

Klinik und Polikliniken für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

Universitätsmedizin Rostock – Medizinische Fakultät

-Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie-

Direktor: Prof. Dr. Hermann Lang

Die Erfolgsbewertung endodontischer Behandlungen

an der Universitätsmedizin Rostock

im Zeitraum von 2005 bis 2011

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Zahnmedizin

der Universitätsmedizin Rostock

vorgelegt von

Anika Schulte

geboren am 13.04.1989 in Münster

aus Tecklenburg

Tecklenburg, 29. Januar 2021

https://doi.org/10.18453/rosdok_id00003432

Gutachter:

PD Dr. Dieter Pahncke, Universitätsmedizin Rostock, Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

Prof. Dr. Franka Stahl, Universitätsmedizin Rostock, Klinik und Polikliniken für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Poliklinik für Kieferorthopädie

Prof. Dr. Till Dammaschke, Universitätsklinikum Münster, Poliklinik für Parodontologie und Zahnerhaltung

Jahr der Einreichung: 2021

Jahr der Verteidigung: 2021

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	1
Abbildungsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis.....	4
1. Einleitung	5
1.1 Die Bedeutung der Wurzelkanalbehandlung als zahnerhaltende Maßnahme	5
1.2 Zielsetzung.....	7
2. Literaturübersicht	8
2.1 Erfolg und Misserfolg in der Endodontie	8
2.2 Therapeutisches Vorgehen nach einem endodontischen Misserfolg.....	11
2.3 Erfolgsbeeinflussende Faktoren	15
2.3.1 Geschlecht des Patienten.....	15
2.3.2 Alter des Patienten	15
2.3.3 Zahntyp und Kieferlokalisation	15
2.3.4 Zahnvitalität	16
2.3.5 Zustand der periapikalen Region	17
2.3.6 Anzahl der Sitzungen	17
2.3.7 Ausbildungsstand des Behandlers.....	18
2.4 Qualität der Wurzelkanalfüllung	20
2.4.1 Qualitätsmerkmale der Wurzelkanalfüllung	20
2.4.1.1 Länge der Wurzelkanalfüllung	20
2.4.1.2 Homogenität und Taper einer Wurzelkanalfüllung.....	22
2.4.2 Studien zur Qualitätsbeurteilung von Wurzelkanalfüllungen	23
2.4.3 Einfluss der Qualität von Wurzelkanalfüllungen auf den Erfolg.....	24
3. Eigene Untersuchungen – Material und Methoden.....	26
3.1 Datenmaterial.....	26
3.1.1 Datenquelle und Aufbereitung der Daten	26
3.1.2 Zusammensetzung des Datenpools	28
3.1.3 Tabellarische Darstellung des Datenpools	28
3.2 Definition von Erfolg und Misserfolg	31
3.3 Behandlungsablauf an den Zahnmedizinischen Polikliniken der Universitätsmedizin Rostock	33
3.4 Statistische Analyse	34
3.4.1 Kaplan-Meier-Methode.....	34

3.4.2 Verifizierung durch Log-Rank-Test.....	34
3.5 Analyse nicht erfolgreicher Wurzelkanalbehandlungen.....	36
4. Eigene Untersuchungen - Ergebnisse.....	38
4.1 Deskriptive Statistik	38
4.2 Erfolgsbewertung der endodontischen Behandlungen	46
4.3 Analyse der Misserfolge	51
4.4 Erfolgsbeeinflussende Faktoren	54
4.4.1 Geschlecht des Patienten.....	54
4.4.2 Alter des Patienten	54
4.4.3 Zahntyp	57
4.4.4 Kieferlokalisation.....	57
4.4.5 Zahnvitalität	58
4.4.6 Anzahl der Sitzungen	59
4.4.7 Ausbildungsstand des Behandlers.....	60
5. Diskussion	63
5.1 Kritische Diskussion der angewandten Methoden und Grenzen.....	63
5.1.1 Datenmaterial.....	63
5.1.2 Studienumfang und Bewertungseinheit	65
5.1.3 Aussagekraft der Misserfolgsdefinition	65
5.1.4 Relevanz der statistischen Auswertung.....	66
5.2 Überlebenswahrscheinlichkeit wurzelkanalbehandelter Zähne dieser Studie im Vergleich mit der in nationaler und internationaler Literatur festgestellten	67
5.3 Von welchen Faktoren wird das Behandlungsergebnis beeinflusst?.....	70
5.4 Auswertung der nicht erfolgreichen Wurzelkanalbehandlungen	77
5.5 Schlussfolgerungen.....	79
6. Zusammenfassung.....	80
7. Literaturverzeichnis.....	82
8. Anhang	89

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
BKK	Verband deutscher Betriebskrankenkassen
bzw.	beziehungsweise
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
e.V.	eingetragener Verein
Endo	Endodontie
f.	folgende Seite
ff.	fortfolgende Seiten
Gen	Generalist
GOZ	Gebührenordnung für Zahnärzte
GOÄ	Gebührenordnung für Ärzte
KZBV	Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung
ME	Misserfolg
mes	mesial
mm	Millimeter
Ost	Osteotomie
PAI	Periapical Index
pal	palatinal
PRI	Periapical Probabilitiy Index
R	Revision
S	Student
S.	Seite
Spez	Spezialist
Trep1	Trepanation eines pulpentoten Zahnes
u.v.m.	und vieles mehr
vgl.	vergleiche
VitE	Vitalexstirpation eines vitalen Zahnes
WF	Wurzelkanalfüllung
WK	Wurzelkanalaufbereitung
WKB	Wurzelkanalbehandlung
WSR	Wurzelspitzenresektion
X	Extraktion
ZA	Zahnarzt

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der Anatomie der Wurzelspitze, modifiziert nach Hellwig et al. ...	20
Abbildung 2: Prinzip der Impedanzgradient-Bestimmung	21
Abbildung 3: Verteilung der Wurzelkanalbehandlungen auf junge, jüngere, ältere und alte Patienten	41
Abbildung 4: Verteilung der Wurzelkanalbehandlungen auf Altersdekaden	41
Abbildung 5: Anzahl der wurzelkanalbehandelten Zähne	42
Abbildung 6: Verteilung der Wurzelkanalbehandlungen auf die Zahntypen.....	43
Abbildung 7: Anzahl der behandelten Wurzelkanäle je Zahn	44
Abbildung 8: Verteilung der von Behandlern mit verschiedenem Ausbildungsstand behandelten Zähne.....	45
Abbildung 9: Erfolgsbewertung der endodontischen Behandlungen im Beobachtungszeitraum von sieben Jahren	46
Abbildung 10: Nach endodontischem Misserfolg durchgeführte Sekundärtherapie (n=243) .	47
Abbildung 11: Überlebensfunktion endodontisch behandelter Zähne unter Berücksichtigung aller Misserfolgskorrekturen (X, OST, WSR und R).....	48
Abbildung 12: Überlebensfunktion endodontisch behandelter Zähne unter Berücksichtigung von misserfolgsbedingten Zahnentfernungen	49
Abbildung 13: Überlebensfunktion endodontisch behandelter Zähne unter Berücksichtigung der relativen Misserfolgskorrektur	49
Abbildung 14: Überlebensfunktion in Abhängigkeit vom Geschlecht für die absolute Misserfolgskorrektur	54
Abbildung 15: Überlebensfunktion in Abhängigkeit vom Geschlecht für die relative Misserfolgskorrektur	54
Abbildung 16: Überlebensfunktion in Abhängigkeit von Altersgruppen für die absolute Misserfolgskorrektur	55
Abbildung 17: Überlebensfunktion in Abhängigkeit vom Durchschnittsalter für die absolute Misserfolgskorrektur	55
Abbildung 18: Überlebensfunktion in Abhängigkeit von den Altersgruppen für die relative Misserfolgskorrektur	56
Abbildung 19: Überlebensfunktion in Abhängigkeit vom Durchschnittsalter für die relative Misserfolgskorrektur	56

Abbildung 20: Verteilung der gewählten Misserfolgstherapie auf junge, jüngere, ältere und alte Patienten	56
Abbildung 21: Überlebensfunktion in Abhängigkeit vom Zahntyp für die absolute Misserfolgskorrektur	57
Abbildung 22: Überlebensfunktion in Abhängigkeit vom Zahntyp für die relative Misserfolgskorrektur	57
Abbildung 23: Überlebensfunktion in Abhängigkeit von der Kieferlokalisation für die absolute Misserfolgskorrektur	58
Abbildung 24: Überlebensfunktion in Abhängigkeit von der Kieferlokalisation für die relative Misserfolgskorrektur	58
Abbildung 25: Überlebensfunktion in Abhängigkeit von der Zahnvitalität für die absolute Misserfolgskorrektur	58
Abbildung 26: Überlebensfunktion in Abhängigkeit von der Zahnvitalität für die relative Misserfolgskorrektur	58
Abbildung 27: Überlebensfunktion für Behandlungen in einer oder mehreren Sitzungen für die absolute Misserfolgskorrektur	59
Abbildung 28: Überlebensfunktion in Abhängigkeit von der Anzahl der Sitzungen für die absolute Misserfolgskorrektur	59
Abbildung 29: Überlebensfunktion für Behandlungen in einer oder mehr Sitzungen für die relative Misserfolgskorrektur	60
Abbildung 30: Überlebensfunktion in Abhängigkeit von der Anzahl der Sitzungen für die relative Misserfolgskorrektur	60
Abbildung 31: Überlebensfunktion in Abhängigkeit vom Ausbildungsstand des Behandlers für die absolute Misserfolgskorrektur	62
Abbildung 32: Überlebensfunktion in Abhängigkeit vom Ausbildungsstand des Behandlers für die relative Misserfolgskorrektur	62

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Erfolgs-/Misserfolgsbezeichnung der ESE und DGZMK ...	9
Tabelle 2: Gegenüberstellung von PRI und PAI.....	9
Tabelle 3: Zusammenfassende Übersicht der Ergebnisse verschiedener Studien zum Erfolg von Wurzelkanalbehandlungen	14
Tabelle 4: Als Filter verwendete endodontische Behandlungspositionen nach Bema und GOZ/GOÄ.....	27
Tabelle 5: Als Filter verwendete Abrechnungspositionen zur Festlegung der Misserfolge nach Bema und GOZ/GOÄ	27
Tabelle 6: Auszug aus der Excel Tabelle zur Auswertung der Daten der endodontisch behandelten Zähne.....	29
Tabelle 7: Filterung aller Wurzelkanalbehandlungen nach diversen Ausschlusskriterien	39
Tabelle 8: Anzahl der vollständig dokumentierten Wurzelkanalbehandlungen pro Jahr	40
Tabelle 9: Anzahl der benötigten Sitzungen für eine Wurzelkanalbehandlung für die verschiedenen Zahntypen.....	45
Tabelle 10: Sekundärbehandlung nach relativem endodontischen Misserfolg.....	50
Tabelle 11: Zeitpunkt der durchgeführten Misserfolgskorrekturen	50
Tabelle 12: Misserfolgstherapie in Abhängigkeit von der Qualität der Wurzelkanalfüllung ..	52
Tabelle 13: Therapeutisches Vorgehen nach eingetretenem Misserfolg in Abhängigkeit vom PRI nach WF	53
Tabelle 14: Durch Akteneinsicht erkennbare Anzahl der Misserfolgsursachen und deren entsprechende Therapie.....	53
Tabelle 15: Wurzelkanalbehandlungen, die zu Misserfolgen führten, differenziert nach der Anzahl der Sitzungen	59
Tabelle 16: Gewählte Therapieoptionen nach Eintritt von Misserfolgen in Abhängigkeit von dem Ausbildungsstand des Behandlers	61
Tabelle 17: Ergebnisse der Auswertung der Röntgenbilder der endodontischen Misserfolge.....	89 ff.
Tabelle 18: Übersicht der statistischen Relevanz erfolgsbeeinflussender Parameter entsprechend der gewählten Misserfolgskorrektur	93

1. Einleitung

„Wurzelkanalbehandlung: Der Erhalt des eigenen Zahnes!“

1.1 Die Bedeutung der Wurzelkanalbehandlung als zahnerhaltende Maßnahme

In der modernen heutigen Zeit ist das Bewusstsein für die Zahngesundheit und somit besonders für den Erhalt der eigenen Zähne immens gewachsen (1).

Die Endodontie beschäftigt sich mit der Differentialdiagnose und Behandlung orofazialer Schmerzen mit Ursprung in der Pulpa oder in den periradikulären Geweben. Ohne sich allein auf dies zu beschränken, schließt sie auch die Prävention von Pulpaerkrankungen, die Therapie der vitalen Pulpa, die Wurzelkanalbehandlung, Revisionen, u.v.m. mit ein (2, 3).

Bei erkrankter oder verletzter Pulpa ist es entscheidend, durch die Wurzelkanalbehandlung eine Beteiligung der periapikalen Strukturen zu verhindern oder deren Wiedergenesung zu erzielen (2, 3).

Eine alternative Behandlungsmöglichkeit zur Wurzelkanalbehandlung bietet meist nur die Extraktion des betroffenen Zahnes verbunden mit dessen Verlust. Die Zahnextraktion sollte bei pulpalen Erkrankungen als letzte Möglichkeit angesehen werden. Allerdings muss ein Zahn nach umfassender Anamnese, klinischer Untersuchung und Diagnostik die Bedeutung für Funktion und Ästhetik mit ausreichender Prognose erfüllen (3). Die zunehmende Bedeutung der Endodontie ist in dem stetigen Anstieg von Wurzelkanalbehandlungen und dem proportionalen Rückgang von Zahnextraktionen zu sehen. Im Jahrbuch der KZBV 2011 (4) ist dokumentiert, dass ein Anstieg der Wurzelkanalfüllungen von 3,165 Millionen im Jahr 1970 auf 6,282 Millionen im Jahr 2010 erfolgte. Dieser Steigerung steht ein stetiger Rückgang der Zahnextraktionen von 17,186 Millionen auf 10,907 Millionen gegenüber.

Bei nicht erfolgreicher Wurzelkanalbehandlung stehen neben der Extraktion weitere Therapieoptionen zur Auswahl, wie die Wurzelspitzenresektion, Revision oder Hemisektion.

Da die Endodontie in den letzten Jahren zu einem immer bedeutsameren Fachgebiet geworden ist, wird auf die Forschung und Ausbildung in diesem Bereich vermehrt Wert gelegt. Dies spiegelt sich in der Gründung von Fachgesellschaften und zunehmender Spezialisierung in diesem Bereich wider. Bereits 1943 wurde mit der Gründung der AAE (American Association of Endodontics) der Grundstein für eine der größten Vereinigungen endodontisch tätiger Zahnärzte gelegt. Die ESE (European Society of Endodontics) wurde am 28. Mai 1983 gegründet (5). Die von ihr veröffentlichten Qualitätsrichtlinien für die

endodontische Behandlung wurden ursprünglich von der Britischen Endodontischen Gesellschaft (BSE) erarbeitet und 1992/1993 von der ESE aktualisiert (6). Im Jahr 2006 erfolgte eine weitere Überarbeitung der Richtlinien. Das Ziel der ESE war es, unter der Bezeichnung „good clinical practice“ einen Standard zu etablieren, der die Grundlage für die Versorgung mit endodontischen Behandlungen schafft und den man allgemein von kompetenten Praktikern erwarten kann (3).

Die ESE geht davon aus, dass jeder Absolvent eines zahnärztlichen Hochschulstudiums in Europa in der Lage ist, geläufige pulpare und periapikale Erkrankungen und Verletzungen zu erkennen und diese wirkungsvoll und mit der erforderlichen Fertigkeit zu behandeln (3).

Im Jahr 2002 beschlossen in Deutschland dreizehn endodontisch interessierte Zahnärzte die Gründung der „Deutschen Gesellschaft für Endodontie“ (DGEndo). Nach dem Zusammenschluss mit der „Arbeitsgemeinschaft für Endodontologie und Traumatologie“ (AGET) im Jahre 2010, geht sie heute unter dem Dach der „Deutschen Gesellschaften für Zahnerhaltung“ (DGZ) als Fachgesellschaft unter dem Namen „Deutsche Gesellschaft für Endodontie und zahnärztliche Traumatologie e.V.“ (DGET) ihren Aufgaben nach. Dazu zählen die Förderung und Forschung im Bereich der Endodontie und zahnärztlichen Traumatologie, die Verbreitung gewonnener Erkenntnisse, die Förderung der Fort- und Weiterbildung, sowie die Zusammenarbeit mit anderen wissenschaftlichen Institutionen und Fachbereichen (7).

Mit der Kampagne „Erhalte Deinen Zahn“ von der DGET (8), wird die Möglichkeit und Wichtigkeit der Zahnerhaltung durch die Wurzelkanalbehandlung verdeutlicht.

Der beschriebene Aufschwung ist eng verbunden mit der Weiterentwicklung endodontischen Instrumentariums und neuer Behandlungsmethoden. Vor diesem Hintergrund fehlt eine Erklärung dafür, warum die durchschnittliche Erfolgsrate von Wurzelkanalbehandlungen sich in den letzten zwanzig Jahren kaum verändert hat (vgl. 9, 10).

1.2 Zielsetzung

Das Ziel der vorliegenden Studie bestand darin, eine Erfolgsbewertung der an der Universitätsmedizin Rostock durchgeführten Wurzelkanalbehandlungen vorzunehmen.

Dazu sollten für alle Bereiche der Zahnmedizin (Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde, Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie) die zahnärztlichen Leistungen aller Behandler, einschließlich der Studenten der klinischen Semester, für die Zeit vom 1. Januar 2005 bis 31. Dezember 2011 ausgewertet und festgestellt werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Misserfolg an einem Zahn eintritt, der in diesem Zeitraum wurzelkanalbehandelt wurde. Aufgrund des großen Datenvolumens war die Studie nur durch Auswertung von elektronisch erfassten Abrechnungspositionen möglich.

Als Misserfolg wird eine Wurzelkanalbehandlung dann gewertet, wenn für den betreffenden Zahn mit kürzerem oder längerem zeitlichen Abstand nach deren Abschluss die Abrechnungsposition für einen Zahnverlust (Extraktion oder Osteotomie), eine Wurzelspitzenresektion oder eine Revision im Datenpool vorgefunden wurde.

Es sollte geprüft werden, inwieweit Geschlecht und Alter des Patienten, Zahntyp, Kieferlokalisation, Zahnvitalität, Anzahl der Sitzungen und Ausbildungsstand des Behandlers die Überlebenswahrscheinlichkeit beeinflussen. Zur weiteren Analyse wurde eine qualitative Bewertung der Misserfolge anhand von Röntgenbildern zum Zeitpunkt der Wurzelkanalfüllung vorgenommen.

Die an der Universitätsmedizin Rostock erzielten Ergebnisse sollten dann Ergebnissen anderer nationaler und internationaler Studien gegenübergestellt werden. Dabei sollte ein Augenmerk auf Studien gelegt werden, die vom Studiendesign und der Misserfolgsdefinition mit der vorliegenden Studie im Wesentlichen übereinstimmen.

2. Literaturübersicht

2.1 Erfolg und Misserfolg in der Endodontie

In der Literatur gibt es sehr unterschiedliche Ansätze zur Bewertung des Erfolges bzw. Misserfolges einer Wurzelkanalbehandlung.

Allgemein anerkannte Richtlinien zur Erfolgsbewertung hat die „Europäische Gesellschaft für Endodontie“ (ESE) in ihren „Qualitätsrichtlinien endodontischer Behandlungen“ schon im Jahr 1994 festgelegt (2, 6):

Für ein günstiges Ergebnis und entsprechend einen Erfolg sprechen folgende Befunde: Keine Schmerzen, Schwellung und andere Symptome, kein Fistelgang, kein Funktionsverlust und der röntgenologische Nachweis eines normalen Wurzelhautspaltes. Als nicht erfolgreich wird eine Behandlung gewertet, wenn die Röntgenbilder eine unveränderte oder eine nur geringfügige Verkleinerung einer vormals vorhandenen periapikalen Läsion aufweisen. Die röntgenologische Kontrolle sollte spätestens nach einem Jahr erfolgen. Wenn nach vier Jahren keine vollständige Heilung eingetreten ist, muss die Behandlung als Misserfolg gewertet werden. Als solcher gilt auch, wenn eine Läsion nach der Wurzelkanalbehandlung neu auftritt oder an Größe zunimmt, Symptome und Röntgenbefund in Widerspruch zueinander stehen oder Anzeichen einer Wurzelresorption oder Hyperzementose vorliegen. Hiervon ist ein lokal erweiterter Wurzelhautspalt nach Ausheilung einer ausgedehnten Läsion abzugrenzen, da dieser Defekt als Narbengewebe interpretiert werden kann.

In Anlehnung an die ESE unterteilt auch die DGZMK (11) den Erfolg/Misserfolg in drei Kategorien, die im Folgenden tabellarisch gegenübergestellt werden (Tabelle 1).

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Erfolgs-/Misserfolgsbezeichnung der ESE (2, 6) und DGZMK (3)

Definition der DGZMK	Bezeichnung der DGZMK (2001)	Vergleichbare Bezeichnung der ESE (1994)
<ul style="list-style-type: none"> - Klinische Symptomfreiheit <u>und</u> - radiologisch durchgehend verfolgbarer Parodontalspalt normaler Breite 	Vollständige Heilung	Günstiges Ergebnis, Erfolg
<ul style="list-style-type: none"> - Klinische Symptomfreiheit <u>und</u> - radiologisch verifizierbare Verkleinerung der endodontisch bedingten Läsion 	Unvollständige Heilung	Nicht erfolgreich
<ul style="list-style-type: none"> - Klinische Symptome einer endodontisch bedingten Parodontitis <u>und/oder</u> - radiologisch nicht nachweisbare Verkleinerung der endodontisch bedingten Läsion, ggf. auch Neubildung einer periradikulären Läsion <u>und/oder</u> - radiologisch erfassbare, externe progressive Resorptionen 	Keine Heilung	Misserfolg

Der maximale Zeitraum, in dem eine vollständige knöcherne Regeneration einer Läsion erwartet werden kann, wird von der DGZMK mit vier bis fünf Jahren angegeben (6).

Zur röntgenologischen Beurteilung der periapikalen Region werden häufig entweder der PRI (12) oder der PAI (13) verwendet, mit denen die nachfolgend aufgeführten Zustände der periapikalen Knochenstrukturen beschrieben werden (siehe Tabelle 2):

Tabelle 2: Gegenüberstellung von PRI und PAI

Periapical Probability Index (PRI)		Periapikalindex (PAI)	
PRI 1	sicher kein pathologischer Befund	PAI 1	definitiv keine apikale Parodontitis vorhanden
PRI 2	wahrscheinlich kein pathologischer Befund	PAI 2	wahrscheinlich keine apikale Parodontitis vorhanden
PRI 3	pathologischer Befund unsicher	PAI 3	unsicher, ob eine apikale Parodontitis vorhanden ist
PRI 4	wahrscheinlich pathologischer Befund	PAI 4	wahrscheinlich eine apikale Parodontitis vorhanden
PRI 5	sicher pathologischer Befund	PAI 5	definitiv eine apikale Parodontitis vorhanden

Studien, die die oben genannten Erfolgsbewertungen als Grundlage nutzen, beruhen auf umfangreichen klinischen und radiologischen Nachuntersuchungen.

Da klinische Symptome bei einer endodontischen Infektion auch fehlen können, wird eine radiologische Kontrolle bei der Erfolgsbeurteilung als unabdingbar beschrieben (14). Aus diesem Grund wird in anderen Studien (15–24) nur die apikale Läsion einer Bewertung unterzogen und die Qualität der Wurzelkanalfüllung begutachtet.

Demgegenüber stehen Überlebensstudien (9, 10, 25–27), die sich ohne klinische und röntgenologische Qualitätsbewertung ausschließlich auf die Verweildauer des Zahnes im Mund des Patienten bis zur Extraktion oder Folgebehandlung im Sinne einer Wurzelspitzenresektion oder Revision beziehen.

Die Bewertung von Zahnextraktionen wird in diesen Studien unterschiedlich gehandhabt (28). So wird der tatsächliche Grund für die Extraktion in einigen Fällen weiter differenziert: Zähne, bei denen die Extraktion nicht aufgrund einer endodontischen Ursache, sondern z.B. aus verbindlichen prothetischen Behandlungsrichtlinien geschah, wurden aus der Untersuchung ausgeschlossen und nicht als Misserfolg gewertet, wodurch die Ergebnisse vergleichsweise positiver ausfallen.

2.2 Therapeutisches Vorgehen nach einem endodontischen Misserfolg

Bei einem endodontischen Misserfolg ist über die weitere Versorgung des betroffenen Zahnes zu entscheiden. Nicht erhaltungswürdige Zähne werden durch Extraktion oder Osteotomie entfernt (absoluter Misserfolg). Bei gut erhaltenen Zähnen ist ihr Erhalt durch Wurzelspitzenresektion oder Revision möglich (relativer Misserfolg). In der Regel wird in den in der Literatur veröffentlichten Studien zur Misserfolgsbetrachtung eine Unterscheidung beider Varianten nicht vorgenommen.

Fritz und Kerschbaum (25) verglichen zwei kassenzahnärztliche Praxen. In der ersten Praxis wurden 504 Zähne bei 423 Patienten aus den Jahren 1984 bis 1994 untersucht, in der zweiten Praxis 343 Zähne bei ebenso vielen Patienten aus den Jahren 1981 bis 1996. Praxis eins und zwei unterschieden sich hinsichtlich der gewählten Spüllösung und der Kondensationsmethodik der Wurzelkanalfüllung. Nach einem Jahr waren in Praxis eins 92 % und in Praxis zwei 97 % der wurzelkanalbehandelten Zähne in situ¹, nach fünf Jahren in Praxis eins 85 % und in Praxis zwei 89 %. Der statistisch vorausgesagte Überlebensanteil nach neun Jahren betrug für Praxis eins 76,5 % und für Praxis zwei 78,5 %.

Rocke et al. (27) untersuchten 485 Wurzelkanalbehandlungen in einer auf Endodontie spezialisierten Praxis aus den Jahren 1982 bis 1993 nach. Dabei wurde pro Patient nur ein behandelter Zahn betrachtet. Nach einem Jahr waren 98,5 %, nach fünf Jahren 93,5 % und nach zehn Jahren 81 % der wurzelkanalbehandelten Zähne in situ. Von den Kontrollzähnen wurde keiner extrahiert, aber 6,4 % waren nach neun Jahren wurzelkanalbehandelt. Zusätzlich finden sich in der Studie Angaben zu den relativen Misserfolgskorrekturen, wie Wurzelspitzenresektion, Revision und Hemisektion. Nach fünf Jahren wurden bei 4,1 % der Zähne Wurzelspitzenresektionen durchgeführt, 2 % revidiert und 1,6 % hemiseziert. Die Erfolgsrate unter Berücksichtigung aller Misserfolge betrug nach einem Jahr 95,3 %, nach fünf Jahren 86,7 % und nach zehn Jahren 72,1 %.

Lazarski et al. (29) werteten Daten des Washington Dental Service aus. Sie erfassten für den Zeitraum von 1993 bis 1998 110.766 Wurzelkanalbehandlungen. Der Wunsch, die effektive Nachbeobachtungszeit zu maximieren, führte zu einem Ausschluss der Daten mit einer Beobachtungszeit von weniger als zwei Jahren. Von den verbliebenen 44.613 Behandlungen wurden 67,01 % von Allgemeinzahnärzten und 32,99 % von Spezialisten durchgeführt. Die

¹ In situ = lateinisch "am Ort", in der natürlichen Lage im Körper

durchschnittliche Beobachtungszeit betrug 3,5 Jahre bei einer maximalen Nachverfolgung von sechs Jahren.

Bei Fällen mit einer Beobachtungszeit von mindestens zwei Jahren betrug die Erfolgsrate 94,44 %, wenn die Extraktion als Misserfolgskriterium betrachtet wurde. Wurde die relative Misserfolgskorrektur betrachtet, ergab sich eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 90,56 %. Die Misserfolge setzten sich zu 5,56 % aus Extraktionen, zu 2,47 % aus Revisionen und zu 1,41 % aus Wurzelspitzenresektionen zusammen.

Im Jahr 2003 ermittelten die Autoren Dammaschke et al. (30) die Erfolgsquote von 190 von Studenten in den Jahren 1987 und 1988 an der Universität Münster durchgeführten endodontischen Behandlungen. Nach zehn Jahren betrug die Überlebensrate 85,1 % der Zähne in situ.

Alley et al. (31) untersuchten wurzelkanalbehandelte Zähne fünf Jahre nach Behandlungsbeginn und prüften, inwieweit der Erfolg der Behandlung davon abhängt, ob diese durch einen Zahnarzt oder Spezialisten durchgeführt wurde. 195 Behandlungen wurden vom Generalisten mit einer Erfolgsquote nach fünf Jahren von 89,7 % und vom Spezialisten mit einer Erfolgsquote von 98,1 % durchgeführt.

Aquillino und Caplan (32) bewerteten Wurzelkanalbehandlungen aus den Jahren 1985 bis 1987, bei denen bis 1996 mindestens ein Zahnarztbesuch alle zwei Jahre dokumentiert sein musste. Es wurden unter Ausschluss von Weisheitszähnen, Revisionen und überkronten Zähnen 400 Zähne von 280 Patienten betrachtet.

Nach fünf Jahren waren noch 80 % der zweiten Molaren in situ, nach zehn Jahren noch 63 %. Von den anderen Zähnen (ausgenommen der Weisheitszähne) waren es nach fünf Jahren 90 % und nach zehn Jahren 82 %.

Chen et al. (33) prüften die Erfolgsquote von 1.557.547 in Taiwan im Jahr 1988 wurzelkanalbehandelten Zähnen. Nach fünf Jahren waren 92,9 % der Zähne in situ.

Es traten insgesamt in 10,3 % der Fälle Misserfolge ein, das heißt bei 89,7 % der untersuchten Zähne erfolgte keine Extraktion, Wurzelspitzenresektion oder Revision. Die Therapie der Misserfolge setzte sich zu 65,5 % aus Extraktionen, zu 31,7 % aus Revisionen und zu 2,8 % aus Wurzelspitzenresektionen zusammen. 40 % der Revisionen und 81 % der Wurzelspitzenresektionen erfolgten im ersten Jahr.

In der BKK Studie (9) aus dem Jahre 1993 wurden die zahnärztlichen Leistungen der Krankenkassen BBK Voith (Heidenheim) und BKK SEL (Stuttgart) in der Zeit von 1981 bis 1987 analysiert. In dieser Zeit wurden 2727 Wurzelkanalbehandlungen abgerechnet.

Bei der Wertung einer Extraktion als Misserfolg wird eine Erfolgsquote von 91,7 % nach zwei Jahren und 91 % nach drei Jahren angegeben. Dies bedeutet, dass jeder elfte Zahn zum Ende des Zwei-Jahres-Zeitraums extrahiert worden war. Bei ungefähr 30 % der Zahnärzte war die Extraktionsrate von wurzelkanalbehandelten Zähnen im Zwei-Jahres-Zeitraum geringer als die Durchschnittliche. Von 10 % der Zahnärzte wurden doppelt so viele Zähne extrahiert wie im Durchschnitt.

Zusätzlich zur Extraktion wurde auch die Revision als Misserfolgskorrektur gewertet. Allerdings wurde nicht auf die Wurzelspitzenresektion eingegangen. Die Erfolgsrate nach einem Jahr betrug 82 %, nach drei Jahren 78 %, nach vier Jahren 75 %, nach fünf Jahren 72 % und nach sechs Jahren 71 %.

Der Barmer GEK Zahnreport 2014 (10) hat sich mit dem Schwerpunktthema Wurzelkanalbehandlungen beschäftigt. In einer Längsschnittuntersuchung von bis zu drei Jahren wurden 556.067 Wurzelkanalbehandlungen aus den Jahren 2010 bis 2012 analysiert und überprüft, ob Misserfolgskorrekturen in Form von Extraktion, Wurzelspitzenresektion und Revision erfolgten. Die Ergebnisse wurden für die verschiedenen Zahngruppen (Frontzähne, Prämolaren und Molaren) differenziert und in Abhängigkeit von der Zahnvitalität vor der Wurzelkanalbehandlung dargestellt.

Nach drei Jahren konnten 88,9 % der Wurzelkanalbehandlungen als erfolgreich bewertet werden, da keine Extraktion erfolgte. Die Überlebensrate bei Betrachtung der Zahnentfernung, Wurzelspitzenresektion und Revision betrug 84,3 % nach drei Jahren.

Lumley et al. (34) untersuchten Daten des General Dental Service in England von 1990 bis 2002. Darunter waren 80.000 Patienten mit einem Alter von über 18 Jahren, bei denen 20.843 Zähne wurzelkanalbehandelt wurden.

Wurde nur die Extraktion als Misserfolgskorrektur gewertet, ergab sich eine Erfolgsquote im ersten Jahr von 97 %, nach fünf Jahren von 87,2 % und nach zehn Jahren von 77,7 %.

Bei Betrachtung aller Misserfolgskorrekturen (X, OST, WSR und R) wurde eine Erfolgsquote von 95,9 % nach einem Jahr, 84,1 % nach fünf Jahren und 73,7 % nach zehn Jahren erreicht.

Parchami (26) hat 1260 Wurzelkanalbehandlungen an bleibenden Zähnen ausgewertet, die in den Jahren 1998 bis 2001 durchgeführt worden waren. Die Beobachtungszeit lag bei bis zu 138 Monaten, der Mittelwert bei 28,52 Monaten.

Die mittlere Überlebenszeit betrug 116 Monate. Es waren 108 Verluste festzustellen. Nach 35 Monaten war an 89 % der wurzelkanalbehandelten Zähne weder eine Extraktion, noch eine Wurzelspitzenresektion oder Revision erfolgt. Nach 75 Monaten sank die Rate auf 81 %.

Eine zusammenfassende Gegenüberstellung der Ergebnisse der verschiedenen Studien findet sich in Tabelle 3.

Tabelle 3: Zusammenfassende Übersicht der Ergebnisse verschiedener Studien zum Erfolg von Wurzelkanalbehandlungen

Studie	Jahr	Maximale Beobachtungszeit	Zähne	Patienten	Behandler	Therapeutische Korrektur der Misserfolge	Überleben
Alley et al.	2004	5 Jahre	195	195	Generalist	X	89,70 %
			155	155	Spezialist		98,10 %
Aquilino und Caplan	2008	10 Jahre	400	280	Alle	X	90 % 5 Jahre 82 % 10 Jahre
Chen et al.	2007	5 Jahre	1.557.547		Alle	X	92,9 %
						X, WSR und R	89,7 %
Barmer GEK Zahnreport	2014	3 Jahre	556.067		Alle	X	88,9 % 3 Jahre
						X, WSR und R	84,3 % 3 Jahre
BKK-Studie	1992	6 Jahre	2727		Alle	X	91,7 % 2 Jahre 91 % 3 Jahre
						X und R	82 % 1 Jahr 78 % 3 Jahre 75 % 4 Jahre 72 % 5 Jahre 71 % 6 Jahre
Dammaschke et al.	2003	10 Jahre	190	144	Studenten	X	85,1 %
Fritz und Kerschbaum	1999	5 und 9 Jahre	P1: 504	423	Generalist	X	92,1 % 1 Jahr 84,3 % 5 Jahre 76,5 % 9 Jahre
			P2: 343	343	Generalist	X	97,2 % 1 Jahr 89,2 % 5 Jahre 78,5 % 9 Jahre
Lazarski et al.	2001	Ø 3, 5J.	44.613	44.613	66,1 % Gen 33,9 % Spez	X	94,44 %
						X, WSR und R	90,56 %
Lumley et al.	2008	11 Jahre	20.843	80.000	Alle	X	97 % 1 Jahr 87,2 % 5 Jahre 77,7 % 10 Jahre
						X, WSR und R	95,9 % 1 Jahr 84,2 % 5 Jahre 73,7 % 10 Jahre
Parchami	2013	10 Jahre	1260		Alle	X, WSR und R	89 % 35 Monate 81 % 75 Monate
Rocke et al.	1997	10 Jahre	485	485	Endo spez. Praxis	X	98,5 % 1 Jahr 93,5 % 5 Jahre 81 % 10 Jahre
						X, WSR, R und Hemisektion	95,3 % 1 Jahr 86,7 % 5 Jahre 72,1 % 10 Jahre

2.3 Erfolgsbeeinflussende Faktoren

In der Literatur wird der Einfluss verschiedener patienten-, zahn- und behandlungsspezifischer Parameter auf den Erfolg von Wurzelkanalbehandlungen diskutiert.

2.3.1 Geschlecht des Patienten

Es konnte in keiner Studie der Einfluss des Geschlechts auf die Erfolgsrate nachgewiesen werden (17, 25, 27, 29, 30, 34-38). Das durchweg identische Ergebnis bietet keinerlei Diskussionsansätze. Ebenso weist auch die Verteilung von Wurzelkanalbehandlungen auf männliche und weibliche Patienten keine beachtenswerten Unterschiede auf (25-27, 34).

2.3.2 Alter des Patienten

Überwiegend wird auch dem Alter keine erfolgsbeeinflussende Bedeutung zugeschrieben (17, 24, 25, 30, 35-37, 39). Der Review von Shakiba et. al. (40) bestätigt, dass ein erhöhtes Patientenalter den Erfolg nicht chirurgischer Wurzelkanalbehandlungen nicht beeinflusst.

Tilashalski et al. (41) fanden eine erhöhte Misserfolgsrate bei Patienten über 45 Jahren. In der Studie von Lumley et al. (34) war bei Patienten über 70 Jahren die Erfolgswahrscheinlichkeit im Verhältnis zu Patienten jünger als 30 Jahre um 16 % geringer. Lazarski et al. (29) konnten ein stetig zunehmendes Auftreten von Misserfolgen ab einem Alter von 60 Jahren beobachten.

2.3.3 Zahntyp und Kieferlokalisation

In Untersuchungen zur Analyse des Einflusses des Zahntyps auf die Überlebenswahrscheinlichkeit eines wurzelkanalbehandelten Zahnes wird unterschieden nach Front- und Seitenzähnen, beziehungsweise anterioren und posterioren Zähnen, überwiegend jedoch nach Frontzähnen, Prämolaren und Molaren.

Neben Studien, die keinen statistischen Unterschied feststellen konnten (27, 30, 42), zeigten Lumley et al. (34) eine höhere Überlebenswahrscheinlichkeit für Frontzähne im Vergleich zu Molaren auf. Cheung (36) stellten bei den oberen Frontzähnen die größte Überlebensrate fest, gefolgt von den unteren Prämolaren, den oberen Prämolaren und Molaren und den unteren Frontzähnen. Die geringste Überlebenswahrscheinlichkeit wiesen die unteren Molaren auf.

Field et al. (37) untersuchte 223 Zähne, die in einer Sitzung behandelt wurden. Es konnte eine bessere Prognose für anteriore im Vergleich zu posterioren Zähnen ermittelt werden.

Der Barmer GEK Zahnreport 2014 (10) dokumentiert eine geringere Folgebehandlungsrate für Frontzähne im Vergleich mit Molaren und Prämolaren.

Chen et al. (33) fanden eine statistisch bedeutsame Abhängigkeit vom Zahntyp für notwendige Misserfolgskorrekturen, wie Extraktion, Wurzelspitzenresektion und Revision. An den Frontzähnen erfolgten am häufigsten Revisionen oder Wurzelspitzenresektionen. Molaren hingegen wurden häufiger extrahiert als Prämolaren und Frontzähne.

Untersuchungen, in denen ausschließlich eine Unterteilung in Ober- und Unterkieferzähne erfolgte, zeigten keine signifikanten Unterschiede (27, 30, 36, 37, 43).

2.3.4 Zahnvitalität

Ein weiterer häufig diskutierter Einflussfaktor ist der präoperative Zustand der Pulpa. Neben Studien, die keine statistische Relevanz zwischen der Behandlung avitaler und vitaler Zähne zeigten (36, 38), gibt es zahlreiche Untersuchungen, die einen Einfluss nachweisen konnten:

Friedman et al. (43) wiesen nach, dass die Heilungsrate bei vitalen Zähnen bei 95 % und bei avitalen bei 75 % lag.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Chugal et al. (44) mit einer Erfolgswahrscheinlichkeit von 89,7 % bei Pulpitis und 68 % bei nekrotischer Pulpa, sowie Kojima et al. (45) mit 82,8 % bei vitaler und 78,19 % bei avitaler Pulpa. Stoll et al. (46) ermittelten für vitale Zähne eine durchschnittliche Überlebenszeit von 111 Monaten und für avitale von nur 94 Monaten.

Eine 2,5-fach erhöhte Erfolgswahrscheinlichkeit konnten Hoskinson et al. (47) den vitalen Zähnen gegenüber den avitalen Zähnen zuordnen. Die Untersuchungen von Smith et al. (48) ergaben, dass vitale Zähne eine um 6,25 % bessere Erfolgswahrscheinlichkeit haben, als avitale Zähne. Sjögren et al. (35) konnten für Zähne mit vitaler Pulpa ohne apikale Aufhellung eine Heilungsrate von 96 % feststellen und bei avitalen Zähnen mit apikaler Aufhellung von nur 86 %.

Rädel et al. (10) konnten einen Einfluss der Zahnvitalität auf die Überlebensrate wurzelkanalbehandelter Zähne feststellen. Nach drei Jahren waren 85,6 % der vitalen Zähne und nur 82,6 % der avitalen folgebehandlungsfrei (keine Extraktion, Wurzelspitzenresektion oder Revision).

Dem stehen nur wenige Studien, wie die von Pettigrew et al. (24) gegenüber, die für nekrotische/avitale Zähne eine bessere Erfolgsrate fanden, als für vitale. Eine entsprechende Tendenz, wenn auch ohne statistische Signifikanz, ist ebenfalls in der Studie von Parchami (26) erkennbar.

2.3.5 Zustand der periapikalen Region

Viele der Studien stellten eine deutliche Reduktion der Erfolgswahrscheinlichkeit für wurzelkanalbehandelte Zähne fest, die präoperative periapikale Läsionen aufwiesen (47, 49, 50). Dammaschke et al. (30) beobachteten eine Heilung bei Zähnen mit periapikaler Läsion in 64,1 % der Fälle, hingegen bei Zähnen ohne röntgenologisch sichtbare Aufhellung in 83,6 % der Fälle. Friedman et al. (43) ermittelten ohne apikale Parodontitis in 92 % und mit einer apikalen Parodontitis in 74 % der Fälle eine Heilung. Die Metaanalyse von Kojima et al. (45) zeigt ebenfalls einen signifikanten Unterschied: Zähne ohne periapikale Läsion wurden in 82 % und Zähne mit Parodontitis apicalis chronica in 71,5 % erfolgreich behandelt. In einer Literaturübersichtsarbeit von Basmadjian-Charles et al. (51) ist bei röntgenologisch nachweisbaren periapikalen Veränderungen sogar von einer reduzierten Erfolgsrate um 8 bis 23 % die Rede. Smith et al. (48) zeigten, dass Zähne ohne periapikale Läsion eine um 7,5 % höhere Wahrscheinlichkeit eines Behandlungserfolges haben, als mit periapikaler Veränderung. Stoll et al. (46) haben eine mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit von 116 Monaten für einen PRI von eins und zwei und von 93 Monaten für einen PRI von vier und fünf festgestellt.

Chugal et al. (44) beschrieben bei chronischer apikaler Parodontitis eine 3,67-fach erhöhte Misserfolgsrate im Vergleich zu einer akuten apikalen Parodontitis. Parchami (26) zeigte für Zähne ohne chronische apikale Parodontitis (PRI eins und zwei) eine mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit von 120 Monaten. Für Zähne mit entzündlichem Geschehen am Apex (PRI vier und fünf) reduzierte sie sich auf 113 Monate.

Cheung (36) konnten keinen Einfluss des periapikalen Status auf den Erfolg nachweisen.

Nach Studien von Weiger et al. (42), Chugal et al. (44) und Hoskinson et al. (47) nimmt die Erfolgswahrscheinlichkeit mit zunehmender Größe der periapikalen Läsion ab. Hingegen konnten Sjögren et al. (35) der Größe der Läsion keine Bedeutung nachweisen.

2.3.6 Anzahl der Sitzungen

Der Einfluss der Anzahl der Sitzungen auf den Behandlungserfolg wird kontrovers diskutiert. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Anzahl der Sitzungen letztendlich von der Behandlungsmethode abhängt.

So wurden bislang bei Schmerzzuständen, Exsudatabfluss, anhaltenden Infektionen, fehlender Patientencompliance sowie bei schwierigen anatomischen oder behandlungsspezifischen Gegebenheiten Behandlungen empfohlen, die mehr als eine Sitzung erfordern (52). In diesen

Fällen ist eine medikamentöse Einlage notwendig, die das Wachstum und die Vermehrung von Mikroorganismen verhindert (2). Die medizinische Notwendigkeit einer temporären Wurzelkanalfüllung, insbesondere bei apikalen Läsionen, wurde in vielen Studien untersucht (42, 53, 54).

Weiger et al. (42) haben den Einfluss von Calciumhydroxid auf Zähne mit periapikaler Läsion untersucht. Nach fünf Jahren waren 92 % der durchgeführten Behandlungen in einer Sitzung ohne Calciumhydroxid und in 93 % mit Calciumhydroxid in zwei Sitzungen erfolgreich. Da die Behandlung mit medikamentöser Einlage keine signifikant besseren Ergebnisse ergab, sollte die Behandlung laut Weiger et al. in einer Sitzung präferiert werden.

Ebenso zeigten Kvist et al. (53), dass die Behandlung in einer Sitzung von Vorteil ist. Bei diesem Vorgehen konnten Mikroorganismen in 29 % der Fälle nachgewiesen werden, bei zwei Sitzungen hingegen in 36 % der Fälle.

Shuping et al. (54) zeigten, dass bei Zähnen mit chronischer Parodontitis nach der Reinigung der Wurzelkanäle mit Ni-Ti Instrumenten und NaOCl 61,9 % der Kanäle bakterienfrei waren. Durch eine Einlage mit Calciumhydroxid für eine Woche erhöhte sich die Anzahl bakterienfreier Kanäle auf 92,5 %.

Di Renzo et al. (55) beobachteten nach der Initialbehandlung hinsichtlich des Auftretens postoperativer Schmerzen keinen Unterschied zwischen Behandlungen in einer oder zwei Sitzungen.

Nandan Rao et al. (56) stellten weniger postoperative Schmerzen an anterioren, avitalen Zähnen bei einzeitiger, als bei zweizeitiger Behandlung fest.

Demgegenüber beobachteten Raju et al. (57) das Auftreten postoperativer Schmerzen, unabhängig davon, ob die Behandlung in einer oder mehreren Sitzungen erfolgte. Es gab auch keinen Unterschied zwischen ein- und mehrwurzeligen Zähnen. Eine periapikale Läsion hatte ebenfalls keinen Einfluss auf das Behandlungsergebnis.

Figini et al. (58) konnten keinen Einfluss auf die Kurzzeit- und Langzeitkomplikationen feststellen, wenn die Wurzelkanalbehandlung nach einer oder mehreren Sitzungen abgeschlossen worden war.

Lee et al. (38) stellten fest, dass Behandlungen in zwei Sitzungen eher erfolgreich verliefen, als Maßnahmen, die erst nach vier oder mehr Sitzungen abgeschlossen wurden.

2.3.7 Ausbildungsstand des Behandlers

In der Literatur gibt es verschiedene Differenzierungen hinsichtlich der Spezialisierung und der Behandler.

Einerseits besteht die Möglichkeit, die Behandlung von einem Spezialisten für Wurzelkanalbehandlungen mit einem Allgemeinzahnarzt (Generalist) zu vergleichen. Lazarski et al. (29) ermittelten bei dieser Unterteilung keinen Einfluss auf den Behandlungserfolg. Es konnte lediglich festgestellt werden, dass spezialisierte Endodontologen häufiger Molaren therapierten. Parchami (26) fand keine signifikanten Unterschiede in der Überlebenswahrscheinlichkeit von Zähnen, die von Studenten, Zahnärzten und spezialisierten Endodontologen wurzelkanalbehandelt wurden. Rocke et al. (27) registrierte bessere Behandlungsergebnisse für Endodontologen trotz schlechterer Ausgangsbefunde. Alley et al. (31) ermittelten mit 98,1 % deutlich bessere Behandlungsergebnisse bei Spezialisten als bei Generalisten mit 89,7 %.

In universitätsgeführten Untersuchungen wird häufig ein Vergleich zwischen Studenten und approbierten Zahnärzten vorgenommen. Sie konnten keine Unterschiede hinsichtlich des Erfolges und der Qualität der Wurzelkanalfüllungen feststellen (26, 36, 38, 46).

2.4 Qualität der Wurzelkanalfüllung

2.4.1 Qualitätsmerkmale der Wurzelkanalfüllung

2.4.1.1 Länge der Wurzelkanalfüllung

In vielen Studien konnte ein Zusammenhang zwischen der Qualität und dem Erfolg der Wurzelkanalbehandlung nachgewiesen werden. Entscheidende Kriterien waren hierbei besonders die Lage des apikalen Endpunktes (30, 35, 38, 44, 59) und die Homogenität (36, 38, 44) einer Wurzelkanalfüllung.

Der Bestimmung der korrekten Länge der Wurzelkanalfüllung kommt in der Endodontie eine zentrale Bedeutung zu. Die Wurzelkanalfüllung soll bis an die apikale Konstriktion heranreichen (siehe Abbildung 1). Früher auch als Foramen physiologicum bezeichnet (60-62), liegt sie am Übergang von Zement und Dentin (62). Es sind streckenförmige, parallele, punktförmige oder multiple Formvarianten der apikalen Konstriktion möglich (60). Es handelt sich um eine histologische Abgrenzung, die durch den Übergang des Pulpagewebes in das Desmodont definiert ist (63).

Das Foramen apikale beschreibt die Hauptöffnung des Wurzelkanals. Der anatomische Apex ist die morphologische Wurzelspitze und liegt am Ende der Zahnwurzel. Häufig handelt es sich um die am weitesten von der Zahnkrone entfernte Stelle. Der röntgenologische Apex ist der unterste Punkt der Wurzelspitze, der auf dem Röntgenbild sichtbar ist (63).

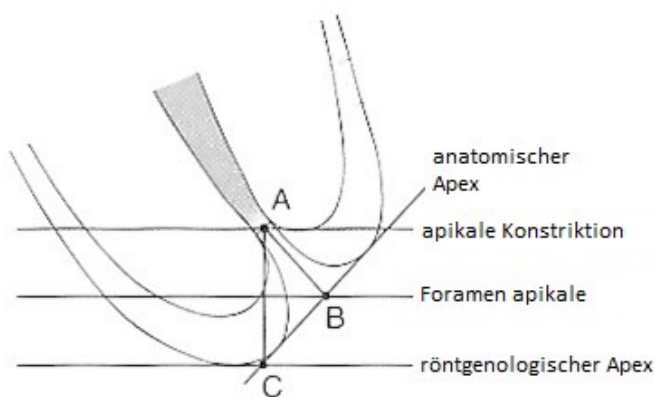


Abbildung 1: Darstellung der Anatomie der Wurzelspitze, modifiziert nach Hellwig et al. (64)

Zur Längenbestimmung stehen, außer dem taktilen Ertasten der apikalen Konstriktion, röntgenologische und endometrische Methoden zur Verfügung.

Mit der röntgenologischen Längenbestimmung ist die Lage der apikalen Konstriktion nur eingeschränkt bestimmbar. In einer orthoradialen Zahnfilmaufnahme mittels Rechtwinkeltechnik wird der Abstand des Endpunktes der Wurzelkanalfüllung oder der Spitze eines in den Wurzelkanal inserierten Instrumentes zum röntgenologischen Apex

gemessen. Die Strecke AC stellt dies in Abbildung 1 dar. Hellwig et al. (64) geben einen durchschnittlichen Wert von 1 mm für diese Strecke an, der allerdings zwischen 0,8 mm bei jüngeren Zähnen und 1,2 mm bei älteren Zähnen variieren kann. Mikroskopische Untersuchungen (6) haben ergeben, dass der optimale Abstand zum röntgenologischen Apex zwischen 0,5 und 2 mm liegt. Wurzelkanalfüllungen mit einem Abstand von bis zu 1 mm vor dem röntgenologischen Apex waren am erfolgreichsten (62, 65). Basierend auf mikroskopischen Untersuchungen der Wurzelspitze lautet die Empfehlung der DGZMK, einen Abstand von 1-2 mm zum röntgenologischen Apex anzustreben (66).

Das Funktionsprinzip der endometrischen Längenbestimmung beruht auf der Tatsache, dass sich der elektrische Widerstand innerhalb und außerhalb des Wurzelkanals stark unterscheidet. Mit Hilfe einer Elektrode, die als Wurzelkanalfeile in den Kanal eingeführt wird und einer auf die Mundschleimhaut aufgelegten Referenzelektrode, wird der elektrische Wechselstromwiderstand (Impedanz) gemessen. Bei Vorschub kommt es zu einer kontinuierlichen Abnahme der Impedanz. Nach dem Überschreiten der apikalen Konstriktion verändern sich die Impedanzwerte in deutlich geringerem Maße. Das Vorhandensein von Spülflüssigkeiten, Eiter oder Speichel beeinflusst die Messung. Aus diesem Grunde erfolgte eine Weiterentwicklung, die zu dem Prinzip der Impedanzgradientmessung führte. Sie beruht darauf, dass der Unterschied zwischen zwei aufeinanderfolgenden Impedanzwerten innerhalb und außerhalb des Wurzelkanals relativ konstant ist, im Bereich der apikalen Konstriktion sich diese Konstanz jedoch ändert. Damit kann für diesen Bereich die Lage der Elektrodenspitze im Wurzelkanal, weitgehend unabhängig vom Vorhandensein von Flüssigkeiten im Kanal bestimmt werden (67, 68). Eine Verdeutlichung dieses Funktionsprinzips zeigt Abbildung 2.

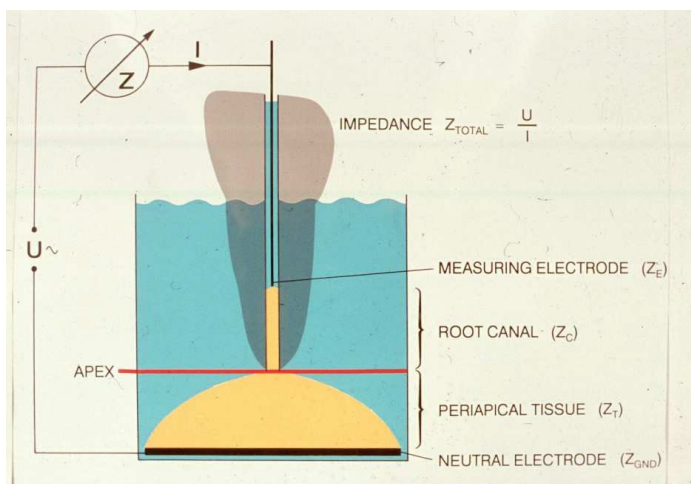


Abbildung 2: Prinzip der Impedanzgradient-Bestimmung (69, 70)

Die endometrische Längenmessung hat durch weitere technische Verbesserungen an Bedeutung zugenommen und ermöglicht eine genaue Bestimmung der Lage der apikalen Konstriktion. Dies konnte in diversen Studien nachgewiesen werden (71-73).

Pommer (72) verglich die endometrische mit der röntgenologischen Längenbestimmung. Nach der endometrischen Messung wurde das Instrument festzementiert und ein Röntgenbild angefertigt. Anschließend wurde der Zahn längs halbiert und der Abstand der Instrumentenspitze zur apikalen Konstriktion mikroskopisch bestimmt. Das Foramen physiologicum befand sich bei der endometrischen Messung in 98,5 % der Fälle weniger als 0,5 mm vom röntgenologischen Apex entfernt. Bei den Röntgenmessaufnahmen lagen nur 77,2 % im Bereich von $\pm 0,5$ mm vom röntgenologischen Apex entfernt.

Tchorz et al. (73) stellten zwei verschiedene Verfahren der Längenbestimmung, die von Studenten durchgeführt wurden, gegenüber. Eine Gruppe nutzte nur Röntgenbilder zur Längenbestimmung und die andere Gruppe ein elektrisches Längenmessgerät. Eine korrekte Länge der Wurzelkanalfüllung konnte häufiger in der Gruppe mit elektrischer Längenbestimmung erzielt werden.

Pratten und McDonald (71) verglichen die radiologische und elektronische Längenbestimmung an Zähnen von menschlichen Leichen. Dazu wurde eine Wurzelkanalfeile entsprechend der elektronischen Längenbestimmung in den Kanal eingebracht und anschließend geröntgt. Die Zähne wurden dann extrahiert und histologisch untersucht, um den idealen apikalen Endpunkt der Aufbereitung zu bestimmen. Das Verfahren der elektronischen Längenbestimmung zeigte zuverlässigere Ergebnisse.

Bei der radiologischen Längenbestimmung spielt die Interpretation der Röntgenbilder eine entscheidende Rolle. Cox et al. (74) konnten bei 68 % der Behandler eine reproduzierbare Genauigkeit bei der Auswertung von Röntgenmessaufnahmen mit $\pm 0,5$ mm feststellen.

Laut einer Leitlinie der DGZMK (66) und Pricker (6) sollten beide Techniken kombiniert werden, um eine exakte Längenbestimmung zu ermöglichen.

2.4.1.2 Homogenität und Taper einer Wurzelkanalfüllung

Das Ziel der Wurzelkanalfüllung ist ein dauerhafter, flüssigkeits- und bakteriendichter Verschluss des gesamten Wurzelkanalsystems (75). Aus diesem Grund kommt der Homogenität der Wurzelkanalfüllung eine besondere Bedeutung zu, um eine Passage von Bakterien zum Apex zu verhindern (1).

Studien zur Homogenität der Wurzelkanalfüllung zeigen, dass 35 % (15) bis 90 % (21) der Wurzelkanalfüllungen homogen sind.

Einige Studien beschäftigten sich ergänzend mit dem Taper (Konizität) der Wurzelkanalfüllung (15, 16, 19, 22). Dieser wird als adäquat bewertet, wenn eine durchgehende Verjüngung der Wurzelkanalfüllung vom koronalen zum apikalen Bereich des Wurzelkanals vorliegt und somit eine konische Kanalform entsteht (16).

2.4.2 Studien zur Qualitätsbeurteilung von Wurzelkanalfüllungen

Von einer qualitativ akzeptablen Wurzelkanalfüllung wird gesprochen, wenn die Länge und Homogenität die oben beschriebenen Kriterien erfüllen. Zusätzlich wird in einigen Studien eine kontinuierliche Konizität (15, 16, 19) als Kriterium für eine akzeptable Wurzelkanalfüllung verlangt. Im Folgenden sind Studien dargestellt, die diese Qualitätskriterien untersucht haben:

Eleftheradis und Lambrianidis (18) ermittelten an einer Universität in Griechenland, dass 62,7 % der Wurzelkanalfüllungen eine korrekte Länge aufwiesen und 82,6 % homogen waren. Beide Kriterien waren in 55,3 % der Fälle erfüllt. 5,6 % zeigten eine korrekte Länge, jedoch mit Hohlräumen, 21,6 % der Zähne waren unterfüllt und ohne Hohlräume, 8,2 % waren unterfüllt mit Hohlräumen und 1,8 % überfüllt mit Hohlräumen.

Barrieshi-Nusair et al. (16) untersuchten Wurzelkanalbehandlungen von Studenten an einer Universität in Jordanien. Dabei wurden 8.500 Patienten zwischen den Jahren 1995 und 2000 nachuntersucht. Letztendlich wurden nach Anwendung verschiedener Filter 542 Zähne mit 912 Kanälen bewertet. Es erfolgte eine Aufteilung in Altersgruppen. Die Röntgenbilder wurden hinsichtlich Länge, Dichte, Taper und Kanalkrümmung bewertet. Eine adäquate Wurzelkanalfüllung wurde angenommen, wenn Länge, Dichte und Taper akzeptabel waren. Dies traf auf 47,4 % der Fälle zu. Hinsichtlich der Länge waren 61,3 % der Wurzelkanalfüllungen korrekt, 34,5 % unterfüllt und 4,2 % überfüllt.

Ziel der Studie von Er et al. (19) war die radiologische Beurteilung der technischen Qualität von Wurzelkanalbehandlungen, die von Studenten an einer Universität in der Türkei durchgeführt wurden. Es wurden 1.893 wurzelkanalbehandelte Zähne mit 3.692 Wurzelkanälen bei 1.654 Patienten aus den Jahren 2000 bis 2003 betrachtet. Es wurde die Länge, die Homogenität und der Taper beurteilt.

69 % der Zähne zeigten eine adäquate Länge, 53,2 % eine homogene Wurzelkanalfüllung und 68,3 % einen akzeptablen Taper. Alle drei Kriterien wurden bei 33 % der Zähne erfüllt.

Moussa-Badran et al. (22) beurteilten 304 Zähne radiologisch. Diese wurden von Studenten am „Dental service of the teaching Hospital“, Reims, Frankreich von 2005 bis 2006 wurzelkanalbehandelt. Die Länge der Wurzelfüllung wurde bei 69 % als adäquat gewertet, 19 % waren überfüllt und 12 % unterfüllt. 42,7 % der Zähne waren ohne Hohlräume. 30,3 % der Zähne erfüllten beide Kriterien.

Balto et al. (15) beurteilten an der King Saud University, Saudi Arabien, von Studenten durchgeführte Wurzelkanalbehandlungen röntgenologisch und verglichen die Behandlungen zwischen dem vierten und fünften Studienjahr. In dem Zeitraum von 2005 bis 2008 wurden 550 Zähne von 459 Patienten untersucht. Pro Zahn wurden drei periapikale Röntgenbilder gefertigt, anhand derer die Länge, Dichte und Taper, sowie eventuelle Behandlungsfehler beurteilt wurden. 125 Zähne (23 %) wurden als akzeptabel eingestuft, diese wiesen eine adäquate Länge, Dichte, angemessenen Taper und keine Behandlungsfehler auf.

Die Qualität einer Wurzelkanalfüllung wurde von Adebayo et al. (39) für den Zeitraum von 2008 bis 2011 bewertet. Von 62 untersuchten wurzelkanalbehandelten Zähnen wurden bei 71 % eine akzeptable Länge und bei 58,1 % eine homogene Wurzelkanalfüllung festgestellt. Letztendlich zeigten 53,2 % eine qualitativ gute Wurzelkanalfüllung.

Lynch und Burke (21) untersuchten Wurzelkanalbehandlungen an einwurzeligen Zähnen an der „Dental School and Hospital“ in Cork, Irland, die von Studenten durchgeführt worden waren. Insgesamt wurden 100 Röntgenbilder betrachtet. Ein Abstand der Wurzelfüllung vom Apex von 2 mm wurde als akzeptabel gewertet, was auf 70 % der Fälle zutraf. 10 % zeigten Hohlräume, 21 % waren unterfüllt und 9 % überfüllt. Letztendlich wurden 63 % als adäquat bewertet.

An der Universität in Glasgow, Schottland, wurde die Qualitätsbeurteilung von Wurzelkanalbehandlungen von Pettigrew et al. (24) an einwurzeligen Zähnen vorgenommen. Es wurden 100 von Studenten wurzelkanalbehandelte Zähne bewertet. Dabei zeigten 20 Zähne Lufteinschlüsse und ein Zahn war perforiert. Von den verbliebenen 79 Zähnen waren 80 % akzeptabel, 5 % unterfüllt und 15 % überfüllt.

2.4.3 Einfluss der Qualität von Wurzelkanalfüllungen auf den Erfolg

Wie bereits oben aufgeführt, wird der Qualität einer Wurzelkanalfüllung Einfluss auf die Überlebensrate eines wurzelkanalbehandelten Zahnes nachgesagt. Definiert wird die Qualität in erster Linie über die regelrechte Länge und Homogenität einer Wurzelkanalfüllung.

Die Länge der Wurzelfüllung hatte ausweislich vieler Studien einen relevanten Einfluss auf den Erfolg einer Wurzelkanalbehandlung (76). Die besten Ergebnisse zeigten Zähne mit einer Wurzelkanalfüllung, die einen Abstand von 0-1 mm oder 1-2 mm vom radiologischen Apex hatte (13).

Sjögren et al. (35) konnten eine periapikale Heilung in 94 % der Fälle für Wurzelfüllungen nachweisen, die innerhalb eines Abstands von 2 mm zum radiologischen Apex lagen. Hingegen war bei einer zu langen Wurzelkanalfüllung nur in 76 % und bei einer zu kurzen Wurzelkanalfüllung in 68 % der Fälle eine Heilung zu beobachten.

In der Studie von Parchami (26) hatten zu kurze Wurzelkanalfüllungen eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 109,5 Monaten, optimale Wurzelkanalfüllungen von 113 Monaten und zu lange Wurzelkanalfüllungen von 84 Monaten.

Buckley und Spångberg (77) zeigten, dass eine periapikale Läsion bei unterfüllten Zähnen zu 25,5 %, bei überfüllten Zähnen zu 42,9 % und bei Wurzelkanalfüllungen, die einen Abstand von 2 mm zum radiologischen Apex aufwiesen, nur zu 20,7 % vorkommt.

Stoll et al. (46) ermittelten eine statistische Relevanz zwischen der Gruppe mit einem Abstand von 1-2 mm zum radiologischen Apex mit einer durchschnittlichen Überlebenswahrscheinlichkeit von 113 Monaten in Vergleich zu den unterfüllten Wurzelkanalfüllungen mit 77 Monaten und überfüllten mit 76 Monaten.

Mit $p = 0,001$ konnten Lee et al. (38) sowohl einen signifikanten Einfluss der korrekten Länge einer Wurzelkanalfüllung auf das Überleben eines Zahnes, als auch auf die Heilung der periapikalen Läsion nachweisen.

Die Homogenität einer Wurzelkanalfüllung hat ausweislich der Studie von Lee et al. (38) Einfluss auf die periapikale Heilung, allerdings nicht auf das Überleben eines Zahnes.

Hingegen ist die Durchführung der Kondensation (Homogenität) laut Parchami (26) sehr bedeutsam für den Erfolg einer Wurzelkanalbehandlung ($p=0,01$). Es wurden Überlebenswahrscheinlichkeiten bei einer optimalen Kondensation von 117 Monaten und bei einer suboptimalen Kondensation von 86 Monaten festgestellt.

Stoll et al. (46) ermittelten eine durchschnittliche Überlebenswahrscheinlichkeit für eine homogene Wurzelkanalfüllung von 110 Monaten, für inhomogene Wurzelkanalfüllungen von 84 Monaten.

3. Eigene Untersuchungen – Material und Methoden

3.1 Datenmaterial

3.1.1 Datenquelle und Aufbereitung der Daten

Im Jahr 1991 wurde an der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde „Hans Morat“ in Rostock das Abrechnungsprogramm Chremasoft eingeführt, das heute zur CompuGroup Medical Dentalsysteme GmbH² gehört. Es basiert auf der Programmiersprache ACUCOBOL-GT³ und verwendet eine relationale Datenbank zur Speicherung der Daten. Die Leistungserfassung erfolgt von Terminals in allen vier Polikliniken: Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde, Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie und die Poliklinik für Kieferorthopädie. Die Daten werden im zentralen System erfasst, mit dem auch die Abrechnungen erstellt werden. Schrittweise wurde so die elektronische Erfassung der Abrechnungspositionen nach BEMA⁴ und GOZ/GOÄ⁵ möglich. Seit circa 1995 liegen die kompletten Behandlungsabläufe aller Patienten anhand der Abrechnungspositionen vor. Zum Zeitpunkt dieser Untersuchung waren etwa 100.000 Patienten mit etwa 100.000 erbrachten Leistungen (Abrechnungspositionen) pro Jahr im System erfasst.

Für unsere Untersuchungen benötigen wir Informationen über endodontisch behandelte Zähne und deren weitere Versorgung für den Zeitraum von 2005 bis 2011. Ein direkter Datenexport war aus der relationalen Datenbank nicht möglich. Infolgedessen wurden alle Daten jaarweise in Textdateien überführt, die Patientendaten anonymisiert, alle überflüssigen und sekundären Angaben gelöscht und die verbliebenen Daten pro Jahr in sechs Microsoft Excel Tabellen übertragen, da zum Analysezeitpunkt die Datenmenge für eine XLS-Datei zu groß war.

Aus diesen Tabellen waren alle endodontisch behandelten Zähne herauszufiltern. Dazu wurden zunächst die in Tabelle 4 dargestellten, endodontischen Behandlungspositionen nach BEMA und GOZ/GOÄ als Filterkriterium verwendet, die zwingend auf eine endodontische Behandlung verweisen. Außerdem mussten die auf einen Misserfolg der endodontischen Behandlung hinweisenden Abrechnungspositionen gesichert werden (vgl. Tabelle 5). Eine Revision wurde anhand einer erneuten Wurzelkanalaufbereitung und Wurzelkanalfüllung identifiziert. Im Weiteren wurde jegliche Entfernung eines Zahnes unabhängig von der gewählten Abrechnungsposition zusammengefasst und als Extraktion oder Zahnentfernung

² CompuGroupMedical Dentalsysteme GmbH, Koblenz

³ Acucorp, Deutschland

⁴ BEMA = Einheitlicher Bewertungsmaßstab für zahnärztliche Leistungen

⁵ GOZ/GOÄ = Gebührenordnung für Zahnärzte/Ärzte

bezeichnet, da es sich bei der Osteotomie lediglich um eine komplizierte Zahnextraktion handelt.

Tabelle 4: Als Filter verwendete endodontische Behandlungspositionen nach Bema und GOZ/GOÄ

	BEMA	GOZ/GOÄ
Vitalexstirpation	VitE	2360
Trepanation	Trep1	2390
Wurzelkanalaufbereitung	WK	2410
Wurzelkanalfüllung	WF	2440
Pulpotomie	Pulp	235
Devitalisation	Dev	237

Tabelle 5: Als Filter verwendete Abrechnungspositionen zur Festlegung der Misserfolge nach Bema und GOZ/GOÄ

	Bema	GOZ/GOÄ
Extraktion eines einwurzeligen Zahnes	X1	3000
Extraktion eines mehrwurzeligen Zahnes	X2	3010
Entfernung eines tief frakturierten oder tief zerstörten Zahnes	X3	3020
Entfernung eines Zahnes durch Osteotomie	OST1	3030
Resektion einer Wurzelspitze an einem Frontzahn	WR1	3110
Resektion einer Wurzelspitze an einem Seitenzahn	WR2	3120
Resektion jede weitere Wurzelspitze am selben Zahn	WR3	-
Revision einer Wurzelfüllung	Erneute WK, WF	2410, 2440

Alle weiteren nicht relevanten Daten anderer Zähne wurden entfernt. Danach konnten alle Abrechnungspositionen ohne Bezug zu einer endodontischen Behandlung gelöscht und die sechs Excel Tabellen zu einer zusammengefasst werden. Nach mehreren Sortierläufen gelang es, den Wurzelkanalbehandlungen den kompletten weiteren Behandlungsverlauf dieser Zähne hinzuzufügen und so die Behandlungsgeschichten der wurzelkanalbehandelten Zähne in der Zeit vom 1. Januar 2005 bis 31. Dezember 2011 zu dokumentieren.

3.1.2 Zusammensetzung des Datenpools

Es wurden alle Behandlungen ausgeschlossen, bei denen weder Behandlungsbeginn, noch -ende ersichtlich waren. Milchzähne wurden aufgrund einer möglichen Verfälschung der statistischen Ergebnisse durch den physiologischen Verlust der Zähne und der gesonderten endodontischen Behandlung keiner weiteren Betrachtung unterzogen. In diesem Zuge wurden ebenso Devitalisationen und Pulpotomien ausgeschlossen, da es sich um eine spezielle endodontische Maßnahme im Milchgebiss handelt. Des Weiteren blieben alle Behandlungen mit unklarem Verlauf, fehlerhaften oder unvollständigen Angaben und eindeutige Dokumentationsfehler unberücksichtigt. Im Beobachtungszeitraum erstmals registrierte chirurgische Wurzelkanalbehandlungen und Revisionen wurden ausgeschlossen, sodass keine Zweitbehandlung an einem Zahn bewertet wurde.

3.1.3 Tabellarische Darstellung des Datenpools

Zur Auswertung wurden die so gewonnenen Daten in eine Excel Tabelle übertragen, die in Tabelle 6 auszugsweise dargestellt ist.

Tabelle 6: Auszug aus der Excel Tabelle zur Auswertung der Daten der endodontisch behandelten Zähne (vollständige Tabelle auf CD im Anhang)

Patient	Geschlecht	Geburts- datum	Zahn	Kanäle	Trep/ VitE	Beginn der Behandlung	Ende der Behandlung	Anzahl der Sitzungen	Korrektur des Misserfolges	Datum des Misserfolges	Zahnarzt/ Student	letzte Behandlung
10133	w	23.01.1941	16	3	Trep1	29.07.2011	04.08.2011	2			ZA	30.11.2011
10147	m	06.01.1967	37	3	Trep1	15.03.2010	20.05.2010	6			ZA	14.12.2011
10200	m	28.09.1941	14	2	Trep1	07.01.2009	20.01.2009	3			S	22.06.2011
10224	w	21.01.1956	24	2	VitE	12.12.2005	08.02.2006	2			ZA	08.11.2011
10224	w	21.01.1956	26	4	Trep1	19.12.2005	01.02.2006	5			ZA	08.11.2011
10243	m	25.09.1945	16	3	VitE	08.12.2010	20.12.2010	3	Extraktion	28.03.2011	ZA	30.08.2011
10254	w	03.02.1962	27	3	VitE	20.05.2008	17.06.2008	3			ZA	30.09.2011
10267	w	24.06.1937	13	1	VitE	22.04.2005	20.05.2005	4			S	17.03.2011
10268	w	16.08.1937	43	1	VitE	12.03.2007	11.04.2007	4	Extraktion	18.02.2008	ZA	08.06.2011
10290	m	27.01.1929	33	1	Trep1	11.10.2006	24.11.2006	4			S ZA	27.10.2011
10290	m	27.01.1929	34	1	Trep1	18.12.2007	15.01.2008	2			S	27.10.2011
10294	m	02.05.1935	23	1	VitE	30.11.2005	20.12.2005	2	Extraktion	05.10.2010	S	27.06.2011
10297	w	01.06.1934	33	1	Trep1	22.08.2008	09.09.2008	3			ZA	26.10.2011
10377	m	14.08.1950	16	3	Trep1	22.10.2010	15.11.2010	4			ZA	20.12.2011
10377	m	14.08.1950	45	1	Trep1	03.06.2010	06.09.2010	7	Extraktion	04.02.2011	ZA	20.12.2011
10377	m	14.08.1950	48	3	VitE	30.08.2007	11.09.2007	3			ZA	20.12.2011
10377	m	14.08.1950	23	1	Trep1	12.05.2006	26.05.2006	4			S ZA	20.12.2011
10379	w	09.10.1955	35	1	Trep1	24.08.2006	06.09.2006	2			ZA	15.02.2011
10386	w	15.09.1951	28	3	VitE	28.10.2011	19.12.2011	3			ZA	19.12.2011
10386	w	15.09.1951	45	1	VitE	26.03.2007	05.04.2007	2			ZA	19.12.2011
10401	w	06.02.1943	15	1	Trep1	02.05.2007	07.05.2007	2	Revision	10.12.2010	S	24.11.2011
10401	w	06.02.1943	41	1	Trep1	15.05.2007	23.05.2007	3	Revision	24.03.2011	S	24.11.2011
10405	w	27.01.1932	34	1	Trep1	30.05.2011	06.06.2011	2	Extraktion	17.11.2011	S	28.11.2011
10447	w	24.07.1959	26	3	Trep1	07.10.2010	10.11.2010	3			ZA	29.09.2011

Der ersten Spalte mit Patientenummer zur anonymisierten Identifikation, folgen das Geschlecht und das Geburtsdatum des Patienten. Anschließend sind der endodontisch behandelte Zahn und die Anzahl der Wurzelkanäle aufgelistet. Auf die Zahnvitalität wurde aus den Kriterien Trepanation und Vitalexstirpation geschlossen. Des Weiteren sind das Datum vom Beginn und vom Ende der Therapie festgehalten, sowie die Anzahl der Sitzungen je Zahn. Die nächste Spalte beinhaltet eine Aussage zu einem möglichen Misserfolg der endodontischen Behandlung.

Das Datum des Eintritts eines Misserfolges ist in einer separaten Spalte festgehalten und die Behandler sind nach Student (S) und Zahnarzt (ZA) unterteilt. Kombinierte Behandlungen von Studenten und Zahnärzten wurden mit „S/ZA“ gekennzeichnet. Weiterhin ist der Termin der letzten zahnärztlichen Behandlung des Patienten an der Universitätsmedizin Rostock erfasst.

Die Daten wurden für die statistische Beurteilung aufbereitet und die Variablen dem statistischen Test entsprechend kodiert. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software von SPSS Statistics, Version 22⁶.

⁶ IBM Deutschland GmbH, Ehningen

3.2 Definition von Erfolg und Misserfolg

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden endodontische Behandlungen bei den Zähnen als erfolgreich angesehen, bei denen nach dem Datum der Wurzelkanalfüllung keine weiteren Abrechnungspositionen mit endodontischem oder kieferchirurgischem Bezug in der Patientendokumentation vorhanden waren.

Die Behandlung wurde als Misserfolg eingestuft, wenn anhand der Abrechnungspositionen eine Zahnentfernung (X, Ost), Wurzelspitzenresektion (WSR) oder Revision nach der Wurzelkanalfüllung (WK nach WF) zur Anwendung gekommen waren. Diese werteten wir dahingehend, dass der behandelte Zahn während des Beobachtungszeitraumes klinische oder röntgenologische Auffälligkeiten zeigte, die einer weiteren Therapie bedurften. Die Gründe für die Entscheidung zum erneuten Eingriff an dem wurzelkanalbehandelten Zahn lagen im Ermessensspielraum des jeweiligen Behandlers und waren uns im Rahmen dieser retrospektiven Studie nicht zugänglich. Außer dem Wiederauftreten von Schmerzen wurden durch die posttherapeutische Analyse aber auch nicht-endodontische Ursachen wie gebührenrechtliche Vorschriften eingeschlossen, die z.B. aus abrechnungstechnischen Gründen bei Persistenz einer periapikalen Läsion eine prothetische Weiterversorgung verhinderten und dadurch indirekt eine erneute Behandlung oder die Entfernung des Zahnes begründeten.

Die Indikation für eine Wurzelspitzenresektion ist gegeben, wenn bei intakter Wurzelkanalfüllung eine persistierende apikale Parodontitis mit Schmerzsymptomatik oder einer zunehmenden Osteolyse einhergeht. Aber auch überfüllte Wurzelkanäle und Wurzelfrakturen oder Frakturen von Instrumenten im apikalen Teil der Wurzel können eine Indikation für die Wurzelspitzenresektion sein. In der Leitlinie (78) zur WSR noch vorgesehen, inzwischen von der Indikation jedoch ausgenommen, sind morphologische Varianten, die mittels konservativer Wurzelkanalbehandlung nicht therapierbar sind oder obliterierte, nicht instrumentierbare Kanäle.

Eine Revision ist nach einer Stellungnahme der DGZMK (79) als Therapiemöglichkeit anzusehen, wenn eine persistierende und neu entstandene apikale Parodontitis vorliegt oder eine kürzlich gelegte Wurzelkanalfüllung klinisch oder röntgenologisch insuffizient ist. Sie kann außerdem bei der Exposition der Wurzelkanalfüllung zum Mundhöhlenmilieu oder bei progressiv verlaufenden, extern entzündlichen Resorptionen durchgeführt werden. Eine davon

abweichende Position nimmt der G-BA⁷ (80) ein, indem er eine Revision nur dann als angezeigt bewertet, wenn im Röntgenbild eine nicht randständige oder undichte Wurzelkanalfüllung erkennbar ist und eine geschlossene Zahnreihe erhalten, eine einseitige Freizugsituation vermieden oder der funktionstüchtige Zahnersatz erhalten werden kann.

Für die vorliegende Studie haben wir die Entscheidung des Behandlers zur Zahnentfernung dahingehend gewertet, dass es keine Möglichkeit des Zahnerhalts gab und definieren diese Eingriffe deshalb als Korrektur eines **absoluten Misserfolgs** der endodontischen Behandlung.

Demgegenüber hatte der Behandler bei der Entscheidung zur Revision oder zur Wurzelspitzenresektion nach dem Wiedereintritt von Beschwerden oder Vorliegen von Ausschlusskriterien für die prothetische Weiterbehandlung Gründe für den Erhalt des Zahnes gesehen. Wir haben diese Behandlungen als Korrekturen **relativer Misserfolge** der endodontischen Behandlungen eingestuft.

⁷ G-BA = Gemeinsamer Bundesausschuss der gemeinsamen Selbstverwaltung der Ärzte, Zahnärzte, Psychotherapeuten, Krankenhäuser und Krankenkassen in Deutschland

3.3 Behandlungsablauf an den Zahnmedizinischen Polikliniken der Universitätsmedizin Rostock

Nach umfassender Diagnostik und daraus resultierender Notwendigkeit einer endodontischen Therapie wird der betroffene Zahn zunächst mit einem präendodontischen Aufbau versorgt.

Die Wurzelkanalbehandlung beginnt mit der Eröffnung des avitalen oder vitalen Zahnes. Nach kompletter Entfernung des Pulpenkammerdachs unter Kofferdam und der Darstellung der Kanaleingänge mittels Gates-Bohrer, wird mit der Sondierung und Aufbereitung der Wurzelkanäle begonnen. Hierzu werden an der Universitätsmedizin Rostock wahlweise Handfeilen oder maschinelle Nickel-Titan-Feilen verwendet. Als Spüllösungen stehen Natriumhypochlorit, Zitronensäure, EDTA und Chlorhexidinlösung zur Verfügung. Zur Bestimmung der definitiven Arbeitslänge wird die endometrische Messung in der Regel mit Raypex®⁸ durchgeführt und die Ergebnisse röntgenologisch verifiziert.

Eine medikamentöse Zwischeneinlage wird bei mehrzeitigem Vorgehen mit Calxyl®⁹ oder in besonderen Fällen mit Ledermix®¹⁰ vorgenommen und die okklusale Kavität nach jeder Behandlung provisorisch mit Cavit^{TM 11} verschlossen.

Nach korrekter Längenbestimmung und umfassender Desinfektion und Aufbereitung der Kanäle werden diese mit einem Sealer und Guttaperchapoints in der Regel in lateraler Kondensationstechnik gefüllt.

Ein abschließendes Röntgenbild zur Kontrolle der Qualität der Wurzelkanalfüllung ist obligat.

Variationen dieser Behandlungsweise sind aufgrund unterschiedlicher Erfahrungen der Assistenten der Polikliniken und durch Teilnahme an Studien, neuer Materialien oder Techniken möglich.

Die Ausbildung der Studenten erfolgt im Fachgebiet der Endodontie in erster Linie von der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie.

⁸ VDW GmbH, München

⁹ OCO Präparate GmbH, Dirmstein/Pfalz

¹⁰ Riemser Pharma GmbH, Greifswald

¹¹ 3M Deutschland GmbH, Neuss

3.4 Statistische Analyse

3.4.1 Kaplan-Meier-Methode

Die statistische Analyse erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Institut für Biostatistik und Informatik in Medizin und Altersforschung (IBIMA) an der Universitätsmedizin Rostock. Zur Analyse der Daten wurde das Programm SPSS Statistics 20^{®12} eingesetzt. Es ermöglicht das Erstellen statistischer Analysen und deren grafische Darstellung.

Zur Analyse der Überlebensdauer der wurzelkanalbehandelten Zähne wurde der Kaplan-Meier-Test angewendet. Dr. Meier und Edward L. Kaplan formulierten im Juli 1958 eine mathematische Formel, die das Schätzen von Überlebensraten ermöglicht (81). Sie gestattet in unserem Fall eine Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit wurzelkanalbehandelter Zähne bis zum Ende der Beobachtungszeit. Tritt für einen Zahn im Beobachtungszeitraum das Ende der Überlebenszeit ein, wie beispielsweise die Zahnextraktion, so wird für die restlichen wurzelkanalbehandelten Zähne die Überlebenswahrscheinlichkeit neu berechnet (82).

Anhand der Kaplan-Meier-Methode ist eine Berechnung der Überlebenszeit eines wurzelkanalbehandelten Zahnes von der Wurzelkanalfüllung bis zum Auftreten eines Misserfolges (Endzeitpunkt) möglich. Tritt bei einem Zahn das Endereignis in Form einer Zahnentfernung, Wurzelspitzenresektion oder Revision innerhalb des Beobachtungszeitraums ein, so wird von der „echten Überlebenszeit“ gesprochen. Zähne, bei denen ein Endereignis zum Studienende am 31. Dezember 2011 nicht festzustellen war, beziehungsweise die Beobachtung des Patienten nicht fortgesetzt werden konnte (= „lost to follow up“), werden als zensiert bezeichnet (83).

Die grafische Darstellung erfolgt als Überlebenskurve. Es wird von der kumulierten Überlebensrate gesprochen, die auf der Ordinate (y-Achse) dargestellt wird. Auf der Abszisse (x-Achse) wird die Überlebenszeit in Abständen von zwölf Monaten ausgewiesen.

3.4.2 Verifizierung durch Log-Rank-Test

Zur Verifizierung der statistischen Relevanz der einzelnen untersuchten Parameter wurde in der vorliegenden Studie der Log-Rank-Test durchgeführt. Es handelt sich um einen nicht-parametrischen Test, der den Vergleich von zwei oder mehreren Kaplan-Meier-Kurven ermöglicht. Es wird überprüft, ob die Unterschiede zwischen zwei Kurven zufallsbedingt oder verallgemeinerbar sind. Zur Ermittlung der Signifikanz wurde das Signifikanzniveau α auf

¹² IBM Deutschland GmbH, Ehningen

5 % festgelegt, welches einem p-Wert¹³ von 0,05 entspricht. Ein p-Wert kleiner dem festgelegten Signifikanzniveau ($p < 0,05$) ist statistisch signifikant, ein p-Wert größer dem festgelegten Signifikanzniveau ($p > 0,05$) ist statistisch nicht signifikant (84).

¹³ p-Wert = Signifikanzwert

3.5 Analyse nicht erfolgreicher Wurzelkanalbehandlungen

Bei allen endodontischen Misserfolgen haben wir zusätzlich Einblick in die Krankenakten der Patienten genommen und die vorhandenen Röntgenunterlagen zum Zeitpunkt der Wurzelkanalfüllung analysiert. Ziel dabei war es, die Ursachen der Misserfolge nachvollziehen zu können.

Für die Zahnmedizin der Universitätsmedizin Rostock werden die Röntgenbilder ausschließlich von medizinisch-technischen Radiologieassistenten (MTRA) in einer im Gebäude der Zahnklinik eingerichteten Außenstelle des Instituts für Diagnostische und Interventionelle Radiologie angefertigt. Für den Zeitraum von 2005 bis 2011 wurden bis einschließlich 2006 analoge und ab 2007 digitale Aufnahmen angefertigt.

Die analogen Zahnfilme wurden mit einem Photo Smart S20 Scanner^{®14} digitalisiert. Über die entsprechende Scanner-Software konnten an den Bildern Kontraständerungen vorgenommen werden, sodass eine genaue Bewertung der Wurzelkanalfüllung und der periapikalen Strukturen möglich wurde.

Die digitalen Zahnfilme wurden im Verfahren der indirekten Radiographie mit dem intraoralen Röntgengerät PLANMECA intra^{®15} angefertigt, die Speicherfolien über den Vista Scanner^{®16} von Dürr Dental eingelesen und im Radiologie-Bildarchiv im DICOM-Format gespeichert. Sie können dann von allen Bildschirmarbeitsplätzen des Klinikums abgerufen werden. Für die vorliegende Studie haben wir die Röntgenbilder in der Außenstelle der Radiologie an einem Neovo 19“ X-1917^{®17} Befundungs-Monitor über die Spezial-Software DBSWIN 5.7.1^{®18} betrachtet. Der „Lichttisch“ des Programms ermöglicht Einstellungen des Kontrastes und die Anwendung bestimmter Filter zur exakten endodontischen Diagnostik.

Anhand der Röntgenbilder konnten die Länge der Wurzelkanalfüllung und ihre Homogenität, sowie die periapikale Situation des wurzelkanalbehandelten Zahnes analysiert werden.

Zur Objektivierung der ermittelten Befunde wurden die Röntgenbilder von einem weiteren Untersucher beurteilt. Es schloss sich eine Diskussion an, in deren Ergebnis ein Konsens in der Diagnostik zu finden war. Bei schwierigen Beurteilungen und Unstimmigkeiten zwischen den Betrachtern wurde zusätzlich der Oberarzt der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie hinzugezogen.

¹⁴ HP Deutschland GmbH, Böblingen

¹⁵ PLANMECA Vertriebs GmbH, Essen

¹⁶ Dürr Dental AG, Bietigheim-Bissingen

¹⁷ AG Neovo Technology B.V., Mechernich

¹⁸ Dürr Dental AG, Bietigheim-Bissingen

Die Länge der Wurzelkanalfüllung wurde differenziert in „korrekte Wurzelkanalfüllung“ (Abstand der Wurzelkanalfüllung vom radiologischen Apex von 0-2 mm), in „unterfüllt“ (Abstand vom radiologischen Apex größer als 2 mm) und in „überfüllt“ (Wurzelkanalfüllung über den radiologischen Apex hinausreichend). Die Homogenität der Wurzelkanalfüllung wurde unterschieden in „homogen“ und „inhomogen“.

Der Periapical Probability Index (PRI) (12) wurde zur röntgenologischen Erfolgsbeurteilung verwendet.

4. Eigene Untersuchungen - Ergebnisse

4.1 Deskriptive Statistik

Im Zeitraum vom 01. Januar 2005 bis 31. Dezember 2011 wurden an der Universitätsmedizin Rostock an 4570 Zähnen Wurzelkanalbehandlungen durchgeführt. Bei 449 dieser Zähne waren weder Behandlungsbeginn noch -ende ersichtlich. Dokumentiert war lediglich eine Wurzelkanalaufbereitung. Dies führte zum Ausschluss der Daten, da allein der Vermerk auf eine Aufbereitung der Kanäle keine Rückschlüsse auf den Erfolg einer Wurzelkanalfüllung ermöglicht. Von den verbliebenen 4121 Zähnen war bei 489 Behandlungen der Behandlungsbeginn nicht zu ermitteln und bei 1401 keine abgeschlossene Wurzelkanalbehandlung dokumentiert. Diese Zähne wurden ebenfalls aus der Bewertung ausgeschlossen.

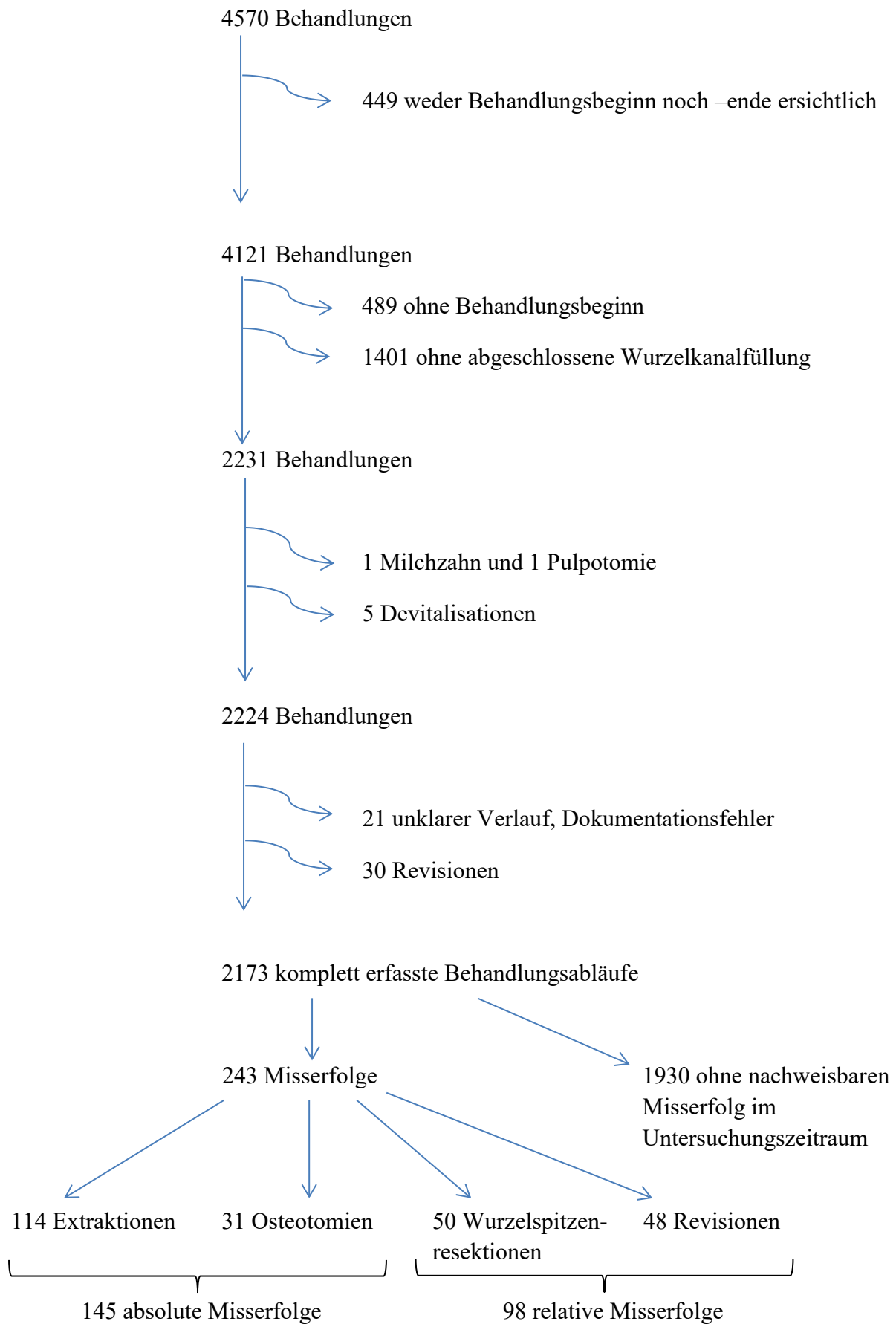
Von den verbliebenen 2231 Zähnen wurden ein Milchzahn und eine Pulpotomie ausgeschlossen, denn durch den natürlichen Verlust dieser Zähne wäre es zu einer Verfälschung der Ergebnisse gekommen; die Milchzahnendodontie stellt einen separaten Behandlungsbereich dar. Weitere fünf Behandlungen mit einer Devitalisation wurden ausgeschlossen, da aufgrund der geringen Anzahl keine statistische Auswertbarkeit gegeben war.

Von den verbliebenen 2224 Zähnen wurden 21 Fälle aufgrund eines unklaren Behandlungsverlaufs und unvollständiger oder fehlerhafter Dokumentation entfernt.

Weitere 30 Behandlungen wurden ausgeschlossen, da es sich um Revisionen handelte, deren primäre Behandlung vor dem Beginn des Untersuchungszeitraumes lag.

Zur Datenauswertung konnten somit 2173 primär endodontisch behandelte Zähne mit einem komplett dokumentierten Behandlungsverlauf herangezogen werden. Es handelt sich dabei um 47,55 % der zuvor selektierten Wurzelkanalbehandlungen. Von diesen wurden 145 Zähne entfernt, 50 wurzelreseziert und 48 revidiert, also insgesamt 243 Fälle als Misserfolge gewertet. Eine Übersicht zeigt Tabelle 7.

Tabelle 7: Filterung aller Wurzelkanalbehandlungen nach diversen Ausschlusskriterien



Die Verteilung der vollständig dokumentierten endodontischen Behandlungen auf die einzelnen Jahre des Untersuchungszeitraumes ist der Tabelle 8 zu entnehmen.

Tabelle 8: Anzahl der vollständig dokumentierten Wurzelkanalbehandlungen pro Jahr

Jahr	Anzahl der wurzelkanal-behandelten Zähne	Anzahl der wurzelkanal-behandelten Zähne (%)
2005	302	13,9
2006	298	13,7
2007	274	12,6
2008	266	12,2
2009	305	14,0
2010	402	18,6
2011	326	15,0
Gesamt	2173	100,0

Bei 76,4 % der Patienten wurde im Untersuchungszeitraum lediglich ein Zahn, bei 17,6 % der Patienten wurden zwei Zähne, bei 4,1 % der Patienten drei Zähne, bei 1,4 % der Patienten vier Zähne, bei 0,4 % der Patienten fünf Zähne und bei 0,1 % der Patienten sechs Zähne wurzelkanalbehandelt.

Von den behandelten Zähnen wurden 53,6 % der Behandlungen bei männlichen und 46,4 % Behandlungen bei weiblichen Patienten durchgeführt.

Die behandelten Patienten waren zwischen neun und 92 Jahre alt. Das durchschnittliche Alter betrug 48,93 Jahre. Entsprechend dem durchschnittlichen Patientenalter erfolgte eine weitere Unterteilung in Personen < 49 Jahre, die im Folgenden, als die „jüngeren Patienten“ und Personen \geq 49 Jahre, die als „ältere Patienten“ bezeichnet werden.

Zur weiteren Analyse wurden die Patienten in vier Altersgruppen eingeteilt: Patienten jungen (0-30 Jahre) und mittleren Alters (31-50 Jahre), ältere (51-70 Jahre) und alte Patienten (> 70 Jahre). In Abbildung 3 ist deutlich zu erkennen, dass die Anzahl an Wurzelkanalbehandlungen mit steigendem Alter zunimmt, aber bei Patienten über 70 Jahren nur noch selten durchgeführt wird.

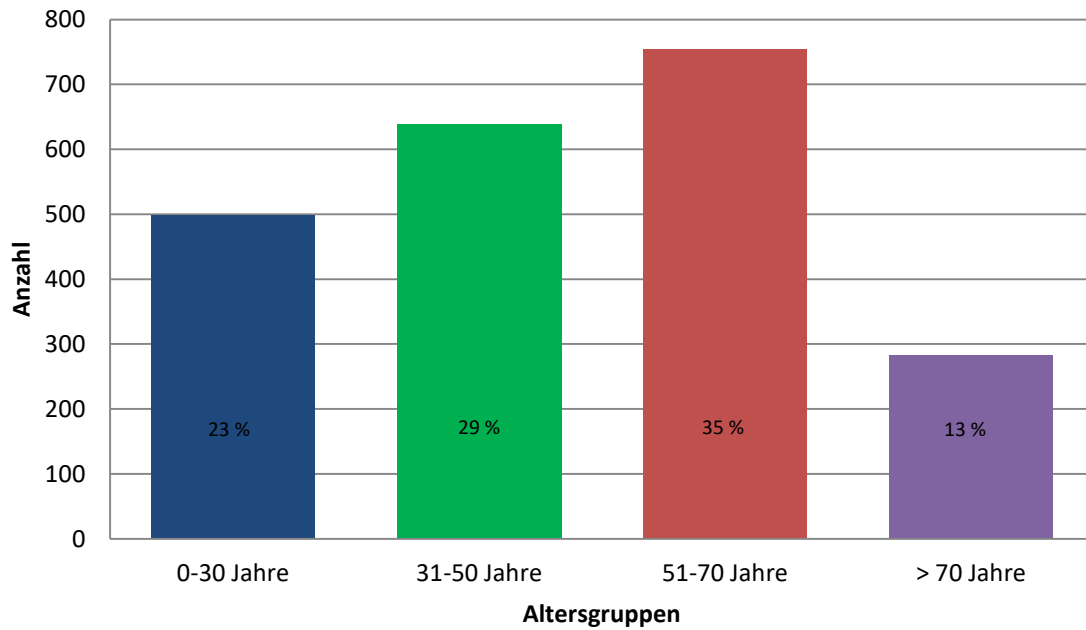


Abbildung 3: Verteilung der Wurzelkanalbehandlungen auf junge, jüngere, ältere und alte Patienten

Eine noch genauere Einteilung in Altersdekaden zeigt, dass Wurzelkanalbehandlungen im Alter von 21-30 Jahren, 41-50 Jahren und von 61-70 Jahren am häufigsten erfolgten (Abbildung 4).

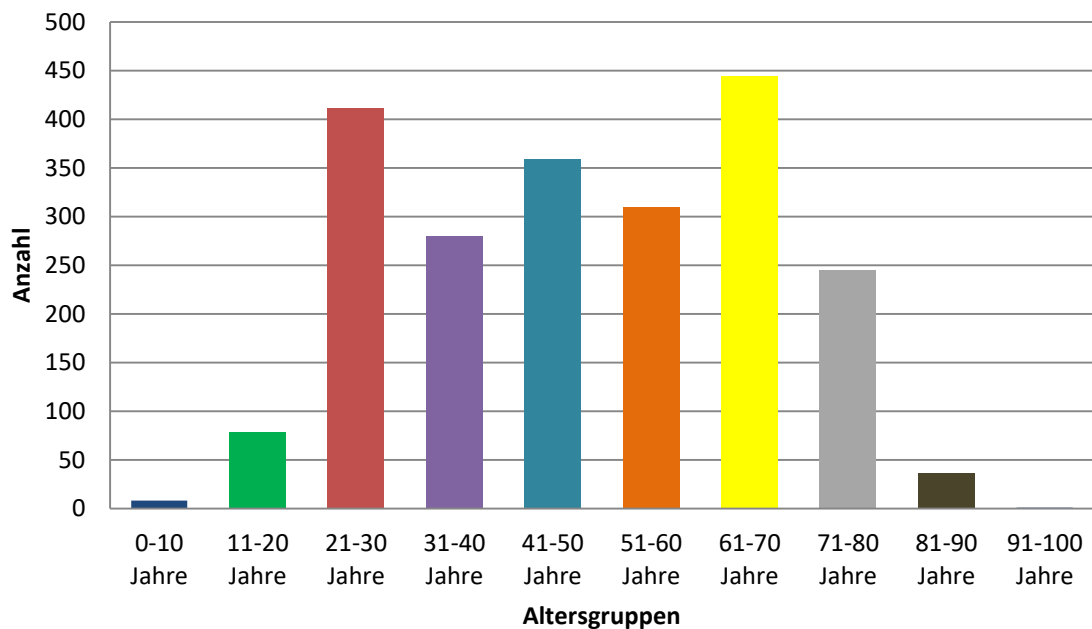


Abbildung 4: Verteilung der Wurzelkanalbehandlungen auf Altersdekaden

Die Verteilung der Häufigkeit von Wurzelkanalbehandlungen auf die verschiedenen Zähne ist in Abbildung 5 dargestellt. Die meisten Wurzelkanalbehandlungen erfolgten an ersten Molaren, die Wenigsten wurden an Weisheitszähnen und Frontzähnen im Unterkiefer vorgenommen.

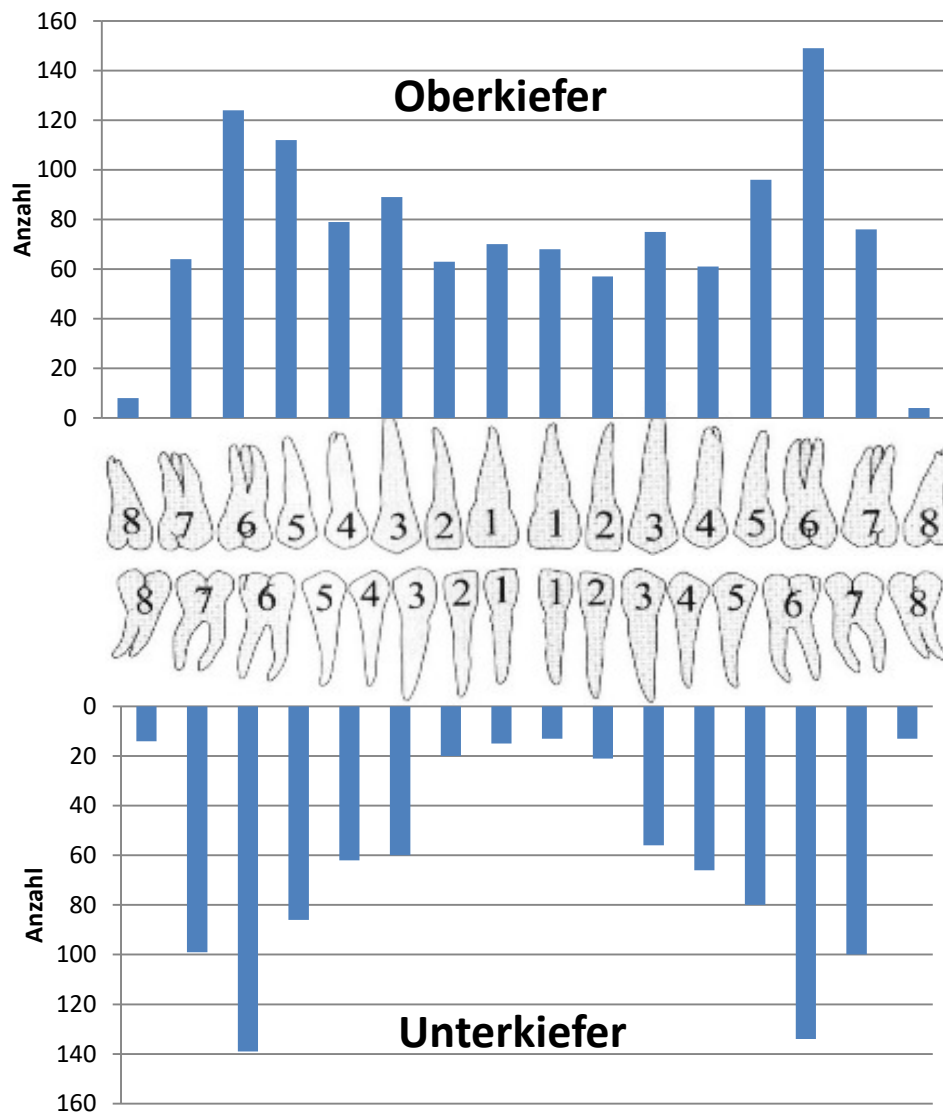


Abbildung 5: Anzahl der wurzelkanalbehandelten Zähne

Unterteilt man die Seitenzähne weiter in Prämolaren, Molaren und Weisheitszähne, waren Molaren die am häufigsten wurzelkanalbehandelten Zähne, gefolgt von Prämolaren, Frontzähnen und Weisheitszähnen (siehe Abbildung 6).

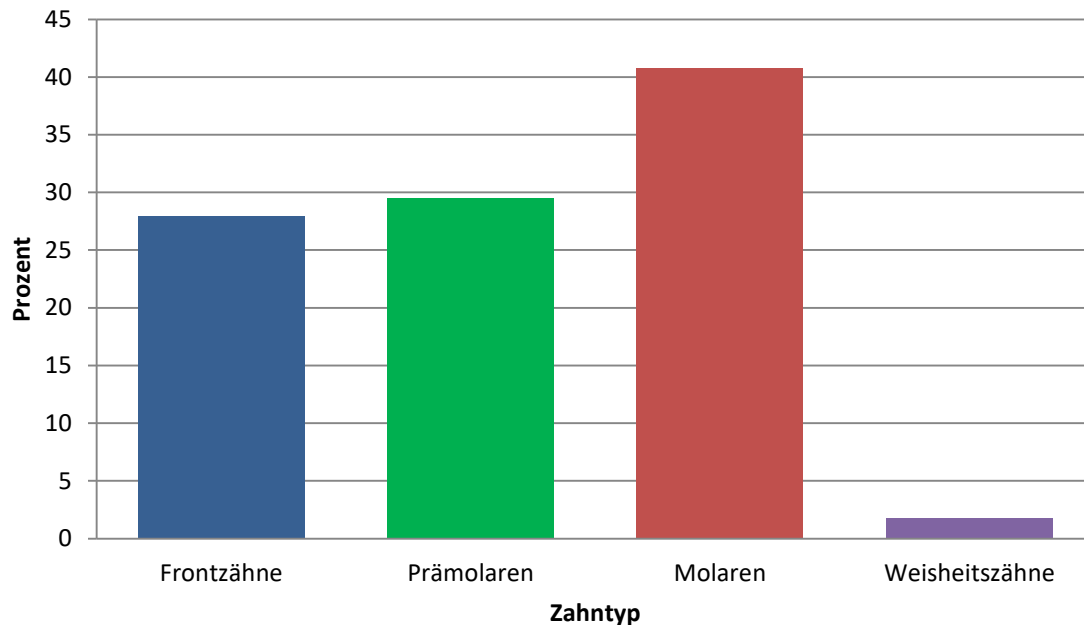


Abbildung 6: Verteilung der Wurzelkanalbehandlungen auf die Zahntypen

Die Behandlungen erfolgten zu 55 % an Oberkiefer- und zu 45 % an Unterkieferzähnen.

Von 2173 behandelten Zähnen wurden an 1035 Zähnen ein Wurzelkanal, an 303 Zähnen zwei Wurzelkanäle, an 757 Zähnen drei Wurzelkanäle und an 78 Zähnen vier Wurzelkanäle versorgt.

Die Anzahl der behandelten Wurzelkanäle pro Zahntyp ist in Abbildung 7 dargestellt. Fast alle Frontzähne wiesen nur einen gefüllten Wurzelkanal auf. Bei Prämolaren wurden entweder ein oder zwei Wurzelkanäle therapiert, bei Molaren am häufigsten drei Wurzelkanäle. Bei Weisheitszähnen sind in der Regel zwei oder drei Kanäle versorgt worden.

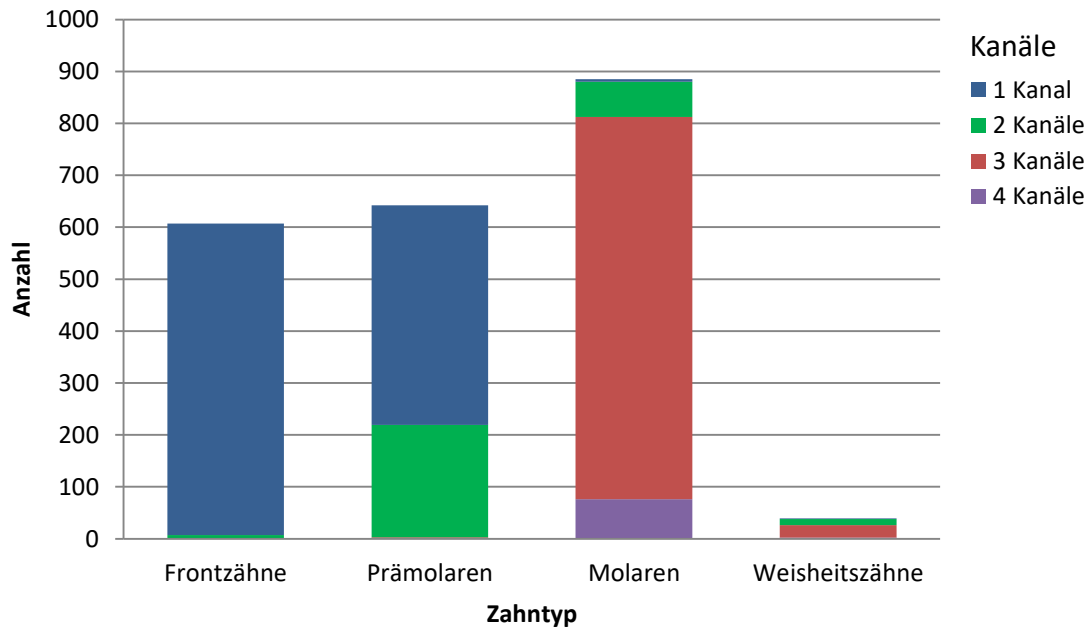


Abbildung 7: Anzahl der behandelten Wurzelkanäle je Zahn

Ist der Kältetest eines Zahnes positiv, so erfolgt bei entsprechender Indikation die Exstirpation der vitalen Pulpa, die in der vorliegenden Studie in 35,8 % der Fälle abgerechnet wurde. In 64,2 % der behandelten Zähne wurde eine Trepanation abgerechnet, die eine fehlende Zahnsensibilität voraussetzt und ein therapeutisches Vorgehen zur Behandlung des infizierten Wurzelkanals erfordert.

Es wurde die Anzahl der benötigten Sitzungen für eine Wurzelkanalbehandlung pro Zahn erfasst. Als Minimum wurden eine und als Maximum 20 Sitzungen benötigt. Die durchschnittliche Anzahl lag zwischen drei und vier Terminen.

Wie der Tabelle 9 zu entnehmen ist, erfolgte die Behandlung von Frontzähnen und Prämolaren in den meisten Fällen in drei Sitzungen. Für Molaren wurden hingegen überwiegend vier Sitzungen benötigt. Einzeitige Behandlungen fanden mit 5,3 % am häufigsten an Frontzähnen statt.

Tabelle 9: Anzahl der benötigten Sitzungen für eine Wurzelkanalbehandlung für die verschiedenen Zahntypen

Anzahl der Sitzungen	Zahntyp				alle Zahntypen
	Frontzähne	Prämolaren	Molaren	Weisheitszähne	
1	5,3 %	1,7 %	1,4 %	0,0 %	2,5 %
2	27,5 %	22,9 %	9,6 %	5,1 %	18,5 %
3	33,8 %	33,3 %	29,9 %	41,0 %	32,2 %
4	22,7 %	27,6 %	37,5 %	33,3 %	30,4 %
>=5	10,7 %	14,5 %	21,6 %	20,6 %	16,4 %
Gesamt	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %

Die Behandlungen wurden zu 72,7 % von Zahnärzten und zu 18,4 % von Studenten der Universitätsmedizin Rostock unter Aufsicht vorgenommen. Zu 8,9 % wurde die Therapie gemeinsam von einem Zahnarzt und Studenten durchgeführt.

Die behandelten Zahntypen verteilten sich annähernd gleichmäßig auf die verschiedenen Behandlergruppen, wie in Abbildung 8 dargestellt.

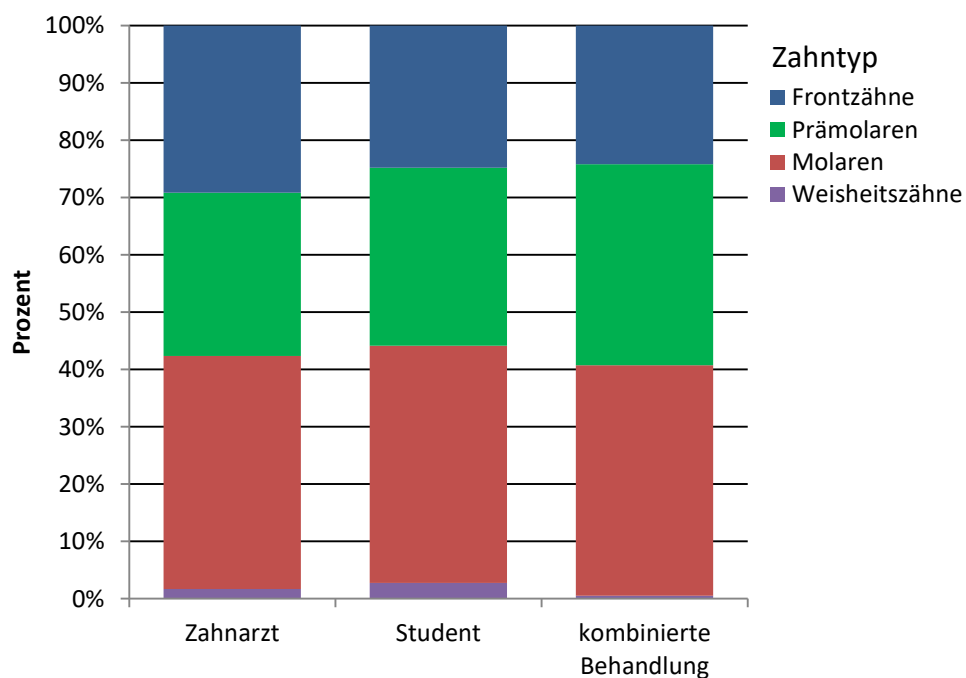


Abbildung 8: Verteilung der von Behandlern mit verschiedenem Ausbildungsstand behandelten Zähne

4.2 Erfolgsbewertung der endodontischen Behandlungen

Von den 2173 in dieser Untersuchung ausgewerteten endodontischen Behandlungen sind im Beobachtungszeitraum von sieben Jahren 1930 Zähne (88,8 % aller Behandlungen) nicht erneut vorgestellt worden (Abb. 8). Diese Fälle wurden zensiert, das heißt, die Behandlung war erfolgreich, sodass kein erneuter Eingriff notwendig war, bzw. die Beobachtungszeit des Patienten endete.

Insgesamt traten 243 endodontische Misserfolge auf (11,2 % der behandelten Zähne), die in 59,7 % mit einer Zahnentfernung, in 20,6 % mit einer Wurzelspitzenresektion und in 19,8 % mit einer Revision therapiert wurden.

In Abbildung 9 ist die Verteilung der bei endodontischen Misserfolgen notwendigen Folgebehandlungen zur Gesamtzahl der Wurzelkanalbehandlungen dargestellt.

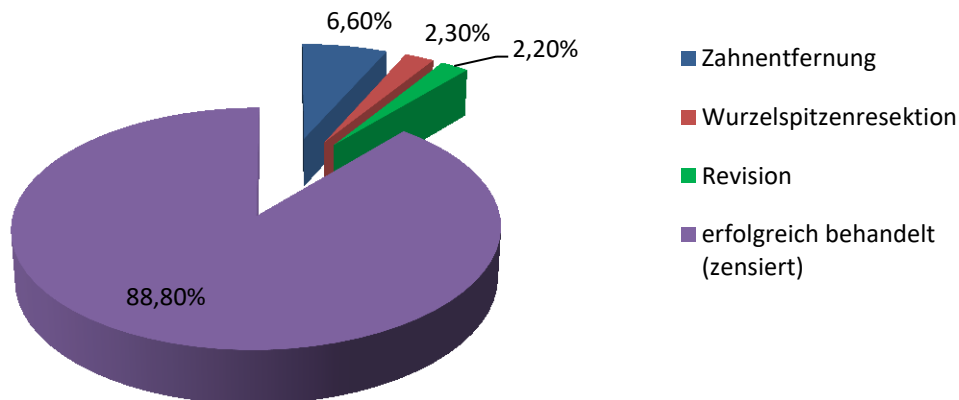


Abbildung 9: Erfolgsbewertung der endodontischen Behandlungen im Beobachtungszeitraum von sieben Jahren

Die Verteilung der Misserfolge auf die einzelnen Zähne und die Art des Wiederholungseingriffs zeigt die Abbildung 10.

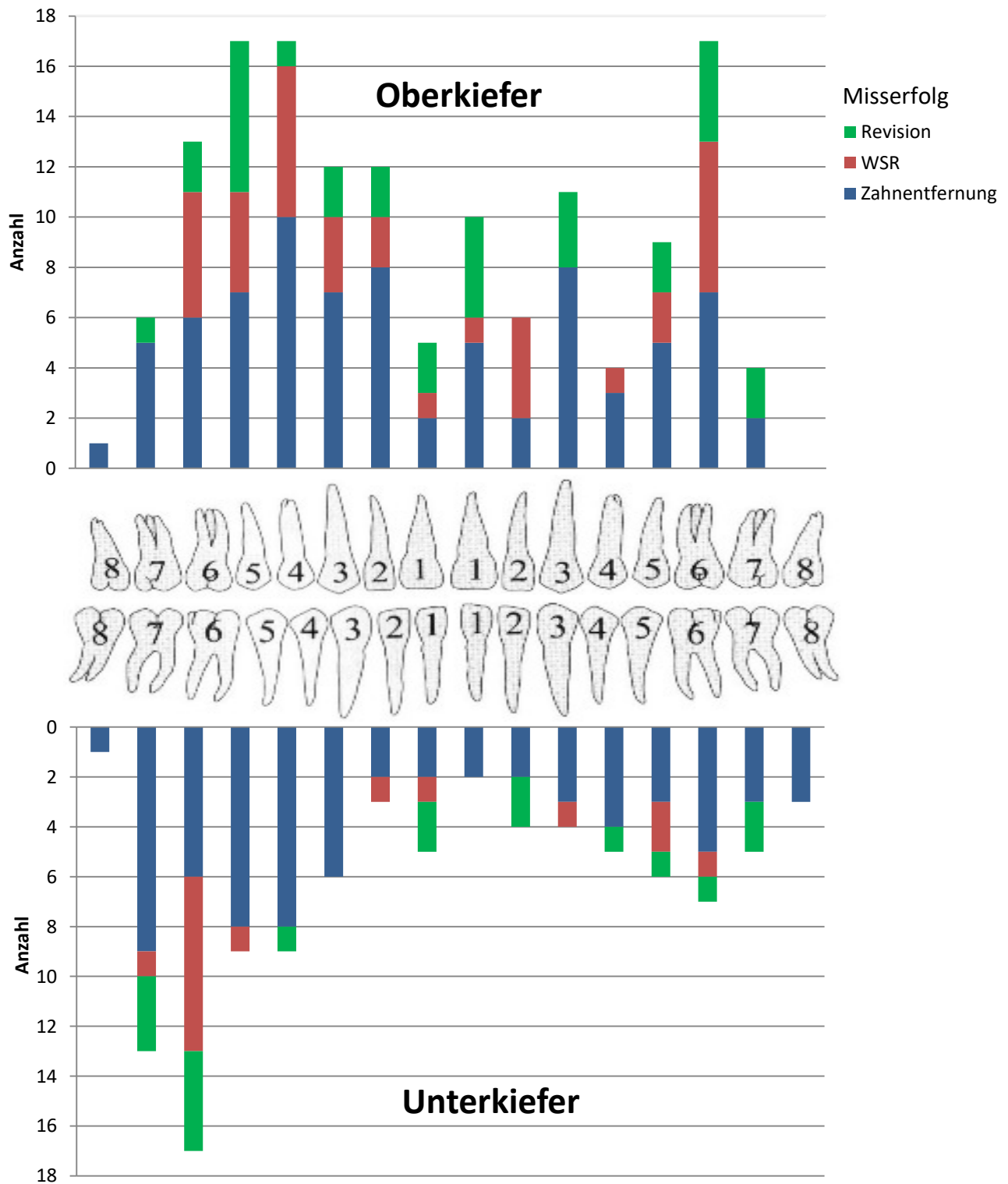


Abbildung 10: Nach endodontischem Misserfolg durchgeführte Sekundärtherapie (n=243)

Im Folgenden wird der Behandlungserfolg als Überlebensfunktion der endodontisch behandelten Zähne innerhalb des Beobachtungszeitraumes von sieben Jahren mittels Kaplan-Meier-Kurven dargestellt.

Ein Erfolg der endodontischen Primär-Therapie ist nach einem Jahr für 92 %, nach zwei Jahren für 87 %, nach drei Jahren für 82 %, nach vier Jahren für 78 %, nach fünf Jahren für 72 % und nach sechs Jahren für 63 % aller untersuchten Fälle zu verzeichnen (siehe Abbildung 11).

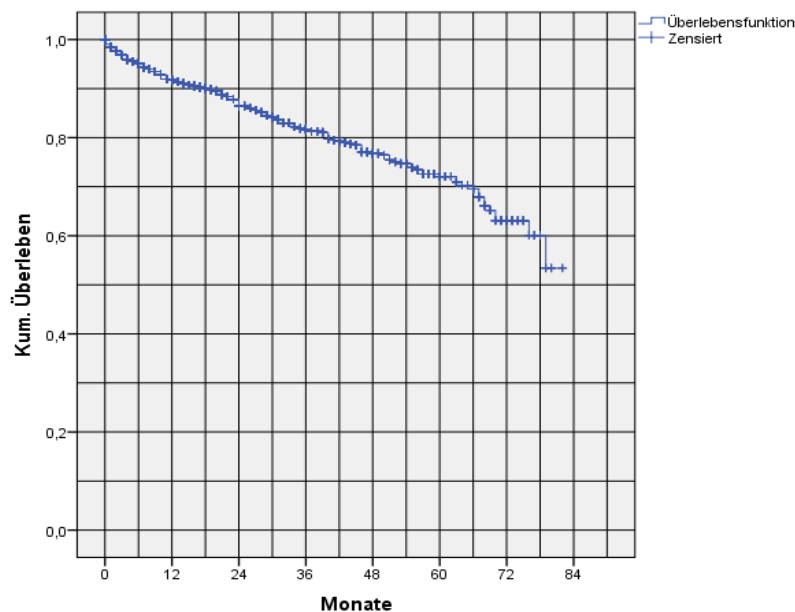


Abbildung 11: Überlebensfunktion endodontisch behandelter Zähne unter Berücksichtigung aller Misserfolgskorrekturen (X, OST, WSR und R)

Dieses Ergebnis kann nach Art des eingetretenen Misserfolgs (absolut/relativ) näher analysiert werden. Die Zahl der erfolgreichen endodontischen Behandlungen in der vorliegenden Untersuchung reduzierte sich durch Zahnentfernungen (absoluter Misserfolg, Abbildung 12) nach einem Jahr um 5 %, nach zwei Jahren um 8 %, nach drei Jahren um 11 %, nach vier Jahren um 13 %, nach fünf Jahren um 19 % und nach sechs Jahren um 22 %.

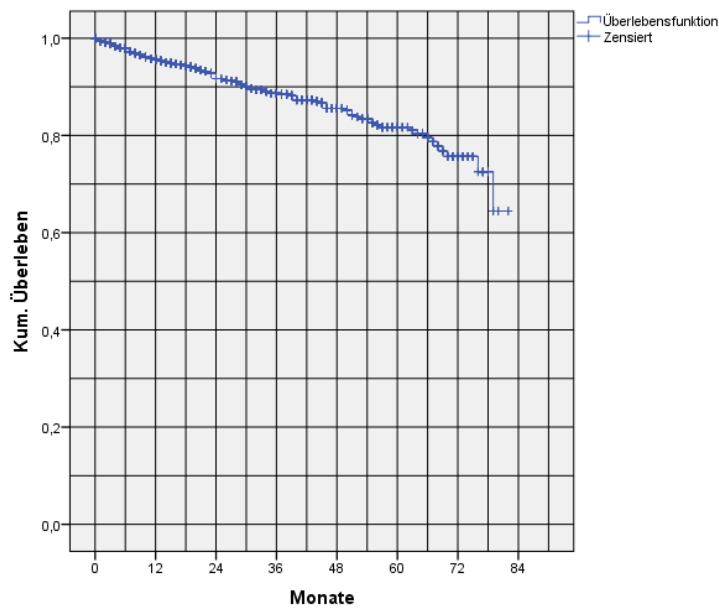


Abbildung 12: Überlebensfunktion endodontisch behandelter Zähne unter Berücksichtigung von misserfolgsbedingten Zahnentfernungen

Demgegenüber ermöglichen die Revision und die Wurzelspitzenresektion durch die Sekundärbehandlung den weiterführenden Zahnerhalt. Sie wurden als relative Misserfolge kategorisiert und traten nach einem Jahr in 4 % der Fälle auf. Nach zwei Jahren stieg ihr Anteil auf 6 %, nach 3 Jahren auf 8 %, nach vier Jahren auf 10 % und nach fünf Jahren auf 11 %. Zum Abschluss des Beobachtungszeitraumes lag die Rate der relativen Misserfolge bei 16 % aller endodontischen Behandlungen (siehe Abbildung 13).

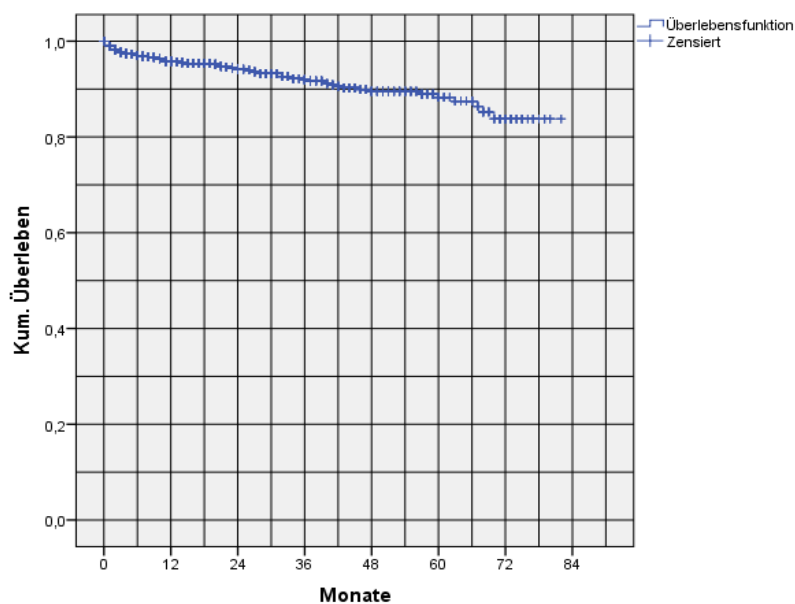


Abbildung 13: Überlebensfunktion endodontisch behandelter Zähne unter Berücksichtigung der relativen Misserfolgskorrektur

Die zahnerhaltende Sekundärtherapie der relativen Misserfolge wurde im Untersuchungszeitraum weiter verfolgt. So traten bei den 98 Revisionen und Wurzelspitzenresektionen in 19 Fällen erneut Misserfolge auf, die in 13 Fällen zur Zahnentfernung, in 4 Fällen zur erstmaligen und in 2 Fällen zur erneuten Wurzelspitzenresektion führten (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10: Sekundärbehandlung nach relativem endodontischen Misserfolg

relative Misserfolgskorrektur nach endodontischer Primärbehandlung	2. Folgebehandlung		Gesamtsumme
	Zahnentfernung	Wurzelspitzen- resektion	
Wurzelspitzenresektion	3	2	5
Revision	10	4	14
Gesamtsumme	13	6	19

Insgesamt erhöht sich somit die Anzahl der absoluten Misserfolge (vgl. Tabelle 7, S. 39) auf 158 (145+13). Da nach der Beseitigung der relativen Misserfolge weitere Eingriffe nicht erforderlich waren, verringert sich der Erfolg der endodontischen Therapie unter Berücksichtigung postendodontischer Sekundäreingriffe auf 7,27 % aller Behandlungen.

Eingriffe nach Eintritt eines Misserfolges waren am häufigsten in den ersten 12 Monaten nach der Wurzelkanalfüllung notwendig. Besonders auffällig war die Wurzelspitzenresektion mit einer Häufigkeit von 76 % innerhalb des ersten Jahres (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11: Zeitpunkt der durchgeführten Misserfolgskorrekturen

Gewählte Misserfolgskorrektur		Zeitpunkt der Sekundärtherapie (in Jahren)							Gesamt- summe
		0	1	2	3	4	5	6	
Zahnentfernung	Anzahl	61	27	26	12	10	7	2	145
	%	42,1%	18,6%	17,9%	8,3%	6,9%	4,8%	1,4%	100,0%
Wurzelspitzen- resektion	Anzahl	38	4	5	1	2	0	0	50
	%	76,0%	8,0%	10,0%	2,0%	4,0%	0,0%	0,0%	100,0%
Revision	Anzahl	23	6	7	7	0	5	0	48
	%	47,9%	12,5%	14,6%	14,6%	0,0%	10,4%	0,0%	100,0%
Gesamtsumme	Anzahl	122	37	38	20	12	12	2	243
	%	94,4%	1,7%	1,7%	0,9%	0,6%	0,6%	0,1%	100,0%

4.3 Analyse der Misserfolge

In vielen Studien (26, 30, 35, 38, 46, 76, 77) konnte ein Einfluss der Qualität der Wurzelkanalfüllung auf den Erfolg nachgewiesen werden. Die Autoren ermittelten Misserfolgsquoten zwischen 23 % (15) und 63 % (21).

Um diese Ergebnisse mit denen der vorliegenden Studie vergleichen zu können, wurden die Misserfolgswfälle röntgenologisch nachuntersucht. Von 243 Misserfolgen konnten für 201 Zähne (87 %) die direkt nach der Applikation der Wurzelfüllung angefertigten Röntgenbilder von zwei Untersuchern ausgewertet werden. Von den anderen Zähnen lagen keine Röntgenaufnahmen vor, bzw. waren einige analoge Röntgenbilder nicht auffindbar.

Bei 41 % der nachuntersuchten Misserfolgswfälle konnte eine regelrechte, bei 36 % eine zu kurze und bei 23 % eine zu lange Wurzelkanalfüllung festgestellt werden.

Eine Auswertung der Homogenität zeigte, dass 74,13 % dieser Wurzelkanalfüllungen homogen und 25,87 % inhomogen waren.

Von den extrahierten Zähnen hatten 43 % eine regelrechte, 34 % eine zu kurze und 23 % eine zu lange Wurzelkanalfüllung.

Eine Wurzelspitzenresektion wurde jeweils zu 40 % an regelrechten und zu kurzen und zu 20 % an zu langen Wurzelkanalfüllungen vorgenommen.

Eine Revision erfolgte zu je 37,5 % an regelrechten und zu kurzen Wurzelkanalfüllungen und zu 25 % an zu langen Wurzelkanalfüllungen.

Die Röntgenbilder der Misserfolge zeigten, dass 33,8 % dieser Zähne, wie laut Richtlinien gefordert, eine homogene Wurzelkanalfüllung mit korrekter Länge aufwiesen (Tabelle 12).

Tabelle 12: Misserfolgstherapie in Abhängigkeit von der Qualität der Wurzelkanalfüllung

Qualität der WF		Zahn- entfernung	Wurzel- spitzen- resektion	Revision	Gesamt
regelrechte Länge, homogen	Anzahl	43	14	11	68
	% des Gesamtergebnisses	21,4%	7,0%	5,5%	33,8%
regelrechte Länge, inhomogen	Anzahl	9	2	4	15
	% des Gesamtergebnisses	4,5%	1,0%	2,0%	7,5%
zu kurz, homogen	Anzahl	27	11	7	45
	% des Gesamtergebnisses	13,4%	5,5%	3,5%	22,4%
zu kurz, inhomogen	Anzahl	15	5	8	28
	% des Gesamtergebnisses	7,5%	2,5%	4,0%	13,9%
zu lang, homogen	Anzahl	21	6	9	36
	% des Gesamtergebnisses	10,4%	3,0%	4,5%	17,9%
zu lang, inhomogen	Anzahl	6	2	1	9
	% des Gesamtergebnisses	3,0%	1,0%	0,5%	4,5%
Gesamtsumme	Anzahl	121	40	40	201
	% des Gesamtergebnisses	60,2%	19,9%	19,9%	100,0%

Von den im Beobachtungszeitraum erneut therapiebedürftigen Zähnen hatten 72 % vor Behandlungsbeginn eine periapikale Läsion (PRI vier und fünf). Lediglich bei 24 % der Zähne waren keine Veränderungen im Bereich der Wurzelspitze (PRI eins und zwei) sichtbar. Bei 4 % der Aufnahmen war eine Beurteilung der periapikalen Strukturen nicht möglich. Als Korrektur des Misserfolges wurde, wie in Tabelle 13 erkennbar, bei einem PRI von vier und fünf häufiger die Wurzelspitzenresektion oder Revision gewählt, als bei einem PRI von eins, zwei oder drei.

Tabelle 13: Therapeutisches Vorgehen nach eingetretenem Misserfolg in Abhängigkeit vom PRI nach WF

PRI		Misserfolgstherapie			
		Zahn- entfernung	WSR	Revision	Gesamt
keine/geringe apikale Veränderung	Anzahl	34	7	6	47
	% in PRI	72,3%	14,9%	12,8%	100,0%
schwer beurteilbar	Anzahl	9	1	2	12
	% in PRI	75,0%	8,3%	16,7%	100,0%
sicher apikale Veränderung	Anzahl	78	32	32	142
	% in PRI	54,9%	22,5%	22,5%	100,0%
Gesamt	Anzahl	121	40	40	201
	% in PRI	60,2%	19,9%	19,9%	100,0%

Durch die Akteneinsicht und radiologische Begutachtung der Wurzelkanalbehandlungen mit eingetretenem Misserfolg konnten in 15 Fällen (36 % aller Misserfolge) Zahnfrakturen, Perforationen, Tumoren und Traumata als Ursache identifiziert werden, die eine weitere Therapie des Zahnes erforderlich machten. Eine Auflistung dieser Fälle zeigt Tabelle 14.

Tabelle 14: Durch Akteneinsicht erkennbare Anzahl der Misserfolgsursachen und deren entsprechende Therapie

Misserfolgsursache	Anzahl der therapeutischen Maßnahmen nach Misserfolg			
	Zahn- entfernung	WSR	Revision	Gesamt
Zahnfraktur	3	0	0	3
Perforation	0	1	1	2
Tumor	4	0	0	4
Trauma	2	0	0	2
Gesamt	10	4	1	15

4.4 Erfolgsbeeinflussende Faktoren

Für die Parameter Geschlecht, Alter des Patienten, Zahntyp, Kieferlokalisation, Zahnvitalität, Anzahl der Sitzungen und Ausbildungsstand des Behandlers wurde der Einfluss auf den Behandlungserfolg geprüft. Zudem wurde ermittelt, ob die Behandler sich bei Eintritt eines Misserfolges der endodontischen Therapie eher zu einem zahnerhaltenden Vorgehen oder zur Entfernung des Zahnes entschlossen hatten. Eine tabellarische Übersicht der Ergebnisse befindet sich im Anhang (Tabelle 18).

4.4.1 Geschlecht des Patienten

Das Geschlecht beeinflusst den Erfolg nicht. Es ergeben sich mit $p = 0,944$ für die absolute und $p = 0,834$ für die relative Misserfolgskorrektur keine bedeutsamen statistischen Unterschiede nach dem Log-Rank-Test bei Wurzelkanalbehandlungen von männlichen und weiblichen Patienten. Somit treten auch für beide Misserfolgskorrekturen zusammengefasst annähernd gleich häufig Misserfolge ein (Abbildung 14 und 15).

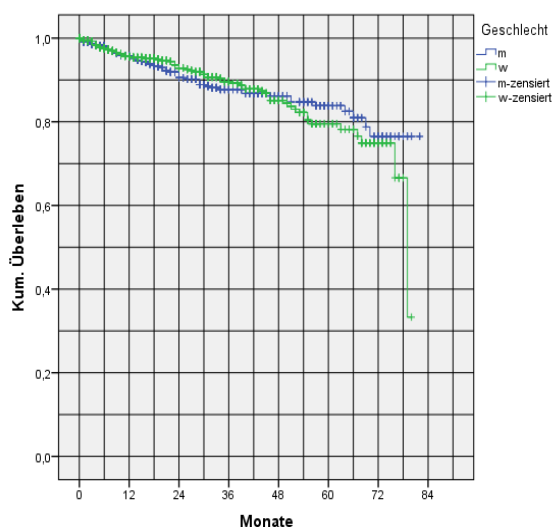


Abbildung 14: Überlebensfunktion in Abhängigkeit vom Geschlecht für die absolute Misserfolgskorrektur

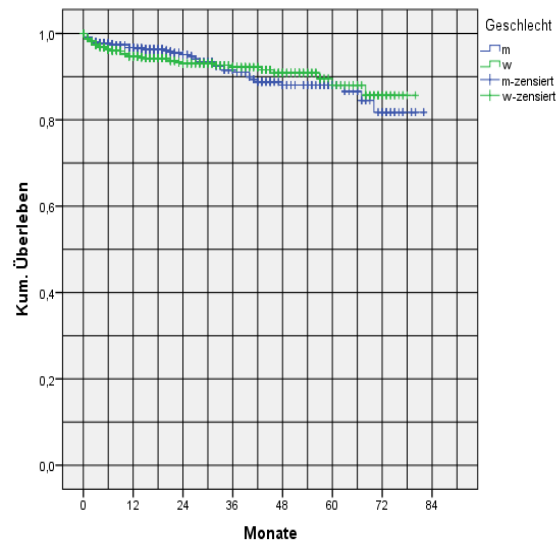


Abbildung 15: Überlebensfunktion in Abhängigkeit vom Geschlecht für die relative Misserfolgskorrektur

4.4.2 Alter des Patienten

Die Anzahl an Wurzelkanalbehandlungen nimmt mit steigendem Alter zu, bis sie ab einem Alter von 70 Jahren nur noch selten durchgeführt wird.

Wird nur der Zahnverlust (absolute Misserfolgskorrektur) betrachtet, ergibt der Log-Rank-Test eine deutlich höhere Überlebensrate der wurzelbehandelten Zähne in der Gruppe der

0-30-Jährigen zu der der 51-70-Jährigen von $p = 0,004$ und zu der der über 70 Jährigen von $p = 0,006$. Ebenso sind deutliche Unterschiede von $p = 0,022$ auch für die Gruppe der 31-50-Jährigen zu den der 51-70-Jährigen gegeben (siehe Abbildung 16).

Der Vergleich zwischen jüngeren und älteren Patienten in Bezug auf das für diese Studie ermittelte Durchschnittsalter von 48,93 Jahren zeigt dementsprechend ebenfalls ein erkennbar häufigeres Auftreten von misserfolgsbedingten Zahnentfernungen in der Gruppe der Älteren ($p = 0,004$). Ab sechs Monaten nach dem Legen der Wurzelfüllung divergieren die Kurven stetig. Nach 60 Monaten ist die stärkste Abweichung mit $p = 0,89$ für die Jüngeren und $p = 0,78$ für die Älteren gegeben. Die Kaplan-Meier-Kurven sind in Abbildung 17 dargestellt.

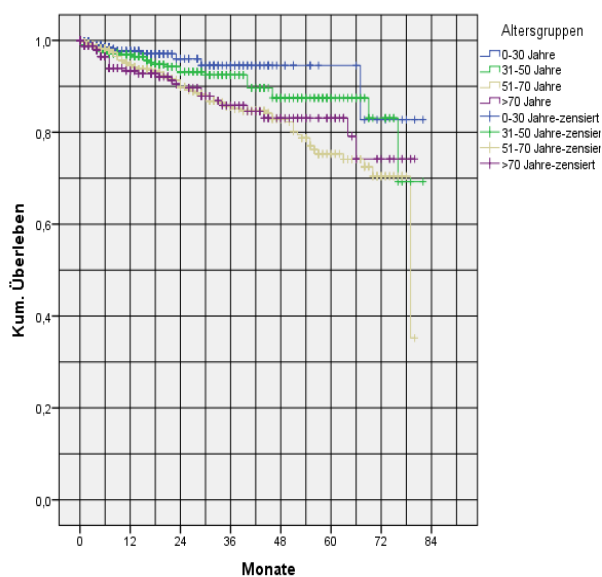


Abbildung 16: Überlebensfunktion in Abhängigkeit von Altersgruppen für die absolute Misserfolgskorrektur

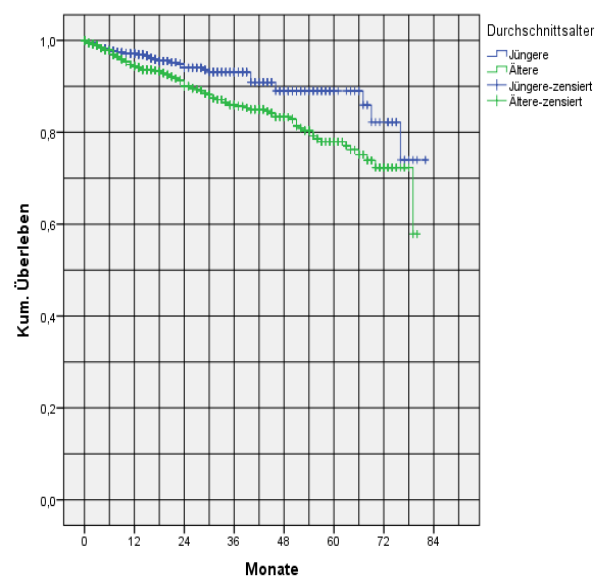


Abbildung 17: Überlebensfunktion in Abhängigkeit vom Durchschnittsalter für die absolute Misserfolgskorrektur

Wird die relative Misserfolgskorrektur untersucht, zeigen sich zwischen den Altersgruppen der jungen Patienten (0-30 Jahre), der Patienten mittleren Alters (31-50 Jahre) und der älteren Patienten (51-70 Jahre) ebenfalls statistisch bedeutsame Unterschiede im Log-Rank-Test zu der Gruppe der alten Patienten (> 70 Jahre), wie Abbildung 18 zeigt.

Die in Relation zum Durchschnittsalter vereinfachte Unterteilung in jüngere und ältere Patienten ergibt keine statistische Relevanz (siehe Abbildung 19).

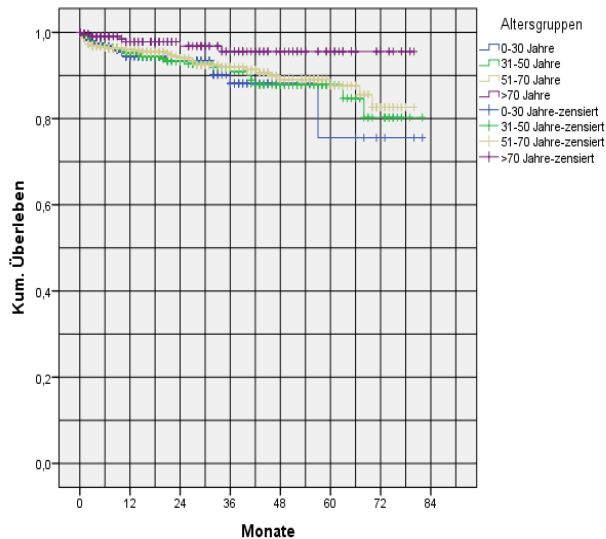


Abbildung 18: Überlebensfunktion in Abhängigkeit von Altersgruppen für die relative Misserfolgskorrektur

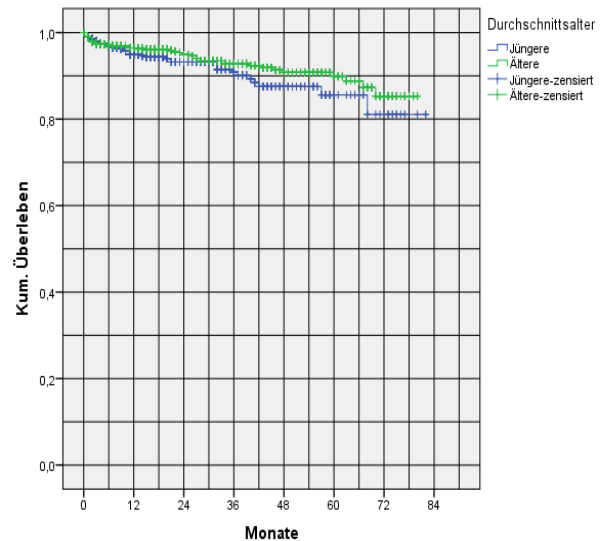


Abbildung 19: Überlebensfunktion in Abhängigkeit vom Durchschnittsalter für die relative Misserfolgskorrektur

Zusammengefasst für beide Misserfolgskorrekturen, hebt sich die statische Relevanz für die Altersgruppen und das Durchschnittsalter dadurch auf, dass im jüngeren Alter endodontische Misserfolge durch zahnerhaltende Maßnahmen therapiert werden, während bei älteren Patienten häufiger die Zahnentfernung durchgeführt wird (siehe Abbildung 20).

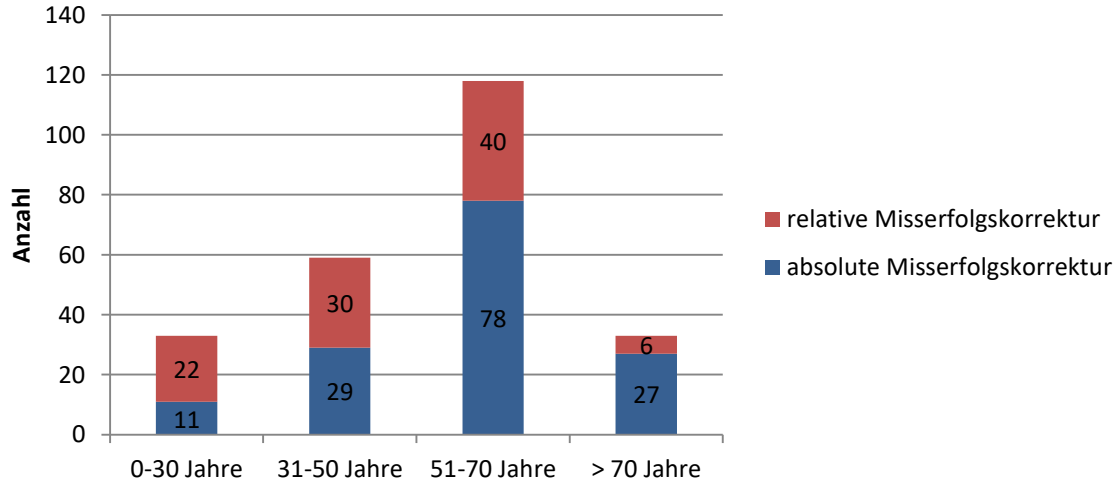


Abbildung 20: Verteilung der gewählten Misserfolgstherapie auf junge, jüngere, ältere und alte Patienten

4.4.3 Zahntyp

Sowohl für die absoluten als auch für die relativen Misserfolgskorrekturen ist kein Einfluss des Zahntyps auf den Erfolg der Wurzelkanalbehandlung nachweisbar. Dies wird in den Abbildungen 21 und 22 dargestellt und gilt auch für die Zusammenfassung beider Misserfolgskorrekturen.

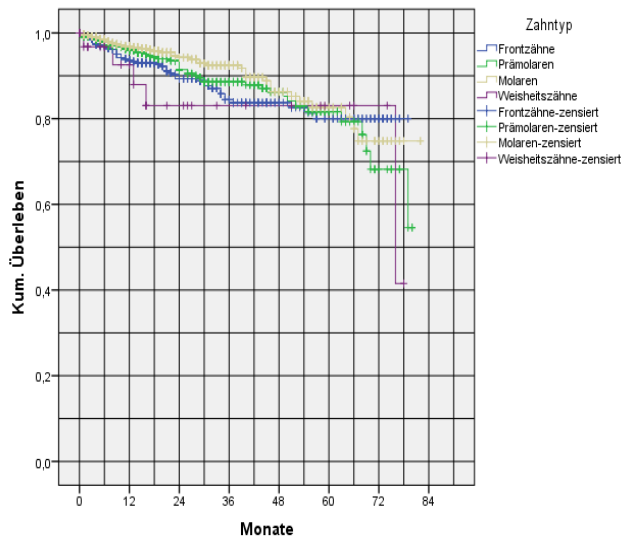


Abbildung 21: Überlebensfunktion in Abhängigkeit vom Zahntyp für die absolute Misserfolgskorrektur

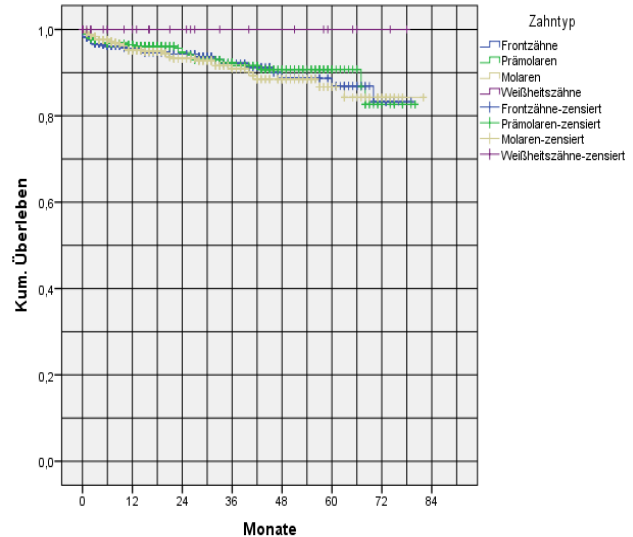


Abbildung 22: Überlebensfunktion in Abhängigkeit vom Zahntyp für die relative Misserfolgskorrektur

4.4.4 Kieferlokalisation

Aus dem Log-Rank-Test ergibt sich, wie in Abbildung 23 dargestellt, dass für eine Misserfolgskorrektur durch Zahnentfernung kein Unterschied zwischen Ober- und Unterkiefer mit $p = 0,767$ besteht.

Werden die relativen Misserfolgskorrekturen betrachtet, so offenbaren sich mit einer Signifikanz mit $p = 0,003$ im Log-Rank-Test jedoch Unterschiede zwischen den Behandlungen im Ober- und Unterkiefer. Wurzelkanalbehandelte Zähne im Unterkiefer zeigen eine deutlich geringere Misserfolgsrate als die wurzelkanalbehandelten Zähne im Oberkiefer (siehe Abbildung 24).

Dieses Ergebnis bestätigt sich auch mit $p = 0,020$ bei der zusammenfassenden Betrachtung beider Misserfolgskorrekturen.

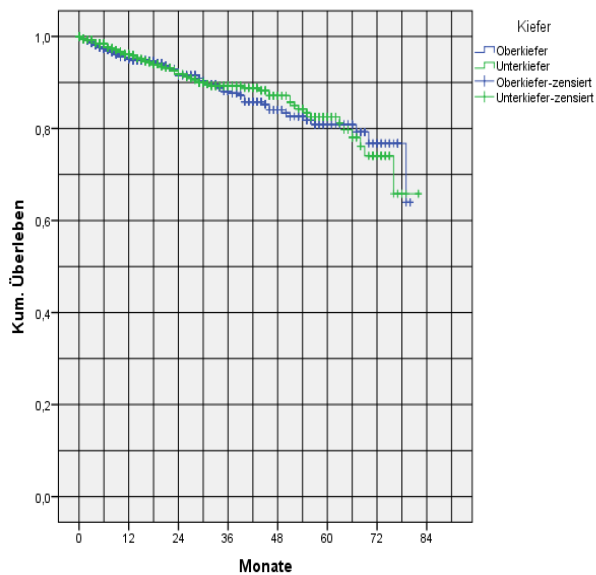


Abbildung 23: Überlebensfunktion in Abhängigkeit von der Kieferlokalisation für die absolute Misserfolgskorrektur

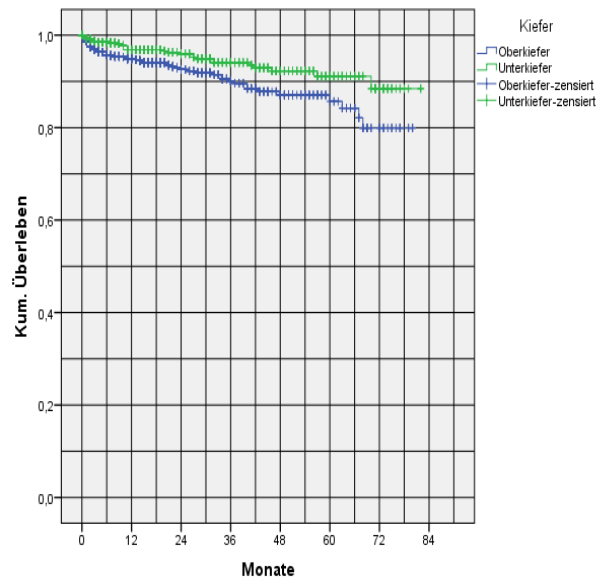


Abbildung 24: Überlebensfunktion in Abhängigkeit von der Kieferlokalisation für die relative Misserfolgskorrektur

4.4.5 Zahnvitalität

Weder für die absolute noch für die relative Misserfolgskorrektur sind mit $p = 0,777$ und $p = 0,862$ statistische Unterschiede im Behandlungserfolg von vor der Behandlung vitalen oder avitalen Zähnen erkennbar (siehe Abbildung 25 und 26). Dies gilt dementsprechend auch für die Gesamtheit aller Misserfolgskorrekturen.

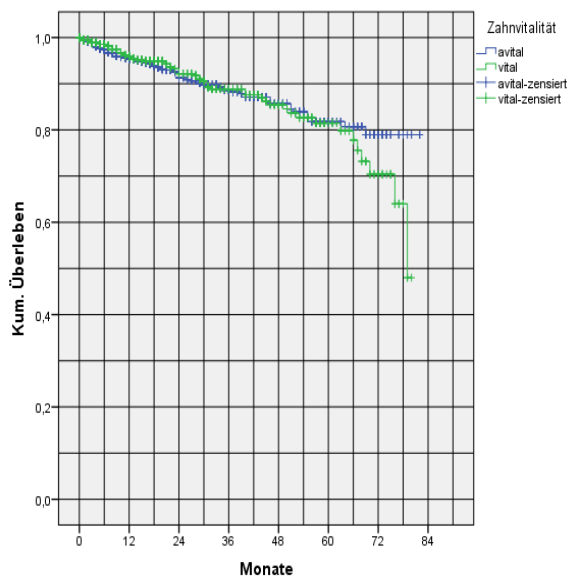


Abbildung 25: Überlebensfunktion in Abhängigkeit von der Zahnvitalität für die absolute Misserfolgskorrektur

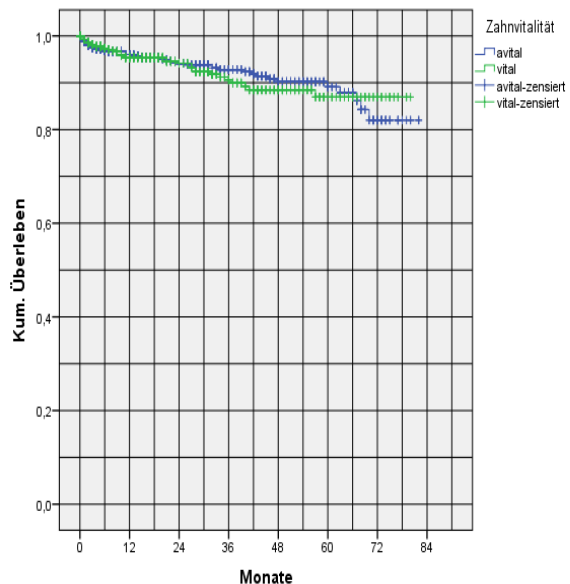


Abbildung 26: Überlebensfunktion in Abhängigkeit von der Zahnvitalität für die relative Misserfolgskorrektur

4.4.6 Anzahl der Sitzungen

In Tabelle 15 sind alle in einen Misserfolg mündenden Wurzelkanalbehandlungen aus dem vorliegenden Untersuchungsgut erfasst und nach der Anzahl der bis zu ihrem Abschluss notwendigen Sitzungen gruppiert.

Tabelle 15: Wurzelkanalbehandlungen, die zu Misserfolgen führten, differenziert nach der Anzahl der Sitzungen

Anzahl der Sitzungen	Misserfolgskorrektur			Gesamt
	Zahn- entfernung	Wurzelspitzen- resektion	Revision	
1 Sitzung	3 37,5 %	4 50 %	1 12,5 %	8 100 %
2-4 Sitzungen	120 63,16 %	36 18,95 %	34 17,89 %	190 100 %
>= 5 Sitzungen	22 48,89 %	10 22,22 %	13 28,89 %	45 100 %
Gesamtsumme	145 59,67 %	50 20,58 %	48 19,75 %	243 100 %

Ein Vergleich zwischen den Wurzelkanalbehandlungen in einer und in mehr als einer Sitzung zeigt, dass für Zahnentfernungen nach Eintritt eines endodontischen Misserfolges das ursprüngliche Vorgehen für das Behandlungsergebnis mit $p = 0,800$ nicht entscheidend war (Abbildung 27). Das spiegelt auch die differenzierte Betrachtung nach der Anzahl der Sitzungen, wie in Abbildung 28 dargestellt, wider.

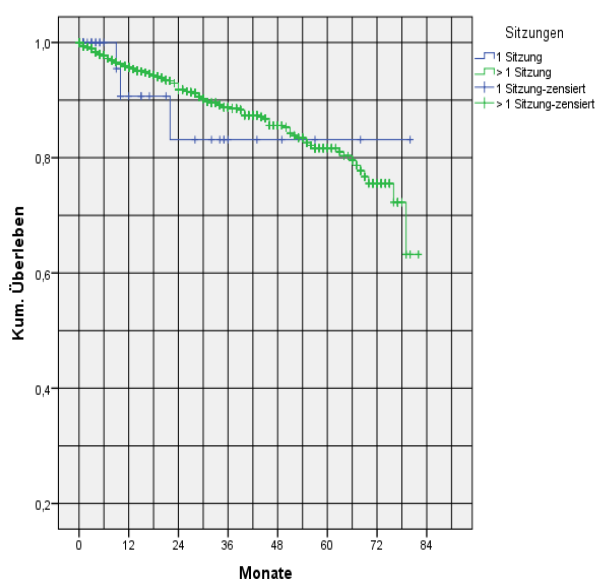


Abbildung 27: Überlebensfunktion für Behandlungen in einer oder mehreren Sitzungen für die absolute Misserfolgskorrektur

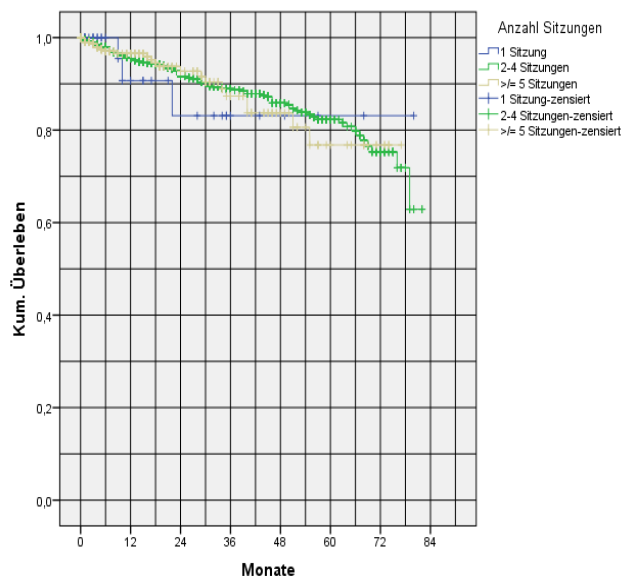


Abbildung 28: Überlebensfunktion in Abhängigkeit von der Anzahl der Sitzungen für die absolute Misserfolgskorrektur

Für die relativen Misserfolgskorrekturen unterscheiden sich die Behandlungsergebnisse nach dem gewählten Vorgehen mit einer statistischen Signifikanz von $p = 0,013$ für eine Sitzung im Vergleich zu mehreren Sitzungen, sowie mit $p = 0,006$ für Behandlungen in zwei bis vier Sitzungen im Vergleich zu einer Sitzung und mit $p = 0,014$ zu fünf und mehr Sitzungen (Abbildung 29 und 30).

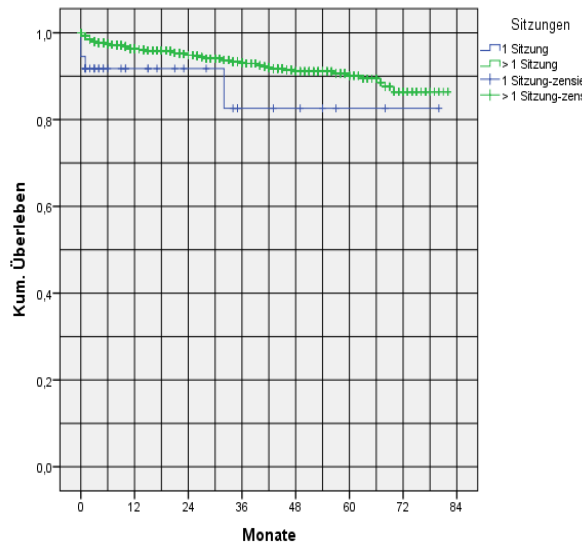


Abbildung 29: Überlebensfunktion für Behandlungen in einer oder mehr Sitzungen für die relative Misserfolgskorrektur

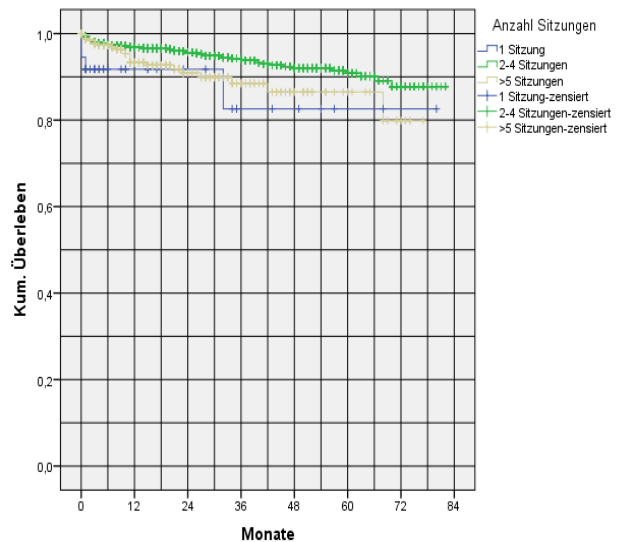


Abbildung 30: Überlebensfunktion in Abhängigkeit von der Anzahl der Sitzungen für die relative Misserfolgskorrektur

Zusammenfassend ergibt sich für alle Misserfolgskorrekturen ebenfalls eine bessere Erfolgswahrscheinlichkeit für Behandlungen in zwei bis vier Sitzungen als in einer Sitzung ($p = 0,039$).

4.4.7 Ausbildungsstand des Behandlers

Eine Zahnentfernung zur Korrektur des eingetretenen endodontischen Misserfolges erfolgte mit 76,9 % am häufigsten nach gemeinsamen Behandlungen von Studenten und Assistenten, gefolgt von 61 % bei Behandlungen durch approbierte Zahnärzte und 51,7 % bei Behandlungen durch Studenten. Wurzelspitzenresektion und Revision waren nach fehlgeschlagenen Studentenbehandlungen der häufigste Eingriff. Die Ergebnisse sind im Detail in Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 16: Gewählte Therapieoptionen nach Eintritt von Misserfolgen in Abhängigkeit von dem Ausbildungsstand des Behandlers

Endodontische Behandlung durchgeführt von		Misserfolgskorrektur			Gesamt
		Zahn- entfernung	Wurzelspitzen- resektion	Revision	
Zahnarzt	Anzahl	105	38	29	172
	% aller Korrekturen in dieser Behandlergruppe	61,0%	22,1%	16,9%	100,0%
Student	Anzahl	30	10	18	58
	% aller Korrekturen in dieser Behandlergruppe	51,7%	17,2%	31,0%	100,0%
gemeinsame Behandlung	Anzahl	10	2	1	13
	% aller Korrekturen in dieser Behandlergruppe	76,9%	15,4%	7,7%	100,0%
Gesamtsumme	Anzahl	145	50	48	243
	% aller Korrekturen in dieser Behandlergruppe	59,7%	20,6%	19,8%	100,0%

Wird nur die Zahnentfernung als Korrektur des Misserfolgs herangezogen, zeigt der Log-Rank-Test keine statistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen den Behandlungen durch Studenten, Zahnärzte und deren gemeinsamen Vorgehen (siehe Abbildung 31).

Bei der Betrachtung der zahnerhaltenden Misserfolgskorrekturen wird mit dem Log-Rank-Test ein besseres Resultat bei den gemeinsamen Behandlungen (Student und Zahnarzt) mit $p = 0,004$ gegenüber therapeutischen Eingriffen durch Studenten nachgewiesen. Die Ergebnisse von Behandlungen durch Zahnärzte unterscheiden sich von denen durch Studenten mit $p = 0,027$ ebenfalls signifikant zugunsten der Zahnärzte. Zwischen den Behandlungen nur durch Zahnärzte und gemeinsamen Behandlungen von Zahnärzten mit Studenten ($p = 0,062$) bestehen keine wesentlichen Unterschiede (siehe Abbildung 32).

Für alle Behandlungen ergibt sich zusammengefasst ein statistisch signifikant besseres Ergebnis bei den gemeinsamen Eingriffen von Zahnärzten und Studenten als bei der Versorgung nur durch Studenten mit $p = 0,007$.

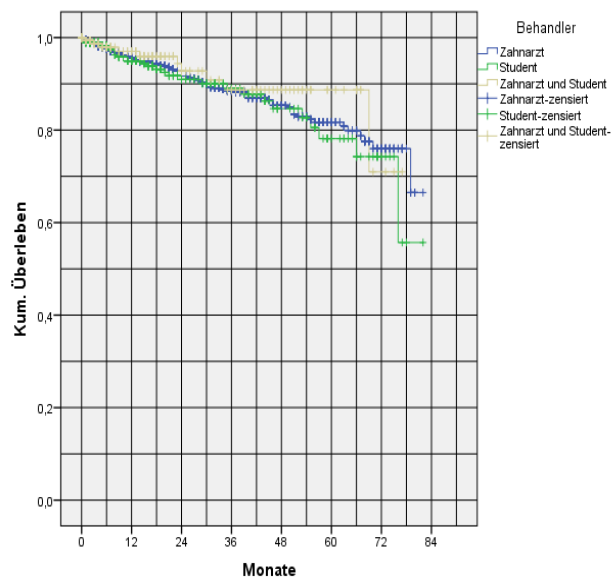


Abbildung 31: Überlebensfunktion in Abhängigkeit vom Ausbildungsstand des Behandlers für die absolute Misserfolgskorrektur

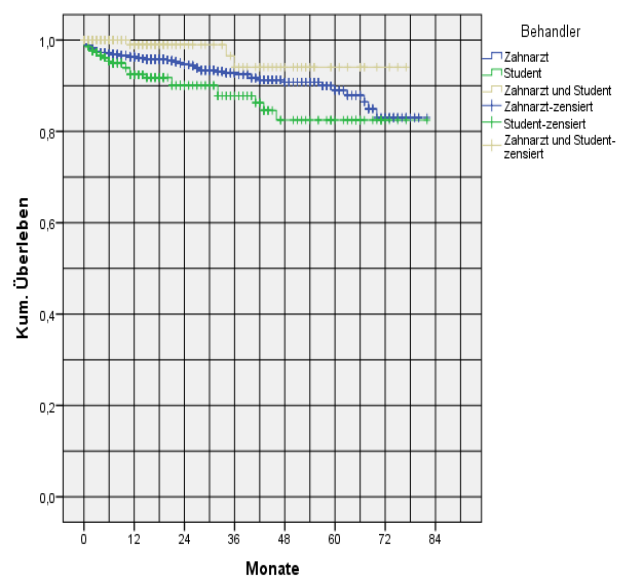


Abbildung 32: Überlebensfunktion in Abhängigkeit vom Ausbildungsstand des Behandlers für die relative Misserfolgskorrektur

5. Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Studie ist die Ermittlung der Überlebenswahrscheinlichkeit von Wurzelkanalbehandlungen, die an der Universitätsmedizin Rostock in den Jahren 2005 bis 2011 durchgeführt wurden und deren Abhängigkeit von verschiedenen Parametern. Die Ergebnisse werden kritisch gewürdigt und mit denen anderer Studien verglichen.

5.1 Kritische Diskussion der angewandten Methoden und Grenzen

5.1.1 Datenmaterial

In der Untersuchung wurden ausschließlich abrechnungsrelevante Gebührenpositionen aus dem elektronischen Patientendokumentationssystem Chremasoft® ausgewertet. Patientenakten wurden nur zur Misserfolgsanalyse eingesehen. Zwischenfälle während der Behandlung wurden daher nicht erfasst. Angaben über klinische Symptome, wie Schmerzen, Perkussion und Fistelbildung lagen nicht vor.

Entsprechend der Empfehlung der DGZMK (85) muss nach heutigem wissenschaftlichem Stand bei einer indizierten Wurzelkanalbehandlung immer eine abschließende Wurzelkanalfüllung erfolgen. Während der Behandlung auftretende Probleme, wie z.B. eine nicht mögliche Aufbereitung der Kanäle aufgrund von Kalzifizierungen, Zahnfrakturen, anhaltende Schmerzen oder Ablehnung der Behandlung durch den Patienten reduzieren die Möglichkeit eines solchen Behandlungsabschlusses. Im Barmer GEK Zahnreport (10) wird die Häufigkeit von Extraktionen als vorzeitiger Abbruch der endodontischen Behandlung mit 20 % angegeben. Nach den Ergebnissen unserer Studie wurden 29 % der an der Universitätsmedizin Rostock begonnenen Wurzelkanalbehandlungen im Beobachtungszeitraum nicht mit einer Wurzelkanalfüllung abgeschlossen.

Etwa die Hälfte aller Wurzelkanalbehandlungen konnte statistisch nicht bewertet werden, weil der Behandlungsverlauf unvollständig war. Erklärungen lassen sich aus der speziellen Situation an der Universitäts-Zahnklinik ableiten: Es werden viele Überweisungspatienten versorgt, die mit angefangenen Wurzelkanalbehandlungen, zur Revision oder Wurzelspitzenresektion kommen. Außerdem ist die Zahnklinik Anlaufpunkt für Patienten mit akuten Schmerzzuständen, die sich einmalig vorstellen. Ein Behandlungsabbruch ist auch dadurch zu erklären, dass an der Universitätsmedizin ein häufiger Behandlerwechsel erfolgt, der auf den Abschluss des Studiums von Studenten zurückzuführen ist, sowie durch befristete Arbeitsverträge von Assistenzzahnärzten. Eine Mitnahme der von ihnen behandelten

Patienten zum neuen Arbeitsplatz ist denkbar. Ebenso scheiden Studenten aller Fachrichtungen als Patienten aus, wenn sie ihr Studium beenden und ihren Wohnort wechseln. Der Zuzug oder die Neuaufnahme von Patienten oder Universitätsmitarbeitern, bei denen die Wurzelkanalbehandlung bereits begonnen wurde, führt ebenso zu unvollständigen Behandlungsverläufen. Die speziellen Behandlungsverpflichtungen der Universitätsmedizin Rostock, z.B. von Patienten aus der Forensischen Psychiatrie oder Konsiliarbehandlungen¹⁹, sind ebenso als Ursache in Betracht zu ziehen.

In diese Studie fanden nur Zähne Eingang, die komplett von der Trepanation/Vitalexstirpation bis zur Wurzelkanalfüllung an der Universitätsmedizin Rostock behandelt worden waren.

Weiterhin wurden Milchzähne aus der Untersuchung ausgeschlossen. Bei ihnen wird ein von bleibenden Zähnen abweichendes Behandlungsprotokoll angewandt. Außerdem könnte der Zahnverlust physiologischen Ursprungs sein und so eine Verfälschung der statistischen Ergebnisse verursachen, wenn, wie vorliegend, keine Einsicht in die Krankenakte erfolgte und damit der physiologische Zahnverlust nicht abgegrenzt wurde.

Ebenso wurden Revisionsbehandlungen, sofern sie erkennbar waren (vgl. S. 38 f.), ausgeschlossen. Wenn ein Zahn im Untersuchungszeitraum bereits mit einer Wurzelfüllung versorgt in die Auswertung einging, wurde eine erneut notwendige Behandlung unberücksichtigt gelassen. So wurden keine Zähne doppelt erfasst und statistische Ungenauigkeiten vermieden. Nicht ausgeschlossen wurden jedoch Revisionsbehandlungen, deren primäre Therapie vor dem Jahre 2005 durchgeführt worden war. Für diesen Zeitraum lagen keine Unterlagen vor und die Revision konnte anhand der computergestützten Auswertung nicht als solche erkannt werden. Es ist davon auszugehen, dass es sich um eine geringe Fallzahl handelt, da die Revision eine eher seltene Folgebehandlung ist und die Ergebnisse zwischen Primär- und Revisionsbehandlungen vergleichbar sind (26, 46). Aus diesen Gründen kann die statistische Auswirkung auf das Ergebnis vernachlässigt werden.

Es wurden auch Zähne ausgeschlossen, bei denen eine Pulpotomie oder Devitalisation durchgeführt wurde, da sie als nicht mehr anerkannte endodontische Verfahren nur selten vorkamen (75).

¹⁹ Konsil: (von latein. consilium) Rat, Ratschlag, Beratung; Mitbehandlung von stationär aufgenommenen Patienten an der Universitätsmedizin Rostock bei gleichzeitig auftretenden zahnärztlichen Problemen.

5.1.2 Studienumfang und Bewertungseinheit

Der Zahn wurde in der vorliegenden Studie als kleinste Untersuchungseinheit definiert. Dies ist auch eine gängige Beurteilung in anderen Studien (14, 25, 27, 30, 34, 48). Im Vergleich zur Betrachtung einzelner Wurzelkanäle (35, 44, 47, 86) besteht der Vorteil darin, dass ein Misserfolg kaum einem Kanal zuzuordnen ist und in der Mehrzahl der Fälle der Misserfolg in einem Kanal zum Verlust des ganzen Zahnes führt.

Die Größe des Patientenkollektivs der Studie mit 2173 abgeschlossenen Wurzelkanalbehandlungen übersteigt die Fallzahl vieler Studien, die sich auf an Universitätskliniken durchgeführte Untersuchungen beziehen (25, 27, 46, 87). Lediglich Studien mit überregionaler Ausrichtung (29, 34, 88) oder Krankenkassendaten (9, 10) weisen deutlich höhere Fallzahlen auf.

5.1.3 Aussagekraft der Misserfolgsdefinition

Der Eintritt eines Misserfolgs der endodontischen Behandlung wurde dann angenommen, wenn in der Folge eine Gebührenposition für den betroffenen Zahn zu finden war, die auf die Entfernung, chirurgische Korrektur oder Wiederholung der Wurzelkanalbehandlung hinwies. Einerseits wurde der Zahnverlust als absolute Misserfolgskorrektur betrachtet. Andererseits wurde die weiterführende Therapie des wurzelkanalbehandelten Zahnes in Form einer Wurzelspitzenresektion oder Revision als relative Misserfolgskorrektur bezeichnet. Die Einschätzung wird von Rocke et al. (27) und Fritz und Kerschbaum (25) im Vergleich zu anderen Studien zwar als „einfach“ bezeichnet, aber ebenso als „hartes“ Misserfolgskriterium definiert. Nach Ansicht von Rocke et al. (27) kann es aber durchaus als globaler Parameter definiert werden.

Die BKK Studie (9) analysiert die Entscheidungsgrundlagen des Behandlers beim Wiedereintritt von Beschwerden an einem wurzelgefüllten Zahn und kommt zur Schlussfolgerung, dass im Gegensatz zur Wurzelspitzenresektion und Revision eine Zahnentfernung nicht zwangsläufig auf eine endodontische Ursache zurückzuführen ist.

Da vorliegend keine Akteneinsicht erfolgte, ist nicht sicher, dass die Entscheidung zur Zahnentfernung auf eine Wurzelkanalbehandlung zurückzuführen war. Ebenso sind parodontale Probleme, tiefer kariöser Zerstörungsgrad, Zahnfrakturen, Traumata und strategische Entscheidungen im Rahmen prothetischer Gesamtplanungen denkbar.

Die Wurzelspitzenresektion und Revision sprechen hingegen überwiegend für eine endodontische Ursache.

Dies geht auch aus dem Barmer GEK Zahnreport 2014 (10) hervor. Dort wird ebenfalls aus den Folgebehandlungen X, WSR und R auf den Erfolg bzw. Misserfolg einer Wurzelkanalbehandlung geschlossen. Die röntgenologische Erfolgsbeurteilung wird in der gleichen Arbeit hingegen als „praktikabler Surrogatparameter“²⁰ bezeichnet, denn ein Zusammenhang zwischen der sichtbaren Qualität der Wurzelkanalfüllung im Röntgenbild und der tatsächlichen vollständigen Füllung des Wurzelkanalsystems, sowie die Korrelation zum Auftreten von Schmerzsymptomen seien unsicher.

5.1.4 Relevanz der statistischen Auswertung

Die statistische Auswertung mittels der Überlebenskurve nach Kaplan-Meier bildet in der Medizin eine wichtige statistische Arbeitsweise. Diese Methode ist besonders bei zensierten Fällen aussagekräftig. Sie ist die statistische Grundlage vieler vorhergehender Studien (25-27, 30, 34) und war auch für die vorliegende Untersuchung unumgänglich (28).

Neben der Analyse nach Kaplan-Meier lassen sich mit dem Log-Rank-Test verschiedene Parameter vergleichen, die Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit wurzelkanal-behandelter Zähne haben.

²⁰ Surrogat = behelfsmäßiger, nicht vollwertiger Ersatz

5.2 Überlebenswahrscheinlichkeit wurzelkanalbehandelter Zähne dieser Studie im Vergleich mit der in nationaler und internationaler Literatur festgestellten

Im Folgenden werden die in dieser Studie ermittelten Ergebnisse mit nationalen und internationalen Untersuchungen verglichen, die ein ähnliches Studiendesign haben. Dabei waren die Korrekturverfahren zur Definition des Erfolges/Misserfolges und die Länge der Beobachtungszeit für die Auswahl zu einem aussagekräftigen Vergleich entscheidend.

Die Studien von Rocke et al. (27) und Lazarski et al. (29) weisen hinsichtlich der Anzahl der Misserfolge und der gewählten Sekundärtherapie vergleichbare Werte mit unserer Rostocker Studie auf. Demgegenüber ermittelten Chen et al. (33) häufiger die Extraktion und mit 2,8 % nur sehr selten die Wurzelspitzenresektion als Therapie nach dem Versagen der endodontischen Versorgung.

Für die vergleichende Betrachtung der Misserfolgskorrektur durch die Entfernung des wurzelkanalbehandelten Zahnes liegen Studien von Fritz und Kerschbaum (25) und Lumley et al. (34) vor, die Aussagen nach einem und fünf Jahren treffen. Die BKK Studie (9) ermittelte die Erfolgsquote nach zwei und nach drei Jahren, der Barmer GEK Zahnreport (10) nach drei Jahren. Die Studien von Alley et al. (31) und Chen et al. (33) stellen lediglich ein Ergebnis nach fünf Jahren dar.

Wird nur die Zahnentfernung als Misserfolgskorrektur gewertet, so ergibt sich für die an der Universitätsmedizin Rostock wurzelkanalbehandelten Zähne nach einem Jahr eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 95 %. Dieses Ergebnis liegt zwischen den von Fritz und Kerschbaum (25) in zwei Praxen durchgeführten Erhebungen, in denen Unterschiede hinsichtlich der Spülung der Wurzelkanäle und der Kondensation der Wurzelkanalfüllung bestanden und die Überlebensraten von 92,1 % für die erste und 97,2 % für die zweite untersuchte Praxis aufwiesen.

Lumley et al. (34) beschreiben nach einem Jahr eine geringfügig höhere Erfolgsquote von 97 % für den General Dental Service in England und Wales. Rocke et al. (27) ermittelten für 98,5 % aller Fälle einen Behandlungserfolg. Sie betrachteten darüber hinaus die Hemisektion als Misserfolgs-kriterium, das mit 1,2 % aller Fälle aber statistisch bedeutungslos war.

An der Universitätsmedizin Rostock betrug die Überlebenswahrscheinlichkeit wurzelkanalbehandelter Zähne nach zwei Jahren 92 %. Die BKK Studie (9) beschreibt für den gleichen Zeitraum eine fast identische Rate von 91,7 %.

Nach drei Jahren lag der Anteil der erfolgreichen endodontischen Behandlungen an der Universitätsmedizin Rostock bei 89 %. Die BKK Studie (9) ermittelte eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 91 % und der Barmer GEK Zahnreport (10) von 88,9 %.

Nach vier Jahren betrug die Überlebenswahrscheinlichkeit der wurzelkanalbehandelten Zähne an der Universitätsmedizin Rostock 87 %. Es liegt keine vergleichbare Studie vor, der eine Aussage über diesen Zeitpunkt zu entnehmen ist.

Am häufigsten wurde die Überlebenswahrscheinlichkeit nach fünf Jahren ermittelt. Sie lag an der Universitätsmedizin Rostock bei 81 %. Fritz und Kerschbaum (25) stellten mit 84,3 % und 89,2 % für die zwei untersuchten Praxen bessere Erfolgsquoten fest. Alley et al. (31) konnten nach fünf Jahren bei einer Behandlung durch einen Generalisten einen Therapieerfolg von 89,7 % und bei einer Behandlung durch einen Spezialisten von 98,1 % nachweisen. Rocke et al. (27) ermittelten eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 93,5 % in einer auf Endodontie spezialisierten Praxis. Lumley et al. (34) kamen zu einem Ergebnis von 87,2 % und Chen et al. (33) von 92,9 %.

Auswertungen darüber, in welchem Maße ausschließlich die Wurzelspitzenresektion oder Revision zur Korrektur eines endodontischen Misserfolges beigetragen haben, waren in der Literatur nicht zu finden. Sie wurden in der Regel nur in der Zusammenfassung der absoluten und relativen Misserfolgskorrektur betrachtet und umfassten somit die Zahnentfernung, Wurzelspitzenresektion und Revision.

In den Studien von Lumley et al. (34) und Rocke et al. (27) wurden Ergebnisse nach einem und nach fünf Jahren ermittelt. Die BKK Studie (9) beschreibt die Überlebenswahrscheinlichkeit nach einem, nach drei, vier und fünf Jahren. Der Barmer GEK Zahnreport (10) und die Studie von Parchami (26) ermöglichen einen Vergleich nach drei Jahren und Chen et al. (33) nach fünf Jahren.

Unter Berücksichtigung von Zahnentfernung, Wurzelspitzenresektion und Revision betrug die Überlebenswahrscheinlichkeit an der Universitätsmedizin Rostock nach einem Jahr 92 %.

Lumley et al. (34) ermittelten für diese Fälle nach einem Jahr eine Rate von 95,9 % und Rocke et al. (27) von 95,3 %. Beide Werte liegen leicht über denen der Universitätsmedizin Rostock. Die Studie der BKK (9) verweist nach einem Jahr auf eine Erfolgsquote von 82 %. Dieses Ergebnis ist deutlich schlechter als das an der Universitätsmedizin Rostock. Dabei

muss außerdem berücksichtigt werden, dass in der Studie der BKK (9) die Wurzelspitzenresektion nicht als Misserfolg gewertet wird, also das Ergebnis bei identischer Misserfolgsdefinition noch schlechter gewesen wäre.

Nach zwei Jahren betrug die Erfolgsrate endodontischer Behandlungen an der Universitätsmedizin Rostock 87 %. Vergleichbare Studien für diese Beobachtungszeit lagen nicht vor.

Nach drei Jahren wurde für Wurzelkanalbehandlungen an der Universitätsmedizin Rostock eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 82 % ermittelt. Ein fast identisches Ergebnis zeigt der Barmer GEK Zahnreport (10) mit 84,3 %. Die Studie von Parchami (26) ergab ein positiveres Ergebnis von 89 % nach 35 Monaten (= 2,92 Jahre). Die BKK Studie (9) kommt zu einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 78 %, wobei auch hier die Wurzelspitzenresektion nicht als Misserfolg gewertet wurde.

Die Überlebenswahrscheinlichkeit nach vier Jahren betrug an der Universitätsmedizin Rostock 78 %. Die BKK Studie (9) bestätigt diesen Wert mit 75 % für die Extraktion und Revision.

Nach fünf Jahren kam die vorliegende Studie unter Berücksichtigung von Zahnentfernung, Wurzelspitzenresektion und Revision zu einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 72 %. Lumley et al. (34) ermittelten eine Rate von 84,2 %, Rocke et al. (27) von 86,7 % und Chen et al. (33) von 89,7 %. Alle drei Werte liegen über dem Ergebnis der Universitätsmedizin Rostock. Die BKK Studie (9) kommt nach fünf Jahren zu einer Erfolgsquote von ebenfalls 72 %. Da die Wurzelspitzenresektion nicht als Misserfolg der endodontischen Behandlung gewertet wurde, ist wiederum davon auszugehen, dass das Ergebnis der BKK Studie (9) schlechter ausgefallen wäre, wenn die Wurzelspitzenresektion ebenfalls als Misserfolg mit einbezogen worden wäre.

Wird nur die absolute Misserfolgskorrektur betrachtet, ist in den ersten vier Jahren die in dieser Studie ermittelte Erfolgsquote der Universitätsmedizin Rostock mit der anderer vergleichbarer Studien annähernd identisch, nach fünf Jahren ist jedoch eine geringere Überlebenswahrscheinlichkeit der wurzelkanalbehandelten Zähne feststellbar.

Auch bei der zusammenfassenden Betrachtung beider Misserfolgskorrekturen entsprechen die Überlebenswahrscheinlichkeiten in unseren Untersuchungen nach ein, drei und vier Jahren denen anderer Studien. Für das zweite Jahr gab es keine vergleichbaren Studien. Nach dem

fünften Jahr ist allerdings auch hier eine deutliche negative Abweichung zu den Studien von Lumley et al. (34), Rocke et al. (27) und Chen et al. (33) feststellbar. Lediglich die BKK Studie (9) kommt zu vergleichbaren Ergebnissen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass unabhängig von der Definition des Misserfolges, keine bedeutsamen Unterschiede zu den in anderen Studien für die ersten vier Jahre ermittelten Erfolgsquoten bestehen, jedoch deutliche Abweichungen nach fünf Jahren festzustellen sind.

5.3 Von welchen Faktoren wird das Behandlungsergebnis beeinflusst?

Wie zuvor festgestellt, unterscheidet sich die Überlebenswahrscheinlichkeit bei den nachuntersuchten Zähnen nach fünf Jahren sowohl für die absolute als auch bei Kombination beider Misserfolgskorrekturen von den Ergebnissen anderer Studien.

An der Universitätsmedizin Rostock war die Anzahl der behandelten Männer mit 53,6 % nur geringfügig höher als die der behandelten Frauen mit 46,4 %. Ebenso verhält es sich mit 52,9 % Männeranteil und 47,1 % Frauenanteil in der Studie von Parchami (26). Das Patientenkollektiv von Dammaschke et al. (30) setzte sich aus 32 % weiblichen und 68 % männlichen Patienten zusammen. Andere Studien weisen eine erhöhte Frauenrate auf, wie Lumley et al. (34) mit 54 %, Rocke et al. (27) mit 56,1 % und Fritz und Kerschbaum (25) mit 59,8 % in Praxis eins, sowie 52,2 % in Praxis zwei.

In der vorliegenden Studie konnte dem Geschlecht kein statistischer Einfluss auf die Überlebensrate nachgewiesen werden. Dies stimmt mit den Ergebnissen der anderen Studien überein (17, 25, 27, 29, 30, 34-38) und kann mithin als erfolgsbeeinflussender Faktor ausgeschlossen werden.

Im Kollektiv der vorliegenden Studie sind Patienten im Alter von neun bis 92 Jahren vertreten. Bei den 21-30-Jährigen, 41-50-Jährigen und 61-70-Jährigen zeigte sich eine erhöhte Anzahl von Wurzelkanalbehandlungen. Es ist zu vermuten, dass die Häufung im Alter von 21-30 Jahren eine Folge der erhöhten Kariesinzidenz während der Pubertät ist (89, 90). Ein vermehrtes Auftreten im Alter von 41-50 Jahren könnte sich durch die Notwendigkeit vermehrter Sekundärbehandlungen nach Ablauf der Überlebensdauer der primären Füllungstherapie oder durch Sekundärkaries erklären lassen. Im Alter von 61-70 Jahren sind prothetische Ursachen und vermehrte parodontale Probleme zu vermuten.

Die Altersverteilung der behandelten Patienten stimmt mit denen anderer Studien (27, 30, 34) überein.

Bei ausschließlicher Betrachtung der Extraktion als Folge eines endodontischen Misserfolges zeigte sich, dass ältere Patienten mit statistischer Relevanz eine höhere Inzidenz aufwiesen. Deshalb kann geschlussfolgert werden, dass mit zunehmendem Alter die Entfernung eines Zahnes der Wurzelspitzenresektion und Revision vorgezogen wird.

Mögliche Ursache könnte die zunehmende Kalzifizierung (34) und die dadurch bedingte mangelnde Aufbereitbarkeit des Kanalsystems sein. Im Zuge der prothetischen Gesamtplanung erscheint die Entfernung des betroffenen Zahnes günstiger als sein Erhalt. Ebenso kann eine parodontale Begleiterkrankung eine Zahnentfernung erforderlich machen (91) oder es wird aus Altersgründen oder aufgrund allgemeinmedizinischer Erkrankungen auf eine chirurgische Therapie verzichtet, um mögliche Risiken zu minimieren.

Hingegen wurden im Umkehrschluss bei jüngeren Patienten (< 49 Jahren) seltener Zahnentfernungen vorgenommen. Dafür kamen häufiger zahnerhaltende Sekundärbehandlungen zum Einsatz (vgl. Abb. 20, S. 56).

Die vermehrte Durchführung von Wurzelkanalbehandlungen an ersten Molaren an der Universitätsmedizin Rostock ist damit zu erklären, dass sie als erste Zähne der definitiven Dentition am längsten einer bakteriellen Besiedlung ausgesetzt waren (10) und im Kindesalter in manchen Fällen auch noch keine adäquate Zahnpflege erhielten. Die Entstehung und der Fortschritt der Karies werden als maßgebliche Ursache für irreversible Pulpitiden angesehen (10).

Unterkieferfrontzähne hingegen zeigten die geringste Anzahl von Wurzelkanalbehandlungen. Mögliche Ursachen können darin gesehen werden, dass sie wegen der ständigen Umspülung mit Speichel von der Glandula submandibularis und Glandula sublingualis wenig kariesanfällig und gut zugänglich für eine sorgfältige Mundhygiene sind. Außerdem handelt es sich um sehr grazile Zähne, die durch eine Wurzelkanalbehandlung stark geschwächt worden wären. Eine Versorgung mit Zahnersatz beziehungsweise die Verwendung als Pfeilerzahn ist häufig nicht möglich.

Es konnten keine Unterschiede im Erfolg der endodontischen Behandlung zwischen den einzelnen Zahntypen nachgewiesen werden.

Dieses Ergebnis wird durch andere Studien bestätigt (27, 30, 39, 92). Das vergleichsweise häufigere Auftreten von Misserfolgen der an der Universitätsmedizin Rostock behandelten Zähne nach fünf Jahren ist dadurch jedoch nicht erklärbar.

In der vorliegenden Studie hatte die Position des behandelten Zahnes im Ober- oder Unterkiefer keinen Einfluss auf seine Überlebenswahrscheinlichkeit, wenn nur die Zahnentfernung des behandelten Zahnes als Misserfolgskorrektur betrachtet wurde. Diese Schlussfolgerung wird durch die Studie von Rocke et al. (27) bestätigt.

Betrachtete man hingegen die relativen Misserfolgskorrekturen (WSR und R) oder fasste beide Misserfolgskriterien zusammen, ergab sich ein positiveres Behandlungsergebnis für Unterkieferzähne im Vergleich zu wurzelkanalbehandelten Zähnen im Oberkiefer (vgl. Abb. 24, S. 58).

Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass besonders häufig im Oberkiefer die Wurzelspitzenresektion und Revision als Therapie zur Korrektur des Misserfolges gewählt wurden. Dieses Resultat könnte darauf zurückzuführen sein, dass Unterkiefermolaren in der Regel drei, Oberkiefermolaren hingegen häufig vier Kanäle haben. Bei einer Studie (93) mit einfacher Inspektion, das heißt ohne Vergrößerung mit einem Operationsmikroskop, wurde in 73,2 % der Fälle der vierte Kanal aufgefunden. Das Abfüllen von nur drei anstatt vier Kanälen bedeutet, dass 25 % des Kanalgangsystems nicht behandelt werden. Dies könnte eine häufigere korrektive Therapie der primären Wurzelkanalbehandlung mittels Wurzelspitzenresektion und Revision im Oberkiefer erklären.

In den zum Vergleich herangezogenen Studien wurde die Kieferlokalisation der behandelten Zähne nicht ausgewertet.

In der vorliegenden Studie konnte ein Einfluss der Vitalität des Zahnes vor Behandlungsbeginn auf seine Überlebenswahrscheinlichkeit nach der Wurzelkanalbehandlung weder für die absolute noch für die relative oder die zusammengefasste Misserfolgskorrektur nachgewiesen werden.

Dies widerspricht den Schlussfolgerungen der Mehrzahl anderer Studien, in denen ein schlechteres Ergebnis für avitale Zähne ermittelt und mit der vorhandenen Infektion des Kanalsystems nachvollziehbar begründet wird (45, 94). Hoskinson et al. (47) gehen sogar soweit, dass die fehlende Vitalität ein Surrogat für das Vorhandensein einer periapikalen

Läsion sein und für die Vorhersage einer erfolgreichen Wurzelkanalbehandlung genutzt werden kann.

Allerdings ist die Beurteilung der Zahnvitalität in manchen Fällen fraglich. Sie kann einerseits infolge einer verminderten Reizweiterleitung durch Kronen oder eine vermehrte Tertiärdentinbildung, aber auch durch Fehlinterpretation des Patienten oder die ungenaue Durchführung des Sensibilitätstests durch den Behandler fehlerhaft sein. Andererseits kommt bei bakteriell infizierten Zähnen teilweise eine Restsensibilität vor, die möglicherweise ebenfalls zu einer Verfälschung des Ergebnisses führt (26).

Da die vorliegende Studie auf der Basis von Abrechnungspositionen erstellt wurde, konnten die klinischen Ergebnisse des Sensibilitätstests nicht analysiert werden.

Die Anzahl der Sitzungen, nach denen eine Wurzelkanalbehandlung abgeschlossen werden sollte, ist seit längerer Zeit Gegenstand von Diskussionen (58).

Häufig wird besonderes Augenmerk auf den Vergleich der Wurzelkanalbehandlung in einer Sitzung zu derjenigen in zwei Sitzungen gelegt. Dabei ist strittig, ob eine Bakterienfreiheit allein durch Aufbereitung und Spülen erreicht werden kann. Häufig wird zusätzlich eine medikamentöse Einlage mit Calciumhydroxid oder anderen Präparaten gefordert (42, 53, 54), wodurch aber mindestens zwei Sitzungen notwendig sind.

Der BEMA schreibt die Begrenzung der Anzahl medikamentöser Einlagen vor. Aus diesem Grunde ist ein Abschluss der Wurzelkanalbehandlung in der vierten Sitzung erforderlich, was auf 83,6 % der von in dieser Studie analysierten Behandlungen zutraf. Mögliche Ursachen für eine häufigere Anzahl an Sitzungen könnten eine anhaltende Schmerzsymptomatik bzw. eine klinische Notwendigkeit zum Sekretabfluss, eine Gangrän oder ein aufwändiger Behandlungsverlauf gewesen sein.

Wurden nur die Fälle der Zahnentfernungen betrachtet, so hatte die Anzahl der Sitzungen keinen Einfluss auf das Behandlungsergebnis. Hingegen war für die relative Misserfolgskorrektur statistisch eine signifikant höhere Erfolgsquote für Behandlungen in zwei bis vier Sitzungen als in einer oder mehr als fünf Sitzungen gegeben. Beim Vergleich der Wurzelkanalbehandlungen, die in einer Sitzung und mehr als einer Sitzung durchgeführt wurden, fielen die Behandlungsergebnisse in mehreren Sitzungen besser aus (vgl. 4.4.6, S. 59 f.) . Besonders häufig wurde die WSR als korrektive Therapie gewählt, wenn die Wurzelkanalbehandlung in einer Sitzung erfolgte (vgl. Tabelle 15, S. 59). So kann vermutet werden, dass die Desinfektion des Kanalsystems in einer Sitzung nicht ausreichend oder die Qualität der Behandlung aufgrund zeitlicher Limitierung unzureichend waren.

In der Literatur ist der Einfluss der Anzahl der Sitzungen auf das Behandlungsergebnis umstritten, wie unter 2.3.6 (vgl. S. 17 f.) beschrieben. Studien, die eine mikrobiologische Untersuchung vornahmen, zeigen bezüglich der Bakterienfreiheit teils bessere Ergebnisse unter Verwendung von medikamentösen Einlagen (54). Allerdings wird in den Studien von Fleming et al. (95) und Travassos et al. (96) kein Einfluss der Anzahl der Sitzungen auf das Überleben der Zähne bestätigt.

Aufgrund der geringen Anzahl (55 Fälle, 2,5 %) der in einer Sitzung durchgeführten Wurzelkanalbehandlungen an der Universitätsmedizin Rostock, kann dazu keine aussagekräftige Schlussfolgerung abgegeben werden.

Eine Wurzelkanalbehandlung ist eine komplexe Prozedur, die eine Abhängigkeit von dem Ausbildungsstand des Behandlers erwarten ließ. Es wurde in der vorliegenden Studie ein Vergleich des Erfolges endodontischer Behandlungen von Studenten und von approbierten Zahnärzten vorgenommen.

Für die absolute Misserfolgskorrektur ergab sich in der Untersuchung kein bedeutsamer Unterschied im Erfolg der durchgeführten Wurzelkanalbehandlungen.

Allerdings zeigte sich bei den relativen Misserfolgskorrekturen ein positiveres Ergebnis für die gemeinsam von Studenten und approbierten Zahnärzten durchgeführte Therapie im Vergleich zu einem selbständigen Vorgehen durch Studenten. Die Betrachtung aller Misserfolgstherapien zeigte ebenso bessere Ergebnisse für gemeinsame Behandlungen im Vergleich zu Behandlungen, die von Studenten durchgeführt wurden.

Es ist wahrscheinlich, dass sich bei schwierigen Wurzelkanalbehandlungen, wie zum Beispiel gekrümmten Wurzeln oder obliterierten Kanälen die aktive Hilfe durch einen erfahrenen Behandler positiv auswirkt. Interessanterweise kam es bei den gemeinsam behandelten Fällen besonders häufig zur Zahnentfernung. Eine Erklärung hierfür war nicht zu finden, da detaillierte Aufzeichnungen nicht eingesehen wurden. Es ist zu vermuten, dass die oben genannten komplexen anatomischen Gegebenheiten oder bekannte Schwierigkeiten bei der Primärbehandlung wie z.B. Stufenbildungen und obliterierte Kanäle keine andere Therapie rechtfertigten. Hingegen wurde bei Studenten vergleichsweise häufig die Revision als Therapie gewählt (vgl. Tabelle 16, S. 61). Dies könnte dadurch zu erklären sein, dass für Studenten vermeintlich einfache Zähne ausgewählt wurden, die sich als komplex darstellten und eine Revision erforderten.

In dieser Studie wurde keiner der wurzelkanalbehandelten Zähne von einem Spezialisten für Endodontie behandelt. Das könnte eine Erklärung der abweichenden Ergebnisse nach fünf Jahren sein (vgl. S. 69 f.), wenn in die Vergleichsstudien auch durch Spezialisten behandelte Zähne einbezogen wurden und die Spezialisierung einen Einfluss auf den Behandlungserfolg hatte (27, 31).

Die Studie von Alley et al. (31), in der von Spezialisten und Generalisten durchgeführte Wurzelkanalbehandlungen für die Misserfolgsdefinition Extraktion verglichen werden, zeigt für Endodontologen eine um 17,1 % höhere Überlebensrate im Vergleich zu den Rostocker Ergebnissen. Vergleichsweise gering ist die Abweichung mit 8,7 % für Generalisten. Die Studie bestätigt den Einfluss der Spezialisierung auf den Erfolg nach fünf Jahren. Alley et al. (31) vermuten, dass Spezialisten im Vergleich zum Generalisten mehr didaktische und klinische Richtlinien berücksichtigen und praktizierende Endodontologen mehr klinische Erfahrung haben. Für die Überweisung eines Patienten zu einem Spezialisten geben Alley et al. (31) verschiedene Gründe an, wie technische Schwierigkeiten, Geduld des Patienten und Zahnposition.

Die Studie von Rocke et al. (27) weist in einer auf Endodontie spezialisierten Praxis fünf Jahre nach der Behandlung bessere Ergebnisse mit einer Abweichung zur vorliegenden Studie von 14,7 % für die gesamte und von 12,5 % für die absolute Misserfolgskorrektur auf. Auch diese Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass die Spezialisierung für den besseren Erfolg relevant ist. So vermuten sie: „[...]dass die Spezialisierung des Behandlers und die ökonomischen Bedingungen, unter denen gearbeitet werden konnte, eine positive Wirkung entfaltet haben könnten.“

Auch die Ergebnisse von Chen et al. (33) weisen mit 11,9 % für die absolute und 17,7 % für alle Misserfolgskorrekturen im Vergleich zur vorliegenden Studie bessere Ergebnisse auf. Die der Studie zugrunde liegenden Wurzelkanalbehandlungen haben sowohl Generalisten als auch von Spezialisten für Endodontie durchgeführt. Eine weitere Differenzierung oder Begründung hinsichtlich der Spezialisierung erfolgte in der Untersuchung nicht.

Aufgrund der Ergebnisse der genannten Studien, die alle eine Behandlung durch Spezialisten gemeinsam haben und mit über 10 % deutliche Abweichungen zu den Rostocker Ergebnissen aufweisen, ist von einer positiven Auswirkung einer Spezialisierung auf die Erfolgsquote auszugehen. Diese ist als eine Ursache für die geringere Misserfolgsrate anzusehen, die sich vor allem auf längere Sicht (ab fünf Jahren) zeigt.

Bekräftigt wird diese Annahme noch dadurch, dass die Studien, in denen die Wurzelkanalbehandlungen nicht von Spezialisten durchgeführt wurden, nur geringfügig bessere Ergebnisse als die der Universitätsmedizin Rostock aufweisen.

Fritz und Kerschbaum (25) ermitteln für die beiden untersuchten Praxen Abweichungen von 3,3 % bzw. 8,7 % im Verhältnis zu den Rostocker Ergebnissen. Die BKK Studie (9) kommt zu einem identischen Ergebnis von 72 %, obwohl die Wurzelspitzenresektion nicht als Misserfolg betrachtet wurde.

Die Studie von Lumley et al. (34) kommt für die Zahnentfernung zu einem um 6,2 % besseren Ergebnis. Das Resultat für Extraktion, Wurzelspitzenresektion und Revision weicht mit 12,2 % deutlich positiv von den Rostocker Ergebnissen ab. Die Gründe für diese Differenz sind nicht nachvollziehbar, da die Autoren ihre Ergebnisse nicht erläutern.

Auch wenn in der vorliegenden Studie der Einfluss der Spezialisierung auf den Erfolg nicht untersucht werden konnte, kann aufgrund der oben geführten Analyse ein Einfluss angenommen werden. Es ist davon auszugehen, dass die klinische Erfahrung und Routine von auf Endodontie spezialisierten Zahnärzten, sowie die besseren Arbeitsbedingungen und die Ausstattung in deren Praxen einen positiven Effekt auf die Qualität einer Wurzelkanalbehandlung haben und dementsprechend auch langfristig eine bessere Überlebenswahrscheinlichkeit zu erwarten ist (26, 30, 35, 38, 46).

5.4 Auswertung der nicht erfolgreichen Wurzelkanalbehandlungen

In dieser Studie wurden nur die nicht erfolgreichen Wurzelkanalbehandlungen röntgenologisch ausgewertet. Dabei stellte sich die Länge der Wurzelkanalfüllung in den Röntgenbildern in 43 % als regelrecht, in 34 % als zu kurz und in 23 % als zu lang dar.

Die Anzahl der korrekten Länge von Wurzelkanalfüllungen schwankt in anderen Studien, die erfolgreiche und nicht erfolgreiche Wurzelkanalbehandlungen untersuchten, zwischen 61,3 % (16) und 70 % (21), die zu kurzen variieren zwischen 12 % (22) und 34,5 % (16) und die zu langen zwischen 4,2 % (16) und 19 % (22). Durch die unterschiedliche Ausgangslage kann kein aussagekräftiger Vergleich zu den Ergebnissen dieser Studie gezogen werden.

Die Anzahl homogener Wurzelkanalfüllungen war mit 74 % in der vorliegenden Studie vergleichbar zu denen anderer Studien mit Angaben zwischen 42,7 % (22) und 82,6 % (18). Ein Zusammenhang mit dem Behandlungserfolg ist nicht erkennbar. Auch Lee et al. (38) haben keinen Einfluss der Homogenität einer Wurzelkanalfüllung auf die Überlebenswahrscheinlichkeit eines Zahnes festgestellt. Andererseits ermittelte Parchami (26) eine statistische Abhängigkeit von diesem Parameter.

Bei einem PRI von vier oder fünf wurde doppelt so häufig der Therapieversuch mit einer Wurzelspitzenresektion oder Revision unternommen als bei einem PRI von eins oder zwei (vgl. Tabelle 13, S. 53). Die Gründe zur Entscheidung für eine Wurzelspitzenresektion oder Revision gingen fast ausschließlich auf endodontische Ursachen zurück. Hingegen wurde bei Misserfolgen ohne pathologischen Befund im Röntgenbild wohl aus dem Dilemma eines fehlenden objektiven Entscheidungskriteriums häufiger eine Extraktion vorgenommen. Nicht endodontische Ursachen könnten den Behandler ebenfalls zu dieser Entscheidung veranlasst haben.

Eine homogene Wurzelkanalfüllung mit korrekter Länge war in 33,8 % der Fälle vorhanden. Von diesen hatten vor Behandlungsbeginn 58,8 % einen PRI von vier und fünf, der als Ursache für den Misserfolg in Betracht kommt.

Eine periapikale Aufhellung stellt einen Risikofaktor für den Erfolg einer Wurzelkanalbehandlung dar, was durch diverse Studien belegt wird (30, 43, 45, 46, 48, 51).

Für Behandlungen mit regelrechter Wurzelkanalfüllung und einem PRI von eins oder zwei bzw. einem unklaren apikalen Zustand, ist, wie bereits zuvor erwähnt, auch eine nicht endodontische Ursache als Extraktionsgrund denkbar. So sind parodontale Probleme, ein

tiefer Zerstörungsgrad der Zähne oder eine prothetische Gesamtsanierung als Ursache in Betracht zu ziehen. In sechs Behandlungsfällen konnten Traumata und Tumoren als nicht endodontische Ursache für die Entfernung des wurzelkanalbehandelten Zahnes nachgewiesen werden.

Von den 98 durchgeführten relativen Misserfolgskorrekturen kam es bei 17,64 % der Fälle im Untersuchungszeitraum dieser Studie zu einem erneuten Misserfolg, der die Notwendigkeit einer weiteren Therapie erforderlich machte. Bei der Wurzelspitzenresektion war in 2,5 % und bei der Revision in 6,24 % der Fälle eine erneute Therapie in Form einer Extraktion oder Wurzelspitzenresektion indiziert. Die Revision kam nicht als zweite Korrektur eines Misserfolges zum Einsatz (vgl. Tabelle 10, S. 50).

5.5 Schlussfolgerungen

Durch diese Studie wird die Eignung einer Wurzelkanalbehandlung als sinnvolle Therapie zum Erhalt der natürlichen Zähne bestätigt.

Die Therapie eines Misserfolges nach primärer Wurzelkanalfüllung erfolgte in über 90 % der Fälle innerhalb des ersten Jahres. Von den relativen Misserfolgen zeigten 17,6 % in dem Zeitraum 2005 bis 2011 einen zweiten Misserfolg.

Es wurde festgestellt, dass die Überlebenswahrscheinlichkeit von den an der Universitätsmedizin Rostock wurzelkanalbehandelten Zähnen bis zum vierten Jahr mit der in anderen Studien weitestgehend übereinstimmt. Vor allem große Studien der Krankenkassen zeigen annähernd gleiche Ergebnisse und bestärken die Aussagekraft dieser Untersuchung. Ab dem fünften Jahr sind jedoch deutliche Abweichungen zu anderen Studien zu erkennen.

Als Ursache für die abweichenden Ergebnisse ab dem fünften Jahr könnte die Spezialisierung in Betracht kommen, sodass die Durchführung einer Wurzelkanalbehandlung durch einen Spezialisten empfehlenswert ist.

Ein Ergebnis dieser Untersuchung ist jedenfalls, dass Wurzelkanalbehandlungen an Unterkieferzähnen, die in 2-4 Sitzungen mit Beteiligung eines approbierten Zahnarztes erfolgten, die besten Erfolgsaussichten hatten. Dabei hing die Wahl der Therapie nach endodontischem Misserfolg maßgeblich von dem Alter des Patienten ab. Bei jüngeren Patienten erfolgte statistisch signifikant häufiger eine relative Misserfolgskorrektur, bei älteren Patienten wurde der Zahnentfernung der Vorrang gewährt.

Allerdings wäre eine weiterführende Überprüfung der Ursachen für die Abweichungen ab dem fünften Jahr wünschenswert. Dafür müsste die Indikation für die Wurzelspitzenresektion und Revision ermittelt werden, sowie eine detaillierte Differenzierung der Ursachen für eine Extraktion erfolgen. Ergänzend wäre eine qualitative Untersuchung aller Wurzelkanalfüllungen sinnvoll, sowie die Beurteilung der periapikalen Läsion nach einer festgelegten Heilungszeit, die nach geltenden Leitlinien mindestens vier Jahre betragen sollte.

6. Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Studie war die Ermittlung der Überlebenswahrscheinlichkeit von Zähnen, die an der Universitätsmedizin Rostock in dem Zeitraum vom 01. Januar 2005 bis 31. Dezember 2011 wurzelkanalbehandelt wurden und deren Vergleich mit den Ergebnissen anderer nationaler und internationaler Studien. Dabei wurde zwischen der absoluten und der relativen Misserfolgskorrektur unterschieden. Die absolute Misserfolgskorrektur erfasste die Zahntentfernung und die relative Misserfolgskorrektur die Wurzelspitzenresektion und Revision. Die Erfolgsquote wurde differenziert nach Geschlecht und Alter des Patienten, Lokalisation des Zahnes, Zahnvitalität, Anzahl der Sitzungen und Ausbildungsstand des Behandlers dargestellt. Zur weiteren Analyse wurde eine qualitative Bewertung der wurzelbehandelten Zähne mit eingetretenem Misserfolg anhand von Röntgenbildern zum Zeitpunkt der Wurzelkanalfüllung vorgenommen.

Die Daten für die Bestimmung der Überlebenswahrscheinlichkeit wurden aus dem Abrechnungsprogramm „Chremasoft“ der Universitätsmedizin Rostock gewonnen, welches eine Darstellung der Wurzelkanalbehandlungen für den Zeitraum vom 01. Januar 2005 bis 31. Dezember 2011 beinhaltet. Es wurden die Zähne herausgefiltert, die einen nachvollziehbaren nicht chirurgischen Behandlungsverlauf aufwiesen und bei denen der Beginn als auch das Ende der Wurzelkanalbehandlung feststellbar waren.

Für die statistische Analyse wurde die Kaplan-Meier-Methode angewendet. Zur Verifizierung der statistischen Relevanz wurde ein Log-Rank-Test durchgeführt und das Signifikanzniveau α auf 5 % festgelegt.

Es wurde bei Betrachtung des Verlustes eines wurzelkanalbehandelten Zahnes eine kumulative Überlebensrate von 95 % nach einem Jahr, 92 % nach zwei Jahren, 89 % nach drei Jahren, 87 % nach vier Jahren, 81 % nach fünf Jahren und 78 % nach sechs Jahren festgestellt.

Wurden die Wurzelspitzenresektion und Revision als Therapie des Misserfolgs betrachtet, ergab sich ausweislich der Kaplan-Meier-Überlebenskurve eine kumulative Überlebensrate von 96 % nach einem Jahr, von 94 % nach zwei Jahren, von 92 % nach drei Jahren, von 90 % nach vier Jahren, von 89 % nach fünf Jahren und von 84 % nach sechs Jahren.

Der Vergleich der durch diese Studie für die Universität Rostock ermittelten Ergebnisse mit denen in nationaler und internationaler Literatur ermittelten, zeigt, dass in den ersten vier

Jahren die Überlebenswahrscheinlichkeiten nahezu übereinstimmt. Ab dem fünften Jahr sind allerdings Abweichungen erkennbar.

Die Spezialisierung des Behandlers hat sich als beeinflussender Parameter für die Überlebenswahrscheinlichkeit eines wurzelkanalbehandelten Zahnes herauskristallisiert. So zeigt sich, dass die Abweichungen der in der Universität ermittelten Ergebnisse zu Studien, in denen die Wurzelkanalbehandlung von einem Spezialisten erfolgte, am bedeutendsten sind. Als Grund für die langfristig besseren Ergebnisse von wurzelkanalbehandelten Zähnen durch einen Spezialisten kann die Routine und Ausstattung der Spezialisten angesehen werden, die eine bessere Qualität vermuten lässt.

Die Untersuchung der Parameter mittels Log-Rank-Test zeigte, dass unabhängig von der gewählten Misserfolgsdefinition weder das Geschlecht der Patienten noch der Zahntyp und die Zahnvitalität einen Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit eines wurzelkanalbehandelten Zahnes hatten.

Festgehalten werden kann, dass Zahnentfernungen häufiger bei älteren Patienten durchgeführt wurden. Die relativen Misserfolgskorrekturen wurden hingegen häufiger bei Patienten < 70 Jahren durchgeführt. Wurzelspitzenresektionen und Revisionen erfolgten häufiger an Oberkieferzähnen, was in der komplizierten Wurzelkanalanatomie von Oberkieferseitenzähnen begründet sein dürfte. Behandlungen in nur einer Sitzung hatten häufiger eine relative Misserfolgskorrektur zur Folge als Behandlungen in mehr als einer Sitzung. Bei Behandlungen in zwei bis vier Sitzungen waren am wenigsten relative Misserfolgskorrekturen erforderlich. Eine unzureichende Desinfektion des Kanalsystems bei Behandlungen in einer Sitzung oder eine unzureichende Qualität aufgrund zeitlicher Limitation sind als Ursache denkbar. Wurzelkanalbehandlungen, die alleine von Studenten durchgeführt wurden, erforderten ebenfalls häufig relative Misserfolgskorrekturen, besonders in Form von Revisionen, wodurch auf eine mangelnde Qualität geschlossen werden kann.

7. Literaturverzeichnis

1. Jordan AR und Micheelis W (Hrsg). Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V). Institut der Deutschen Zahnärzte im Auftrag von Bundeszahnärztekammer und Kassenzahnärztlicher Bundesvereinigung. Deutscher Ärzteverlag. 2016
2. Ahlberg KF, Rowe AHR, Pitt Ford TR, Leigh B, Stock JR. Consensus report of the European Society of Endodontology on quality guidelines for endodontic treatment. *Int Endod J*. 1994;27:115–124
3. European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: Consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J*. 2006;39(12):921–930
4. Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung. KZBV Jahrbuch 2011. Berlin; 2011
5. Baumann MA. Endodontie: Rückblick und Ausblick. *J Endod*. 2002;1:6-16
6. Pricker T. Qualitätsrichtlinien endodontischer Behandlung: Konsenspapier der Europäischen Gesellschaft für Endodontologie. *Endodontie 2004*. 2004;271–284
7. Appel C und Geurtsen W. Anfänge und Geschichte der DG Endodontie und zahnärztliche Traumatologie e.V. <http://www.dget.de/de/dget/geschichte/geschichte.htm>. 22.07.2016
8. DGET. <http://www.erhaltedeinenzahn.de/>. 2016, 25.08.2016
9. Sinha M und Marxkors R. Beiträge zur Qualitätssicherung in der Zahnmedizin: Teil 1: Qualität und Wirtschaftlichkeit in der zahnmedizinischen Versorgung. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Gesundheit; Bandnr. 18. Baden-Baden: Nomos-Verl.-Ges; 1993
10. Rädel M, Hartmann A, Bohm S, Walter M. Barmer GEK Zahnreport 2014: Asgard Verlagsserie GmbH, Berlin; 2014
11. Geurtsen W, Heidemann D, Löst C, Petschelt A, Raab W, Schäfer E, Hickel R, Weiger R. Zur Prognose von Wurzelkanalbehandlungen; *Dtsch Zahnarztl Z*. 2000;56:1-4
12. Reit C und Grondahl HG. Application of statistical decision theory to radiographic diagnosis of endodontically treated teeth. *Scand J Dent Res*. 1983;91:213–218
13. Orstavik D, Kerekes K, Eriksen HM. The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Endod Dent Traumatol*. 1986;2:20–34
14. Pekruhn RB. The incidence of failure following single-visit endodontic therapy. *J Endod*. 1986;12:68–72
15. Balto H, Al Khalifah S, Al Mugairin S, Al Deeb M, Al-Madi E. Technical quality of root fillings performed by undergraduate students in Saudi Arabia. *Int Endod J*. 2010;43:292–300
16. Barrieshi-Nusair KM, Al-Omari MA, Al-Hiyasat AS. Radiographic technical quality of root canal treatment performed by dental students at the Dental Teaching Center in Jordan. *J Dent*. 2004;32:301–307
17. Benenati FW und Khajotia SS. A radiographic recall evaluation of 894 endodontic cases treated in a dental school setting. *J Endod*. 2002;28:391–395

18. Eleftheriadis GI und Lambrianidis TP. Technical quality of root canal treatment and detection of iatrogenic errors in an undergraduate dental clinic. *Int Endod J.* 2005;38:725–734
19. Er O, Sagsen B, Maden M, Cinar S, Kahraman Y. Radiographic technical quality of root fillings performed by dental students in Turkey. *Int Endod J.* 2006;39:867–872
20. Frisk F, Hugoson A, Hakeberg M. Technical quality of root fillings and periapical status in root filled teeth in Jönköping, Sweden. *Int Endod J.* 2008;41:958–968
21. Lynch CD und Burke FM. Quality of root canal fillings performed by undergraduate dental students on single-rooted teeth. *Eur J Dent Educ.* 2006;10:67–72
22. Moussa-Badran S, Roy B, Du Bessart 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
23. Moor RJ de, Hommez GM, Boever JG de, Delme KI, Martens GE. Periapical health related to the quality of root canal treatment in a Belgian population. *Int Endod J.* 2000;33:113–120
24. Pettigrew LK, Jauhar S, Lynch CD, Savarrio L, Carrotte P, Hannigan A. An audit of the quality of root canal treatments performed by undergraduate dental students on single-rooted teeth in Glasgow dental hospital and school. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2007;15:72–76
25. Fritz UB und Kerschbaum T. Langzeitverweildauer wurzelkanalgefüllter Zähne. *Dtsch Zahnarztl Z.* 1999;54:262–264
26. Parchami S. Der Einfluss verschiedener Parameter auf den klinischen Langzeiterfolg von Wurzelfüllungen am Zentrum für ZMK der Philipps-Universität Marburg als Beitrag zur internen Qualitätssicherung. <https://archiv.ub.uni-marburg.de/diss/z2011/0223/>. 2011, 14.3.2014
27. Rocke H, Kerschbaum T, Fehn C. Zur Verweildauer wurzelkanalbehandelter Zähne. *Dtsch Zahnarztl Z.* 1997;52:783–786
28. Teeuwen R. Umgang mit Extraktionen bei Studien zur endodontischen Behandlung: Literaturdurchsicht wirft Fragen auf. *Forum für Zahnheilkunde.* 2013;114:22–26
29. Lazarski MP, Walker III WA, 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
30. Dammaschke T, Steven D, Kaup M, Ott K. Long-term Survival of Root-canal-treated Teeth: A Retrospective Study Over 10 Years. *J Endod.* 2003;29:638–643
31. Alley BS, Gray Kitchens G, 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
32. Aquilino SA und Caplan DJ. Relationship between crown placement and the survival of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent.* 2002;87:256–263

33. Chen S, Chueh L, Hsiao CK, Tsai M, Ho S, Chiang C. An Epidemiologic Study of Tooth Retention After Nonsurgical Endodontic Treatment in a Large Population in Taiwan. *J Endod.* 2007;33:226–229
34. Lumley PJ, Lucarotti PSK, Burke FJT. Ten-year outcome of root fillings in the General Dental Services in England and Wales. *Int Endod J.* 2008;41:577–585
35. Sjögren U, Hägglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors Affecting the Long-term Results of Endodontic Treatment. *J Endod.* 1990;10:498–504
36. Cheung GSP. Survival of first-time nonsurgical root canal treatment performed in a dental teaching hospital. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod.* 2002;93:596–604
37. Field JW, Gutmann JL, Solomon ES, Rakusin H. A clinical radiographic retrospective assessment of the success rate of single-visit root canal treatment. *Int Endod J.* 2004;37:70–82
38. Lee AHC, Cheung GSP, Wong MCM. Long-term outcome of primary non-surgical root canal treatment. *Clin Oral Invest.* 2012;16:1607–1617
39. Adebayo ET, Ahaji LE, Nnachetta RN, Nwankwo O, Akabogu-Okpeseyi N, Yaya M, Hussain NA. Technical quality of root canal fillings done in a Nigerian general dental clinic. *BMC Oral Health.* 2012;12:42–47
40. Shakiba B, Hamedy R, Pak JG, Barbizam JV, Ogawa R, White SN. Influence of increased patient age on longitudinal outcomes of root canal treatment: a systematic review. *Gerodontology.* 2016;34(1):101–109
41. Tilashalski KR, Gilbert GH, Boykin MJ, Shelton BJ. Root canal treatment in a population-based adult sample: differences in patient factors and types of teeth treated between endodontists and general dentists. *Community Dent Health.* 2006;23:21–25
42. Weiger R, Rosendahl R, Löst C. Influence of calcium hydroxide intracanal dressings on the prognosis of teeth with endodontically induced periapical lesions. *Int Endod J.* 2000;33:219–226
43. Friedman S, Abitbol S, Lawrence HP. Treatment Outcome in Endodontics: The Toronto Study. Phase 1: Initial Treatment. *J Endod.* 2003;29:787–793
44. Chugal NM, Jonathan MC, Spångberg LSW. A prognostic model for assessment of the outcome of endodontic treatment: Effect of biologic and diagnostic variables. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod.* 2001;91:342–352
45. Kojima K, Inamoto K, Nagamatsu K, Hara A, Nakata K, Morita I, Nakagaki H, Nakamura H. Success rate of endodontic treatment of teeth with vital and nonvital pulps. A meta-analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod.* 2004;97:95–99
46. 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
47. Hoskinson SE, Ng Y, Hoskinson AE, Moles D, Gulabivala K. A retrospective comparison of outcome of root canal treatment using two different protocols. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod.* 2002;93:705–715

48. Smith CS, Setchell DJ, Harty FJ. Factors influencing the success of conventional root canal therapy-a five-year retrospective study. *Int Endod J.* 1993;26:321–333
49. Dechevigny C, Dao T, Basrani B, Marquis V, Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment Outcome in Endodontics: The Toronto Study-Phases 3 and 4: Orthograde Retreatment. *J Endod.* 2008;34:131-137
50. Cheung GSP und Chan TK. Long-term survival of primary root canal treatment carried out in a dental teaching hospital. *Int Endod J.* 2003;36:117–128
51. Basmadjian-Charles CL, Farge P, Bourgeois DM. Factors influencing the longterm results of endodontic treatment: a review of the literature. *Int Dent J.* 2002;52:81–86
52. Dorn SO und Gartner AH. Case Selection and Treatment Planning. *Pathway of the Pulp.* 1976;6:60–76.
53. Kvist T, Molander A, Dahlen G, Reit C. Microbiological Evaluation of One- and Two-Visit Endodontic Treatment of Teeth with Apical Periodontitis: A Randomized, Clinical Trial. *J Endod.* 2004;30:572–576
54. Shuping GB, Ørstavik D, Sigurdsson A, Trope M. Reduction of Intracanal Bacteria Using Nickel-Titanium Rotary Instrumentation and Various Medications. *J Endod.* 2000;26:751–755
55. DiRenzo A, Gresla T, Johnson BR, Rogers M, Tucker D, BeGole EA. Postoperative pain after 1- and 2-visit root canal therapy. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod.* 2002;93:605–610
56. Rao KN, Kandaswamy R, Umashetty G, Rathore VPS, Hotkar C, Patil SP. Post-Obturation pain following one-visit and two-visit root canal treatment in necrotic anterior teeth. *J Int Oral Health.* 2014;6:28-32
57. Raju TBG, Seshadri A, Vamsipavani B, Abhilash K, Subhash AV, Kumari KVH. Evaluation of Pain in Single and Multi Rooted Teeth Treated in Single Visit Endodontic Therapy. *J Int Oral Health.* 2014;6:27–32
58. 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
59. Halse A und Molven O. Overextended gutta-percha and Kloroperka N-O root canal fillings: Radiographic findings after 10-17 years. *Acta Odontol Scand.* 1987;45:171–177
60. Dummer PM, McGinn JH, Rees DG. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. *Int Endod J.* 1984;17:192–198
61. Green D. Stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod.* 1960;13:728–733
62. Kuttler Y. Microscopic investigation of root apices. *J Indiana Dent Assoc.* 2010;89:20-28
63. Hör D, Rödiger T, Hülsmann M. Probleme bei der Bestimmung der endodontischen Arbeitslänge. In: Probleme in der Endodontie. Hrsg: Hülsmann M, Edgar S. *Quintessenz Verlags-GmbH*, Berlin. 2008; S.215-222

64. Hellwig E, Klimek J, Attin T. Einführung in die Zahnerhaltung: Prüfungswissen Kariologie, Endodontologie und Parodontologie. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag; 2009; Auflage 5: S.352
65. McDonald N. The electronic determination of working length. *Dent Clin North Am.* 1992;36:293–307
66. Voß A, Heidemann D, Raab W, Schäfer E, Petschelt A, Hülsmann M, Weiger R. Die Bestimmung der endodontischen Arbeitslänge. *Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK)*. 2004;
67. Brüllmann D. Endometrische Längenbestimmung - Messaufnahmen in Zeiten der digitalen Endometrie. *Digital Dentalnews*. 2008;2:52–55
68. Appel C. Die endodontische Arbeitslänge - zwischen Wissenschaft und Tradition. *Endodontie*. 2008;17(4):375–381
69. Voss A. Die Längenbestimmung des Wurzelkanals unter besonderer Berücksichtigung der elektrischen Verfahren; Habilitationsschrift, Universität Erlangen-Nürnberg, 1989; S.1-12
70. Pahncke D. Der zahnmedizinische Behandlungsstandard in der Endodontie: Gutachterschulung der Zahnärztekammer MV. Rostock; 2015
71. Pratten DH und McDonald NJ. Comparison of radiographic and electronic working lengths. *J Endod.* 1996;22:173–176
72. Pommer O. In-vitro-Vergleich der Wurzelkanallängenbestimmung mit Hilfe der Endometrie und der Röntgenmessaufnahme. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2001;111:1165–1170
73. Tchorz JP, Ganter PA, Woelber JP, Stampf S, Hellwig E, Altenburger MJ. Evaluation of an improved endodontic teaching model: do preclinical exercises have an influence on the technical quality of root canal treatments. *Int Endod J.* 2014;47:410–415
74. Cox VS, Brown CE, JR, Bricker SL, Newton CW. Radiographic interpretation of endodontic file length. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod.* 1991;72:340–344
75. Hülsmann M, Schäfer E, Petschelt A, Raab W, Weiger R. Good clinical practice: Die Wurzelkanalbehandlung. Stellungnahme der DGZ und DGZMK. *Dtsch Zahnärztl Z.* 2013;68 (12):754-757
76. Liang Y, Li G, Shemesh H, Wesselink PR, Wu M. The association between complete absence of post-treatment periapical lesion and quality of root canal filling. *Clin Oral Invest.* 2012;16(6):1619–1626
77. Buckley M und Spångberg LSW. The prevalence and technical quality of endodontic treatment in an American subpopulation. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod.* 1995;79:92–100
78. Kunkel H und Hülsmann M. Leitlinie Wurzelspitzenresektion. 2008
http://www.dgzmk.de/uploads/tx_szdgzmkdocuments/wsrlang.pdf , 25.03.2015

79. Hülsmann M, Weiger R, Heidemann D, Petschelt A, Raab W, Schäfer E. Revision einer Wurzelkanalbehandlung. Wissenschaftliche Stellungnahme der DGZMK. *Dtsch Zahnarztl Z.* 2004;59
80. Bundesausschuss für Zahnärzte. Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses für eine ausreichende, zweckmäßige und wirtschaftliche vertragszahnärztliche Versorgung (Behandlungsrichtlinie). Bundesanzeiger. 2006;4466 BAnz.Nr. 63 (S. 2289) vom 30.03.2006
81. Hevesi D und Meier P. Statistician Who Revolutionized Medical Trials, Dies at 87. *The New York Times.* 2011; A18
82. Krentz H. Statistische Analysen mit SPSS in der Medizin. Band 2: Schließende statistische Analysen. Shaker, Aachen; 2008
83. Ziegler A, Lange S, Bender R. Überlebenszeitanalyse: Eigenschaften und Kaplan-Meier Methode. *Dtsch. Med. Wochenschr.* 2007;132:36–38
84. Kundt G und Krentz H. Epidemiologie und medizinische Biometrie: Eine kurzgefasste übersichtliche Einführung mit Prüfungsfragen und Übungsaufgaben. Berichte aus der Statistik. Aachen: Shaker; 2013
85. Schäfer E, Hickel R, Geurtsen W, Heidemann D, Löst C, Petschelt A, Raab W. Wurzelkanalaufbereitungen. Gemeinsame Stellungnahme der DGZMK und der DGZ. *Dtsch Zahnarztl Z.* 2000;55: 719-721
86. Testori T, Capelli M, Milani S, Weinstein RL. Success and failure in periradicular surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Path Oral Radiol Endod.* 1999;87:493–498
87. Caplan DJ, Cai J, Yin G, White BA. Root canal filled versus non-root canal filled teeth: a retrospective comparison of survival times. *J Public Health Dent.* 2005;65:90–96
88. Salehrabi R und Rotstein I. Endodontic treatment outcomes in a large patient population in the USA: an epidemiological study. *J Endod.* 2004;30:846–850
89. Brauckhoff G, Kocher T, Holtfreter B, Bernhardt O, Splieth C, Biffar R, Saß A. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Robert Koch-Institut, Berlin; 2009; Heft 47:17
90. Mejäre I, Stenlund H, Zelezny-Holmlund C. Caries incidence and lesion progression from adolescence to young adulthood: a prospective 15-year cohort study in Sweden. *Caries Res.* 2004;38:130–141
91. Glockmann E, Panzner KD, Huhn P, Sigusch BW, Glockmann K. „Ursachen des Zahnverlustes in Deutschland“ – Dokumentation einer bundesweiten Erhebung. *IDZ-Information.* 2007;2: 17-18
92. Weiger R, Hitzler S, Hermle G, Löst C. Periapical status, quality of root canal fillings and estimated endodontic treatment needs in an urban German population. *Endod Dent Traumatol.* 1997;13(2):69–74
93. Huhn C und Koch JH. Erfolgreiche Arbeitsteilung in der Endodontie - Ein Konzept für die Praxis. Hrsg: Heidemann D. *Deutscher Zahnärzte Kalender.* Deutscher Zahnärzte Verlag Köln 2004

94. Bergenholtz G. Micro-organisms from necrotic pulp of traumatized teeth. *Odontol Revy.* 1974;25:347–358
95. Fleming CH, Litaker MS, Alley LW, Eleazer PD. Comparison of Classic Endodontic Techniques versus Contemporary Techniques on Endodontic Treatment Success. *Journal of Endod.* 2010;36:414–418
96. Travassos RM, Caldas A, Albuquerque DS. Cohort study of endodontic therapy success. *Braz Dent J.* 2003;14:109–113

8. Anhang

Tabelle 17: Ergebnisse der Auswertung der Röntgenbilder der endodontischen Misserfolge

Patient	Zahn	ME	Behandler	Länge	Hohlräume	PRI	Besonderheiten
10243	16	X	A	zu kurz	homogen	5	
10294	23	X	S	regelrecht	homogen	5	
10401	15	R	S	zu kurz	inhomogen	4	
10401	41	R	S	zu kurz	inhomogen	4	
10405	34	X	S	regelrecht	homogen	4	
10505	13	R	A	zu kurz	homogen	2	
11052	32	R	A	zu lang	homogen	5	
11052	41	X	A	zu lang	homogen	4	
11133	25	OST	A	zu kurz	homogen	2	
11790	34	X	A	regelrecht	inhomogen	4	
12070	26	OST	A	regelrecht	homogen	5	Fraktur
12129	46	OST	A	zu kurz	inhomogen	1	
12277	14	X	A	zu kurz	homogen	5	
12498	45	X	A	regelrecht	homogen	4	
12889	15	X	A	regelrecht	homogen	2	
12897	27	R	A	regelrecht	homogen	2	
13437	45	X	A	regelrecht	homogen	2	
13455	23	X	A	zu kurz	homogen	4	
13509	44	X	A	zu lang	homogen	5	
13544	47	R	A	zu kurz	inhomogen	5	
13925	33	X	A	regelrecht	homogen	5	
13959	14	X	A	zu lang	homogen	1	Fraktur
14453	45	OST	A	regelrecht	homogen	1	
14546	34	OST	A	regelrecht	inhomogen	5	
14892	13	X	S	regelrecht	homogen	2	
15057	44	X	S	regelrecht	homogen	3	
15617	23	R	A	regelrecht	homogen	3	
15822	47	X	A	zu kurz	homogen	2	
16187	18	X	A	zu kurz	inhomogen	5	
17828	13	WSR	A	regelrecht	homogen	5	
17866	21	X	A	zu kurz	inhomogen	4	
17882	14	X	A	zu lang	inhomogen	3	
18177	44	X	A	zu lang	homogen	2	
18663	26	R	A	zu lang	homogen	5	
18936	21	R	A	zu lang	homogen	2	
20781	12	X	A	zu lang	homogen	3	
20797	42	X	A	zu kurz	homogen	4	
21750	24	WSR	A	regelrecht	homogen	3	
21859	14	R	A	regelrecht	inhomogen	5	
21933	24	X	A	zu lang	homogen	2	
22179	17	X	A	zu kurz	homogen	2	

23157	14	WSR	A	regelrecht	inhomogen	5	
23889	15	OST	S	zu kurz	inhomogen	4	
24047	43	X	A	regelrecht	homogen	4	
24047	45	X	A	regelrecht	homogen	4	
24645	46	WSR	A	zu kurz	homogen	5	
25575	47	X	A	zu kurz	inhomogen	2	
26045	14	WSR	A	regelrecht	homogen	5	
26153	44	R	A	regelrecht	homogen	5	
26153	47	X	A	zu lang	homogen	5	
26175	12	X	A	zu lang	homogen	2	
26605	35	WSR	A	regelrecht	homogen	5	
27794	46	X	A	zu kurz	homogen	5	
28172	12	R	A	zu lang	homogen	3	Perforation
29895	33	X	A	zu lang	homogen	3	
30266	47	OST	A	zu kurz	homogen	5	
30455	16	WSR	A	zu lang	inhomogen	2	
30868	12	X	A	regelrecht	homogen	5	
30868	13	X	A	regelrecht	homogen	5	
33606	45	X	A	zu lang	homogen	2	
34935	17	OST	A	zu kurz	inhomogen	3	
36789	35	R	A	regelrecht	homogen	4	
39582	37	R	A	regelrecht	homogen	4	
40261	23	OST	A	regelrecht	homogen	2	
42059	13	X	S	zu kurz	inhomogen	3	
42556	13	X	A	zu lang	homogen	4	
43650	14	X	A	zu lang	homogen	5	
45113	35	WSR	A	zu lang	homogen	5	
45306	41	R	A	zu lang	homogen	5	
45306	42	WSR	A	zu kurz	homogen	5	
48504	43	X	A	regelrecht	homogen	2	
48787	21	X	A S	regelrecht	homogen	5	
49980	23	X	A	zu lang	homogen	2	
50400	15	X	A	regelrecht	homogen	5	
50439	11	WSR	S	regelrecht	homogen	1	
50670	15	R	A	regelrecht	inhomogen	1	
52470	12	X	A	zu lang	homogen	3	
53592	41	WSR	A	regelrecht	homogen	5	
56419	46	X	A	zu kurz	homogen	2	
56946	26	WSR	S	zu kurz	homogen	2	
56946	27	X	S	zu kurz	homogen	2	
57273	15	R	A	regelrecht	inhomogen	4	
58771	16	WSR	A	zu kurz	inhomogen	4	
60273	26	WSR	S	regelrecht	homogen	4	
61556	21	X	A	regelrecht	inhomogen	4	
62693	37	OST	S	zu kurz	homogen	3	

63212	35	X	A	regelrecht	homogen	2	
65274	37	X	A	zu lang	inhomogen	1	
66174	23	X	A	zu lang	homogen	1	
66174	34	R	A	zu lang	homogen	5	
66174	44	OST	A	zu lang	homogen	1	
66825	31	X	A	zu lang	inhomogen	5	Tumor
66825	32	X	A	zu lang	inhomogen	5	Tumor
66825	41	X	A	zu lang	inhomogen	5	Tumor
66825	42	X	A	zu lang	inhomogen	5	Tumor
67043	26	WSR	S	zu lang	homogen	5	
68308	17	R	A	zu kurz	homogen	4	
70083	22	WSR	S	zu kurz	inhomogen	5	
70476	46	R	A	zu kurz	homogen	5	
70840	47	X	A	zu lang	homogen	5	
71716	26	WSR	A	zu lang	homogen	2	
71752	14	WSR	A	zu kurz	homogen	4	
72553	15	WSR	A	zu kurz	inhomogen	4	
73432	25	X	A	regelrecht	homogen	4	
76196	47	X	S	zu lang	homogen	4	
76229	12	X	A	zu kurz	homogen	4	
76229	22	X	A	regelrecht	homogen	4	
76505	38	X	S	zu kurz	homogen	5	
76769	25	X	A	regelrecht	homogen	5	
77102	25	WSR	A S	regelrecht	homogen	4	
77767	14	X	A	zu kurz	inhomogen	4	
78120	26	X	S	zu kurz	homogen	5	
78720	16	WSR	A	regelrecht	inhomogen	4	
79211	36	OST	S	regelrecht	homogen	2	
79526	21	X	A	zu lang	homogen	4	
80158	48	X	S	zu kurz	homogen	4	
81230	24	OST	A	regelrecht	homogen	5	
81488	46	WSR	A	zu kurz	homogen	5	
81541	46	WSR	A	zu lang	homogen	5	
82288	16	X	A	zu kurz	homogen	4	
82316	46	R	S	zu kurz	inhomogen	5	
82576	21	R	A	zu lang	homogen	4	
82811	26	WSR	A	zu kurz	inhomogen	3	Perforation
82974	23	R	A	zu kurz	homogen	5	
83116	26	OST	A	regelrecht	homogen	4	
83117	14	WSR	S	zu kurz	homogen	5	
83264	46	R	S	zu kurz	homogen	2	
83642	43	OST	A	regelrecht	homogen	5	
83650	22	WSR	A	zu lang	inhomogen	5	
83670	11	R	A	regelrecht	homogen	3	
83941	16	X	A	regelrecht	inhomogen	4	

84303	36	X	S	regelrecht	homogen	5	
84338	45	X	S A	regelrecht	homogen	4	
84359	46	R	A	zu kurz	inhomogen	5	
84385	37	R	A	zu lang	inhomogen	4	
84421	46	WSR	S	zu kurz	inhomogen	5	
84572	22	WSR	A	regelrecht	homogen	5	
84616	26	X	S A	zu kurz	inhomogen	5	
84696	15	X	A	zu kurz	inhomogen	4	
84696	43	X	A	regelrecht	homogen	5	
84696	44	X	A	regelrecht	homogen	4	
84788	16	X	A	zu kurz	homogen	5	
84827	26	WSR	A	regelrecht	homogen	4	
85113	46	WSR	A	regelrecht	homogen	5	
85196	38	X	A	zu lang	homogen	4	
85518	16	X	A S	zu lang	homogen	4	
85582	13	WSR	A	regelrecht	homogen	2	
85682	16	WSR	S	zu kurz	homogen	5	
85812	33	WSR	A	zu lang	homogen	5	
85848	14	X	A	regelrecht	homogen	4	Fraktur
86319	23	X	S	regelrecht	homogen	4	
86388	15	WSR	A	zu lang	homogen	5	
86773	26	X	A	regelrecht	homogen	4	
87107	47	WSR	A	zu kurz	homogen	2	
87109	17	X	A	zu kurz	inhomogen	5	
87153	44	X	A	zu kurz	homogen	5	
87240	25	X	A	regelrecht	homogen	5	
87353	35	OST	A	regelrecht	homogen	2	
87485	47	OST	A	regelrecht	inhomogen	2	
87872	36	X	A	zu kurz	inhomogen	5	
87895	25	R	S	zu kurz	homogen	4	
88106	31	X	A	regelrecht	inhomogen	4	
88106	32	X	A	zu kurz	homogen	4	
88530	47	R	A	zu kurz	inhomogen	5	
88627	34	OST	A	zu kurz	inhomogen	4	
88949	38	OST	S	zu kurz	homogen	4	
89317	21	WSR	A	zu kurz	homogen	5	
89426	37	OST	S A	zu kurz	homogen	5	
89765	26	R	A S	regelrecht	inhomogen	2	
89801	11	X	A	regelrecht	homogen	2	Trauma
90018	21	OST	A	regelrecht	inhomogen	1	Trauma
90274	35	X	S	zu kurz	homogen	4	
90427	44	X	S	regelrecht	homogen	4	
90429	16	X	A	zu kurz	homogen	4	
90674	12	X	A	zu lang	homogen	4	
90716	25	R	A	regelrecht	homogen	4	

91249	13	X	A S	zu kurz	homogen	5	
91324	26	R	S	regelrecht	homogen	4	
91488	12	R	A	zu lang	homogen	4	
91924	14	OST	S	zu kurz	inhomogen	5	
92013	23	X	A	regelrecht	homogen	2	
92716	14	X	A	zu kurz	homogen	2	
93195	44	OST	A	regelrecht	inhomogen	4	
93392	15	R	A	regelrecht	homogen	4	
93518	33	X	A	regelrecht	homogen	5	
93955	27	R	A S	regelrecht	homogen	4	
93990	26	R	S	zu kurz	inhomogen	4	
94027	36	R	S	regelrecht	homogen	5	
94087	12	X	S	regelrecht	homogen	4	
94487	36	WSR	A	zu kurz	homogen	5	
94554	45	WSR	S A	regelrecht	homogen	2	
94588	22	WSR	A	zu kurz	homogen	5	
95414	23	X	S	regelrecht	homogen	1	
95768	14	X	A	regelrecht	homogen	2	
95852	16	R	S	zu kurz	homogen	4	
95920	16	R	A	zu lang	homogen	4	
95920	26	X	A	regelrecht	inhomogen	2	
96148	36	OST	A S	regelrecht	homogen	1	
96148	46	OST	A S	zu kurz	inhomogen	4	
96821	15	WSR	A	regelrecht	homogen	4	
97010	13	R	S	zu kurz	inhomogen	4	

Tabelle 18: Übersicht der statistischen Relevanz erfolgsbeeinflussender Parameter entsprechend der gewählten Misserfolgskorrektur

erfolgs- beeinflussender Parameter	absolute Misserfolgskorrektur (X, OST)	relative Misserfolgskorrektur (WSR, R)	gesamte Misserfolgskorrekturen (X, OST, WSR, R)
Geschlecht	-	-	-
Alter: Altersgruppen	+	+	-
Durchschnittsalter	+	-	-
Zahntyp	-	-	-
Kieferlokalisation	-	+	+
Zahnvitalität	-	-	-
Anzahl der Sitzungen: 1 vs. >1	-	+	-
Gruppen	-	+	+
Ausbildungsstand des Behandler	-	+	+

Thesen

1. Der Erfolg von Wurzelkanalbehandlungen wird von vielen Faktoren beeinflusst, deren jeweilige Auswirkung auf das Gesamtergebnis bisher oftmals ungeklärt ist. Die Erfolgsrate verringert sich mit dem zeitlichen Abstand vom Operationstermin und erreicht nach mehr als fünf Jahren Werte von 80 bis 50 %. Erhebliche technologische und materielle Verbesserungen in den letzten Jahrzehnten konnten diese Dynamik kaum verbessern. Klinische Nachuntersuchungen sind nicht sehr zahlreich zu finden; sie unterscheiden sich zudem durch sehr unterschiedliches Design, Anzahl der Probanden und Untersuchungsdauer.
2. Die Aufgabe unserer Studie war die computergestützte Auswertung von an der Universitätsmedizin Rostock in den Jahren 2005 bis 2011 durchgeführten Wurzelkanalbehandlungen mit dem Ziel, die Misserfolgsrate in Abhängigkeit vom Kontrollzeitraum und verschiedenen Einflussfaktoren zu ermitteln. Dabei war zu unterscheiden zwischen absolutem Misserfolg durch Entfernung des betroffenen Zahnes oder Verbleib des Zahnes im Kiefer (relativer Misserfolg) bei erneuter Behandlung durch z.B. Revision oder WSR (Misserfolgskorrektur).
3. Im Untersuchungszeitraum wurden 4570 Zähne endodontisch behandelt, von denen für 2173 Zähne (47,55 %) ein kompletter Behandlungsablauf von der Diagnostik bis zur Wurzelfüllung vorlag.
4. Der Behandlungserfolg wurde als Überlebensfunktion der endodontisch behandelten Zähne nach Kaplan-Meier analysiert. Danach war die endodontische Primär-Therapie nach einem Jahr in 92 %, nach zwei Jahren in 87 %, nach drei Jahren in 82 %, nach vier Jahren in 78 %, nach fünf Jahren in 72 % und nach sechs Jahren in 63 % aller untersuchten Fälle erfolgreich. Mit Ausnahme des längsten Beobachtungszeitraumes korrelieren die Ergebnisse mit denen anderer Studien.
5. Insgesamt traten 243 endodontische Misserfolge auf (11,2 %), die in 59,7 % mit einer Zahnentfernung, in 20,6 % mit einer Wurzelspitzenresektion und in 19,8 % mit einer Revision therapiert wurden.
6. Die Auswertung der Röntgenbilder der nicht erfolgreichen Behandlungen zeigt nur bei 33,8 % dieser Zähne homogene Wurzelkanalfüllungen mit korrekter Länge.
7. Durch die zahnerhaltende Sekundär- und Tertiärtherapie der 98 relativen Misserfolge konnten davon 85 Zähne erhalten werden, so dass sich die Misserfolgsrate aller Behandlungen auf 7,27 % reduziert.

8. Die Überlebenswahrscheinlichkeit wurzelkanalbehandelter Zähne hing weder vom Ausbildungsstand des Behandlers (approbierter Zahnarzt vs. Student) noch vom Geschlecht oder Alter des Patienten ab.
9. Die Misserfolgsquote bei der Wurzelkanalbehandlung avitaler Zähne im Verhältnis zu vitalen Zähnen wies in der vorliegenden Studie im Gegensatz zu anderen Untersuchungen keine Unterschiede auf.
10. Wurzelkanalbehandlungen, die in 2-4 Sitzungen durchgeführt wurden, zeigten die besten Erfolgsraten.
11. Am häufigsten erfolgten Misserfolgskorrekturen im ersten Jahr nach einer Wurzelkanalfüllung.
12. Zur Korrektur von Misserfolgen endodontischer Behandlungen kamen bei jungen Patienten häufiger die Revision oder Wurzelspitzenresektion, bei Älteren hingegen die Extraktion zur Anwendung.
13. Wurzelkanalbehandlungen, die zu einem Misserfolg geführt hatten, wurden an Oberkieferzähnen häufiger revidiert oder reseziert als im Unterkiefer.
14. Fehlschläge bei Wurzelkanalbehandlungen können auch auf nicht-endodontische Ursachen zurückgehen, wie Traumata, Frakturen, Tumoren oder Perforationen. In unseren Untersuchungen bleibt unklar, in welchem Ausmaß technische Regeln und Vorschriften zur Durchführung prothetischer Weiterversorgungen die Zahl der als Misserfolg gewerteten Fälle beeinflusst haben.