittlich 52,7 % (s. Tab. 17). Nach Ausschluss von *alio loco* extrahierten Zähnen (= 11,1 %) sowie verstorbenen oder nicht erreichbaren Patienten (= 25,59 %) konnten in der vorliegenden retrospektiven Studie ebenfalls die Hälfte der behandelten Patienten nachuntersucht werden.

Tab. 17: Übersicht über die berichteten Kontrollraten ausgewählter Studien (* = nach Ausschluss von 109 Patienten, d.h. 31 %, im Vorfeld)

Autor	Jahr	Design	Kontrollrate	Kontrolle nach (in Jahren)
Bender et al.	1964	Retrospektiv	30,00 %	2
Selden	1974	Retrospektiv	11,00 %	1,5
Matsumoto et al.	1987	Retrospektiv	38,00 %	2 -3
Sjögren et al.	1990	Retrospektiv	42,00 %	8-10
Friedman et al.	1995	Retrospektiv	77,77 %	0,5-1,5
Chugal et al.	2001	Retrospektiv	18,70 %	4
Cheung	2002	Retrospektiv	44,00 %	6
Hoskinson et al.	2002	Retrospektiv	42,00 %	4-5
Friedman et al.	2003	Prospektiv	51,00 % (*)	4-6
Farzaneh et al.	2004 a	Prospektiv	42,00 %	4-6
Marquis et al.	2006	Prospektiv	50,00 %	4-6
Imura et al.	2007	Retrospektiv	100,0 %	1,5-2
De Chevigny et al.	2008 a	Prospektiv	32,00 %	4-6
Ng et al.	2011 a	Prospektiv	76-78 %	2-4
Ricucci et al.	2011	Prospektiv	60,26 %	5

In Anbetracht von 55 Patienten (26,1 % aller Behandelten), die eine routinemäßige Kontrolluntersuchung ablehnten, wäre eine höhere Kontrollrate in dieser Untersuchung trotzdem wünschenswert gewesen. Bei drei weiteren Patienten (1,3 %) war die Be-

handlung im Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des Universitätsklinikum Bonn aus rechtlichen Gründen auf Schmerzbehandlungen begrenzt.

Die Erfolgsrate in dieser retrospektiven, wissenschaftlichen Arbeit lag mit 74,67 % in dem von Ng et al. (2007 a) berechneten Durchschnitt von 74,7 %. Da gemäß einer früheren Analyse von Friedman (2002) die publizierten Erfolgsquoten zwischen Werten von 46 % bis 91 % für primäre Wurzelkanalbehandlungen schwankten, differenzierten Ng et al. (2007 a) in ihrer Untersuchung die berichteten Erfolgsraten nochmals dahingehend, ob sie „strengen“ oder „niedrigen“ Kriterien folgten. „Streng“ bezeichnete in diesem Zusammenhang, dass entsprechend zu der vorliegenden Untersuchung nur die vollkommene Integrität der apikalen Strukturen als zufriedenstellendes Therapieergebnis gewertet wurde. Dagegen umfasste „Niedrig“ auch eine Abnahme einer vormals bestehenden, knöchernen Demineralisation am Wurzelapex im Sinne eines Erfolgs.

Somit ergab sich bei der Recherche der bis Ende 2002 zur Verfügung stehenden Literatur bei strenger Definition, basierend auf 40 Studien, eine Spanne zwischen 31 % und 96 % mit dem bereits erwähnten Durchschnitt von 74,7 % (Ng et al., 2007 a). Unter Einbeziehung der unvollständigen Heilung in die Kategorie Erfolg wurden auf Grundlage von 36 Publikationen im Vergleich Werte zwischen 60 % und 100 % mit einem Durchschnitt von 85,2 % errechnet (Ng et al., 2007 a).

Eine Vielzahl von Studien erreichten in den letzten Jahren allerdings trotz strenger Definition oftmals Werte von über 80 % (Farzaneh et al., 2004 a; Marquis et al., 2006; Ng et al., 2011 a) (s. Tab. 18). Die vollkommene apikale Regeneration bei 5,33 % der Zähne war zwar in der vorliegenden Untersuchung noch nicht abgeschlossen, ist aber aufgrund der deutlichen Reduktion zu einem späteren Zeitpunkt wahrscheinlich. Somit lag die Erfolgsquote unter Einbeziehung der unvollständigen Heilung in dieser Studie dann auch bei 80 %. Zudem lag die Überlebensrate mit 91,91 % nach 2 Jahren überdurchschnittlich hoch (Ng et al., 2010).

Tab. 18: Übersicht über die berichteten Erfolgsquoten ausgewählter Studien

Autor	Jahr	Kriterien	Revisionen einbezogen	Kontrolle nach (in Jahren)	Erfolgsquote
Bender et al.	1964	Niedrig	Nein	2	82,20 %
Selden	1974	Niedrig	Ja	1,5	94,00 %
Kerekes und Tronstad	1979	Streng	Ja	3-5	91,00 %
Swartz et al.	1983	Niedrig	Nein	1-20	89,66 %
Sjögren et al.	1990	Streng	Ja	8-10	91,00 %
Friedman et al.	1995	Streng	Ja	0,5 –1,5	78,30 %
Cheung	2002	Streng	Nein	6	56,00 %
Hoskinson et al.	2002	Streng	Nein	4-5	77,00 %
Peters et al.	2002	Streng	Nein	4,5	76,00 %
Cheung und Chan	2003	Streng	Nein	4	48,00 %
Friedman et al.	2003	Streng	Nein	4-6	81,00 %
Farzaneh et al.	2004 a	Streng	Nein	4-6	87,00 %
Marquis et al.	2006	Streng	Nein	4-6	86,00 %
De Cheveigny et al.	2008 a	Streng	Nein	4-6	88,00 %
Ricucci et al.	2011	Streng	Nein	5	88,60 %
Ng et al.	2011 a	Streng	Ja	2-4	81,50 %

Die starken Unterschiede bei den in nationalen und internationalen Fachmagazinen veröffentlichten Erfolgsquoten ergeben sich unter anderem aus der großen Variation bei der Methodik, dem Studiendesign und dem Verständnis von Erfolg (Friedman, 2002; Ng et al., 2007 a).

Weiger et al. (1998) warnten in diesem Zusammenhang vor einem unkritischen Vergleich der Erfolgsquoten der verschiedenen Untersuchungen, da diese unter anderem stark vom gewählten Beobachtungszeitraum abhängig sind. Dieser unterscheidet sich wiederum nicht nur zwischen, sondern sogar innerhalb der meisten Studien (s. Tab. 18). Die individuelle Beobachtungsperiode pro Zahn bleibt somit oftmals in den Betrachtungen zum Erfolg unberücksichtigt (Weiger et al., 1998). Dass in einer

Studie von Ørstavik (1996) die Erfolgsquoten mit zunehmenden Beobachtungszeitraum im Gegensatz zu den Kontrollraten anstiegen, wurde von Wu et al. (2009) zudem nicht nur als zunehmende, periapikale Ausheilung sondern auch als Fernbleiben von Patienten mit nicht zufriedenstellendem Therapieergebnis bei den Nachuntersuchungen gedeutet.

Eine weitere mögliche Erklärung für den geringfügig kleineren Anteil an Zähnen mit vollständiger Heilung in dieser Studie war die Qualifikation der Behandelnden, denn angesichts der Komplexität einer Wurzelkanalbehandlung wären bei Studenten niedrigere Erfolgsraten als bei spezialisierten Zahnärzten zu erwarten. In ihrer Literaturanalyse errechneten Ng et al. (2007 b) eine tendenziell höhere Erfolgsrate von 87,6 % bei Spezialisten bzw. 82,9 % bei Postgraduierten gegenüber Studenten mit 68,4 %. Allerdings schnitten die generell-praktizierenden Zahnärzte mit 64,4 % ebenso unbefriedigend ab (Ng et al. 2007 b). Eine spätere Studie derselben Autoren bestätigte bei einer durchschnittlichen Erfolgsquote von 83 % die geringen Unterschiede zwischen Studenten und den sogenannten Generalisten (Ng et al., 2011 a). Cheung (2002) führte diesen Umstand auf die Konfrontation der generell-tätigen Zahnärzte mit Fällen eines höheren Schwierigkeitsgrad zurück, der unter anderem in einem höheren Anteil an Molaren mit einer komplizierten Wurzelkanalanatomie sowie Revisionsbehandlungen begründet ist.

Unabhängig davon war in der Behandlung durch Studenten angesichts der guten Wurzelfüllungen in dieser Studie nicht der Grund für den kleineren Anteil an vollständigen Heilungen zu sehen.

4.3.2 Einfluss der präoperativen Faktoren

Im Einklang mit nahezu allen Studien konnte die vorliegende Untersuchung keinen Zusammenhang des Alters sowie des Geschlechtes zum Erfolg feststellen (Barbakow et al., 1980 a und 1980 b; Cheung, 2002; Friedman et al., 1995; Imura et al., 2007; Farzaneh et al., 2004 a; Friedman et al., 2003; Kerekes und Tronstad, 1979; Marending et al., 2005; Marquis et al., 2006; Ng et al., 2011 a ; Ricucci et al., 2011; Seltzer et al., 1963; Sjögren et al., 1990; Strindberg, 1956).

Trotz vereinzelter Studienresultate, die entweder für männliche, ältere beziehungsweise jüngere Patienten bessere Heilungschancen fanden, sind Alter und Geschlecht wahrscheinlich irrelevant für die vollständige Heilung (Hoskinson et al., 2002; Ricucci et al., 2011; Swartz et al., 1983; Van Nieuwenhuysen et al., 1994).

Hinsichtlich der Lokalisation, des Zahntyps und der Kanalanzahl stimmte diese retrospektive Studie mit jenen Autoren überein, die ebenfalls keine Korrelation zum Therapieausgang nachweisen konnten (Farzaneh et al., 2004 a; Friedman et al., 1995; Kerekes und Tronstad, 1979; Marquis et al., 2006; Ng et al., 2011 a; Selden, 1974; Weiger et al., 2000).

Dagegen fanden andere Untersucher geringere Erfolgchancen für Unterkiefermolaren bei Erstbehandlungen (Barbakov et al., 1980 a und 1980 b, 1981; Cheung, 2002; Ricucci et al., 2011; Swartz et al., 1983). Die Analysen von Peak et al. (2001), Cheung und Chan (2003) sowie Ricucci et al. (2011) ergaben eine geringere Erfolgswahrscheinlichkeit für alle Molaren sowie Oberkieferschneidezähne. Ng et al. (2007, 2008) kamen in zwei Übersichtsstudien zu dem Schluss, dass nur in Revisionsfällen Oberkiefer- und Schneidezähne schlechtere Erfolgswerte aufwiesen.

Da allerdings nur ein hemisezierter Molar Eingang in die Statistik dieser retrospektiven Untersuchung fand, sind weitere Anstrengungen zur Klärung der Kontroverse bezüglich des Einflusses des Zahntyps notwendig.

In Bezug auf die Auswirkungen der präoperativen Symptomatik auf den Therapieerfolg waren in der vorliegenden retrospektiven Betrachtung, wie bei Ng et al. (2011 a) und Ricucci et al. (2011), Schmerzen sowie ein positiver Perkussionstest zu Beginn der endodontologischen Behandlung unbedeutend für die vollständige Heilung. Friedman et al. (1995) konnten hingegen bei einem präoperativen, positiven Perkussionstest negative Effekte feststellen.

Zähne mit einer erneuerungsbedürftigen Wurzelfüllung und einer zusätzlich präoperativen Schwellung sind bei der vollständigen Heilung laut Ng et al. (2011 a) benachteiligt. Aufgrund der kleinen Fallzahlen von Schwellungen und Weichteildruckdolenzen konnte diese wissenschaftliche Arbeit jedoch über deren Korrelation zum Erfolg kein Urteil fällen.

Eine Partizipation der Kieferhöhle am endodontologischen Entzündungsgeschehen, zum Beispiel in Form einer Eröffnung infolge von Überinstrumentieren, beeinflusste den Therapieausgang bei Erstbehandlungen und Revisionen eindeutig ungünstig (Ng et al., 2011 a; Ricucci et al., 2011).

Entgegen dieser Untersuchung diagnostizierten Matsumoto et al. (1987) in Hinblick auf die Rolle des parodontalen Befundes zu Beginn einer Wurzelkanalbehandlung schlechtere Erfolgsaussichten für Zähne mit Sondierungstiefen größer als zwei Millimeter. Dem schlossen sich Ng et al. (2011 a) ausgehend von Taschen über fünf Millimeter Sondierungstiefe oder Paro-Endo-Läsionen an. Da gemäß einer gemeinsamen wissenschaftlichen Stellung der DGZMK (2003) parodontal stark vorgeschädigte Zähne von der endodontologischen Therapie im Examen ausgeschlossen wurden, waren die differierenden Studienergebnisse offensichtlich in der unterschiedlichen Fallselektion begründet.

Dass weder die Vitalität, noch die Pulpadiagnose bzw. der Trepanationsbefund in dieser Studie signifikante Auswirkungen auf das Therapieergebnis nahmen, wurde nur durch sehr wenige Studien bestätigt (Barbakov et al., 1980 a und 1980 b; Kerekes und Tronstad, 1979; Nelson, 1982). Sjögren et al. (1990) und Ricucci et al. (2011) maßen dem Zustand des Pulpengewebes zu Beginn der endodontologischen Behandlung keine Bedeutung zu, solange dieser nicht mit apikalen Entzündungsgeschehen assoziiert war. In einer Meta-Analyse der bestehenden Literatur erhielten Kojima et al. (2004) für Zähne mit vitalem Pulpengewebe eine Erfolgsquote von 82,8 % und für Fälle mit nekrotischer Pulpa 78,9 %. Ng et al. (2007 b) errechneten in einer zweiten Literaturübersicht übereinstimmend eine 1,77-fach höhere Erfolgschance für vitale Zähne. Zugleich machten die letztgenannten Autoren aber auf die Schwierigkeiten in der Diagnostik bei Übergangszuständen der Pulpa aufmerksam (Ng et al., 2007 b). Dies kann als eine Erklärung für die Abweichung dieser Untersuchung in Hinblick auf die genannte Variable gelten.

Interessanterweise zeigten vormals vitale Zähne, die in Folge eines Traumas endodontologisch behandlungsbedürftig wurden, konträr zu den Erkenntnissen von Ng et al. (2011 a) deutlich negative und tendenziell signifikante Effekte auf den Erfolg.

Im Widerspruch zu nahezu allen Studien zum Erfolg von Wurzelkanalbehandlungen konnte diese Untersuchung weder im Bereich der Apexdiagnose noch bei der Variable „Apikale Aufhellung“ signifikante Unterschiede zwischen den Einzelkategorien registrieren (Barbakov et al., 1980 a und 1980 b und 1981; Basmadjian-Charles et al., 2002; Chugal et al., 2001; De Chevigny et al., 2008 a ; Farzaneh et al., 2004 a; Friedman et al., 1995; Friedman et al., 2003; Hoskinson et al., 2002; Kerekes und Tronstad, 1979; Marquis et al., 2006; Matsumoto et al., 1987; Ng et al., 2007 b und 2011 a; Ricucci et al., 2011; Sjögren et al., 1990).

Lediglich bei einem PAI-Wert von größer als drei sank die Erfolgsquote bei den zweiten Kanälen rapide auf 25 %. In Verbindung mit einer 0,083-fach geminderten Chance auf einen positiven Therapieausgang kann diese geringe Erfolgsrate als Hinweis für die Rolle einer apikalen Osteolyse gedeutet werden. Hoskinson et al. (2002) berichteten beispielsweise von einem Anstieg der Möglichkeit für einen Erfolg um 70 %, wenn keine apikale Läsion vorlag. Chugal et al. (2001) konnten Differenzen von nahezu 30 % zugunsten gesunder, periapikaler Verhältnisse konstatieren. Aus den Beobachtungen von Sjögren et al. (1990) resultierte eine Erfolgsquote von 96 %, die bei Vorhandensein eines periapikalen Entzündungsgeschehen auf 86 % absank. In einer Bewertung der genannten Publikationen erhielten Ng et al. (2007 b) bei strengen Erfolgskriterien einen Unterschied von 13 % zugunsten apikal gesunder Zähne sowie eine 1,95-fach höhere Chance für eine vollständige Heilung bei Abwesenheit einer chronischen, apikalen Parodontitis.

In diesem Zusammenhang heilten im Gegensatz zu vorherigen Untersuchungen apikale Aufhellungen mit einem Ausgangsdurchmesser über 3 mm (17,33 %) ebenso erfolgreich, wie kleinere Läsionen (Chugal et al., 2001; Friedman et al., 1995; Hoskinson et al., 2002; Matsumoto et al., 1987; Ng et al., 2011 a; Selden, 1974). Nach den Erkenntnissen von Ng et al. (2007 b, 2008) war die Erfolgswahrscheinlichkeit nur im Revisionsfall bei Aufhellungen unter 5 mm Durchmesser 2,64-fach erhöht.

Die Ergebnisse dieser Studie weisen somit darauf hin, dass bei einem standardisierten Vorgehen der apikale Status eine geringere Relevanz für den Therapieerfolg besitzt.

Diese Studie konnte zwar stark differierende Erfolgsquoten bei Revisionen ermitteln, jedoch aufgrund des geringen Anteils am Patientenkollektiv (4 Fälle) gegenüber anderen

Studien keine Signifikanz nachweisen (De Chevingny et al., 2008 a und 2008 b; Farzaneh et al., 2004 a und 2004 b; Ng et al., 2011 a). Ein sehr großer Einfluss bestand in Revisionsfällen laut mehrerer Autoren in dieser Hinsicht bei Fällen von Osteolysen am Wurzelapex (Bergenholtz et al., 1979 a und 1979 b; De Chevingny et al., 2008 b; Farzaneh et al., 2004 b; Gorni und Gagliani, 2004; Hoskinson et al., 2002; Ng et al., 2011 a; Sjögren et al., 1990). Ng et al. (2008) beschrieben eine 28 % höhere Erfolgsquote und 6,32 Mal bessere Chance auf Erfolg, wenn keine apikale Läsion bestand. Vor diesem Hintergrund schnitten Revisionsbehandlungen allgemein oftmals schlechter ab als Erstbehandlungen (s. Tab. 19).

Tab. 19: Übersicht über die berichteten Erfolgsquoten bei Revisionen

Autor	Jahr	Erfolgs- kriterien	Kontrolle nach (in Jahren)	Erfolgs- quote
Bergenholtz et al.	1979 a/b	Streng	2	65,00 % (ca.)
Allen et al.	1989	Streng	0,5	65,60 %
Van Nieuwenhuysen et al.	1994	Streng	0,5	71,80 %
Sundqvist et al.	1998	Streng	5	74,00 %
Farzaneh et al.	2004 b	Streng	4-6	81,00 %
Gorni und Gagliani	2004	Streng	2	69,03 %
De Chevingny et al.	2008 b	Streng	4-6	83,00 %
Ng et al.	2011 a	Streng	2-4	80,10 %

Hinsichtlich der präoperativen Faktoren sind somit in der Zusammenfassung der Ergebnisse dieser und anderer Untersuchung eine nekrotische Pulpa und/oder eine periapikale Aufhellung sowie Revisionsbehandlungen eindeutig mit niedrigeren Erfolgsquoten korreliert. Bei anderen Faktoren wie beispielsweise dem Zahntyp und dem Trauma besteht dagegen noch Unklarheit (s. Tab. 20).

Tab. 20: Zusammenfassung der Ergebnisse dieser und anderer Untersuchungen zum Einfluss auf den Erfolg der präoperativen Faktoren

Präoperativer Faktor	Einfluss auf den Erfolg in dieser Untersuchung	Einfluss auf den Erfolg in anderen Studien	Fazit
Alter	Nicht Signifikant	Sehr selten Signifikant	Kein Einfluss
Geschlecht	Nicht Signifikant	Sehr selten Signifikant	Kein Einfluss
Zahntyp/ Kanalkonfiguration	Nicht Signifikant	Gelegentlich Signifikant	Einfluss wahrscheinlich
Präoperative Symptomatik	Nicht Signifikant	Signifikant	Einfluss bei akuten, apikalen Entzündungen
Parodontaler Zustand	Nicht Signifikant	Gelegentlich Signifikant	Einfluss abhängig vom Studiendesign
Pulpadiagnose	Nicht Signifikant	Signifikant	Einfluss
Trauma	Tendenziell Signifikant	Ungeklärt	Einfluss ungeklärt
Apexdiagnose	Nicht Signifikant	Signifikant	Einfluss (durch standardisierte Technik reduzierbar)
Durchmesser apikale Aufhellung	Nicht Signifikant	Selten Signifikant	Kein Einfluss
Revision	Nicht Signifikant	Signifikant	Einfluss

4.3.3 Einfluss der intraoperativen Faktoren

Diese wissenschaftliche Arbeit legte wie bereits Weiger et al. (2000) den Fokus auf die Bedeutung von Kalziumhydroxid als intermediäre Einlage zwischen der vollständigen Aufbereitung und der Obturation des Wurzelkanalsystems, denn nur dadurch kann eine

Bakterienfreiheit gewährleistet werden (Byström et al., 1985 b; Card et al., 2002; Orstavik et al., 1991; Sjögren et al., 1997). Trotz gegebenenfalls residualer Bakterien konnte diese retrospektive Studie ebenfalls keine Differenzen zwischen den Patienten mit einem Termin im Examen und solchen mit zwei oder mehr Sitzungen diagnostizieren.

Sowohl mehrere randomisierte Studien als auch vier Literaturübersichten konnten im Einklang dazu auch keinen Unterschied zwischen Wurzelkanalbehandlungen in einem Termin und Therapien mit intermediärer, medikamentöser Einlage feststellen. Darum betonten einige Wissenschaftler die Vorteile nur eines Patientenbesuchs wie verkürzte Behandlungszeiten, geringe Kosten und dadurch größere Patientenakzeptanz (Figini et al., 2008; Ng et al., 2007 b; Peters und Wesselink, 2002; Sathorn et al., 2005; Su et al., 2011; Trope et al., 1999; Weiger et al., 2000). Zudem zeigte die Untersuchung von Mulhern et al. (1982), dass die Inzidenz für postoperative Schmerzen unabhängig von der Sitzungsanzahl ist.

Vorteile einer vollständigen Elimination aller Erreger im Wurzelkanalsystem durch intermediäre Einlagen wurde in Bezug auf Kalziumhydroxid durch vereinzelte Studienergebnisse zwar postuliert, spielt aber zusammenfassend keine Rolle für die Erfolgsaussichten (Ricucci et al., 2011; Trope et al., 1999).

Komplikationen im Zuge der Aufbereitung, wie beispielsweise eine *Via valsa*, Perforationen oder eine Instrumentenfraktur, zeigten in Übereinstimmung mit anderen Autoren negative Auswirkungen auf die Behandlungsergebnisse (Kerekes und Tronstad, 1979; Imura et al., 2007; Marquis et al., 2006; De Chevigny et al., 2008 a).

Cvek et al. (1982), Kvinnsland et al. (1989) und Sjögren et al. (1990) identifizierten dabei eine iatrogene Perforation als entscheidenden Faktor für das Behandlungsergebnis. Andere Studien stellten nur im Falle von Revisionen eine Reduktion des Erfolges um bis zu 32 % bei Perforationen fest (De Chevigny et al., 2008 b; Farzaneh et al., 2004 b; Gorni und Gagliani, 2004; Ng et al., 2011 a). Eine Instrumentenfraktur hatte als alleiniges Merkmal für die Prognose der endodontologischen Behandlung hingegen keine Folgen (Crump und Natkin, 1970; Grossman, 1968; Spili et al., 2005).

Gelingt die vollständige Aufbereitung des Wurzelkanalsystems, ist der dauerhafte, bakteriendichte Verschluss durch eine Wurzelfüllung mit einer Kombination eines Sealers und Guttapercha der Goldstandard (Chandra, 2009; DGZMK, 2000 b). Diesbezüglich konnte keine Veröffentlichung, einschließlich dieser wissenschaftlichen Arbeit, einen möglichen Einfluss der Art des Sealers auf die Heilung präsentieren (Eriksen et al., 1988; Ørstavik et al., 1987; Waltimo et al., 2001).

Viel entscheidender als die Art des Sealers scheint dessen Bedeutung für die Homogenität und Randständigkeit der Wurzelfüllung, die im apikalen und mittleren Wurzel Drittel einen entscheidenden Faktor für den Therapieausgang darstellt (Cheung, 2002; Farzaneh et al., 2004 b; Kerekes und Tronstad, 1979; Marending et al., 2005; Van Nieuwenhuysen et al., 1994). Die Wurzelfüllung soll den eventuellen, residualen Bakterienkulturen in diesem Zusammenhang sowohl den Zugang zu verarbeitbaren Substraten als auch den Raum für eine erneute Vermehrung nehmen (Su et al., 2011). Ng et al. (2007 b, 2008) fanden in zwei Literaturliteraturbewertungen bei Primärbehandlungen bis zu 25,9 % und bei Sekundärbehandlungen bis zu 41 % bessere Therapieresultate bei homogenen, randständigen Obturationen.

Umso überraschender schnitten die in der Qualität für schlecht befundene Wurzelfüllungen des ersten Kanals im Vergleich mit den homogenen Obturationen in dieser Studie signifikant besser ab. Gemäß der binär-logistischen Regression war die Qualität der Obturationen der ersten Kanäle sogar ein entscheidenden Faktor für eine erfolgreiche Behandlung. Die Verhältnisse bei den zweiten Kanälen stellten sich hingegen komplett gegensätzlich dar. Im Vergleich zu anderen Publikationen erfolgte die Beurteilung aber auf der gesamten Länge der Wurzelfüllung (Cheung, 2002; Ng et al., 2011 a). Dadurch fanden auch Lufteinschlüsse und fehlende Adaptionen an der Kanalwand im koronalen Wurzel Drittel Eingang in die Bewertung. Leider fehlt bisher ein standardisiertes Verfahren mit Kalibrierung der Untersucher, wodurch die Beurteilung der Qualität einer Wurzelfüllung der Subjektivität überlassen bleibt (Ng et al., 2007 b). Inwiefern diese Aspekte die Ergebnisse bezüglich dieser Studie verändert haben, soll nachuntersucht werden.

Da die Wurzelfüllungen im Patientenkollektiv der vorliegenden Untersuchung in der Länge größtenteils zufriedenstellend waren, war die Beurteilung der Korrelation von Obturationslänge und Erfolg in der Gesamtsicht wie bei anderen Autoren eingeschränkt (Byström et al., 1987; Farzaneh et al., 2004 a; Hoskinson et al., 2002; Imura et al., 2007; Sjögren et al., 1997; Weiger et al., 2000).

Die signifikanten Unterschiede von zu kurzen Wurzelfüllungen im Bereich der 2. Kanäle im Vergleich mit Fällen von zu langen oder zufriedenstellenden Obturationen deuteten aber auf einen Zusammenhang zum Erfolg hin. Unter anderem Ng et al. (2011 a), Ricucci et al. (2011) und Sjögren et al. (1990) konnten bei der Gegenüberstellung von zufriedenstellenden - mit zu kurzen Wurzelfüllungen ebenso deutliche Vorteile bei der vollständigen Heilung bei den Erstgenannten erkennen. Jedoch handelte es sich bei den drei als zu kurz bewerteten Wurzelfüllungen bei den 2. Kanäle um vollständig ungefüllte Wurzelkanäle. Somit könnten auch die zur allgemeinen Studienlage widersprüchlichen, schlechteren Erfolgsaussichten gegenüber zu langen Obturationen eine mögliche Erklärung finden (Matsumoto et al., 1987; Ng et al., 2011 a; Ricucci et al., 2011; Seltzer et al., 1963; Swartz et al., 1983). Angesichts der nicht berechenbaren *odds ratio* kann die nachgewiesene Signifikanz in der vorliegenden Untersuchung daher nur mit großer Vorsicht als Häufung von Misserfolgen bei zu kurzen Wurzelfüllungen interpretiert werden.

Bei der Unterscheidung von zufriedenstellenden - und zu langen Wurzelfüllungen ergaben sich für ausreichend lange Obturationen, konträr zu anderen Untersuchungen, niedrigere Erfolgsraten (Ng et al., 2011 a; Ricucci et al., 2011; Seltzer et al., 1963; Sjögren et al., 1990; Strindberg, 1956; Swartz et al., 1983). Allerdings war bei sämtlichen als zu lang bewerteten Wurzelfüllungen in dieser Studie das Material nicht mehr als 1 mm über den röntgenologischen Apex extrudiert. Dadurch waren Irritationen der Gewebe an der Wurzelspitze in Form einer chronischen Entzündung nach Meinung einiger Forscher unwahrscheinlich, wodurch die leicht besseren Erfolgsraten wiederum als eine statistische Schwankung erklärt werden können (Yusuf, 1982).

Auch wenn diese wissenschaftliche Arbeit also nicht eindeutig die Verbindung von der Länge der Wurzelfüllung und dem endodontologischen Erfolg bestätigen konnte, ist diese im Resümee der bestehenden Literatur als gegeben anzunehmen (s. Tab. 21).

Tab. 21: Übersicht der Erfolgsquoten in Abhängigkeit von der Länge der Wurzelfüllung (* = Literaturübersicht)

Studie	Jahr	Behandlungsmodus	Erfolgsquote zu kurze WF	Erfolgsquote zufriedensstellende WF	Erfolgsquote zu lange WF
Kojima et al.	2004 (*)	Erstbehandlungen	85,5 %	86,5 %	70,8 %
Ng et al.	2007 b (*)	Erstbehandlungen	76,8 %	77,3 %	65,8 %
Ng et al.	2008 (*)	Revisionen	87,4 %	80,5 %	63,1 %
Ng et al.	2011 a	Erstbehandlungen	73,3 %	85,8 %	67,1 %
Ng et al.	2011 a	Revisionen	64,8 %	84,6 %	61,5 %

Den vorläufigen Abschluss findet eine Wurzelkanalbehandlung erst durch den ohne Wartezeiten vorzunehmenden, bakteriendichten Aufbau, der eine Rekontamination des gefüllten Wurzelkanalsystems von koronal verhindert (Cheung, 2002; DGZMK, 2003; Fox und Gutteridge, 1997; Magura et al., 1991; Ng et al., 2011 a; Saunders und Saunders, 1994; Torabinejad et al., 1990). Dabei ist einer substanzschonenden Therapie unter Einsatz der Adhäsivtechnik stets der Vorzug zu geben (DGZMK, 2003). Dementsprechend fanden sich in dieser Untersuchung, ebenso wie zuvor bei Chugal et al. (2007) und Imura et al. (2007), unabhängig von einer eventuell späteren Versorgung geringe Erfolgsquoten bei Zähnen mit temporären Restaurationen. Im Gegensatz zu den signifikanten Ergebnissen von Imura et al. (2007), beruhten die Erkenntnisse von Chugal et al. (2007) jedoch auf der geminderten, definitiven Versorgung von Zähnen mit einer apikalen Parodontitis. Dadurch war eine radiologisch erkennbare Osteolyse am Wurzelapex laut dieser Autoren der entscheidende Faktor für den Ausgang der Wurzelkanalbehandlung und beeinflusste die Entscheidung der Behandelnden hinsichtlich der konservierend-prothetischen Weiterbehandlung (Chugal et al., 2007). Diese retrospektive Studie konnte zwar trotz der Differenzen nur eine tendenzielle Signifikanz

errechnen, schließt sich aber im Sinne eines antibakteriellen Behandlungskonzepts den Empfehlungen der DGZMK (2003) an.

Tab. 22: Zusammenfassung der Ergebnisse dieser und anderer Untersuchungen zum Einfluss auf den Erfolg der intraoperativen Faktoren

Intraoperativer Faktor	Einfluss auf den Erfolg in dieser Untersuchung	Einfluss auf den Erfolg in anderen Studien	Fazit
Anzahl der Sitzungen	Nicht Signifikant	Nicht Signifikant	Kein Einfluss
Medikamentöse Einlage	Nicht Signifikant	Selten Signifikant	Einfluss unwahrscheinlich
Komplikationen	Tendenziell Signifikant	Signifikant	Einfluss bei Perforationen
Sealer	Nicht Signifikant	Nicht Signifikant	Kein Einfluss
Qualität der Wurzelfüllung	Signifikant	Signifikant	Einfluss
Länge der Wurzelfüllung	Signifikant	Signifikant	Einfluss
Sofortrestauration	Tendenziell Signifikant	Signifikant	Einfluss

4.3.4 Einfluss der postoperativen Faktoren

Bei unzureichender, koronaler Zahnhartsubstanz ist vor der prothetischen Versorgung eines wurzelkanalgefüllten Zahnes mitunter eine zusätzliche, adhäsive Retention des Aufbaus in Form eines Wurzelkanalstiftes notwendig, der jedoch keine zusätzliche Stabilisierung bedeutet (DGZMK, 2003; Sidoli et al., 1997; Trope et al., 1985).

Diese erfolgte stets nach dem Examen in Form von individuell gegossenen Metallstiften oder faserverstärkten Stiften auf Kompositbasis und zeigte wie in vorherigen Publikationen keinen signifikanten Einfluss auf die Erfolgsquote (Farzaneh et al., 2004 a; Ng et al., 2011 a; Ricucci et al., 2011). In einigen Fällen waren die Stiftversorgungen infolge

postoperativer Frakturen der restlichen Zahnhartsubstanz notwendig geworden, die dadurch aber ohne Konsequenzen für die Erfolgsprognose blieben.

Festsitzende Versorgungen im Sinne von Kronen, Brücken bzw. Kombinationsarbeiten mit Modellgussprothesen waren in dieser Untersuchung im Vergleich zu Kompositrestaurationen nur geringfügig im Nachteil. Dagegen hatte die Einbeziehung in teleskopierende Versorgungen signifikant häufiger klinische und/oder röntgenologische Auffälligkeiten bei den Kontrolluntersuchungen zur Folge. Damit korrespondierten die oben genannten Ergebnisse unter anderem mit denen von Matsumoto et al. (1987), die bei fehlenden Nachbarzähnen in Verbindung mit prothetischer Versorgung endodontologisch behandelte Zähne höhere Misserfolgsraten feststellten (Sjögren et al., 1990; Matsumoto et al., 1987; Ng et al., 2007 b). Ist bereits ein negativer Einfluss einer vermehrten, extraaxialen Belastung für das Überleben wurzelbehandelter Zähne belegt, bedarf es bezüglich der vollständigen Heilung aber weiterer Forschung (Alley et al., 2004; Lazarski et al., 2001; Ng et al., 2010).

Obwohl bezüglich der Qualität der postendodontologischen Restauration sowie für Fälle mit einer marginalen Karies in dieser Statistik leicht bessere Werte für klinisch und/oder radiologisch insuffiziente Versorgungen resultierten, sahen mehrere Autoren die Qualität von Füllungen, Kronen, Brücken oder Teleskopen als wichtigen Faktor für die vollständige Heilung an (Gillen et al., 2011; Hommez et al., 2002; Ng et al., 2007 b; Ng et al., 2008 und 2011 a; Ray und Trope, 1995; Tronstad et al., 2000).

Ray und Trope (1995) überraschten die Fachwelt Mitte der 90er Jahre sogar mit der Theorie, dass der koronale Abschluss einer Wurzelfüllung an sich einen wesentlich größeren Einfluss auf den Erfolg der Behandlung habe als die Qualität der Wurzelfüllung selbst. Hoskinson et al. (2002) definierten in diesem Zusammenhang eine zufriedenstellende Restauration als die Abwesenheit von Randungenauigkeiten, marginalen Verfärbungen, Kronenrandkaries und Dezementierungen in der Patientenhistorie.

Ng et al. (2007 b) errechneten in einer systematischen Übersicht eine um 18 % höhere Erfolgswahrscheinlichkeit für Zähne mit qualitativ hochwertiger Restauration, die sich ähnlich zu den 24 % bei Revisionen verhielt (Ng et al., 2008).

Gillen et al. (2011) stellten in einem Überblick über die bestehende Literatur in Anlehnung an Ray und Trope (1995) Fälle mit adäquater Wurzelfüllung und suffizienter Restauration erstens Zähnen mit insuffizienter Versorgung und guter Wurzelfüllung und zweitens Patienten mit adäquater Restauration und qualitativ schlechter Wurzelkanalbehandlung gegenüber (Ray und Trope, 1995). Sowohl für die erste -, wie auch für die zweite Kombination, berechneten sie eine 2,7-2,8 Mal bessere Heilungschance im Sinne der ESE für die Gruppe mit gutem apikalen und koronalem Abschluss (Gillen et al., 2011).

Diese Studie konnte zwar keine signifikante Korrelation zum Erfolg feststellen, zahlreiche Studien lassen aber eine Interaktion der Qualität der Restauration mit dem Therapieausgang vermuten.

Bis heute weitgehend unbeachtet bleibt in der internationalen Literatur dagegen der Effekt des Zeitpunkt der Versorgung, sodass weitere Anstrengungen unternommen werden müssen, um die tendenziell signifikanten Auswirkungen auf die vollständige Heilung in dieser Studie zu widerlegen oder zu bestätigen.

Die Vermutung von Wu et al. (2009), dass die Erfolgsrate mit zunehmenden Beobachtungszeitraum zunimmt, offenbarte sich beim Vergleich der Patienten mit unterschiedlichem Beobachtungszeitraum (2-3 Jahre und 4-5 Jahre) in dieser retrospektiven Betrachtung nicht. Dies kann als Gegenbeweis zu der These von Wu et al. (2009) gelten, dass Patienten mit gutem Behandlungsergebnis öfters bei den Kontrollen erscheinen.

Tab. 23: Zusammenfassung der Ergebnisse dieser und anderer Untersuchungen zum Einfluss auf den Erfolg der postoperativen Faktoren

Postoperativer Faktor	Einfluss auf den Erfolg in dieser Untersuchung	Einfluss auf den Erfolg in anderen Studien	Fazit
Stiftversorgungen	Nicht Signifikant	Nicht Signifikant	Kein Einfluss
Art der Restauration	Signifikant	Signifikant	Einfluss
Qualität der Versorgung	Nicht Signifikant	Signifikant	Einfluss
Zeit bis zur Versorgung	Tendenziell Signifikant	Ungeklärt	Einfluss wahrscheinlich
Fraktur	Nicht Signifikant	Nicht Signifikant	Kein Einfluss
Beobachtungszeitraum	Nicht Signifikant	Signifikant	Einfluss wahrscheinlich

4.4. Fazit und Ausblick

Mit einer Überlebensrate von 91,91 % und einer Erfolgsquote von 75 %, beziehungsweise 80 % unter Einbeziehung der Kategorie der unvollständigen Heilung, zeigte die endodontologische Therapie im Examen in der Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des Universitätsklinikums Bonn (Prof. Dr. Dr. Jepsen, M.S.) im Vergleich zu vorangegangenen Studien gute Ergebnisse (Ng et al., 2007 b).

Trotz der hohen Qualität der untersuchten Wurzelfüllungen hinsichtlich deren Homogenität, Randständigkeit und Länge konnten Faktoren identifiziert werden, die das Behandlungsergebnis beeinflussen.

Präoperativ wirkte sich insbesondere ein traumatisches Geschehen in der Anamnese negativ auf eine vollständige Heilung aus. Die Rolle des Traumas erfordert allerdings weitere Studien, wobei sowohl die Art des Traumas als auch der Zeitpunkt einer endodontologischen Intervention thematisiert werden. Überraschenderweise zeigte hinsichtlich der Ausgangsdiagnose weder eine Nekrose der Pulpa noch eine *Parodontitis apicalis chronica/acuta* einen signifikanten Effekt auf den Erfolg. Dies ist wahrscheinlich auch in einer intraoperativen, effektiven, standardisierten Aufbereitungstechnik sowie in den qualitativ guten Wurzelkanalbehandlungen begründet. Dennoch sollte intraoperativ in Übereinstimmung zu vorherigen Publikationen sowohl eine apikale Perforation infolge einer Überinstrumentierung, als auch die Verwendung von provisorischen Materialien als vorläufiger, koronaler Abschluss, vermieden werden (Cvek et al., 1982; DGZMK, 2003; Imura et al., 2007; Sjögren et al., 1990).

Postoperativ ist nach allen bisherigen Erkenntnissen eine suffiziente Versorgung anzustreben, die bevorzugt in Form von Kompositrestaurationen, Kronen oder kleineren Brücken erfolgen sollte (Gillen et al., 2011; Ng et al., 2007 b; Sjögren et al., 1990). Die Einbeziehung in eine teleskopierende Versorgungsform sollte nach den Ergebnissen dieser und anderer Untersuchungen mit Vorsicht erfolgen, auch wenn noch zu klären ist, unter welchen Voraussetzungen (beispielsweise der Anzahl und Verteilung der übrigen Pfeiler) eine vollständige Heilung erschwert ist (Matsumoto et al., 1987). Studien zum Überleben endodontologisch behandelter Zähne geben bereits Hinweise, dass die Art der späteren Restauration eine große Bedeutung haben könnte (Ng et al., 2010).

Anlass zu weiterer Forschung bildet auch die Frage, ob eine prothetische Versorgung besser nach einem Jahr durchgeführt werden sollte und somit die vollständige Heilung von der kaufunktionellen Belastung innerhalb des ersten Jahres abhängig ist.

5. Zusammenfassung

Mit dem Ziel der Evaluation der erfolgreich endodontologisch behandelten Patienten in den Examina der Jahre 2005 bis 2010 der Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (Prof. Dr. Dr. Jepsen, M.S.) wertete die vorliegende Untersuchung die Daten von insgesamt 211 Patienten mit 227 Zähnen für einen retrospektiven Vergleich der Ausgangssituation mit den routinemäßigen, klinisch-radiologischen Nachkontrollen aus. Die Nachkontrollen fanden diesbezüglich nach mindestens 2 Jahren Beobachtungszeitraum statt. Des Weiteren sollte mit Hilfe des Chi-Quadrat Tests, des Exakten Tests nach Fischer und der sogenannten *odds ratio* untersucht werden, welche Faktoren präoperativ, intraoperativ und postoperativ Einfluss auf das Behandlungsergebnis nehmen. Unter Anwendung der vorwärts bedingten, binär logistischen Regressionsanalyse wurde zudem ermittelt, welche Kombination von Faktoren die stärkste Auswirkung auf den Erfolg besitzt. Die Überlebensrate wurde zusätzlich bestimmt.

Von den 211 für die vorliegende Studie ausgewählten Patienten konnten basierend auf Dokumentationen 173 Zähne (= 76,21 %) von 162 Patienten nach 2 Jahren hinsichtlich des Überlebens beurteilt werden. Die Überlebensrate betrug 91,91 %. Bei einer Kontrollquote von 33 % (= 75 Zähne von 71 Patienten) konnten 74,67 % der Zähne, unter Einbeziehung der Kategorie der unvollständigen Heilung sogar 80 %, als erfolgreich therapiert beurteilt werden. Signifikanten Einfluss auf das Therapieergebnis nahmen intraoperativ die Länge der Wurzelfüllung bei den zweiten Kanälen sowie die Qualität der Wurzelfüllung bei den ersten Wurzelkanälen und postoperativ die Restaurationsform als auch die Zeit bis zur definitiven Versorgung. Tendenziell signifikant waren präoperativ ein Zahntrauma und intraoperativ Komplikationen und provisorische Sofortrestorationen. Die Kombination von Qualität der Wurzelfüllung des ersten Kanals, Restaurationsform und Zeit bis zur definitiven Versorgung zeigte dabei den stärksten Einfluss auf die Erfolgsrate.

Zusammenfassend zeigten die studentischen Leistungen im Examen damit gute Behandlungsergebnisse. Dennoch konnten Faktoren identifiziert werden, die den Erfolg beeinflussen können und die daher bei Planung und Durchführung aller Therapiephasen beachtet werden sollten.

6. Anhänge

6.1. Endodontologiebogen der Sudentenkurse und der Examensprüfung

KURS:	CAND.MED.DENT.:
-------	-----------------

ENDODONTIE

Patient-Nr. : Geb.-Datum:

Name: Telefon privat:

Vorname: Überweisung:

Straße: ja: nein:

Wohnort: Zahn:

1. FRÜHERE ANAMNESE / BEFUND/ DIAGNOSE (SIEHE PATIENTENJOURNAL):

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. JETZIGE ANAMNESE: Datum:

Pulpasensibilität: thermisch Sens + Mittel:

elektrisch Sens - Gerät:

Schmerzen: ja nein

Schmerzqualitäten: gering lokalisierbar kurzzeitig

länger anhaltend ausstrahlend pulsierend

Perkussionsempfindlichkeit: ja nein

Fistel im Bereich der Wurzel: ja nein Rö-path. apikale Veränderung:

Lockerungsgrad:

Sondierungstiefen: mesial: oral: distal: vestibulär:

3. JETZIGE DIAGNOSE:

.....

Datum: Testat:

Abb. 11: Endodontologiebogen der Sudentenkurse und der Examensprüfung Seite 1

4. THERAPIE:

Anwendung Kofferdam: (Klammer-Nr.)

4.1. Trepanationsbefund:

- 1. Leerer Wurzelkanal
- 2. Medikament im Wurzelkanal
- 3. Nekrotische Pulpa
- 4. Hyperämische Pulpa
- 5. Eitrige Einschmelzung
- 6. Sonstiges

4.2. Endometrie: (Gerät / Name)

.....

4.3. Röntgenmessaufnahme: Aufbereitung: manuell: maschinell:

Kanal	Ref. Punkt	Instr.- Größe	Länge	Endometr. Anzeige	AAT	Feilen- system	MF Größe	Konizität	Letzte Stufe	MP Größe

- AAT = Angestrebte Aufbereitungstiefe
- LIZ = Länge des Instrumentes innerhalb des Zahnes
- LIR = Länge des Instrumentes auf dem Röntgenbild
- LZR = Länge des Zahnes auf dem Röntgenbild
- MF = Hauptinstrument (Master File)
- MP = Hauptstift (Master Point)
- LZ = Länge des Zahnes

4.3.1. RöMe:

$$X = \frac{LIZ \times LZR}{LIR} = LZ - 1 \text{ mm} = \text{AAT}$$

4.4. Wurzelkanalfüllung:

Anzahl der Sitzungen für Kanalaufbereitung

Anzahl der Sitzungen bis zur Wurzelkanalfüllung

Sealer (Name):

Wurzelfüllmaterial (Name):

Technik der Wurzelkanalfüllung

- laterale Kondensation
- vertikale Kondensation
- andere Methode (Name):

DATUM: TESTAT:

5. RÖNTGENKONTROLLE NACH DER WURZELFÜLLUNG:

- Deutliche Veränderung im apikalen Bereich
- Wurzelkanalfüllung kurz vor dem Rö-Apex (0,5 - 1,5 mm)
- Wurzelkanalfüllung über den Rö-Apex hinaus
- Wurzelkanalfüllung bis zum Rö-Apex

6. DECKFÜLLUNG:

ZAHN: MATERIAL: FLÄCHE:

DATUM: TESTAT:

Abb. 12: Endodontologiebogen der Sudentenkurse und der Examensprüfung Seite 2

6.2. Endodontologiebogen der Kontrolluntersuchungen

Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und
Präventive Zahnheilkunde

Direktor: Prof. Dr. Dr. Søren Jepsen, M.S.



Endo-Bogen

Behandler _____ Datum _____

Überweiser _____ Telefon _____ Email _____

Hausarzt _____ Telefon _____ Email _____

Persönliche Daten des Patienten

Nachname _____ Straße _____ Telefon _____

Vorname _____ Wohnort _____ Mobil _____

Geb.-Datum _____ Versicherung _____ Email _____

Hauptanliegen des Patienten / Hauptbeschwerden

Allgemeinmedizinische Anamnese

Letzte allgemeinmedizinische Untersuchung Datum _____

- Allergien**
- Anästhesie
 - Latex
 - Penicillin
 - Analgetika
 - Medikamente
 - Asthma

Diabetes Typ I Typ II

Herzerkrankungen

- Angina pectoris
- Herzinfarkt
- Herzerkrankungen
- Hypertonie
- Hypotonie

Bluterkrankungen

- Blutungsneigung
- Anämie

Zusätzliche Angaben zu den Erkrankungen

Infektionskrankheiten

- HIV
- Hepatitis A B C
- Tuberkulose
- Herpes labialis zoster
- Geschlechtskrankheiten

Gefäßerkrankungen

- Apoplex
- Glaukom

Organbezogene Erkrankungen

- Nierenerkrankungen
- Lebererkrankungen
- Lungenerkrankungen
- Magen-Darm-Erkrankungen
- Hauterkrankungen

Krebserkrankungen

Schwangerschaft Monat _____

Rheumatische Erkrankungen

- Skelettale Erkrankungen**
- Rücken- / Nackenschmerzen

Chirurgische Eingriffe

Neurologische Erkrankungsformen

- Migräne
- Psychische Erkrankungen

Abhängigkeiten

- Alkoholabusus
- Drogenabhängigkeit

Andere

Medikamente

Keine Medikamente
(Namen der Medikamente)

(Grund für die Einnahme der Medikamente)

Abb. 13: Endodontologiebogen der Kontrolluntersuchungen Seite 1

Nachname _____ Vorname _____ Geb.-Datum _____

Zahnmedizinische Anamnese

Letzter Zahnarztbesuch Datum _____

Schmerzen Ja Nein seit wann? _____

Region Zahn # _____ OK re li KG re li
UK re li

Intensität <input type="checkbox"/> 1 (schwach) <input type="checkbox"/> 2 (moderat) <input type="checkbox"/> 3 (stark) <input type="checkbox"/> 4 (sehr stark)	Schmerzen <input type="checkbox"/> lokalisierbar <input type="checkbox"/> ausstrahlend <input type="checkbox"/> diffus <input type="checkbox"/> akut <input type="checkbox"/> chronisch	Frequenz <input type="checkbox"/> spontan <input type="checkbox"/> konstant <input type="checkbox"/> gelegentlich	Qualität <input type="checkbox"/> stechend <input type="checkbox"/> stumpf <input type="checkbox"/> ziehend <input type="checkbox"/> klopfend	Auslöser <input type="checkbox"/> Kälte <input type="checkbox"/> Wärme <input type="checkbox"/> Druck <input type="checkbox"/> intraoral <input type="checkbox"/> extraoral <input type="checkbox"/> süß <input type="checkbox"/> sauer	Linderung <input type="checkbox"/> Analgetika <input type="checkbox"/> Kälte <input type="checkbox"/> Wärme <input type="checkbox"/> keine
--	---	---	--	---	---

KFO-Behandlung Wann? _____ Bruxismus
 Parodontitisbehandlung Wann? _____ Schiene

Zusätzliche Angaben zum extraoralen Befund

Extraoraler Befund

Schwellung Ja Nein **Region** **Zahn #** _____ **OK** re li **UK** re li
 fest / derb fluktuierend submukös seit wann? _____ Fossa canina submandibulär

Palpation <input type="checkbox"/> Augenwinkel <input type="checkbox"/> UK-Rand <input type="checkbox"/> tastbar <input type="checkbox"/> nicht tastbar <input type="checkbox"/> LK <input type="checkbox"/> geschwollen <input type="checkbox"/> dolent	Kopf <input type="checkbox"/> Asymmetrie <input type="checkbox"/> Sensibilität <input type="checkbox"/> NAPs <input type="checkbox"/> o.p.B. <input type="checkbox"/> dolent <input type="checkbox"/> Parästhesie <input type="checkbox"/> Anästhesie	Haut <input type="checkbox"/> Fistel <input type="checkbox"/> Gelbsucht <input type="checkbox"/> Rötung <input type="checkbox"/> zyanotisch <input type="checkbox"/> bleich <input type="checkbox"/> Effloreszenzen <input type="checkbox"/> Petechien <input type="checkbox"/> Anderes	Augen <input type="checkbox"/> Gelbsucht <input type="checkbox"/> Rötung <input type="checkbox"/> Exophtalmus <input type="checkbox"/> Enophtalmus <input type="checkbox"/> Bewegung <input type="checkbox"/> Anderes	Hände <input type="checkbox"/> Nägel <input type="checkbox"/> Tremor <input type="checkbox"/> Schwitzen <input type="checkbox"/> Kälte <input type="checkbox"/> Pits <input type="checkbox"/> Anderes	Hals <input type="checkbox"/> Thyroidea <input type="checkbox"/> Schwellung <input type="checkbox"/> Anderes Weiteres <input type="checkbox"/> Pigmentierungen <input type="checkbox"/> Foetor ex ore
--	---	--	--	--	---

Zusätzliche Angaben zum extraoralen Befund

Funktioneller Befund

Okklusionstyp <input type="checkbox"/> neutral <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> li <input type="checkbox"/> mesial <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> li <input type="checkbox"/> distal <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> li <input type="checkbox"/> Kreuzbiss <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> li <input type="checkbox"/> Kopfbiss <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> li	Overjet mm Overbite mm Mittellinierverschiebung <input type="checkbox"/> re mm <input type="checkbox"/> li mm	UK-Mobilität SKD mm <input type="checkbox"/> Deviation <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> li <input type="checkbox"/> Deflektion <input type="checkbox"/> re <input type="checkbox"/> li <input type="checkbox"/> Limitation <input type="checkbox"/> Gelenkgeräusche
---	--	---

Nachname _____ Vorname _____ Geb.-Datum _____

Intraoraler Befund

Schwellung Ja Nein **Region** **Zahn #** **OK** re li **UK** re li
 fest / derb fluktuierend submukös **seit wann?** _____ Fossa canina submandibulär

Fistel Ja Nein **Region** **Zahn #** **Druckdolenz**
 Gingiva Mukosa vestibulär oral vestibulär oral

Mukosa **Gingiva** **Gaumen** **Tonsillen** **Zunge** **Speichel**
 labial bukkal alveolär Mundboden (siehe unten) Rötung Schwellung Veränderung Fistel (siehe unten) harter Gaumen weicher Gaumen Rötung Schwellung (siehe unten) Rötung Schwellung Pus Belag (siehe unten) Schleimhaut Tonsillen Bewegung Belag (siehe unten) flüssig zäh vermindert Drüenschwellung (siehe unten)

Zusätzliche Angaben zum intraoralen Befund

Zahnbezogene Angaben

Zahn # _____ **Versorgung** alt neu unbehandelt vorbehandelt **WF** alt neu Med Stift **Füllungen** AF/IG KF/IK GIZ/PV **Krone** GK VMK VK **Perkussion** vertikal horizontal **Watterollentest** zusammenbeißen loslassen **Weiteres** Karies Verfärbungen Infrakturen Perforationen Attrition Abrasion Zahnhaltsdefekt **Trauma** Kronenfraktur Grad I Grad II Grad III

Zahnbezogener Befund									Parodontaler Befund								
#	Kälte	Wärme	EPT	Perk.	Palp.	Mob.	Holz	Farbe	mv	v	dv	do	o	mo	Rec.	Furk.	BOP

(normal = N; keine Reaktion = 0; leicht = 1; moderat = 2; stark = 3; anhaltend = A; Verzögert = Z)

Zusätzliche Angaben

Abb. 15: Endodontologiebogen der Kontrolluntersuchungen Seite 3

6.3. Kodetabelle

Tab. 24: Kodetabelle Teil 1

Variabel	Wert 0	Wert 1	Wert 2	Wert 3	Wert 4
Alter	-	= < 50 Jahre	= > 50 Jahre	-	-
Geschlecht	-	= Weiblich	= Männlich	-	-
Lokalisation	-	= Oberkiefer	= Unterkiefer	-	-
Zahntyp	-	= Frontzahn	= Prämolare	= Molar	-
Kanalanzahl	-	= Eins	= Zwei	-	-
Vitalität	-	= Ja	= Nein	-	-
Perkussion	-	= Ja	= Nein	-	-
Schwellung	-	= Ja	= Nein	-	-
Palpation	-	= Ja	= Nein	-	-
Lockerung	= 0 bis 1	= 2 bis 3	= Unsicher	-	-
Sondierung	= Unsicher	= < 5 mm	= > 5 mm	-	-
Schmerz	-	= Ja	= Nein	-	-
Behandlungsmodus	-	= Erstbehandlung	= Revision	-	-
Trauma	-	= Ja	= Nein	-	-
Pulpendiagnose	= Unsicher	= Irreversible Pulpitis	= Pulpanekrose	-	-
Apexdiagnose	= Normal	= Akute/Akute-Exazerbierte P.a oder Abszess	= Chronische P.a.	-	-
Apikale Aufhellung	-	= Ja	= Nein	-	-
Trepanation	= Unsicher	= Normal	= Hyperämisch	= Nekrotisch	-
Endometrie	-	= Ja	= Nein	-	-
Sitzungen	-	= Eins	= > Zwei	-	-

Tab. 25: Kodetabelle Teil 2

Variabel	Wert 0	Wert 1	Wert 2	Wert 3	Wert 4
Sealer	-	= Roeco Seal [®]	= Seal Apex [®]	-	-
Länge Kanal 1	-	= Gut	= Zu Kurz	= Zu Lang	-
Länge Kanal 2	-	= Gut	= Zu Kurz	= Zu Lang	= Kein 2. Kanal
Qualität Kanal 1	-	= Homogen	= Inhomogen/ Luftblasen	-	-
Qualität Kanal 2	-	= Homogen	= Inhomogen/ Luftblasen/ Ungefüllt	= Kein 2. Kanal	-
Komplikationen	-	= Ja	= Nein	-	-
Anatomie	-	= Ja	= Nein	-	-
Sofort-restauration	= Unsicher	= Komposit	= Cavit [®] / Zement	-	-
Restauration	-	= Komposit	= Krone/ Teilkrone	= Teleskop	-
Stiftversorgung	-	= Ja	= Nein	-	-
Qualität Versorgung	-	= Suffizient	= Insuffizient	-	-
Zeit zur Versorgung	= Unsicher	= Im 1. Jahr	= Nach 1. Jahr	-	-
PAI Kanal 1	-	= PAI 1	= PAI 2	= PAI > 2	-
PAI Kanal 2	= Kein 2. Kanal	= PAI 1	= PAI 2	= PAI > 2	-
PAI Kanal 1 Kontrolle	-	= PAI 1	= PAI 2	= PAI > 2	-
PAI Kanal 2 Kontrolle	= Kein 2. Kanal	= PAI 1	= PAI 2	= PAI > 2	-

Tab. 26: Kodetabelle Teil 3

Variabel	Wert 0	Wert 1	Wert 2	Wert 3	Wert 4
Klinische Symptome	-	= Ja	= Nein	-	-
Erfolg	-	= Ja	= Nein	-	-
Post Schmerzen	-	= Ja	= Nein	-	-
Parodontitis	-	= Ja	= Nein	-	-
Karies	= Unsicher	= Ja	= Nein	-	-
WSR	-	= Ja	= Nein	-	-
Revision	-	= Ja	= Nein	-	-
Fraktur	-	= Ja	= Nein	-	-
Kontrolle	-	= Nach 2-3 Jahren	= Nach 4-5 Jahren	-	-

7. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: PAI 1 = Gesunder Periapex	26
Abb. 2: PAI 2 = Veränderte Knochenstruktur am Periapex	26
Abb. 3: PAI 3 = Veränderte Knochenstruktur mit Mineralverlust am Periapex	26
Abb. 4: PAI 4 = Klar begrenzte, apikale Parodontitis	26
Abb. 5: PAI 5 = Apikale Parodontitis mit Anzeichen einer Exazerbation	26
Abb. 6: Anteil der über- und unter 50-Jährigen	32
Abb. 7: Anteil der weiblichen und männlichen Patienten	32
Abb. 8: Lokalisation der Zähne	33
Abb. 9: Verteilung des Zahntyps	34
Abb. 10: Allgemeine Erfolgsrate	34
Abb. 11: Endodontologiebogen der Sudentenkurse und der Examensprüfung Seite 1	76
Abb. 12: Endodontologiebogen der Sudentenkurse und der Examensprüfung Seite 2	77
Abb. 13: Endodontologiebogen der Kontrolluntersuchungen Seite 1	78
Abb. 14: Endodontologiebogen der Kontrolluntersuchungen Seite 2	79

Abb. 15: Endodontologiebogen der Kontrolluntersuchungen Seite 3

80

8. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: International geläufige Einteilung der Länge einer Wurzelfüllung	16
Tab. 2: Modifikation des PAI-Index zur Beurteilung der apikalen Region	27
Tab. 3: <i>Scoring-Systems</i> zur Beurteilung der Wurzelfüllungsqualität	27
Tab. 4: Definition von Heilung/Nicht-Heilung durch die ESE (1994, 2006)	29
Tab. 5: Kontrollraten nach Jahren nach Abzug von Patienten/Patientinnen, die in zwei Examina behandelt wurde (= *)	31
Tab. 6: Zahnbezogene Kontrollraten nach Jahren unter Einbeziehung einer Revision eines im Examen 2005 wurzelkanalbehandelten Zahnes (= #)	33
Tab. 7: Statistische Auswertung der präoperativen Faktoren Teil 1 (χ^2 = Chi-Quadrat-Test; Fi = Exakter Test nach Fischer)	35
Tab. 8: Statistische Auswertung der präoperativen Faktoren Teil 2 (χ^2 = Chi-Quadrat-Test; Fi = Exakter Test nach Fischer)	36
Tab. 9: Statistische Auswertung der präoperativen Faktoren Teil 3 (χ^2 = Chi-Quadrat-Test; Fi = Exakter Test nach Fischer)	37
Tab. 10: Statistische Auswertung der präoperativen Faktoren Teil 4 (χ^2 = Chi-Quadrat-Test; Fi = Exakter Test nach Fischer)	38
Tab. 11: Statistische Auswertung der präoperativen Faktoren Teil 5 (χ^2 = Chi-Quadrat-Test; Fi = Exakter Test nach Fischer)	39

Tab. 12: Statistische Auswertung der intraoperativen Faktoren Teil 1 (χ^2 = Chi-Quadrat-Test; Fi = Exakter Test nach Fischer)	40
Tab. 13: Statistische Auswertung der intraoperativen Faktoren Teil 2 (χ^2 = Chi-Quadrat-Test; Fi = Exakter Test nach Fischer)	41
Tab. 14: Statistische Auswertung der postoperativen Faktoren Teil 1 (χ^2 = Chi-Quadrat-Test; Fi = Exakter Test nach Fischer)	42
Tab. 15: Statistische Auswertung der postoperativen Faktoren Teil 2 (χ^2 = Chi-Quadrat-Test; Fi = Exakter Test nach Fischer)	43
Tab. 16: Ergebnisse der vorwärts bedingten, binär-logistischen Regressions-Analyse	44
Tab. 17: Übersicht über die berichteten Kontrollraten ausgewählter Studien (* = nach Ausschluss von 109 Patienten, d.h. 31 %, im Vorfeld)	55
Tab. 18: Übersicht über die berichteten Erfolgsquoten ausgewählter Studien	57
Tab. 19: Übersicht über die berichteten Erfolgsquoten bei Revisionen	62
Tab. 20: Zusammenfassung der Ergebnisse dieser und anderer Untersuchungen zum Einfluss auf den Erfolg der präoperativen Faktoren	63
Tab. 21: Übersicht der Erfolgsquoten in Abhängigkeit von der Länge der Wurzelfüllung (* = Literaturübersicht)	67
Tab. 22: Zusammenfassung der Ergebnisse dieser und anderer Untersuchungen zum Einfluss auf den Erfolg der intraoperativen Faktoren	68

Tab. 23: Zusammenfassung der Ergebnisse dieser und anderer Untersuchungen zum Einfluss auf den Erfolg der postoperativen Faktoren	71
Tab. 24: Kodetabelle Teil 1	81
Tab. 25: Kodetabelle Teil 2	82
Tab. 26: Kodetabelle Teil 3	83

9. Literaturverzeichnis

Abbott PV. Classification, diagnosis and clinical manifestations of apical periodontitis. *Endodontic Topics* 2004; 8: 36-54

Allen RK, Newton CW, Brown CE, Jr. A statistical analysis of surgical and nonsurgical endodontic retreatment cases. *J Endod* 1989; 15: 261-266

Alley BS, Kitchens GG, Alley LW, Eleazer PD. A comparison of survival of teeth following endodontic treatment performed by general dentists or by specialists. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004; 98: 115-118

Allison DA, Weber CR, Walton RE. The influence of the method of canal preparation on the quality of apical and coronal obturation. *J Endod* 1979; 5: 298-304

Andreasen FM, Pedersen BV. Prognosis of luxated permanent teeth-the development of pulp necrosis. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1: 207-220

Barbakow FH, Cleaton-Jones P, Friedman D. An evaluation of 566 cases of root canal therapy in general dental practice. 1. Diagnostic criteria and treatment details. *J Endod* 1980 a; 6: 456-460

Barbakow FH, Cleaton-Jones P, Friedman D. An evaluation of 566 cases of root canal therapy in general dental practice. 2. Postoperative observations. *J Endod* 1980 b; 6: 485-489

Barbakow FH, Cleaton-Jones PE, Friedman D. Endodontic treatment of teeth with periapical radiolucent areas in a general dental practice. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1981; 51: 552-559

Basmadjian-Charles CL, Farge P, Bourgeois DM, Lebrun T. Factors influencing the long-term results of endodontic treatment: a review of the literature. *Int Dent J* 2002; 52: 81-86

Baugh D, Wallace J. The Role of Apical Instrumentation in Root Canal Treatment: A Review of the Literature. *J Endod* 2005; 31: 333-340

Baume LJ. Possibilities and limitations of preserving the vitality of the inflamed dental pulp (with special reference to corticoids). *SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* 1965; 75: 1085-1101

Baume LJ. Diagnosis of diseases of the pulp. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1970; 29: 102-116

Baumgardner KR, Law AS, Gebhart GF. Localization and changes in superoxide dismutase immunoreactivity in rat pulp after tooth preparation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999; 88: 488-495

Bender IB, Seltzer S, Turkenkopf S. To Culture or Not to Culture? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1964; 18: 527-540

Bender IB, Seltzer S, Soltanoff W. Endodontic success-a reappraisal of criteria. I. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1966 a; 22: 780-789

Bender IB, Seltzer S, Soltanoff W. Endodontic success-a reappraisal of criteria. II. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1966 b; 22: 790-802

Bender IB, Seltzer S. The effect of periodontal disease on the pulp. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972; 33: 458-474

Bender IB. Factors influencing the radiographic appearance of bony lesions. *J Endod* 1982; 8: 161-170

Bender IB. Pulpal pain diagnosis-a review. *J Endod* 2000; 26: 175-179

Bergenholtz G. Micro-organisms from necrotic pulp of traumatized teeth. *Odontol Revy* 1974; 25: 347-358

Bergenholtz G. Effect of bacterial products on inflammatory reactions in the dental pulp. *Scand J Dent Res* 1977; 85: 122-129

Bergenholtz G, Lekholm U, Milthon R, Engstrom B. Influence of apical overinstrumentation and overfilling on re-treated root canals. *J Endod* 1979 a; 5: 310-314

Bergenholtz G, Lekholm U, Milthon R, Heden G, Odesjo B, Engstrom B. Retreatment of endodontic fillings. *Scand J Dent Res* 1979 b; 87: 217-224

Bergenholtz G, Cox CF, Loesche WJ, Syed SA. Bacterial leakage around dental restorations: its effect on the dental pulp. *J Oral Pathol* 1982; 11: 439-50

Brännström M. Dentinal and pulpal response. II. Application of an air stream to exposed dentin. Short observation period. *Acta Odontol Scand* 1960; 18: 17-28

Brynnolf I. A histological and roentgenological study of the periapical region of human upper incisors. *Odontol Revy* 1967; 18: Suppl. 11

Bystrom A, Sundqvist G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. *Int Endod J* 1985 a; 18: 35-40

Bystrom A, Claesson R, Sundqvist G. The antibacterial effect of camphorated paramonochlorophenol, camphorated phenol and calcium hydroxide in the treatment of infected root canals. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1: 170-175

Bystrom A, Happonen RP, Sjogren U, Sundqvist G. Healing of periapical lesions of pulpless teeth after endodontic treatment with controlled asepsis. *Endod Dent Traumatol* 1987; 3: 58-63

Caplan DJ, Kolker J, Rivera EM, Walton RE. Relationship between number of proximal contacts and survival of root canal treated teeth. *Int Endod J* 2002; 35: 193-199

Card SJ, Sigurdsson A, Orstavik D, Trope M. The effectiveness of increased apical enlargement in reducing intracanal bacteria. *J Endod* 2002; 28: 779-783

Chandra A. Discuss the factors that affect the outcome of endodontic treatment. *Aust Endod J* 2009; 35: 98-107

Cheung GS. Survival of first-time nonsurgical root canal treatment performed in a dental teaching hospital. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002; 93: 596-604

Cheung GS, Chan TK. Long-term survival of primary root canal treatment carried out in a dental teaching hospital. *Int Endod J* 2003; 36: 117-128

Chugal NM, Clive JM, Spangberg LS. A prognostic model for assessment of the outcome of endodontic treatment: Effect of biologic and diagnostic variables. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001; 91: 342-352

Chugal NM, Clive JM, Spangberg LS. Endodontic treatment outcome: effect of the permanent restoration. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007; 104: 576-582

Clem WH. Endodontics: the adolescent patient. *Dent Clin North Am* 1969; 13: 482-493

Crump MC, Natkin E. Relationship of broken root canal instruments to endodontic case prognosis: a clinical investigation. *J Am Dent Assoc* 1970; 80: 1341-1347

Cvek M, Granath L, Lundberg M. Failures and healing in endodontically treated non-vital anterior teeth with posttraumatically reduced pulpal lumen. *Acta Odontol Scand* 1982; 40: 223-228

Dammaschke T, Steven D, Kaup M, Ott KH. Long-term survival of root-canal-treated teeth: a retrospective study over 10 years. *J Endod* 2003; 29: 638-643

De Chevigny C, Dao TT, Basrani BR, Marquis V, Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study--phase 4: initial treatment. *J Endod* 2008 a; 34: 258-263

De Chevigny C, Dao TT, Basrani BR, Marquis V, Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study--phases 3 and 4: orthograde retreatment. *J Endod* 2008 b; 34: 131-137

De Paula-Silva FW, Santamaria M, Jr., Leonardo MR, Consolaro A, da Silva LA. Cone-beam computerized tomographic, radiographic, and histologic evaluation of periapical repair in dogs' post-endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009 a; 108: 796-805

De Paula-Silva FW, Wu MK, Leonardo MR, da Silva LA, Wesselink PR. Accuracy of periapical radiography and cone-beam computed tomography scans in diagnosing apical periodontitis using histopathological findings as a gold standard. *J Endod* 2009 b; 35: 1009-1012

Delano EO, Ludlow JB, Orstavik D, Tyndall D, Trope M. Comparison between PAI and quantitative digital radiographic assessment of apical healing after endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001; 92: 108-115

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Wissenschaftliche Stellungnahme: Wurzelkanalaufbereitungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 2000 a; 55: 719-721

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Wissenschaftliche Stellungnahme: Wurzelkanalfüllpasten und -stifte. Dtsch Zahnärztl Z 2000 b; 55: 9-11

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde und Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung. Gemeinsame wissenschaftliche Stellungnahme: Zur Prognose von Wurzelkanalbehandlungen. Dtsch Zahnärztl Z 2001; 56: 206-207

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde und Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung. Gemeinsame wissenschaftliche Stellungnahme: Aufbau endodontisch behandelter Zähne. Dtsch Zahnärztl Z 2003; 58: 199-200

Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Wissenschaftliche Stellungnahme: Die Bestimmung der endodontischen Arbeitslänge. Dtsch Zahnärztl Z 2004; 59: 605-607

Eckerbom M, Andersson JE, Magnusson T. Interobserver variation in radiographic examination of endodontic variables. Endod Dent Traumatol 1986; 2: 243-246

Eckerbom M, Magnusson T. Evaluation of technical quality of endodontic treatment-reliability of intraoral radiographs. Endod Dent Traumatol 1997; 13: 259-264

Eriksen HM, Orstavik D, Kerekes K. Healing of apical periodontitis after endodontic treatment using three different root canal sealers. Endod Dent Traumatol 1988; 4: 114-117

Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. J Endod 2008; 34: 273-279

European Society of Endodontology. Consensus report of the European Society of Endodontology on quality guidelines for endodontic treatment. Int Endod J 1994; 27: 115-124

European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J* 2006; 39: 921-930

Fabricius L, Dahlen G, Holm SE, Moller AJ. Influence of combinations of oral bacteria on periapical tissues of monkeys. *Scand J Dent Res* 1982; 90: 200-206

Farzaneh M, Abitbol S, Lawrence HP, Friedman S. Treatment outcome in endodontics- the Toronto Study. Phase II: initial treatment. *J Endod* 2004 a; 30: 302-309

Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study. Phases I and II: Orthograde retreatment. *J Endod* 2004 b; 30: 627-633

Fava LR. The double-flared technique: an alternative for biomechanical preparation. *J Endod* 1983; 9: 76-80

Figini L, Lodi G, Gorni F, Gagliani M. Single versus multiple visits for endodontic treatment of permanent teeth: a Cochrane systematic review. *J Endod* 2008; 34: 1041-1047

Fouad AF, Burleson J. The effect of diabetes mellitus on endodontic treatment outcome: data from an electronic patient record. *J Am Dent Assoc* 2003; 134: 43-51

Fouad AF, Zerella J, Barry J, Spangberg LS. Molecular detection of *Enterococcus* species in root canals of therapy-resistant endodontic infections. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005; 99: 112-118

Fox K, Gutteridge DL. An in vitro study of coronal microleakage in root-canal-treated teeth restored by the post and core technique. *Int Endod J* 1997; 30: 361-368

Friedman S, Lost C, Zarrabian M, Trope M. Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *J Endod* 1995; 21: 384-390

Friedman S. Prognosis of initial endodontic therapy. *Endodontic Topics* 2002; 2: 59-88

Friedman S, Abitbol S, Lawrence HP. Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase 1: initial treatment. *J Endod* 2003; 29: 787-793

Friedman S, Mor C. The success of endodontic therapy-healing and functionality. *J Calif Dent Assoc* 2004; 32: 493-503

Geurtsen W, Schwarze T, Gunay H. Diagnosis, therapy, and prevention of the cracked tooth syndrome. *Quintessence Int* 2003; 34: 409-417

Gillen BM, Looney SW, Gu LS, Loushine BA, Weller RN, Loushine RJ, et al. Impact of the quality of coronal restoration versus the quality of root canal fillings on success of root canal treatment: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2011; 37: 895-902

Goerig AC, Michelich RJ, Schultz HH. Instrumentation of root canals in molar using the step-down technique. *J Endod* 1982; 8: 550-554

Goldman M, Pearson AH, Darzenta N. Endodontic success-who's reading the radiograph? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972; 33: 432-437

Gorni FG, Gagliani MM. The outcome of endodontic retreatment: a 2-yr follow-up. *J Endod* 2004; 30: 1-4

Grossman LI. Fate of endodontically treated teeth with fractured root canal instruments. *J Br Endod Soc* 1968; 2: 35-37

Guigand M, Glez D, Sibayan E, Cathelineau G, Vulcain JM. Comparative study of two canal obturation techniques by image analysis and EDS microanalysis. *Br Dent J* 2005; 198: 707-711, discussion 695

Hamp SE, Nyman S, Lindhe J. Periodontal treatment of multirrooted teeth. Results after 5 years. *J Clin Periodontol* 1975; 2: 126-135

Haapasalo M, Qian W, Portenier I, Waltimo T. Effects of dentin on the antimicrobial properties of endodontic medicaments. *J Endod* 2007; 33: 917-925

Hebling J, Giro EM, Costa CA. Biocompatibility of an adhesive system applied to exposed human dental pulp. *J Endod* 1999; 25: 676-682

Heling B, Heling I. Endodontic procedures must never be performed without the rubber dam. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1977; 43: 464-466

Hepworth MJ, Friedman S. Treatment outcome of surgical and non-surgical management of endodontic failures. *J Can Dent Assoc* 1997; 63: 364-371

Hommeze GM, Coppens CR, De Moor RJ. Periapical health related to the quality of coronal restorations and root fillings. *Int Endod J* 2002; 35: 680-689

Hör D, Attin T. The accuracy of electronic working length determination. *Int Endod J* 2004; 37: 125-131

Hör D, Krusy S, Attin T. Ex vivo comparison of two electronic apex locators with different scales and frequencies. *Int Endod J* 2005; 38: 855-859

Hoskinson SE, Ng YL, Hoskinson AE, Moles DR, Gulabivala K. A retrospective comparison of outcome of root canal treatment using two different protocols. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2002; 93: 705-715

Hülsmann M, Peters OA, Dummer PMH. Mechanical preparation of root canals: shaping goals, techniques and means. *Endodontic Topics* 2005; 10: 30-76

Huomonen S, Orstavik D. Radiological aspects of apical periodontitis. *Endodontic Topics* 2002; 1: 3-25

Imura N, Pinheiro ET, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CC, Souza-Filho FJ. The outcome of endodontic treatment: a retrospective study of 2000 cases performed by a specialist. *J Endod* 2007; 33: 1278-1282

Ingle JI. A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1961; 14: 83-91

Kahler B, Moule A, Stenzel D. Bacterial contamination of cracks in symptomatic vital teeth. *Aust Endod J* 2000; 26: 115-118

Takehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The Effects of Surgical Exposures of Dental Pulp in Germ-Free and Conventional Laboratory Rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1965; 20: 340-349

Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung. Jahrbuch 2010: Statistische Basisdaten Zur Vertragszahnärztlichen Versorgung. Köln: Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung, 2010

Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung. Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV) – Kurzfassung. Köln: Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung, 2006

Katsumata A, Hirukawa A, Noujeim M, Okumura S, Naitoh M, Fujishita M, et al. Image artifact in dental cone-beam CT. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 101: 652-657

Kerekes K, Tronstad L. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod* 1979 ; 5: 83-90

Klimm W. Endodontologie: Lehrbuch für Studium und Beruf - 2. überarbeitete Auflage. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2011

Kojima K, Inamoto K, Nagamatsu K, Hara A, Nakata K, Morita I, et al. Success rate of endodontic treatment of teeth with vital and nonvital pulps. A meta-analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004; 97: 95-99

Korzen BH, Krakow AA, Green DB. Pulpal and periapical tissue responses in conventional and monoinfected gnotobiotic rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1974; 37: 783-802

Kvinnslund I, Oswald RJ, Halse A, Gronningsaeter AG. A clinical and roentgenological study of 55 cases of root perforation. *Int Endod J* 1989; 22: 75-84

Lambrianidis T. Observer variations in radiographic evaluation of endodontic therapy. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1: 235-241

Langeland K, Rodrigues H, Dowden W. Periodontal disease, bacteria, and pulpal histopathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1974; 37: 257-270

Law AS, Baumgardner KR, Meller ST, Gebhart GF. Localization and changes in NADPH-diaphorase reactivity and nitric oxide synthase immunoreactivity in rat pulp following tooth preparation. *J Dent Res* 1999; 78: 1585-1595

Lazarski MP, Walker WA, 3rd, Flores CM, Schindler WG, Hargreaves KM. Epidemiological evaluation of the outcomes of nonsurgical root canal treatment in a large cohort of insured dental patients. *J Endod* 2001; 27: 791-796

Lindhe J, Nyman S. The role of occlusion in periodontal disease and the biological rationale for splinting in treatment of periodontitis. *Oral Sci Rev* 1977; 10: 11-43

Lofthag-Hansen S, Huumonen S, Grondahl K, Grondahl HG. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007; 103: 114-119

Love RM. Bacterial penetration of the root canal of intact incisor teeth after a simulated traumatic injury. *Endod Dent Traumatol* 1996; 12: 289-293

Ludlow JB, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 106: 106-114

Lumley PJ, Lucarotti PS, Burke FJ. Ten-year outcome of root fillings in the General Dental Services in England and Wales. *Int Endod J* 2008; 41: 577-585

Magura ME, Kafrawy AH, Brown CE, Jr., Newton CW. Human saliva coronal microleakage in obturated root canals: an in vitro study. *J Endod* 1991; 17: 324-331

Marending M, Peters OA, Zehnder M. Factors affecting the outcome of orthograde root canal therapy in a general dentistry hospital practice. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005; 99: 119-124

Marquis VL, Dao T, Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto Study. Phase III: initial treatment. *J Endod* 2006; 32: 299-306

Matsumoto T, Nagai T, Ida K, Ito M, Kawai Y, Horiba N, et al. Factors affecting successful prognosis of root canal treatment. *J Endod* 1987; 13: 239-242

Michaelson PL, Holland GR. Is pulpitis painful? *Int Endod J* 2002; 35: 829-832

Mohammadi Z, Abbott PV. Antimicrobial substantivity of root canal irrigants and medicaments: a review. *Aust Endod J* 2009; 35: 131-139

Mohammadi Z, Dummer PM. Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *Int Endod J* 2011; 44: 697-730

Möller AJ, Fabricius L, Dahlen G, Ohman AE, Heyden G. Influence on periapical tissues of indigenous oral bacteria and necrotic pulp tissue in monkeys. *Scand J Dent Res* 1981; 89: 475-484

Molven O, Halse A, Fristad I. Long-term reliability and observer comparisons in the radiographic diagnosis of periapical disease. *Int Endod J* 2002; 35: 142-147

Morgan LF, Montgomery S. An evaluation of the crown-down pressureless technique. *J Endod* 1984; 10: 491-498

Moussa-Badran S, Roy B, Bessart du Parc AS, Bruyant M, Lefevre B, Maurin JC. Technical quality of root fillings performed by dental students at the dental teaching centre in Reims, France. *Int Endod J* 2008; 41: 679-684

Mulhern JM, Patterson SS, Newton CW, Ringel AM. Incidence of postoperative pain after one-appointment endodontic treatment of asymptomatic pulpal necrosis in single-rooted teeth. *J Endod* 1982; 8: 370-375

Mullaney TP. Instrumentation of finely curved canals. *Dent Clin North Am* 1979; 23: 575-592

Nair PN, Sjogren U, Krey G, Kahnberg KE, Sundqvist G. Intraradicular bacteria and fungi in root-filled, asymptomatic human teeth with therapy-resistant periapical lesions: a long-term light and electron microscopic follow-up study. *J Endod* 1990; 16: 580-588

Nair PN. Apical periodontitis: a dynamic encounter between root canal infection and host response. *Periodontology* 2000 1997; 13: 121-148

Nair PN. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Int Endod J* 2006; 39: 249-281

Nelson IA. Endodontics in general practice-a retrospective survey. *Int Endod J* 1982; 15: 168-172

Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature - Part 1. Effects of study characteristics on probability of success. *Int Endod J* 2007 a; 40: 921-939

Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature - Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J* 2007 b; 41: 6-31

Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Outcome of secondary root canal treatment: a systematic review of the literature. *Int Endod J* 2008; 41: 1026-1046

Ng YL, Mann V, Gulabivala K. Tooth survival following non-surgical root canal treatment: a systematic review of the literature. *Int Endod J* 2010; 43: 171-189

Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. *Int Endod J* 2011 a; 44: 583-609

Ng YL, Mann V, Gulabivala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of non-surgical root canal treatment: part 2: tooth survival. *Int Endod J* 2011 b; 44: 610-625

Olsburgh S, Krejci I. Pulp response to traumatic crown fractures. *Endodontic Topics* 2003; 5: 26-40

Ørstavik D, Kerekes K, Eriksen HM. The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Endod Dent Traumatol* 1986; 2: 20-34

Ørstavik D, Kerekes K, Eriksen HM. Clinical performance of three endodontic sealers. *Endod Dent Traumatol* 1987; 3: 178-186

Ørstavik D. Reliability of the periapical index scoring system. *Scand J Dent Res* 1988; 96: 108-111

Ørstavik D, Kerekes K, Molven O. Effects of extensive apical reaming and calcium hydroxide dressing on bacterial infection during treatment of apical periodontitis: a pilot study. *Int Endod J* 1991; 24: 1-7

Ørstavik D. Time-course and risk analyses of the development and healing of chronic apical periodontitis in man. *Int Endod J* 1996; 29: 150-155

Ørstavik D, Qvist V, Stoltze K. A multivariate analysis of the outcome of endodontic treatment. *Eur J Oral Sci* 2004; 112: 224-230

Patel N, Rushton VE, Macfarlane TV, Horner K. The influence of viewing conditions on radiological diagnosis of periapical inflammation. *Br Dent J* 2000; 189: 40-42

Peak JD, Hayes SJ, Bryant ST, Dummer PM. The outcome of root canal treatment. A retrospective study within the armed forces (Royal Air Force). *Br Dent J* 2001; 190: 140-144

Pecora JD, Capelli A, Guerisoli DM, Spano JC, Estrela C. Influence of cervical preflaring on apical file size determination. *Int Endod J* 2005; 38: 430-435

Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *J Endod* 2007; 33: 106-109

Peters LB, Wesselink PR. Periapical healing of endodontically treated teeth in one and two visits obturated in the presence or absence of detectable microorganisms. *Int Endod J* 2002; 35: 660-667

Ray HA, Trope M. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J* 1995; 28: 12-18

Reeves R, Stanley HR. The relationship of bacterial penetration and pulpal pathosis in carious teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1966; 22: 59-65

Reit C, Hollender L. Radiographic evaluation of endodontic therapy and the influence of observer variation. *Scand J Dent Res* 1983; 91: 205-212

Reit C, Grondahl HG. Application of statistical decision theory to radiographic diagnosis of endodontically treated teeth. *Scand J Dent Res* 1983; 91: 213-218

Reit C. The influence of observer calibration on radiographic periapical diagnosis. *Int Endod J* 1987; 20: 75-81

Retief DH, Austin JC, Fatti LP. Pulpal response to phosphoric acid. *J Oral Pathol* 1974; 3: 114-122

Ricucci D, Russo J, Rutberg M, Burleson JA, Spangberg LS. 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* 2011; 112: 825-842

Salehrabi R, Rotstein I. Endodontic treatment outcomes in a large patient population in the USA: an epidemiological study. *J Endod* 2004; 30: 846-850

Sathorn C, Parashos P, Messer HH. Effectiveness of single- versus multiple-visit endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J* 2005; 38: 347-355

Saunders WP, Saunders EM. Coronal leakage as a cause of failure in root-canal therapy: a review. *Endod Dent Traumatol* 1994; 10: 105-108

Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG. Use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int J Dent* 2009; 2009: 634567

Schilder H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin North Am* 1974; 18: 269-296

Schilder H. Filling root canals in three dimensions. 1967. *J Endod* 2006; 32: 281-90

Schulte A, Pieper K, Charalabidou O, Stoll R, Stachniss V. Prevalence and quality of root canal fillings in a German adult population. A survey of orthopantomograms taken in 1983 and 1992. *Clin Oral Investig* 1998; 2: 67-72

Selden HS. Pulpoperiapical disease: diagnosis and healing. A clinical endodontic study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1974; 37: 271-283

Seltzer S, Bender IB, Turkenkopf S. Factors Affecting Successful Repair after Root Canal Therapy. *J Am Dent Assoc* 1963; 67: 651-662

Sidoli GE, King PA, Setchell DJ. An in vitro evaluation of a carbon fiber-based post and core system. *J Prosthet Dent* 1997; 78: 5-9

Sirgudsson A. Pulpal diagnosis. *Endodontic Topics* 2003; 5: 12-25

Siqueira JF, Jr., Rocas IN, Santos SR, Lima KC, Magalhaes FA, de Uzeda M. Efficacy of instrumentation techniques and irrigation regimens in reducing the bacterial population within root canals. *J Endod* 2002; 28: 181-184

Siqueira JF, Jr., Rocas IN. Polymerase chain reaction-based analysis of microorganisms associated with failed endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004; 97: 85-94

Sirtes G, Waltimo T, Schaetzle M, Zehnder M. The effects of temperature on sodium hypochlorite short-term stability, pulp dissolution capacity, and antimicrobial efficacy. *J Endod* 2005; 31: 669-671

Sjögren U, Hagglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod* 1990; 16: 498-504

Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J* 1997; 30: 297-306

Spili P, Parashos P, Messer HH. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. *J Endod* 2005; 31: 845-850

Stoll R, Betke K, Stachniss V. The influence of different factors on the survival of root canal fillings: a 10-year retrospective study. *J Endod* 2005; 31: 783-790

Strindberg LZ. The dependence of the results of pulp therapy on certain factors – an analytical study bases on radiographic and clinical follow-up examinations. *Acta Odontol Scand* 1956; 14: 1-175

Su Y, Wang C, Ye L. Healing rate and post-obturation pain of single- versus multiple-visit endodontic treatment for infected root canals: a systematic review. *J Endod* 2011; 37: 125-132

Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res* 1962; 41: 375–387

Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjogren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 85: 86-93

Swartz DB, Skidmore AE, Griffin JA, Jr. Twenty years of endodontic success and failure. *J Endod* 1983; 9: 198-202

Tan L, Chen NN, Poon CY, Wong HB. Survival of root filled cracked teeth in a tertiary institution. *Int Endod J* 2006; 39: 886-889

Torabinejad M, Ung B, Kettering JD. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *J Endod* 1990; 16: 566-569

Tronstad L, Asbjornsen K, Doving L, Pedersen I, Eriksen HM. Influence of coronal restorations on the periapical health of endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol* 2000; 16: 218-221

Trope M, Maltz DO, Tronstad L. Resistance to fracture of restored endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol* 1985; 1: 108-111

Trope M, Delano EO, Orstavik D. Endodontic treatment of teeth with apical periodontitis: single vs. multivisit treatment. *J Endod* 1999; 25: 345-350

Van Nieuwenhuysen JP, Aouar M, D'Hoore W. Retreatment or radiographic monitoring in endodontics. *Int Endod J* 1994; 27: 75-81

Waltimo TM, Boiesen J, Eriksen HM, Orstavik D. Clinical performance of 3 endodontic sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001; 92: 89-92

Weiger R, Axmann-Krcmar D, Lost C. Prognosis of conventional root canal treatment reconsidered. *Endod Dent Traumatol* 1998; 14: 1-9

Weiger R, Rosendahl R, Lost C. Influence of calcium hydroxide intracanal dressings on the prognosis of teeth with endodontically induced periapical lesions. *Int Endod J* 2000; 33: 219-226

Weine FS. *Endodontic Therapy*. Fifth edition. St. Louis: Mosby, 1996

Wu MK, Shemesh H, Wesselink PR. Limitations of previously published systematic reviews evaluating the outcome of endodontic treatment. *Int Endod J* 2009; 42: 656-666

Wu MK, Wesselink P, Shemesh H. New terms for categorizing the outcome of root canal treatment. *Int Endod J* 2011; 44: 1079-1080

Yusuf H. The significance of the presence of foreign material periapically as a cause of failure of root treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1982; 54: 566-574

Zakariasen KL, Scott DA, Jensen JR. Endodontic recall radiographs: how reliable is our interpretation of endodontic success or failure and what factors affect our reliability? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984; 57: 343-347

10. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dommisch für die Überlassung des Themas dieser Dissertation. Herrn Prof. Dr. Dommisch möchte ich zudem für seine freundliche und engagierte Betreuung sowie seine Hilfestellungen im gesamten Verlauf der Studie herzlich danken.

Herrn Prof. Dr. Dr. Jepsen als Direktor der Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des Universitätsklinikums Bonn möchte ich für die Möglichkeit, dass ich in seiner Poliklinik die vorliegende Dissertation durchführen konnte, ebenso meinen Dank aussprechen.

Herr Dr. Schüler war im Rahmen der Betreuung stets ein kompetenter, kollegialer Gesprächspartner und hatte immer ein offenes Ohr für meine Anliegen, wofür ich ihm ebenfalls ein großes Dankeschön aussprechen möchte.

Die Beratung durch Herrn Dr. Fimmers vom Institut für Medizinische Biometrie, Informatik und Epidemiologie (IMBIE) des Universitätsklinikums Bonn trug wesentlich zur statistische Auswertung der gesammelten Daten bei, sodass ich ihm ebenfalls großen Dank schulde.

Des Weiteren möchte ich mich bei Frau Dr. Dommisch für das Einbringen Ihrer weitreichenden Erfahrung in Rahmen der Planung und Durchführung der Auswertungen der Kontrolluntersuchungen bedanken.

Zudem möchte ich den Mitarbeitern des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde und des Dekanats der Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn danken, die mich während aller Arbeiten für die Dissertation großartig unterstützt haben.

Frau Svenja Hölter danke ich für die Unterstützung bei der Erstellung der Graphiken und das Korrekturlesen.

Abschließend gilt ein besonders großer Dank meinen Eltern und meinen beiden Schwestern, die mich immer in wunderbarer Weise liebevoll und mit aller Kraft gefördert haben. Ihnen ist diese Arbeit gewidmet.