

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie

der Universität Würzburg

Direktor: Prof. Dr. med. dent. Gabriel Krastl

**Erfolgsrate wurzelkanalgefüllter Zähne in Abhängigkeit von der
Obturationstechnik: Adhäsive Obturation mit Continuous-Wave-Technik versus
Single-Cone-Obturation mit silikonbasiertem oder epoxidharzbasiertem Sealer**

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Philipp Adler

aus Willebadessen

Würzburg, Oktober 2021

Referent: Prof. Dr. med. dent. G. Krastl

Koreferent: Prof. Dr. med. dent. M. Schmitter

Dekan: Prof. Dr. med. M. Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 16.03.2022

Der Promovend ist Zahnarzt

Meinen Eltern in großer Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Überblick.....	1
1.2	Obturationsmaterialien.....	1
1.3	Obturationsmethoden	3
1.4	Der endodontische Behandlungserfolg.....	5
1.5	Zielsetzung	6
2	Material und Methoden	8
2.1	Ethikvotum und Strahlenschutz	8
2.2	Studiendesign	8
2.3	Erhebung der Ausgangsdaten	8
2.3.1	Datenakquise und Sichtung des Patientenkollektivs	8
2.3.2	Radiologische Dokumentation	9
2.4	Patientenrekrutierung	10
2.5	Nachuntersuchung.....	12
2.5.1	Anamnese.....	12
2.5.2	Klinische und radiologische Befunderhebung.....	12
2.6	Auswertung der Ausgangsdaten und klinischen Befunde	14
2.7	Radiologische Auswertung	16
2.7.1	Bewertung der periapikalen Region.....	16
2.7.2	Bewertung der Qualität der Wurzelkanalfüllung.....	17
2.7.3	Sonstige radiologische Befunde	18
2.8	Der Behandlungsablauf	18
2.8.1	Adhäsive Obturation in Continuous-Wave-Technik	19
2.8.2	Single-Cone-Technik mit silikonbasiertem Sealer	21
2.8.3	Single-Cone-Technik mit epoxidharzbasiertem Sealer.....	21
2.8.4	Restorationen.....	22
2.9	Statistische Auswertung	22
3	Ergebnisse	24
3.1	Patientenkollektiv.....	24
3.1.1	Alters- und Geschlechterverteilung.....	24
3.1.2	Parodontaler Status	25
3.1.3	Sonstige patientenbezogene Daten.....	25

3.2	Deskriptive Analyse der endodontisch behandelten Zähne.....	26
3.2.1	Periapikaler Status.....	26
3.2.2	Verteilung der Zähne auf Kiefer und Zahngruppen.....	27
3.3	Erfolgsrate in Abhängigkeit von der Obturationsmethode	29
3.4	Einfluss der Obturationsmethode auf die Qualität der Wurzelkanalfüllung.....	30
3.4.1	Länge der Obturation	30
3.4.2	Homogenität der Obturation.....	31
3.4.3	Extrusion von Wurzelfüllmaterial.....	32
3.5	Einfluss der Qualität der Obturation auf den Behandlungserfolg.....	34
3.5.1	Länge der Obturation	34
3.5.2	Homogenität der Obturation.....	35
3.5.3	Extrusion von Wurzelfüllmaterial.....	36
3.6	Einfluss patientenbezogener Variablen auf den Behandlungserfolg	37
3.6.1	Metrische Variablen	37
3.6.2	Kategoriale Variablen.....	39
3.7	Einfluss zahnbezogener Variablen auf den Behandlungserfolg	41
3.7.1	Präoperative periapikale Läsion.....	41
3.7.2	Art und Qualität der Restauration	42
3.7.3	Endodontische Primärbehandlung und Wurzelkanalrevision.....	43
3.7.4	Parodontale Sondierungstiefe und Lockerungsgrad.....	44
3.7.5	Zahntyp	45
3.7.6	Diagnose.....	46
3.7.7	Kalibrierung und Interrater-Reliabilität	48
4	Diskussion.....	49
4.1	Studiendesign, Datenakquise und Stichprobenumfang.....	49
4.2	Klinische Untersuchung	51
4.3	Radiologische Untersuchung.....	53
4.4	Der Behandlungsablauf	56
4.5	Statistik	56
4.6	Diskussion der Ergebnisse	57
4.6.1	Allgemeine Erfolgsrate.....	57
4.6.2	Erfolgsrate in Abhängigkeit von der Obturationsmethode	57
4.6.3	Einfluss der Obturationsmethode auf die Qualität der Wurzelfüllung	61
4.6.4	Einfluss der Qualität der Obturation auf den Behandlungserfolg.....	64
4.6.5	Einfluss patientenbezogener Parameter.....	67

4.6.6	Einfluss der zahnbezogenen Parameter.....	74
4.6.7	Interrater Reliabilität.....	79
5	Zusammenfassung	81
5.1	Schlussfolgerungen	83

Anhang

I Abkürzungsverzeichnis

II Abbildungsverzeichnis

III Tabellenverzeichnis

IV Herstellerverzeichnis

V Patienteninformation, Einwilligungserklärung und Befundbogen

1 Einleitung

1.1 Überblick

Wurzelkanalbehandlungen zählen zu den am häufigsten durchgeführten konservierenden zahnärztlichen Eingriffen. Allein im Jahr 2018 wurden über 6,7 Millionen Wurzelkanalfüllungen über die deutschen Krankenkassen abgerechnet (Esser et al., 2019). 58 % der Deutschen besitzen mindestens einen wurzelbehandelten Zahn (Connert et al., 2019). Auch der Wunsch der Patientinnen und Patienten, die eigenen Zähne so lange wie möglich zu erhalten, unterstreicht den heutigen Stellenwert der Endodontie. Da die Therapieergebnisse jedoch häufig verbesserungswürdig sind (Connert et al., 2019; Laukkanen et al., 2021), ist die Optimierung der Qualität und der Erfolgsrate von Wurzelkanalfüllungen immer wieder Gegenstand der aktuellen Forschung. Mit dem Ziel, die Aufbereitung und den dichten Verschluss des Wurzelkanalsystems einerseits zu erleichtern und andererseits die Qualität und damit die Erfolgsaussichten der Therapie zu verbessern, sind in der Geschichte der Endodontie verschiedene Fülltechniken und -materialien entstanden. Ziel dieser Arbeit ist es, die adhäsive Obturation in Continuous-Wave-Technik mit Resilon® gegenüber der Single-Cone-Technik mit Guttapercha in Kombination mit einem silikonbasierten Sealer (GuttaFlow®) und einem epoxidharzbasierten Sealer (AH Plus®) bezüglich der klinischen Erfolgsraten zu untersuchen. Neben weiteren Einflussfaktoren des endodontischen Erfolgs soll auch die Bedeutung der systemischen Gesundheit der Patientinnen und Patienten betrachtet werden, da der aktuelle demographische Wandel den Anteil von älteren und zunehmend unter zahlreichen Erkrankungen leidenden Menschen in der Gesellschaft weiter erhöht (Berghofer et al., 2008; Katalinic et al., 2010).

1.2 Obturationsmaterialien

Nach erfolgter chemomechanischer Reinigung und Desinfektion ist für den langfristigen Erfolg der endodontischen Therapie eine vollständige und bakterien- sowie flüssigkeitsdichte Obturation des gesamten Wurzelkanalsystems erforderlich (Schilder, 1967; Friedman et al., 1995; Chandra, 2009; Tavares et al., 2009). Die von Bowman 1867 erstmals in der Endodontie verwendete Guttapercha wird den Anforderungen an ein Obturationsmaterial (u.a. Dimensionsstabilität, geringe Löslichkeit, Revidierbarkeit) aufgrund ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften in hohem Maße gerecht und gilt daher seit über einem Jahrhundert als Goldstandard der endodontischen Füllungsmaterialien

(Friedman et al., 1977; Grossman, 1987; Orstavik, 2005; Chandra, 2009). Bemerkenswert ist vor allem ihr thermoplastisches Verhalten und die damit verbundene Möglichkeit einer Obturation mit fließfähiger Guttapercha (Schilder et al., 1974a). Jedoch fehlt ihr die für ein Obturationsmaterial wünschenswerte Eigenschaft, einen dauerhaft festen Verbund zum Wurzelentin eingehen zu können. In Anlehnung an die Adhäsivtechnik der restaurativen Zahnheilkunde wurde daher das Material Resilon® (Resilon Research LLC, Madison, USA) entwickelt (Schwartz, 2006). Dieses synthetische, ebenfalls thermoplastische Polymer (Polycaprolacton) verfügt über ähnliche Eigenschaften wie Guttapercha und wird in Kombination mit einem selbstkonditionierenden und dual härtenden Sealer auf Methacrylatbasis angewendet (Lotfi et al., 2013) (siehe Kapitel 2.8.1). In Resilon® inkorporierte Dimethacrylat-Monomere ermöglichen einen adhäsiven Verbund sowohl zum Wurzelentin als auch zum Sealer (Shipper et al., 2004). In der Theorie entsteht auf diese Weise ein sogenannter Monoblock, der eine besonders dichte Obturation gewährleisten soll (Onay et al., 2009). Jedoch wird dieses Konzept zum einen aufgrund der ungünstigen geometrischen Form von Wurzelkanälen bezüglich des sog. C-Faktors (*configuration factor* als Verhältnis von gebundenen zu freien Oberflächen bei Kavitäten) und den damit verbundenen Limitationen der Adhäsivtechnik kritisch betrachtet. Dies betrifft insbesondere Materialspannungen und Spaltbildungen aufgrund von Schrumpfungsprozessen während und nach der Polymerisation. Zum anderen wird eine Biodegradation des Materials durch bakterielle Hydrolasen befürchtet (Santerre et al., 2001; De Munck et al., 2005; Tay & Pashley, 2007; Hiraishi et al., 2008; Kim et al., 2010).

Die vollständige Obturation des Wurzelkanalsystems erfordert zusätzlich zum Kernmaterial (z.B. Guttapercha oder Resilon®) immer einen endodontischen Sealer, um Irregularitäten des präparierten Wurzelkanals auszugleichen sowie die Dentintubuli und akzessorische Wurzelkanäle zu verschließen (Orstavik, 2005). Aufgrund ihrer guten Abdichtungseigenschaften, einer geringen Löslichkeit und ihrer mikroretentiven Verankerung durch Penetration in die Dentintubuli, sind epoxidharzbasierte Sealer wie AH Plus® (Dentsply Sirona GmbH, Bensheim) seit Langem weit verbreitet. Sie werden bei verschiedenen Kalt- und Warmfülltechniken in Kombination mit Guttapercha verwendet (Sousa-Neto et al., 2002; Tagger et al., 2002; Schäfer & Zandbiglari, 2003). Bei den thermoplastischen Obturationsverfahren kommt es jedoch in der Abkühlungsphase zu einer gewissen Schrumpfung der Guttapercha (Schilder et al., 1985). Um diese Effekte zu umgehen und eine technisch vereinfachte Obturation mit kalter, fließfähiger Guttapercha zu ermöglichen wurde der silikonbasierte Sealer GuttaFlow® (Coltène/Whaledent GmbH + Co. KG, Langenau) entwickelt (Herbert & Wrbas, 2009). Dabei handelt es

sich um ein mit partikulierter Guttapercha (Partikelgröße < 30 µm) modifiziertes, additionsvernetzendes Polydimethylsiloxan mit Nanosilber als antibakteriellem Zusatz (Donnelly et al., 2007). GuttaFlow® adaptiert ebenfalls gut an das Wurzelkollagen und expandiert geringfügig bei der Abbinde- und Polymerisationsreaktion, ist jedoch im Gegensatz zu AH Plus® nahezu unlöslich in Gewebeflüssigkeiten (Orstavik et al., 2001; Elayouti et al., 2005; Donnelly et al., 2007). Einerseits bietet die letztgenannte Eigenschaft den Vorteil, dass ein höherer Sealeranteil der Obturation tolerabel ist (siehe Kapitel 1.3). Andererseits könnte GuttaFlow® bei periapikaler Extrusion dauerhaft im Gewebe persistieren, während epoxidharzbasierte Präparate tendenziell nach einiger Zeit resorbiert werden (Augsburger & Peters, 1990; Ricucci et al., 2016). Zusätzlich verringert sich bei Applikation von Druck die Viskosität von GuttaFlow® (*Thixotropie*), sodass Hohlräume und akzessorische Wurzelkanalanteile leichter ausgefüllt werden (Zhong et al., 2019). Diese Eigenschaft könnte allerdings auch eine Extrusion des Sealers in das periapikale Gewebe begünstigen.

1.3 Obturationsmethoden

Die Obturationsmethoden unterscheiden sich in der Art und Weise, wie das Füllungs- material im Wurzelkanalsystem appliziert wird und weisen daher und in Abhängigkeit von der jeweiligen Wurzelkanalanatomie verschiedene Vor- und Nachteile auf. Die Single-Cone-Technik (SCT) zeichnet sich durch die Obturation des Wurzelkanals mit nur einem einzigen Masterpoint (Kernmaterial in Stiftform) aus. Dieser oder das Wurzelkollagen werden zuvor mit einem zunächst flüssigen Sealer benetzt, der zeitnah aushärtet. Die Methode ist simpel in der Anwendung und zeitsparend. Sie gewährleistet aber nur bei rundem Wurzelkanalquerschnitt und optimaler Anpassung des Masterpoints an die Wurzelkanalmorphologie eine ausreichende Randständigkeit der Obturation. Die meisten Wurzelkanäle zeigen jedoch einen eher ovalen Querschnitt oder weisen andere anatomische Gegebenheiten wie beispielsweise Isthmen oder ampullenförmige Erweiterungen auf (Pomeranz et al., 1981; Mauger et al., 1998; von Arx, 2005). Hier können bei Anwendung der SCT Inkongruenzen zwischen Obturationsmaterial und Wurzelkollagen oder Bereiche mit hoher Schichtdicke des Sealers entstehen (Pereira et al., 2012; Schäfer et al., 2012; Pereira et al., 2017). Der Sealeranteil sollte idealerweise möglichst gering gehalten werden, da die meisten Sealer in Flüssigkeiten löslich sind und bei ihrer Aushärtung Dimensionsänderungen auftreten (Schilder, 1967; Langeland, 1974; Peters, 1986; Wu et al., 1995; Orstavik et al., 2001).

Die häufig verwendete Technik der lateralen Kondensation nutzt die Kompaktierbarkeit von Guttapercha, um eine weitgehend randständige Obturation auch bei komplexerer Wurzelkanalanatomie zu ermöglichen und dabei gleichzeitig den Sealeranteil gering zu halten (Schilder, 1967; Schilder et al., 1974b; Schäfer et al., 2012). Nachdem der Masterpoint im Wurzelkanal platziert wurde, wird er mit Hilfe von Spreadern an die Wurzelkanalwand gepresst und der dabei entstehende Hohlraum wird mit akzessorischen Guttaperchaspitzen gefüllt (Klimm, 2011). Die auf diese Weise erzielte Obturationen stellt jedoch keine homogene Masse dar, sondern besteht aus mehreren, in Sealer eingebetteten Guttaperchastiften (Peters, 1986; Tasdemir et al., 2009). Dazwischen liegen oft unausgefüllte Bereiche vor, die je nach Lage und Ausmaß einen Misserfolg der endodontischen Behandlung begünstigen könnten (Brayton et al., 1973; Wollard et al., 1976).

1967 wurde von Herbert Schilder die warme vertikale Kondensation als Möglichkeit der Obturation von Wurzelkanälen vorgestellt. Die Plastifizierung von Guttapercha durch Hitzeträger und ihre anschließende Verdichtung soll dabei eine homogene und entsprechend der anatomischen Gegebenheiten des Wurzelkanals formkongruente Obturation einschließlich akzessorischer Kanäle ermöglichen (Schilder, 1967; Pommel & Camps, 2001; Clinton & Van Himel, 2001). Schilders relativ lernintensive und zeitaufwändige Methode wurde 1994 von Buchanan zur sog. Continuous-Wave-Technik (CWT) weiterentwickelt (Buchanan, 1994). Dabei erfolgt das sog. *Downpack* (Erwärmung und Kompaktion der Guttapercha bis in das apikale Wurzelkanaldrittel) nicht schrittweise, sondern in einer einzigen, kontinuierlich nach apikal gerichteten Bewegung mit Hilfe eines elektrischen Hitzeträgers (siehe Kapitel 2.8.1). Thermoplastische Obturationstechniken werden insbesondere bei anspruchsvoller Wurzelkanalmorphologie und internen Resorptionen gegenüber den kalten Verfahren bevorzugt (Goldberg et al., 2000; Gencoglu et al., 2008; Keles et al., 2014). Bei moderat gekrümmten Wurzelkanälen scheint die jeweilige Obturationsmethode hingegen weniger entscheidend zu sein (Gordon et al., 2005; Schäfer et al., 2012). Ausgeprägte, weit koronal beginnende Krümmungen des Wurzelkanals können die Anwendung der CWT jedoch erschweren. Die starren Instrumente (Plugger), die bei der Kompaktion der Guttapercha verwendet werden (siehe Kapitel 2.8.1), können in diesem Fall nicht bis in die Apikalregion des Wurzelkanals vordringen (idealerweise etwa 3 bis 5 mm vor Apex). Darüber hinaus scheinen thermoplastische Füllmethoden eher anfällig für die apikale Extrusion von Wurzelfüllmaterial zu sein (Ritchie et al., 1988; Scott & Vire, 1992; Peng et al., 2007).

1.4 Der endodontische Behandlungserfolg

Nach dem gegenwärtigen Stand der Literatur ist das Vorhandensein einer periapikalen Läsion, als radiologisches Zeichen der bakteriellen Infektion, der bedeutendste Faktor, der den Erfolg einer endodontischen Therapie limitiert (Swartz et al., 1983; Sjögren et al., 1990; Wayman et al., 1992; Molander et al., 1998; Basmadjian-Charles et al., 2002; Imura et al., 2007; Ng et al., 2008; Chandra, 2009). Es besteht ebenfalls hinreichend Evidenz dafür, dass insuffiziente Restaurationen bei endodontisch behandelten Zähnen mit einer schlechteren Prognose assoziiert sind (Heling & Shapira, 1978; Ray & Trope, 1995; Tronstad et al., 2000; Hommez et al., 2002; Chugal et al., 2007; Gillen et al., 2011). Verschiedenartige, aber intakte Versorgungen scheinen einander ebenbürtig zu sein (Chugal et al., 2007; Maslamani et al., 2017). Eine homogene und wandständige endodontische Obturation, die 0 bis 2 mm vor dem radiologischen Apex endet, gilt als optimal und wirkt sich positiv auf das Behandlungsergebnis aus (Nelson, 1982; Teo et al., 1986; Sjögren et al., 1990; Orstavik & Hörsted-Bindslev, 1993; Smith et al., 1993; Kirkevang et al., 2000). Die häufig anspruchsvollen Revisionsbehandlungen hingegen zeigen im Vergleich zur primären endodontischen Therapie deutlich reduzierte Erfolgsraten (Sjögren et al., 1990; Friedman et al., 1995; Azim et al., 2016). Es gibt zahlreiche Hinweise, dass Parodontopathien und endodontische Pathologien einander beispielsweise im Sinne von kombiniert endodontisch-parodontalen Läsionen beeinflussen (Bender & Seltzer, 1972; Langeland et al., 1974; Barkhordar & Stewart, 1990; Jansson et al., 1995; Sunitha et al., 2008; Simon et al., 2013). Es besteht allerdings keine Evidenz dafür, dass das Vorliegen chronischer parodontaler Erkrankungen generell die Prognose endodontisch therapierter Zähne limitiert. Weiterhin besteht allgemeiner Konsens darüber, dass Geschlecht und Alter der Patienten sowie der jeweilige Zahntyp (Frontzahn, Prämolare oder Molare) keine prognoserelevanten Faktoren darstellen (Swartz et al., 1983; Pekruhn, 1986; Teo et al., 1986; Ödesjö et al., 1990; Orstavik & Hörsted-Bindslev, 1993; Friedman et al., 1995; Benenati & Khajotia, 2002; Hoskinson et al., 2002; Ng et al., 2008). Hinsichtlich des Einflusses der systemischen Gesundheit auf den periapikalen Zustand der Zähne, legen einige Publikationen einen Zusammenhang mit Diabetes mellitus (Falk et al., 1989; Fouad & Burleson, 2003) und kardiovaskulären Erkrankungen nahe (Costa et al., 2014; Gomes et al., 2016). Der Body-Mass-Index (BMI) hingegen scheint nach aktuellem Kenntnisstand diesbezüglich keine Rolle zu spielen (Prpic et al., 2012; Thanakun et al., 2017). Bei Rauchern wurde teilweise eine signifikant höhere Prävalenz apikaler Läsionen beobachtet (Doyle et al., 2007; Lopez-Lopez et al., 2012; Persic Bukmir et al., 2016; Al-Nazhan et al., 2017).

Generell scheinen weder das Obturationsmaterial noch die verwendete Technik entscheidende Einflussfaktoren des endodontischen Erfolgs zu sein. Es konnten weder für verschiedene Kernmaterialien (z.B. Guttapercha, Silberstifte, Amalgam) und Sealer (z.B. Glasionomer-, Zinkoxideugenol-, Kalziumhydroxid-, Harz- und Silikon-Sealer) noch für die Single-Cone-Technik und die laterale Kondensation signifikante Unterschiede der endodontischen Erfolgsraten ermittelt werden (Seltzer et al., 1963; Bender et al., 1964; Swartz et al., 1983; Reid et al., 1992; Smith et al., 1993; Friedman et al., 1995; Huumonen et al., 2003; Cotton et al., 2008; Ng et al., 2008). Die warme vertikale Obturation zeigte jedoch gegenüber den Kaltverfahren vereinzelt tendenziell bessere Ergebnisse (Aqrabawi, 2006; de Chevigny et al., 2008a).

Vor dem Hintergrund der in Kapitel 1.2 angesprochenen Schwächen der adhäsiven Obturation sind vor allem die Ergebnisse neuerer Langzeituntersuchungen von großem Interesse. Resilon® zeigte hier gegenüber Guttapercha und AH Plus® eine 5,3- bis 5,7-fach höhere Misserfolgswahrscheinlichkeit (Barborka et al., 2017; Strange et al., 2019). Derzeit liegen keine validen Daten zur klinischen Anwendung des silikonbasierten Sealers GuttaFlow® vor. Lediglich eine Publikation beschreibt die erfolgreiche Anwendung von GuttaFlow® an zehn Patienten (Herbert & Wrbas, 2009).

1.5 Zielsetzung

Seit der Markteinführungen von Resilon® und GuttaFlow® (im Jahr 2004) sind heute bereits 17 Jahre vergangen. Bislang existieren jedoch lediglich zwei Untersuchungen zur Langzeiterfolgsrate der adhäsiven Obturation. Kontrollierte klinische Studien zu GuttaFlow® fehlen zum gegenwärtigen Zeitpunkt.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Ermittlung der Erfolgsrate der endodontischen Therapie anhand einer klinischen und radiologischen Nachuntersuchung von insgesamt 119 Patientinnen und Patienten. Diese wurden in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Universität Würzburg zwischen 2009 und 2012 mit einer von drei verschiedenen Obturationsmethoden behandelt:

1. Single-Cone-Technik mit Guttapercha und AH Plus®
2. Single-Cone-Technik mit Guttapercha und GuttaFlow®
3. Adhäsive Obturation in Continuous-Wave-Technik mit Resilon®

Vorrangig gilt es zu klären, ob der endodontische Behandlungserfolg abhängig von der jeweiligen Obturationsmethode ist und ob technikspezifische Unterschiede sich einerseits auf die Qualität der Obturation und andererseits auf das Auftreten möglicher Komplikationen, insbesondere der periapikalen Extrusion von Wurzelfüllmaterial auswirken. Ferner sollen diese Aspekte neben weiteren zahn- und patientenbezogenen Variablen bezüglich ihres Einflusses auf die Erfolgsrate der endodontischen Therapie untersucht werden.

2 Material und Methoden

2.1 Ethikvotum und Strahlenschutz

Das Studienvorhaben wurde von der Ethik-Kommission der Medizinischen Fakultät der Universität Würzburg genehmigt. Ein positives Ethik-Votum lag vor (Nummer 202/16). Die Anwendung von Röntgenstrahlung am Menschen wurde unter der Nummer Z5-22462 2-2016-101 vom Bundesamt für Strahlenschutz genehmigt.

2.2 Studiendesign

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine klinische und radiologische Nachuntersuchung von 119 Patientinnen und Patienten der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie des Universitätsklinikums Würzburg, die zwischen den Jahren 2009 und 2012 mit einer der drei genannten Obturationsmethoden endodontisch behandelt wurden.

2.3 Erhebung der Ausgangsdaten

2.3.1 Datenakquise und Sichtung des Patientenkollektivs

Die Datenerhebung begann im Juli 2016. Zunächst sollten alle endodontischen Behandlungen, die zwischen 2009 und 2012 vom zahnärztlich approbierten Personal der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie durchgeführt wurden, ermittelt werden. Hierzu erfolgte die akribische Durchsicht aller handschriftlich geführten Terminbücher auf Schlagworte, die im Zusammenhang mit Wurzelkanalbehandlungen stehen. Die handschriftlich geführten Akten der hierbei ermittelten Patientinnen und Patienten wurden im Archiv der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie gesammelt. Ab 2012 lagen durch die Verwendung einer Patientenverwaltungssoftware (ivoris® clinic, Fa. Computer konkret) auch digitale Patientenkarten vor. Die für das Studienvorhaben relevanten Informationen wurden in einer Excel®-Liste (Microsoft Excel® 16, Fa. Microsoft) systematisch zusammengetragen. Folgende Informationen wurden dokumentiert:

- Behandelter Zahn
- Diagnosen
- Klinische und radiologische Befunde

- Datum der Wurzelkanalfüllung
- Aufbereitungsart, -technik und ISO-Größen
- Obturationsmaterial und -technik
- Behandler
- Art der Restauration
- Endodontische Primär- oder Revisionsbehandlung
- Komplikationen (insbesondere: Instrumentenfraktur, Perforation, Extrusion von Wurzelfüllmaterial in die periapikale Region)
- Spätere Interventionen wie Wurzelspitzenresektionen, Revisionsbehandlungen oder Extraktionen

2.3.2 Radiologische Dokumentation

Die gesammelten Daten wurden auf die vollständige radiologische Dokumentation der endodontischen Behandlung überprüft. Anhand digital verfügbarer Zahnfilme in der Röntgen-Darstellungssoftware (Sidexis XG, Fa. Sirona) bzw. anhand analoger Zahnfilme, die in der Patientenakte archiviert waren, wurde die Röntgendokumentation bestehend aus einem präinterventionellem Ausgangsröntgenbild, einer Röntgenmessaufnahme und einer Kontrollröntgenaufnahme nach Wurzelkanalfüllung für alle Studienteilnehmer/-innen überprüft und erfasst. Um die Einschlusskriterien (siehe Kapitel 2.4) zu erfüllen, mussten stets diese drei genannten Röntgenaufnahmen vorliegen. Eine adäquate Bildqualität ohne Projektionsfehler, Unschärfen und Verzerrungen war erforderlich. Der gesamte Zahn einschließlich der Wurzelspitze und mindestens 3 bis 4 mm der periapikalen Region mussten erkennbar sein. War die Beurteilbarkeit eines der Bilder durch unvollständige Abbildung der relevanten Strukturen, Artefakte oder Projektionsfehler eingeschränkt, wurde der entsprechende Zahn nicht ins Studienkollektiv einbezogen.

Die Ausgangsröntgenbilder wurden ab 2010 mit einem Intraoralröntgengerät (Heliodont® DS, Fa. Sirona) und Röntgenspeicherfolien (Fa. Dürr Dental) in Paralleltechnik angefertigt. Zur möglichst exakten Positionierung der Speicherfolien wurden Folienhalter (XCP®, Fa. Dentsply Rinn) verwendet. Die Röhrenspannung betrug 60 kV. Frontzähne wurden 0,12 ms und Seitenzähne 0,16 ms belichtet. Anschließend wurden die Speicherfolien mit Hilfe eines Folienscanners (VistaScan® Mini View, Fa. Dürr Dental) digitalisiert

und in die Röntgen-Darstellungssoftware übertragen. Bis zum Jahr 2010 wurden analoge in den Patientenkarten archivierte Röntgenbilder (Insight®, Fa. Kodak®) in die Studie miteingeschlossen.

2.4 Patientenrekrutierung

Insgesamt konnten 565 Patientinnen und Patienten mit 722 Zähnen ermittelt werden, die im Zeitraum der Jahre 2009 bis 2012 in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie eine endodontische Therapie erhalten hatten. Es wurden jedoch nur diejenigen Fälle einbezogen, die die folgenden Einschlusskriterien erfüllten:

- Eindeutige Dokumentation des verwendeten Obturationsmaterials
- Vollständige o. g. Röntgendokumentation der endodontischen Behandlung
- Qualitativ hochwertige Röntgenbilder, auf denen alle relevanten Strukturen abgebildet waren und keine Artefakte vorlagen, welche die Beurteilbarkeit eingeschränkt hätten
- Behandlung durch approbierte Zahnärztinnen und Zahnärzte der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie des Universitätsklinikums Würzburg
- Volljährigkeit der Studienteilnehmer/-innen (zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung)
- Keine Schwangerschaft
- Keine Erkrankungen, bei denen eine zahnärztliche Untersuchung ein gravierendes Risiko für die Studienteilnehmer/-innen darstellt

Bei 192 Fällen war die Dokumentation unvollständig. Teilweise lagen nicht alle benötigten Röntgenbilder vor oder sie verfügten nicht über die erforderliche Qualität, sodass eine sichere Beurteilung der zu erhebenden Parameter nicht gewährleistet werden konnte. Gelegentlich konnte das verwendete Obturationsmaterial nicht eindeutig ermittelt werden. Zunächst wurden die potentiellen Studienteilnehmer/-innen telefonisch kontaktiert (bis zu drei Telefonanrufe zu verschiedenen Tageszeiten an verschiedenen Tagen). blieb dies erfolglos, wurde postalisch um eine Terminvereinbarung gebeten. Eine Kontaktaufnahme scheiterte in 110 Fällen. Bei 62 Patientinnen und Patienten wurde die Extraktion des betreffenden Zahns festgestellt. Diese Information war in der Patientenakte dokumentiert oder anhand aktueller Röntgenaufnahmen abzuleiten. Teilweise teilten die Patientinnen und Patienten den Verlust des Zahns bei der telefonischen Rekrutierung selbst mit. Bei drei Fällen stellte sich erst am Tag der Untersuchung heraus, dass der zu evaluierende Zahn extrahiert worden war. 56 Patientinnen und Patienten lehnten

die Teilnahme ab, 14 waren zum vereinbarten Termin nicht erschienen, sieben waren noch nicht volljährig und fünf waren bereits verstorben.

Aktiv nachuntersucht wurden 119 Patientinnen und Patienten mit insgesamt 131 endodontisch behandelten Zähnen. Bei 6 Zähnen (von 5 Fällen) stellte sich nach der radiologischen Kontrolle heraus, dass verschiedene Obturationsmaterialien oder Fülltechniken am selben Zahn zum Einsatz gekommen waren. Diese Zähne wurden ausgeschlossen. Es wurde nur ein Zahn pro Studienteilnehmer/-in in die statistische Analyse einbezogen, um den Einfluss patientenspezifischer Störfaktoren zu reduzieren. Somit ergab sich eine endgültige Anzahl von 114 Fällen mit je einem evaluierten Zahn pro Studienteilnehmer/-in (siehe Abbildung 1).

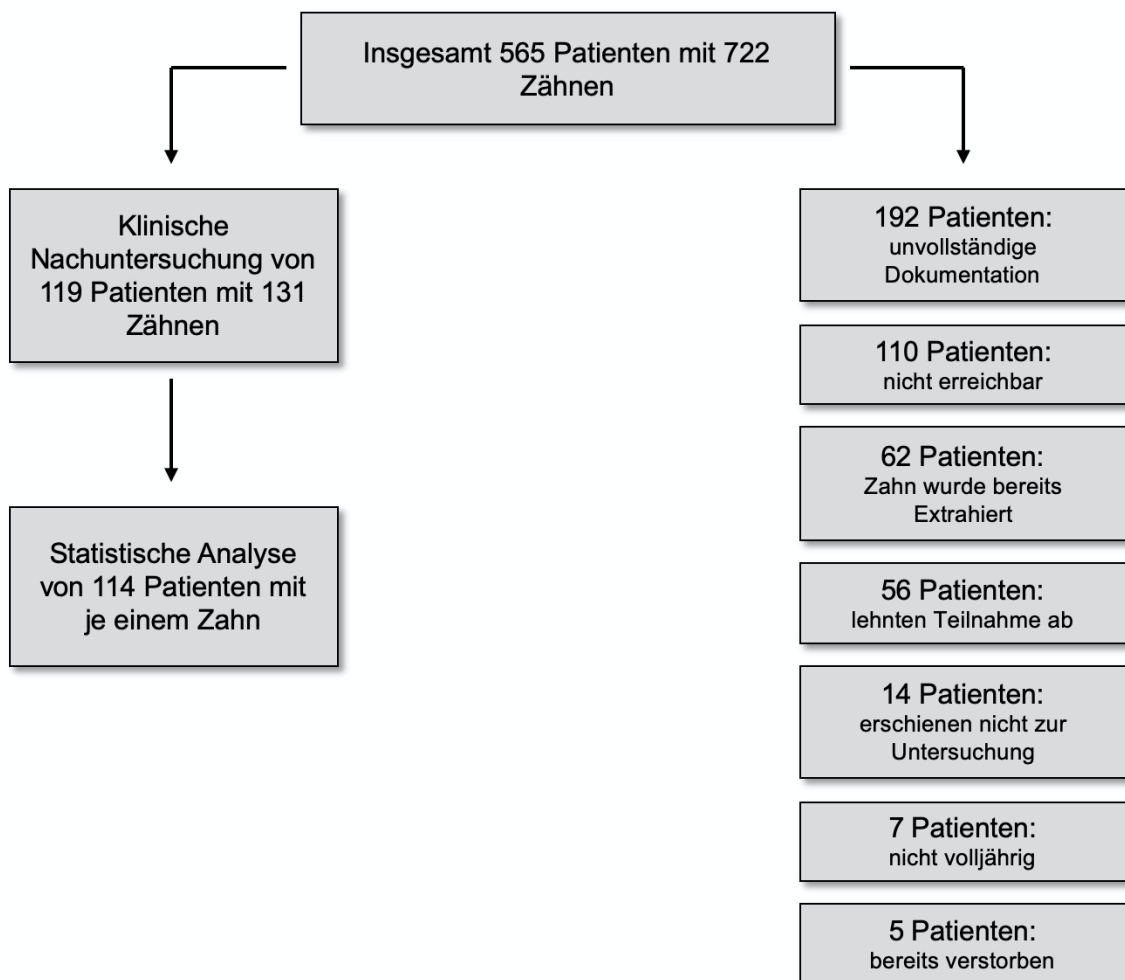


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Patientenrekrutierung.

2.5 Nachuntersuchung

Die Rekrutierung der Studienteilnehmer/-innen und die Erhebung der klinischen und radiologischen Befunde erfolgte einzig und allein durch den Verfasser der vorliegenden Arbeit.

Bei der telefonischen Rekrutierung wurden die Patientinnen und Patienten zunächst über das Studienvorhaben und seine Ziele sowie den Ablauf der Untersuchung informiert. Nach Einwilligung in die Studie erhielten die Teilnehmer/-innen einen Untersuchungstermin in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie. Vor der Untersuchung wurden sie in einem persönlichen Gespräch mit Hilfe eines Informationsbogens über Ablauf und Zeitaufwand instruiert. Die Bereitschaft zur Studienteilnahme wurde durch persönliche Unterschrift auf dem Formblatt einer informierten Einwilligungserklärung dokumentiert (siehe Anhang).

2.5.1 Anamnese

Zu Beginn der Untersuchung wurde die Allgemeinanamnese erhoben bzw. aktualisiert. Folgende Informationen wurden auf dem Befundbogen (siehe Anhang) dokumentiert:

- Dauermedikation
- Chronische Erkrankungen
 - Diabetes
 - Hypertonie
 - Hyperlipidämie
- Körpergröße (in cm)
- Gewicht (in kg)
- inhalativer Tabakkonsum in *Pack Years* (pro Tag gerauchte Zigarettenpackungen × Anzahl Raucherjahre)
- Vorliegen einer Parodontitis

Zusätzlich wurden die Studienteilnehmer/-innen zu Revisionsbehandlungen oder Wurzelspitzenresektionen an den evaluierten Zähnen befragt.

2.5.2 Klinische und radiologische Befunderhebung

Initial wurde eine zahnärztliche Kontrolluntersuchung durchgeführt. Diese beinhaltete eine Aktualisierung des intraoralen Befundes und die Inspektion der gesamten Mundhöhle inklusive der Schleimhäute. Neben der Anzahl der Zähne und Implantate wurden

hierbei auch klinische Besonderheiten an den evaluierten Zähnen dokumentiert (u. a. Belastungsschmerzen, Perkussionsempfindlichkeit, Schwellung der Gingiva, Fisteln). Anschließend wurden folgende Parameter erhoben:

a) Parodontaler Screening-Index (PSI)

Der PSI wurde mit Hilfe eines Parodontometers (PCPUNC 15, Fa. Hu-Friedy) ermittelt. Es wurden zwei Messwerte pro Zahn erhoben (*mesio-bukkal und disto-bukkal* oder *mesio-palatinal/-lingual* und *disto-palatinal/-lingual*), wobei der tiefste Wert ausschlaggebend für den gesamten Sextanten war. Entsprechend der Einteilung der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie wurden Blutung auf Sondierung, Anwesenheit von Plaque, Zahnstein und defekte Restaurationsränder berücksichtigt. Anhand dieser Parameter wurde jedem Sextanten ein Wert zugeteilt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Einteilung des PSI (nach der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie).

PSI-Grad	0	1	2	3	4
Sondierungstiefe	< 3,5 mm	< 3,5 mm	< 3,5 mm	> 3,5 mm	> 5,5 mm
Blutung	nein	ja	optional	optional	optional
defekte Restaurationsränder/Zahnstein/Plaque	nein	nein	ja	optional	optional

b) Parodontale Sondierungstiefe

Am zu untersuchenden Zahn wurde mittels eines Parodontometers (PCPUNC 15, Fa. Hu-Friedy) die sondierbare Tiefe des Parodontalspalttes ermittelt. Die Werte wurden auf den nächstgelegenen ganzen Millimeter auf- bzw. abgerundet. Pro Zahn wurden sechs Messwerte erhoben (*mesio-bukkal, medio-bukkal, disto-bukkal, mesio-palatinal/-lingual, medio-palatinal/-lingual, disto-palatinal/-lingual*).

c) Koronale Restauration

Die Art der koronalen Versorgung wurde protokolliert. Mittels Spiegel, Luftbläser und 3A-Sonde (EXS 3A, Fa. Hu-Friedy) wurden die Restaurationsränder visuell und taktil auf Defekte, Stufen und Sekundärkaries geprüft.

d) Zahnlockerung

Die horizontale und vertikale Mobilität des Zahns wurde durch Fixierung zwischen Zeigefinger und Daumen palpatorisch und visuell ermittelt. Die Einteilung nach Grace und Smales unterscheidet vier Schweregrade (Marya, 2011) (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Mobilitätsindex nach Grace und Smales.

Grad 0	keine Mobilität
Grad 1	Mobilität spürbar aber < 1 mm horizontal
Grad 2	Mobilität > 1 mm aber < 2 mm horizontal
Grad 3	Mobilität > 2 mm horizontal oder vertikal

e) Radiologische Verlaufskontrolle

Um den Zustand der periapikalen Region zum Kontrollzeitpunkt bestimmen zu können, wurde von jedem/jeder Studienteilnehmer/-in eine Einzelzahnaufnahme des nachzuuntersuchenden Zahns angefertigt. Das Prozedere und die Qualitätskriterien waren dabei analog zu der in Kapitel 2.3.2 beschriebenen radiologischen Erhebung der Ausgangsbefunde.

2.6 Auswertung der Ausgangsdaten und klinischen Befunde

Zunächst wurden die Daten aus der klinischen Untersuchung von den Befundbögen in die Excel®-Liste übertragen. In den meisten Fällen waren die Ausgangsdiagnosen der Zähne in den Patientenkarten dokumentiert. Anderenfalls wurde die Diagnose anhand der Behandlungsdokumentation und dem radiologischen Ausgangsbefund rekonstruiert. Dabei wurden folgende Informationen berücksichtigt:

- Radiologischer Befund
- Vitalität der Pulpa
- Perkussionsempfindlichkeit
- Schmerzsymptomatik des Patienten
- Vorliegen einer Fistel oder Schwellung
- Vorliegen kariöser Läsionen
- Suppuration aus einer Zahnfleischtasche oder der Trepanationsöffnung
- Parodontale Sondierungstiefe
- Lockerungsgrad

Ebenfalls konnte aus der Behandlungsdokumentation und den Röntgenbildern abgeleitet werden, ob es sich bei der Behandlung um eine endodontische Primärtherapie oder eine Wurzelkanalrevisionsbehandlung handelte oder ob der Zahn bereits wurzelspitzenreseziert war. Aus der Dokumentation des Behandlungsablaufes waren die verwendeten Aufbereitungsinstrumente, die Feilengröße (ISO-Normierung) sowie das verwendete Füllmaterial mit der Obturationsmethode ersichtlich. Weiterhin wurde ermittelt, ob es vor oder während der Behandlung zu Instrumentenfrakturen gekommen war und ob bei der Wurzelkanalfüllung eine Extrusion von Wurzelfüllmaterial in die periapikale Region auftrat. Aus späteren Karteieinträgen konnten Informationen über die koronale Restauration des Zahns nach der Wurzelkanalfüllung und Interventionen wie Wurzelspitzenresektionen oder Revisionsbehandlungen gewonnen werden.

Die Dauermedikation der Patientinnen und Patienten wurde erfragt oder durch Einsicht eines vorliegenden Medikamentenplans ermittelt (mitunter anhand von Informationen des betreuenden Allgemeinmediziners). Studienteilnehmer/-innen, die Betablocker, Statine, Antidiabetika, Antikoagulantien oder Thrombozytenaggregationshemmer einnahmen wurden in dieser Untersuchung als chronisch erkrankt klassifiziert (CDM: Chronic Disease Medication). Aus Patientenangaben zu Körpergröße und -gewicht wurde der Body-Mass-Index (BMI) errechnet (Prpic et al., 2012). Um den Zigarettenkonsum der Teilnehmer/-innen zu quantifizieren, wurde die Einheit *Pack Years* (PY) verwendet (Palmer et al., 1999). Ein *Pack Year* entspricht dem Konsum von einer Schachtel Zigaretten pro Tag über ein Jahr. Die Beurteilung des parodontalen Gesundheitszustandes erfolgte mit Hilfe des PSI. Er stellt eine Weiterentwicklung des *Community Periodontal Index of Treatment Needs* (CPITN) der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie dar (Ainamo et al., 1982; Cutress et al., 1987). Wurde in einem Sextanten der Grad 3 oder 4 bestimmt, so wurde der/die Studienteilnehmer/-in als parodontal erkrankt klassifiziert. Ebenfalls wurde das Vorliegen einer parodontalen Erkrankung erfragt. In diesem Fall, wurden weitere Informationen darüber eingeholt, ob und in welchen Intervallen eine systematische Parodontitistherapie durchgeführt wurde. Um den Zustand des Parodontiums des zu untersuchenden Zahns genauer zu evaluieren, wurde dieser an sechs Messstellen sondiert und der Lockerungsgrad ermittelt. Der tiefste gemessene Wert wurde exemplarisch für den gesamten Zahn dokumentiert. Darüber hinaus sollten auf diese Weise auch Hinweise auf endodontische Komplikationen gesammelt werden. Wurzellängsfrakturen und Paro-Endo-Läsionen werden zumeist durch eine isoliert auftretende erhöhte Sondierungstiefe erkannt (Sunitha et al., 2008). Eine Restauration wurde klinisch als akzeptabel bewertet, wenn ihr Rand spaltfrei am Zahn anlag und keine kariösen

Läsionen vorhanden waren. Spalten zwischen Restauration und Dentin, Frakturen, sowie eine Lockerung oder der Verlust der Versorgung galten als inakzeptabel (Hommez et al., 2002).

2.7 Radiologische Auswertung

Für die radiologische Auswertung war für jeden Zahn ein präinterventionelles Ausgangsröntgenbild, eine Röntgenmessaufnahme, eine Kontrollröntgenaufnahme nach erfolgter Obturation und eine Aufnahme vom Tag der Nachuntersuchung erforderlich. Die relevanten Röntgenbilder wurden aus der Röntgen-Darstellungssoftware exportiert und in eine PowerPoint-Präsentation (PowerPoint®, Fa. Microsoft) übertragen. Um sicherzustellen, dass die digitalen Aufnahmen unter identischen Bildeinstellungen bewertet werden, wurden alle Änderungen der Bildbearbeitungsparameter zurückgesetzt, bevor die Dateien exportiert wurden. In drei Fällen lagen konventionelle Zahnfilme vor, die zur Auswertung zunächst auf einem Filmbetrachter (Fa. Dentsply) fixiert und anschließend mit einer Spiegelreflexkamera (D5100, Fa. Nikon) abfotografiert wurden. Dabei war die Kamera an einem Stativ befestigt, um eine möglichst orthogonale Bildaufnahme zu gewährleisten. Um einen Maßstab für die Auswertung der Arbeitslänge zu erhalten, wurde eine zusätzliche Aufnahme des Kontrollröntgenbildes nach der Obturation auf Millimeterpapier angefertigt.

2.7.1 Bewertung der periapikalen Region

Der periapikale Zustand der Zähne wurde mit Hilfe des Periapical Index (PAI) bewertet (Orstavik et al., 1986). Der PAI sieht eine Einteilung in fünf Schweregrade vor (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Einteilung des PAI nach Kirkevang et al. (2000).

- Grad 1** gesunde periapikale Verhältnisse
- Grad 2** kleinere Veränderungen der Knochenstruktur
- Grad 3** Veränderungen der Knochenstruktur mit erkennbarem Mineralverlust
- Grad 4** apikale Parodontitis mit klar definierter Läsion
- Grad 5** schwere apikale Parodontitis mit Anzeichen einer Exazerbation

Die radiologische Auswertung erfolgte durch zwei Oberärzte der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Universitätsklinik Würzburg mit mindestens zehn Jahren Berufserfahrung. Zur Kalibrierung bewertete jeder der Untersucher zunächst ein zum PAI-System zugehöriges Set von 100 Referenzröntgenbildern (freundlicherweise zur Verfügung gestellt von Prof. Dag Orstavik). Die Auswertung der Aufnahmen erfolgte in einem abgedunkelten Raum auf einem Befundungsmonitor (ThinkVision L1900p, Fa. Lenovo™). Jeder Untersucher bewertete zunächst einzeln. In einer zweiten Sitzung fand unter Konsensfindung eine erneute Beurteilung derjenigen Röntgenbilder statt, bei denen die Untersucher voneinander abwichen. Der PAI wurde für den Ausgangs- und Kontrollzeitpunkt anhand der entsprechenden Röntgenbilder ermittelt. Zähne mit PAI-Grad 1 oder 2 wurden als Behandlungserfolg gewertet, während Zähne mit PAI-Grad 3 oder höher den Misserfolgen zugeordnet wurden. Bei mehrwurzeligen Zähnen war der höchste ermittelte PAI maßgebend für den gesamten Zahn.

2.7.2 Bewertung der Qualität der Wurzelkanalfüllung

Waren innerhalb der Füllung Blasen und/oder Spalten zwischen Füllungsmaterial und Wurzelkammer zu erkennen, wurde die Obturation als inhomogen bewertet (Kerekes & Tronstad, 1979). Bei mehrwurzeligen Zähnen war eine als inhomogen bewertete Wurzel ausschlaggebend für den gesamten Zahn. Bei abweichender Beurteilung durch die Untersucher wurde das Ergebnis ebenfalls durch Konsensfindung ermittelt.

Die Länge der Wurzelkanalfüllung wurde in Relation zum radiologischen Apex der Wurzel ermittelt. Die Messung erfolgte anhand der Kontrollröntgenbilder nach Obturation mit Hilfe des Messwerkzeuges der Röntgen-Darstellungssoftware. Die Messwerte der Untersucher wurden auf zwei Nachkommastellen gerundet und der Mittelwert aus den beiden Einzelmessungen bestimmt. Die Längenbestimmung der analogen Röntgenbilder erfolgte mit Hilfe einer Messlehre und Millimeterpapier in 0,5-mm Schritten. Eine Wurzelkanalfüllung, die 0 bis 2 mm vom radiologischen Apex entfernt war, wurde als adäquat bewertet (Wu et al., 2000). Von dieser Definition ausgehend zu lange Wurzelkanalfüllungen wurden als überfüllt und zu kurze als unterfüllt eingestuft. Bei wurzelspitzenresezierten Zähnen wurde ein Abstand von 0 mm zum radiologischen Apex festgelegt. Bei mehrwurzeligen Zähnen galt der Wert der größten Abweichung zur idealen Länge. Zeigte sich radiologisch eine Extrusion von Wurzelfüllmaterial in die periapikale Region, wurde dies ebenfalls protokolliert.

2.7.3 Sonstige radiologische Befunde

Die koronalen Restaurationen wurden ergänzend zur klinischen Untersuchung auch radiologisch kontrolliert. Waren kariöse Läsionen oder Spalten zwischen den Restaurationsrändern und der Zahnhartsubstanz erkennbar, wurde die Versorgung als insuffizient klassifiziert (Ray & Trope, 1995). Weitere Besonderheiten, wie die Versorgung des Zahns mit einem Stift, Instrumentenfrakturen oder durchgeführte Wurzelspitzenresektionen konnten auf diese Weise ebenfalls erkannt werden. Anhand der unterschiedlichen radiologischen Dichte der Füllungsmaterialien wurde bei fünf Zähnen festgestellt, dass mehrere unterschiedliche Materialien am selben Zahn zum Einsatz gekommen waren. Diese Zähne wurden nicht in die statistische Analyse einbezogen.

2.8 Der Behandlungsablauf

Die Wurzelkanalbehandlungen wurden zwischen 2009 und 2012 von approbierten Zahnärztinnen und Zahnärzten der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Universitätsklinik Würzburg durchgeführt.

Initial erfolgte eine Schmerzanamnese, die thermische Sensibilitätstestung mit vereisten Schaumstoffpellets und die Überprüfung der Perkussionsempfindlichkeit des Zahns. Nach radiologischer Kontrolle der Ausgangssituation wurde die Diagnose gestellt. Vor Behandlungsbeginn erfolgte fakultativ eine Infiltrations- oder Leitungsanästhesie mit Ultracain® D-S (Fa. Codan Medical GmbH). Unter Berücksichtigung der anatomischen Gegebenheiten des jeweiligen Zahns wurde die Trepanationsöffnung in der Regel mit diamantierten Walzen angelegt. Alle weiteren Maßnahmen fanden unter Anwendung von Kofferdamm (Fa. Hu-Friedy) statt.

Kariöse Läsionen wurden exkaviert und insuffiziente Füllungen erneuert. Bei tief zerstörten oder frakturierten Zähnen wurden Aufbaufüllungen gelegt, um einen dichten provisorischen Verschluss zu ermöglichen. Dabei kamen vorrangig adhäsive Kompositfüllungen (Tetric EvoCeram®, Fa. Ivoclar-Vivadent) zum Einsatz. Die Eingänge der Wurzelkanäle wurden dargestellt und mit Gates-Glidden®-Bohrern (Fa. Dentsply Sirona) erweitert. Um einen geradlinigen Zugang zum Wurzelkanal zu erhalten wurde die Trepanationsöffnung gegebenenfalls sekundär erweitert.

Die Bestimmung der Arbeitslänge erfolgte zunächst elektrometrisch (Root-ZX®, Fa. Morita) und wurde anschließend durch eine Röntgenmessaufnahme ergänzt. Dabei wurde

ein Abstand von 0,5 bis 1 mm vom radiologischen Apex als idealer Endpunkt angesehen. Ziel der Längenbestimmung war das Foramen physiologicum.

Nach Überprüfung des Gleitpfades erfolgte die mechanische Aufbereitung des Wurzelkanalsystems. Dabei fanden initial und bei der Rekapitulation Kerr- und Hedström-Feilen™ (Fa. Dentsply Sirona) Verwendung. Die definitive Aufbereitung des Wurzelkanalsystems erfolgte vorrangig maschinell mit rotierenden Instrumenten (Mtwo®, Fa. VDW). In der Mehrzahl dieser Fälle waren die finalen ISO-Größen 35 und 40. Zur intermittierenden Spülung wurde stets Natriumhypochloritlösung (NaOCl, 5 %) verwendet. Fakultativ kamen ergänzend auch Ethylendiamintetraacetatlösung (EDTA, 17 %), Ethanol, Chlorhexidin und physiologische Kochsalzlösung zum Einsatz. Bei Wurzelkanalrevisio-
nen wurde teilweise Eukalyptusöl zur Verflüssigung des Wurzelfüllmaterials verwendet.

Im Falle einer irreversiblen Pulpitis konnte, sofern möglich, die endodontische Therapie in einer Sitzung zum Abschluss gebracht werden. Lag eine infizierte Pulpanekrose vor, wurde temporär eine medikamentöse Einlage mit desinfizierender Wirkung verwendet. Dies konnte ebenfalls notwendig werden, wenn die Behandlung aus Zeitgründen nicht abgeschlossen werden konnte. Als Einlage wurde Kalziumhydroxid-Paste (AH-Temp™, Fa. Dentsply Sirona) verwendet. War eine sofortige vollständige Vitalexirpation der Pulpa nicht möglich oder akut nicht indiziert, wurde Ledermix® (Fa. Riemser) eingesetzt. Der provisorische Verschluss der Zugangskavität erfolgte mit Cavit™ (Fa. 3M ESPE) und Zinkoxid-Eugenol-Zement (IRM®, Fa. Dentsply Sirona). Nach in der Regel 2 bis 3 Wochen Liegezeit wurde die Einlage entfernt und das Wurzelkanalsystem mit NaOCl gespült. Im Falle eines weiterhin schmerzhaften oder perkussionsempfindlichen Zahns sowie bei blutig tingierten Papierspitzen beim Versuch den Wurzelkanal zu trocknen, wurde erneut eine medikamentöse Einlage appliziert. Die Obturation wurde in diesem Fall auf einen späteren Zeitpunkt verschoben. Bei asymptomatischem Zahn erfolgte die Abschlussspülung (zumeist Ethanol oder Kochsalzlösung) und die Trocknung der Kanäle mit ISO-genormten Papierspitzen (ROEKO, Fa. Coltène/Whaledent GmbH + Co. KG). Im Anschluss wurde das Wurzelkanalsystem mit einer der nachfolgend beschriebenen Obturationsmethoden verschlossen.

2.8.1 Adhäsive Obturation in Continuous-Wave-Technik

Vor erstmaliger Anwendung dieser Technik wurden alle Mitarbeiter der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie in einem Tutorium vom leitenden Oberarzt, mit hoher

Expertise auf dem Gebiet der Endodontologie und insbesondere der Obturationsmethodik, über das nachfolgend beschriebene Prozedere instruiert.

Nach abgeschlossener chemomechanischer Aufbereitung der Wurzelkanäle erfolgte die Einprobe der Heatpluggers (Buchanan System B™ Heat Pluggers, Fa. SybronEndo). Die Größe des Heatpluggers wurde so ausgewählt, dass er eine Eindringtiefe von 3 bis 5 mm vor Arbeitslänge erreichte, ohne dabei an der Dentinwand zu klemmen. Die angestrebte Eindringtiefe wurde mittels Gummistopper markiert. War es trotz Verwendung des kleinsten Heatpluggers nicht möglich die erforderliche Tiefe zu erreichen, wurde der Wurzelkanal um eine ISO-Größe erweitert. Der kleinste Handplugger (Buchanan Hand Plugger, Fa. SybronEndo) wurde der Länge des Heatpluggers entsprechend eingemessen. Der nächstgrößere Handplugger wurde jeweils 2 mm kürzer abgemessen als der vorhergehende. Auch die Handplugger mussten die erforderliche Länge erreichen, ohne dabei an der Dentinwand zu klemmen.

Der Masterpoint (RealSeal™, Fa. SybronEndo) wurde entsprechend der ISO-Größe und des Tapers der Präparation ausgewählt. Um eine Klemmpassung etwa 1 mm vor der gewünschten Arbeitslänge zu gewährleisten, wurde er ggf. durch Einkürzen oder das Ausrollen zwischen zwei Glasplatten modifiziert. Nach Entfernung der auf dem Dentin aufgelagerten Schmierschicht mit EDTA-Lösung erfolgte die Abschlusspülung (zumeist mit Kochsalzlösung) und die Trocknung der Kanäle mit Papierspitzen (und ggf. eines Luftbläasers).

Der Primer (RealSeal™, Fa. SybronEndo) wurde mit Hilfe einer Applikationsbürste auf die Dentinwände aufgetragen. Nach einer Einwirkzeit von 30 s wurde der Überschuss mit Papierspitzen entfernt und der mit Sealer (RealSeal™, Fa. SybronEndo) benetzte Masterpoint in den Wurzelkanal einrotiert. Ab dem Jahr 2010 wurde ein selbstkonditionierender Sealer (RealSeal SE™, Fa. SybronEndo) verwendet. Der nach koronal überstehende Anteil des Masterpoints wurde entfernt und die Wurzelfüllung mittels Handplugger verdichtet. Die Temperatur des Heatpluggers wurde auf 150 °C bei Stufe 10 eingestellt (System B™, Heat Source, Fa. SybronEndo). Der Heatplugger wurde am Wurzelkanaleingang auf das Obturationsmaterial aufgesetzt und aktiviert. Mit einer kontinuierlichen Bewegung wurde er langsam auf die eingestellte Länge vorgeschoben und inaktiviert. Für etwa 10 Sekunden wurde ein leichter Druck nach apikal ausgeübt. Das Gerät wurde danach erneut für etwa eine Sekunde aktiviert und mit einer kurzen Druckbewegung nach apikal aus dem Wurzelkanal entfernt. Im Idealfall wurde dabei der koro-

nale Teil des Masterpoints mit entfernt. Falls noch Materialreste im Wurzelkanal verblieben waren, wurden diese mit Hilfe des Heatpluggers entfernt. Die Kondensation des apikal verbliebenen *Downpacks* erfolgte mit dem kleinsten ausgewählten Handplugger. Für das *Backpacking* (schrittweise stattfindende Applikation und Verdichtung von Obturationsmaterial) wurde die Guttaperchapistole (Obtura II™, Fa. Obtura Spartan) auf 200 °C vorgeheizt und mit Resilon®-Pellets (RealSeal™, Fa. SybronEndo) befüllt. Zunächst wurde die Spitze des Gerätes bis zum Kontakt mit dem *Downpack* in den Kanal eingeführt und dort einige Sekunden belassen, um die Oberfläche des Obturationsmaterials zu erwärmen. Eine kleine Portion des Obturationsmaterials wurde in den Kanal appliziert und mit dem passenden Handplugger bis zum Erkalten des Materials verdichtet, ohne mit dem Instrument Druck auf die Dentinwand auszuüben. Auf diese Weise wurde der Wurzelkanal sukzessive bis zum Orifizium gefüllt.

2.8.2 Single-Cone-Technik mit silikonbasiertem Sealer

In diesem Fall wurde initial die apikale Klemmpassung des Masterpoints (Mtwo®, Fa. VDW) bei Erreichen der vollen Arbeitslänge überprüft. Eine GuttaFlow®-Kapsel wurde aktiviert und mittels Amalgamtriturator 30 Sekunden gemischt. Nach Entfernung des Verschlusses wurde die Kapsel mit einer Kunststoffkanüle versehen und in die spezifische Applikationshilfe (Coltène/Whaledent GmbH + Co. KG) eingesetzt. Um ein Überpressen des Materials nach apikal zu vermeiden, wurde die Länge der Applikatortspitze präzise eingestellt. Dabei wurde ein Abstand von 3 mm zur Arbeitslänge bzw. zur Länge, bei der die Applikatortspitze an der Dentinwand klemmte, eingehalten. GuttaFlow® wurde in den Wurzelkanal appliziert, bis das Material am Orifizium sichtbar wurde. Der Masterpoint wurde anschließend mit dem Sealer benetzt und unter leichter Rotation in den Wurzelkanal eingeführt. Abschließend wurde er am Orifizium abgeschmolzen und die Wurzelfüllung mittels Planstopfer kondensiert.

2.8.3 Single-Cone-Technik mit epoxidharzbasiertem Sealer

Zum Anmischen des Sealers (AH Plus®, Fa. Dentsply Sirona) wurden Paste A und B im Mischungsverhältnis 1:1 auf einer Glasplatte aufgetragen und mittels Metallspatel vermischt bis eine homogene Masse entstand. Der Masterpoint (Mtwo®, Fa. VDW) wurde dünn mit Sealer beschickt und durch leichte Rotation in den Wurzelkanal eingeführt, um die Dentinwände gleichmäßig zu benetzen. Anschließend wurde dieser erneut benetzt

und definitiv im Wurzelkanal platziert. Inkongruenzen zwischen Masterpoint und Dentinwand wurden mit akzessorischen Guttaperchaspitzen ausgeglichen. Soweit möglich, wurden diese mit sanftem Druck und ohne weitere Anwendung von Instrumenten eingebracht. Die Spitzen wurden abgeschmolzen und mittels Planstopfer verdichtet.

2.8.4 Restaurationen

Nach adhäsivem Verschluss der Zugangskavität mit Komposit-Füllungsmaterial erfolgte je nach Defektgröße in der Regel eine Versorgung der Zähne mit Voll- oder Teilkronen. Bei unzureichender Retentionsfläche (nur noch eine oder keine Kavitätenwand vorhanden) wurden zusätzlich zur Aufbaufüllung adhäsiv befestigte Glasfaserstifte (DT LIGHT®, Fa. VDW) eingesetzt. Bei ein- oder zweiflächigen Defekten im Seitenzahnbereich waren auch Komposit-Füllungen als definitive Versorgung akzeptabel. Im Frontzahnbereich wurden die meisten Defekte vorrangig mit Komposit-Füllungen restauriert.

2.9 Statistische Auswertung

Zur deskriptiven Analyse der Daten wurde der Median (*MD*), das arithmetische Mittel (*M*) sowie Minimum (*MIN*) und Maximum (*MAX*) verwendet. Als Streumaß diente die Standardabweichung (*SD*). Fehlende Werte wurden als Missings bezeichnet. Um Zusammenhänge zwischen kategorialen Variablen zu untersuchen, wurde der Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit durchgeführt. Bei Vierfeldertafeln wurde die Kontinuitätskorrektur nach Yates verwendet. Waren die zu erwartenden Häufigkeiten in mehr als 20 % der Felder kleiner als fünf, so wurde Fishers Exakter-Test durchgeführt. Als Maße für die Effektstärke wurden *Phi* und *Cramers V* verwendet. Um bei metrischen Variablen auf signifikante Mittelwertunterschiede zwischen zwei Kategorien zu prüfen, wurden *t*-Tests für unabhängige Stichproben angewendet. Als Maß für den Zusammenhang zwischen einem potentiellen Risikofaktor und dem Auftreten einer Erkrankung wurde die Odds-Ratio (*OR*) berechnet. Für den *t*-Test und die *OR* wurde das 95 %-Konfidenzintervall (*KI*) angegeben. Die Überprüfung der Reliabilität der Entscheidungen der Untersucher zu den Referenzdiagnosen bei der Kalibrierung sowie der Untersucherentscheidungen zueinander erfolgte mit Cohens Kappa-Koeffizienten (Cohen, 1960). Das Signifikanzniveau wurde auf $\alpha = ,05$ festgelegt. Signifikante Ergebnisse werden im Folgenden mit einem Stern (*) gekennzeichnet. Die statistische Auswertung erfolgte in Zusammenarbeit mit Frau Dr. Dipl.-Psych. Andrea Beinicke (Lehrstuhl für Psychologie II - Arbeits,- Betriebs-

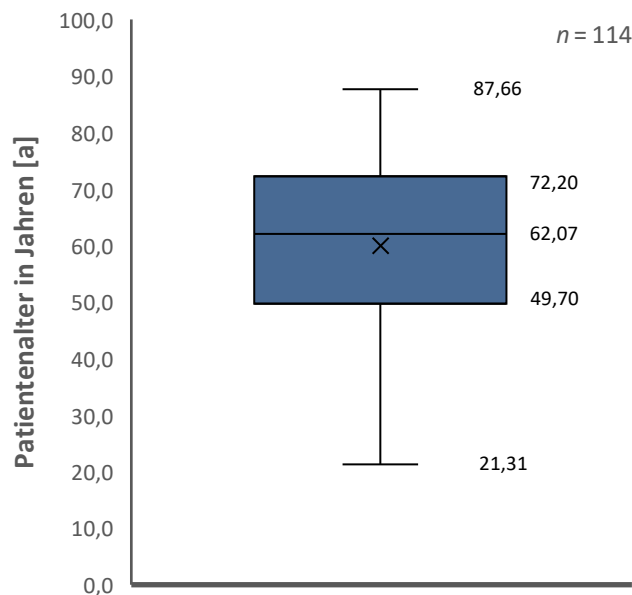
und Organisationspsychologie) und der statistischen Beratung des Lehrstuhls für klinische Epidemiologie und Biometrie der Universität Würzburg. Als Statistiksoftware wurde SPSS® Statistics (Fa. IBM, Version 25.0) verwendet.

3 Ergebnisse

3.1 Patientenkollektiv

3.1.1 Alters- und Geschlechterverteilung

Das Patientenkollektiv umfasste insgesamt 114 Studienteilnehmer/-innen. 60,53 % (69/114) waren weiblich und 39,47 % (45/114) männlich. Es zeigte sich eine linksschiefe Altersverteilung zwischen 21 und 87 Jahren mit einem Mittelwert von 59,99 Jahren ($SD = 15,80$) (siehe Abbildung 2).



Die Box (blau) wird durch das obere und untere Quartil begrenzt. Die Höhe der Box entspricht dem Interquartilsabstand. 50 % der Werte liegen innerhalb der Box. Je 25 % liegen darüber und darunter. Der Median ist als durchgezogene Linie eingezeichnet. Das x markiert den Mittelwert. Die Whisker (Antennen) kennzeichnen die Extremwerte der Verteilung, die noch innerhalb des 1,5-fachen Interquartilsabstands liegen. Werte außerhalb der Whisker werden mit einem Punkt dargestellt (hier nicht vorhanden).

Abbildung 2: Boxplot zur Darstellung der Verteilung des Patientenalters zum Untersuchungszeitpunkt.

3.1.2 Parodontaler Status

Der PSI wurde erhoben, um den parodontalen Gesundheitszustand der Studienteilnehmer/-innen zu ermitteln (Kapitel 2.5.2). In drei Fällen konnte die Sulkussondierung aus medizinischen Gründen nicht erfolgen. Der PSI wurde somit in 111 Fällen erhoben. Diese wurden in parodontal gesund ($n=30$, PSI-Grad 0–2) und parodontal erkrankt ($n=81$, PSI-Grad 3–4) unterteilt (siehe Tabelle 4 und Tabelle 5).

Tabelle 4: Verteilung des Studienkollektivs auf die Stufen des PSI.

PSI-Grad	0	1	2	3	4	Summe	Missings
Anzahl [n]	1	13	16	39	42	111	3

Tabelle 5: Einteilung des Studienkollektivs in parodontal gesund und erkrankt.

parodontaler Status	Anzahl [n]	Anteil [%]
gesund	30	27,03
krank	81	72,97

3.1.3 Sonstige patientenbezogene Daten

Die aus der persönlichen Befragung der Studienteilnehmer/-innen gewonnenen Größen- und Gewichtsangaben wurden zur Berechnung des BMI verwendet. Er betrug im Mittel 26,26 kg/m². Das Minimum lag bei 17,00, das Maximum bei 39,80 (siehe Tabelle 6). Die durchschnittliche Zahnanzahl im Studienkollektiv lag bei 24,49 mit einem Minimum von 8 und einem Maximum von 32 ($SD=4,61$). Bei 21,93 % (25/114) des Studienkollektivs lag mindestens ein Implantat vor. Weiterhin gaben 23,68 % (27/114) der Teilnehmer/-innen bei der Befragung an, Zigaretten zu konsumieren. 42,34 % (47/111, 3 Missings) erhielten eine Medikation aufgrund einer spezifischen chronischen Erkrankung (Diabetes, Hypertonie und Hyperlipidämie) und/oder nahmen Thrombozytenaggregationshemmer und/oder Antikoagulantien ein. In drei Fällen konnte die Art der Medikation nicht ermittelt werden.

Tabelle 6: Deskriptive Statistik des BMI und der Zahnanzahl des Studienkollektivs.

	<i>M</i>	<i>MD</i>	<i>MIN</i>	<i>MAX</i>	<i>SD</i>
BMI [kg/m²]	26,26	25,90	17,00	39,80	4,17
Zahnzahl [n]	24,49	26	8	32	4,61

3.2 Deskriptive Analyse der endodontisch behandelten Zähne

3.2.1 Periapikaler Status

Das Recallintervall erstreckte sich im Mittel über 6,26 Jahre mit einem Minimum von 4,65 und einem Maximum von 8,68 Jahren (siehe Abbildung 3). Präinterventionell zeigten 43 Zähne periapikal gesunde Verhältnisse (PAI 1 und 2). 71 Zähne zeigten eine periapikale Läsion (PAI 3–5). Postinterventionell waren 86 Zähne periapikal gesund und 28 zeigten eine apikale Läsion mit dem Resultat einer endodontischen Erfolgsrate von 75,44 % (siehe Tabelle 7 und Abbildung 3).

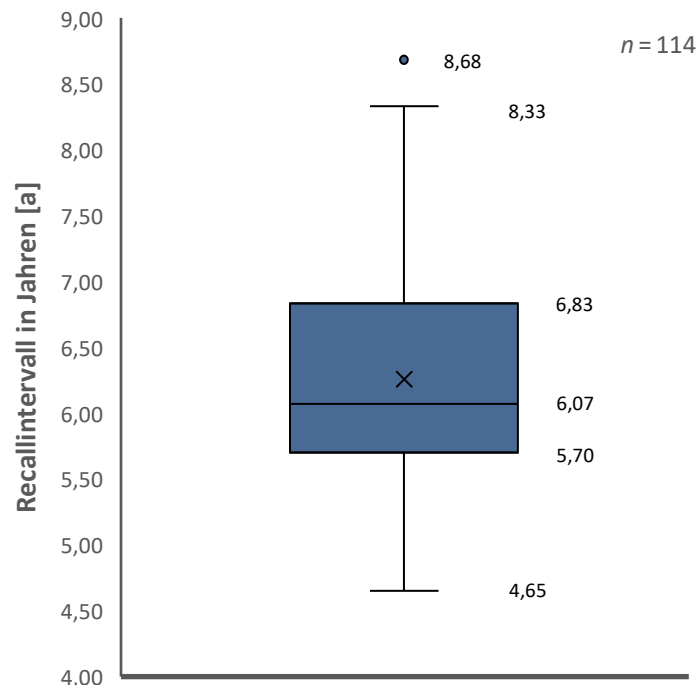
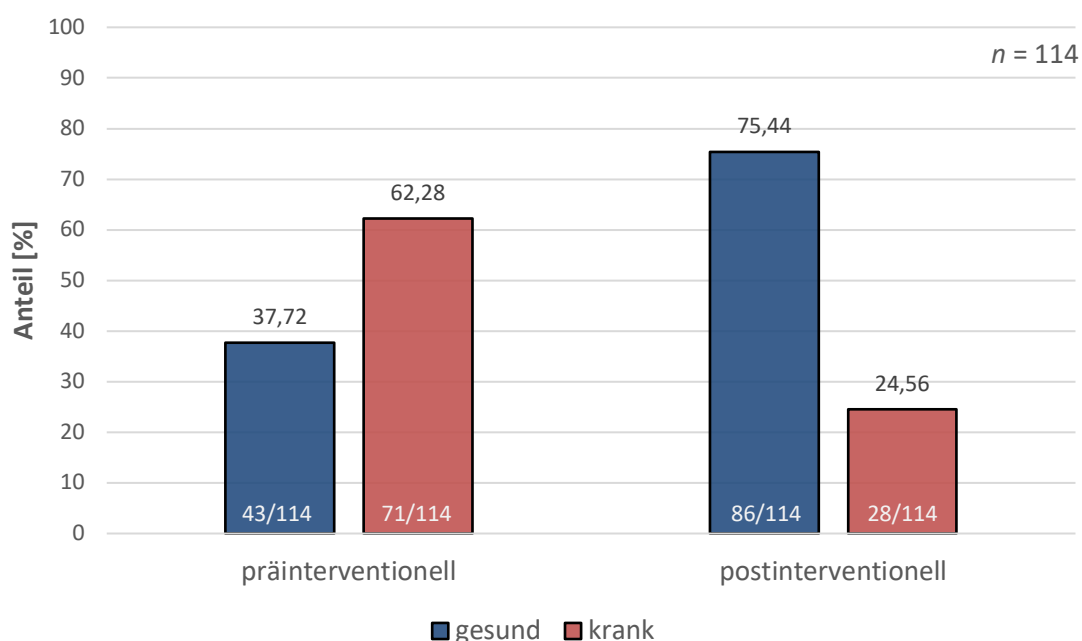


Abbildung 3: Boxplot zur Darstellung der Verteilung der Zeitintervalle zwischen Therapie und Recalluntersuchung der endodontisch behandelten Zähne.

Tabelle 7: Periapikaler Status der endodontisch behandelten Zähne prä- und postinterventionell.

	Anzahl gesamt [n]	■ gesund Anzahl [n] / Anteil [%]	■ krank Anzahl [n] / Anteil [%]
präinterventionell	114	43 (37,72)	71 (62,28)
postinterventionell	114	86 (75,44)	28 (24,56)



Die Höhe der Balken entspricht dem prozentualen Anteil der jeweiligen Kategorie. Die exakten Werte in Prozent befinden sich oberhalb des Balken. An der Basis sind in weiß die absoluten Zahlen dargestellt.

Abbildung 4: Säulendiagramm zur Darstellung der Anteile an periapikal erkrankten und gesunden endodontisch behandelten Zähnen prä- und postinterventionell.

3.2.2 Verteilung der Zähne auf Kiefer und Zahngruppen

Die Mehrzahl der untersuchten Zähne war mit 64,91 % (74/114) im Oberkiefer (OK) lokalisiert, während 35,09 % (40/114) dem Unterkiefer (UK) zuzuordnen waren. Die Molaren stellten mit 56,14 % (64/114) die am häufigsten behandelte Zahngruppe dar, gefolgt

von Frontzähnen und Prämolaren mit je 21,93 % (25/114). Betrachtet man die Zahngruppen in Ober- und Unterkiefer getrennt voneinander, waren die Oberkiefermolaren mit 31,58 % (36/114) am häufigsten vertreten. Demgegenüber lag der Anteil der Unterkieferfrontzähne nur bei 0,88 % (1/114) (siehe Abbildung 5). Mit einem Anteil von 10,53 % (12/114) war 26 der am häufigsten behandelte Zahn (siehe Tabelle 8).

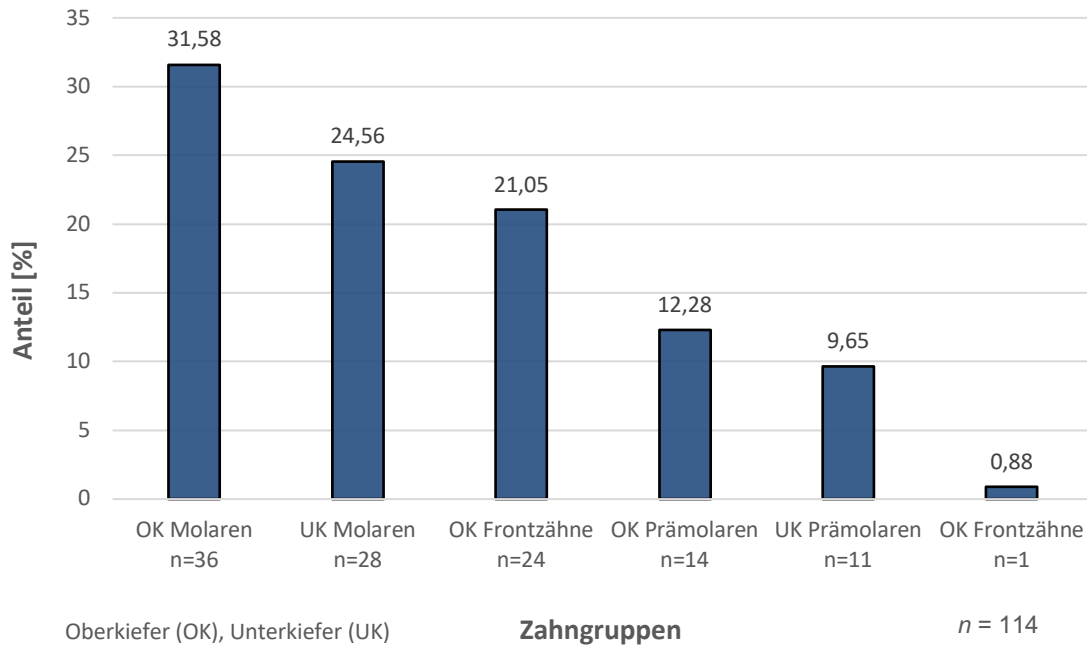


Abbildung 5: Säulendiagramm zur Darstellung der Verteilung der untersuchten Zähne auf die Zahngruppen.

Tabelle 8: Häufigkeit der behandelten Zähne nach dem FDI-Schema.

[n]	0	7	11	2	4	5	4	5		1	3	6	4	4	12	6	0
Zahn	18	17	16	15	14	13	12	11		21	22	23	24	25	26	27	28
Zahn	48	47	46	45	44	43	42	41		31	32	33	34	35	36	37	38
[n]	0	8	9	5	2	0	1	0		0	0	0	1	3	7	4	0

Nach dem FDI-Schema (*Fédération Dentaire Internationale*) wird das Gebiss in vier Quadranten eingeteilt. Die horizontale Linie trennt die Oberkiefer- von den Unterkieferzähnen und die vertikale Linie rechts und links, wobei im Schema auf der linken Seite die aus Patientensicht rechte Gebisshälfte abgebildet ist. Jeder Zahn erhält eine Nummer (fett gedruckt), bei der die erste Ziffer den Quadranten und die zweite die Nummer des Zahns innerhalb des Quadranten angibt.

3.3 Erfolgsrate in Abhängigkeit von der Obturationsmethode

Von den insgesamt 114 Zähnen wurden 64 Zähne mittels adhäsiver Obturation in Continuous-Wave-Technik mit Resilon® versorgt (CWR: Continuous-Wave Resilon®). 40 Zähne wurden in Single-Cone-Technik mit epoxidharzbasiertem Sealer (AH Plus®) und Guttapercha behandelt (SCGP: Single-Cone Guttapercha). Bei 10 Zähnen erfolgte die Obturation mit Guttapercha und GuttaFlow® in Single-Cone-Technik (SCGF: Single-Cone GuttaFlow®). Die Erfolgsrate war bei SCGP mit 85 % (34/40) am höchsten verglichen mit 80 % (8/10) bei SCGF und 68,75 % (44/64) bei CWR (siehe Tabelle 9 und Abbildung 6).

Tabelle 9: Erfolgsraten der Obturationsmethoden.

	Methode	Obturationen	Erfolg	Misserfolg
		Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]
■	CWR	64 (56,14)	44 (68,75)	20 (31,25)
■	SCGP	40 (35,09)	34 (85)	6 (15)
■	SCGF	10 (8,77)	8 (80)	2 (20)
insgesamt		114 (100)	86 (75,44)	28 (24,56)

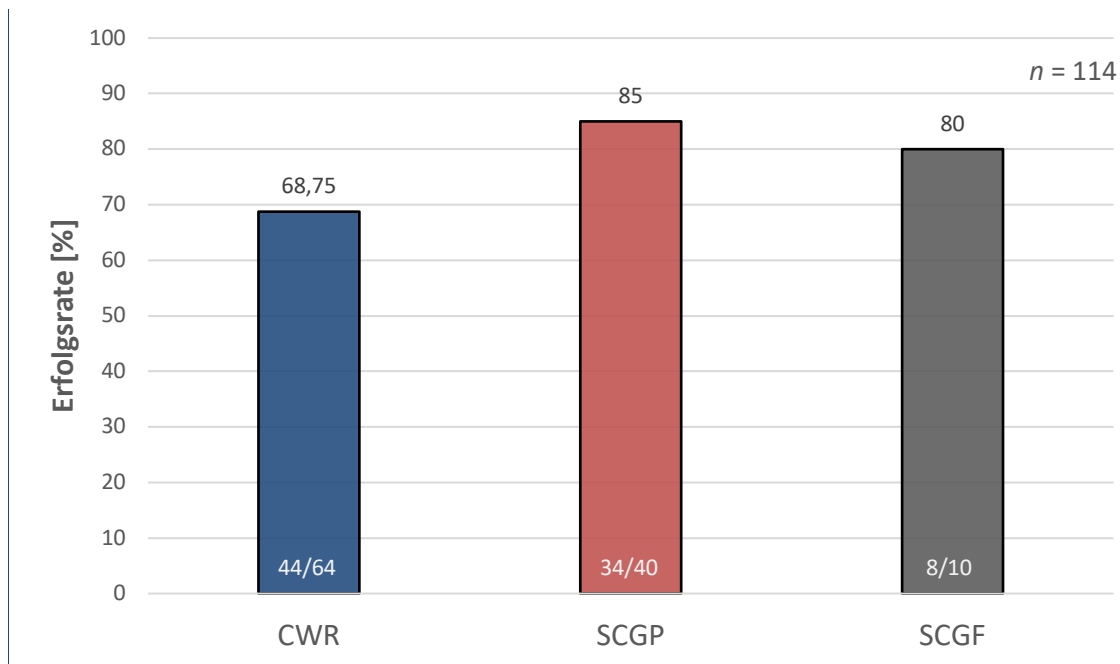


Abbildung 6: Säulendiagramm zur Darstellung der Erfolgsraten der Obturationsmethoden.

Um zu überprüfen, ob ein Zusammenhang zwischen der *Obturationsmethode* und dem *Behandlungserfolg* besteht, wurde ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit durchgeführt. Dieser zeigte keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen diesen Variablen ($\chi^2(2, n = 114) = 3,63, p = ,16$).

3.4 Einfluss der Obturationsmethode auf die Qualität der Wurzelkanalfüllung

3.4.1 Länge der Obturation

Insgesamt lag der Anteil der Zähne, die eine adäquate Länge der Wurzelkanalfüllung aufwiesen bei 79,82 % (91/114). Bei Betrachtung der einzelnen Gruppen zeigte SCGP den höchsten Anteil adäquater Wurzelkanalfüllungen (92,5 %, 37/40) verglichen mit SCGF (80 %, 8/10) und CWR (71,87 %, 46/64). Die meisten Unterfüllungen zeigte CWR, während SCGF den höchsten Anteil überfüllter Zähne aufwies. Die Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen sind in Tabelle 10 und Abbildung 7 dargestellt. Um zu prüfen, ob die *Länge der Wurzelkanalfüllung* mit der Anwendung einer der *Obturationsmethoden* zusammenhängt, wurde ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit durchgeführt. Es zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang ($\chi^2(2, n = 114) = 6,50, p = ,04$) mit kleiner Effektstärke gemäß *Cramers V* von ,24 (Cohen, 1988).

Tabelle 10: Anteile adäquater, unterfüllter und überfüllter Wurzelkanalbehandlungen in Abhängigkeit von der Obturationsmethode.

Methode	Obturationen	adäquat	unterfüllt	überfüllt
	Anzahl [n]/Anteil [%]	Anzahl [n]/Anteil [%]	Anzahl [n]/Anteil [%]	Anzahl [n]/Anteil [%]
■ CWR	64 (56,14)	46 (71,87)	12 (18,75)	6 (9,38)
■ SCGP	40 (35,09)	37 (92,5)	3 (7,5)	0 (0)
■ SCGF	10 (8,77)	8 (80)	0 (0)	2 (20)
insgesamt	114 (100)	91 (79,82)	15 (13,16)	8 (7,02)

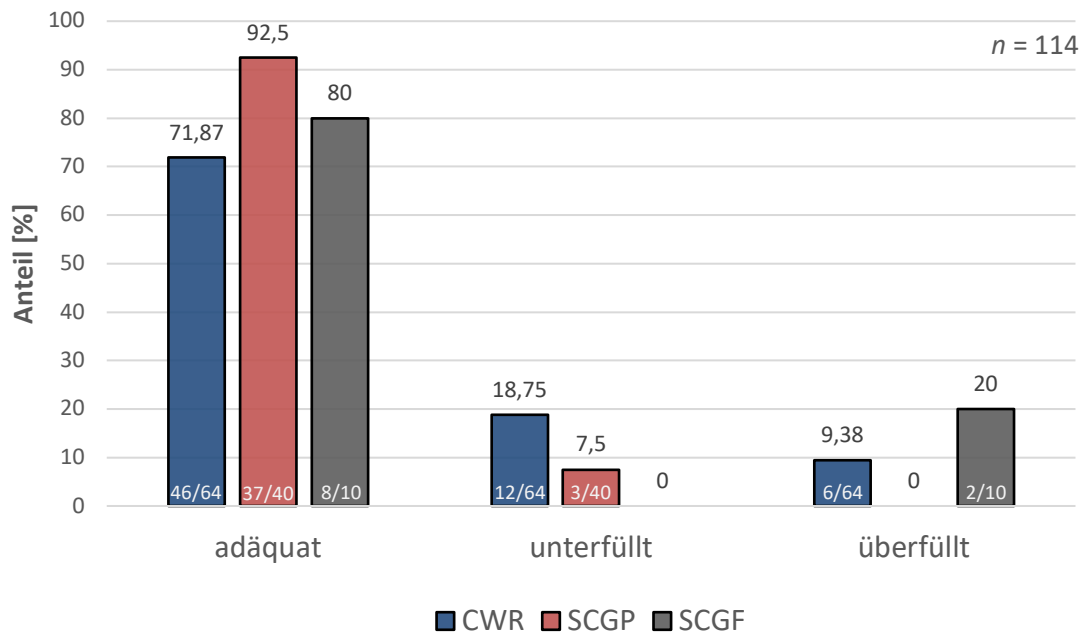


Abbildung 7: Säulendiagramm zur Darstellung der Anteile an adäquaten, unterfüllten und überfüllten Wurzelfüllungen der verschiedenen Obturationsmethoden.

3.4.2 Homogenität der Obturation

Insgesamt waren 76,32 % (87/114) der Wurzelkanalfüllungen frei von Blasen und zeigten keine radiologisch erkennbaren Spalten zwischen Wurzelfüllmaterial und radikulärem Dentin. 23,68 % (27/114) der Zähne wiesen hingegen inhomogene Obturationen auf (siehe Tabelle 11). Beim direkten Vergleich der Obturationsmethoden zeigte die SCGF-Gruppe mit 90 % (9/10) den höchsten Anteil homogener Wurzelkanalfüllungen, während in der CWR-Gruppe 79,69 % (51/64) und in der SCGP-Gruppe 67,5 % (27/40) der Zähne als homogen gefüllt bewertet wurden (siehe Abbildung 8). Der Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit zeigte keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der *Obturationsmethode* und der *Homogenität der Wurzelfüllung* ($\chi^2(2, n = 114) = 3,16, p = ,20$).

Tabelle 11: Anteile homogener und inhomogener Wurzelkanalfüllungen in Abhängigkeit von der der Obturationsmethode.

Methode	Obturationen	homogen	inhomogen
	Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]
■ CWR	64 (56,14)	51 (79,69)	13 (20,31)
■ SCGP	40 (35,09)	27 (67,5)	13 (32,5)
■ SCGF	10 (8,77)	9 (90)	1 (10)
insgesamt	114 (100)	87 (76,32)	27 (23,68)

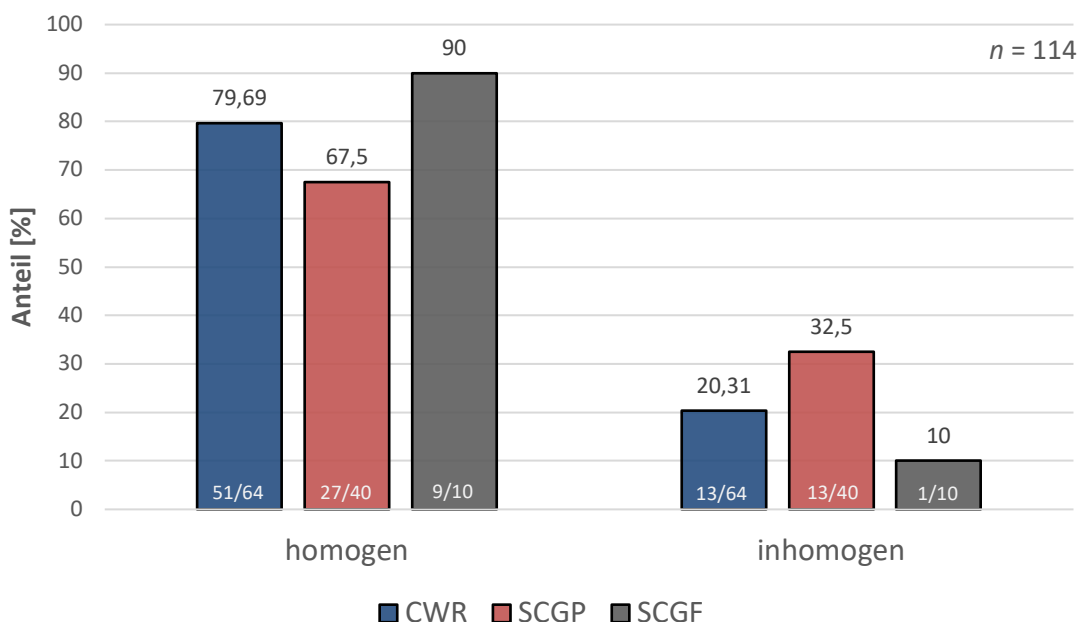


Abbildung 8: Säulendiagramm zur Darstellung der Anteile an homogenen und inhomogenen Wurzelkanalfüllungen in Abhängigkeit von der Obturationsmethode.

3.4.3 Extrusion von Wurzelfüllmaterial

Anhand der postinterventionell angefertigten Kontrollröntgenbilder wurden insgesamt 19 Zähne (16,67 %, $n = 114$) identifiziert, bei denen es zur Extrusion von Wurzelfüllmaterial in das periapikale Gewebe kam. Tabelle 12 und Abbildung 9 zeigen, dass die Unterschiede zwischen den Obturationsmethoden gering ausfielen. Der Chi-Quadrat-Test für

Unabhängigkeit ergab, dass kein signifikanter Zusammenhang zwischen der angewendeten *Obturationsmethode* und der *Extrusion von Wurzelfüllmaterial* bestand ($\chi^2(2, n=114)=0,15, p=,93$).

Tabelle 12: Anteile der Wurzelkanalfüllungen mit und ohne Extrusion von Wurzelfüllmaterial zwischen den Obturationsmethoden.

Methode	Obturationen	Extrusion von Füllmaterial	
		nein	ja
		Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]
■ CWR	64 (56,14)	54 (84,37)	10 (15,63)
■ SCGP	40 (35,09)	33 (82,5)	7 (17,5)
■ SCGF	10 (8,77)	8 (80)	2 (20)
insgesamt	114 (100)	95 (83,33)	19 (16,67)

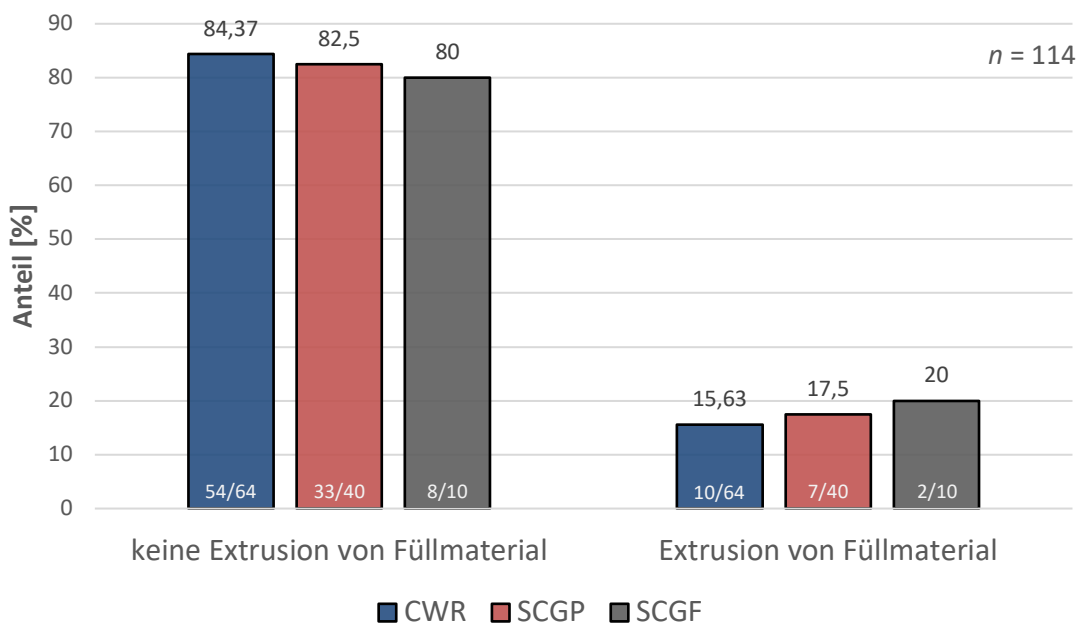


Abbildung 9: Säulendiagramm zum Vergleich der Anteile an Wurzelkanalfüllungen mit und ohne Extrusion von Wurzelfüllmaterial zwischen den Obturationsmethoden.

3.5 Einfluss der Qualität der Obturation auf den Behandlungserfolg

3.5.1 Länge der Obturation

Zähne mit adäquater Länge der Wurzelkanalfüllung (Abstand von 0–2 mm zum radiologischen Apex) zeigten eine Erfolgsrate von 79,12 % (72/91). Inadäquate Obturationen (über- oder unterfüllt) erzielten in 60,87 % (14/23) der Fälle einen Behandlungserfolg (siehe Tabelle 13 und Abbildung 10). Der Chi-Quadrat-Test zeigte keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der *Länge der Obturation* und dem *Behandlungserfolg* ($\chi^2(1, n=114)=2,39, p=,12$).

Tabelle 13: Erfolgsrate in Abhängigkeit von der Länge der Obturation.

	Länge	Obturationen	Erfolg	Misserfolg
		Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]
■	adäquat	91 (79,82)	72 (79,12)	19 (20,88)
■	inadäquat	23 (20,18)	14 (60,87)	9 (39,13)
insgesamt		114 (100)	86 (75,44)	28 (24,56)

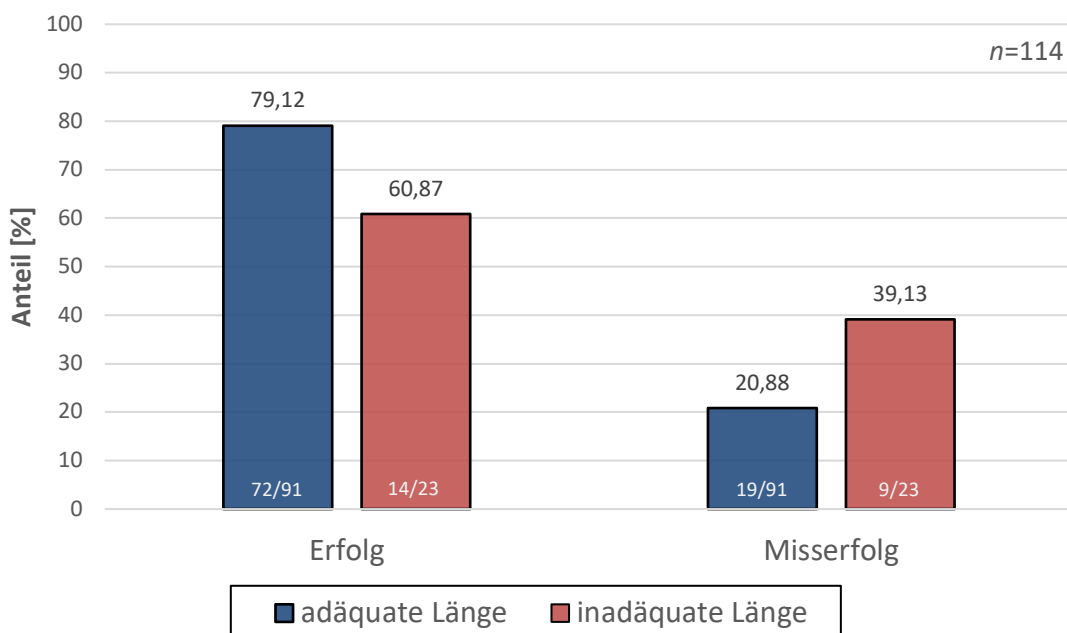


Abbildung 10: Säulendiagramm zur Darstellung der Erfolgsrate in Abhängigkeit von der Länge der Wurzelkanalfüllung (unabhängig von der Obturationsmethode).

3.5.2 Homogenität der Obturation

Zähne mit homogenen Wurzelkanalfüllungen zeigten mit 71,27 % (62/87) eine geringere Erfolgsrate als diejenigen mit inhomogenen Füllungen (88,89%, 24/27) (siehe Tabelle 14 und Abbildung 11). Der Chi-Quadrat-Test zeigte keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der *Homogenität der Wurzelkanalfüllung* und dem *Behandlungserfolg* ($\chi^2(1, n = 114) = 2,57, p = ,11$).

Tabelle 14: Erfolgsrate in Abhängigkeit von der Homogenität der Obturation.

	Obturationen	Erfolg	Misserfolg
	Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]
■ homogen	87 (76,32)	62 (71,26)	25 (28,74)
■ inhomogen	27 (23,68)	24 (88,89)	3 (11,11)
insgesamt	114 (100)	86 (75,44)	28 (24,56)

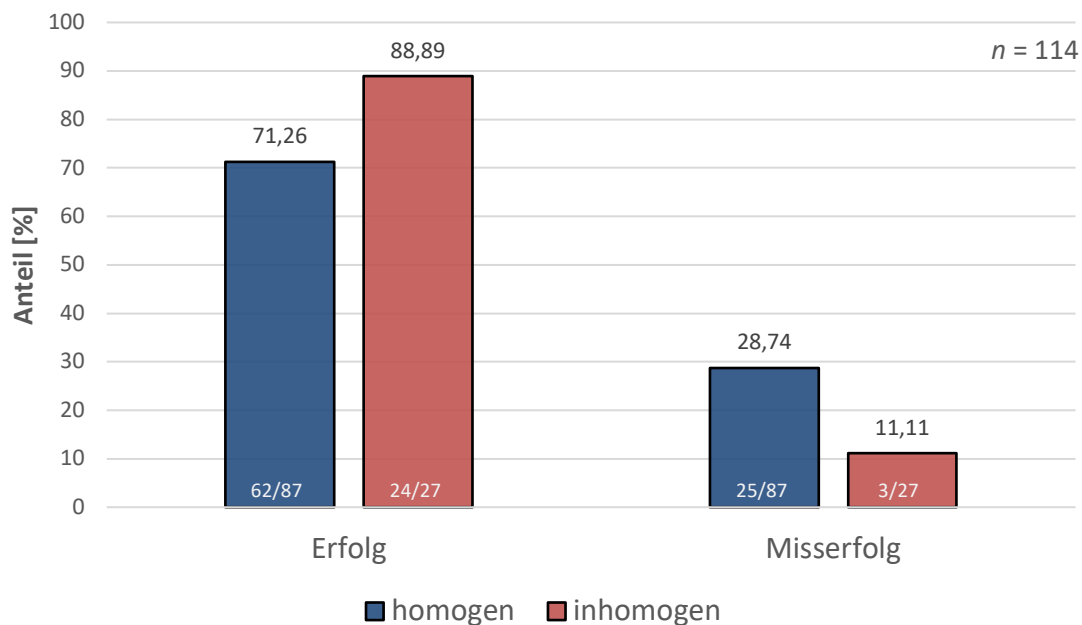


Abbildung 11: Säulendiagramm zur Darstellung der Erfolgsraten von homogenen und inhomogenen Wurzelkanalfüllungen (unabhängig von der Obturationsmethode).

3.5.3 Extrusion von Wurzelfüllmaterial

Es zeigten sich ähnliche Erfolgsraten bei Zähnen ohne (75,79 %, 72/95) und mit Extrusion von Wurzelfüllmaterial (73,68 %, 14/19) (siehe Tabelle 15 und Abbildung 12). Der Chi-Quadrat-Test konnte keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der *Extrusion von Wurzelfüllmaterial* und dem *Behandlungserfolg* ermitteln ($\chi^2(1, n=114)=0,00, p=1,00$).

Tabelle 15: Erfolgsraten bei Wurzelkanalfüllungen mit und ohne Extrusion von Wurzelfüllmaterial.

	Obturationen	Erfolg	Misserfolg
	Anzahl [n]/Anteil [%]	Anzahl [n]/Anteil [%]	Anzahl [n]/Anteil [%]
■ keine Extrusion	95 (83,33)	72 (75,79)	23 (24,21)
■ Extrusion	19 (16,67)	14 (73,68)	5 (26,32)
insgesamt	114 (100)	86 (75,44)	28 (24,56)

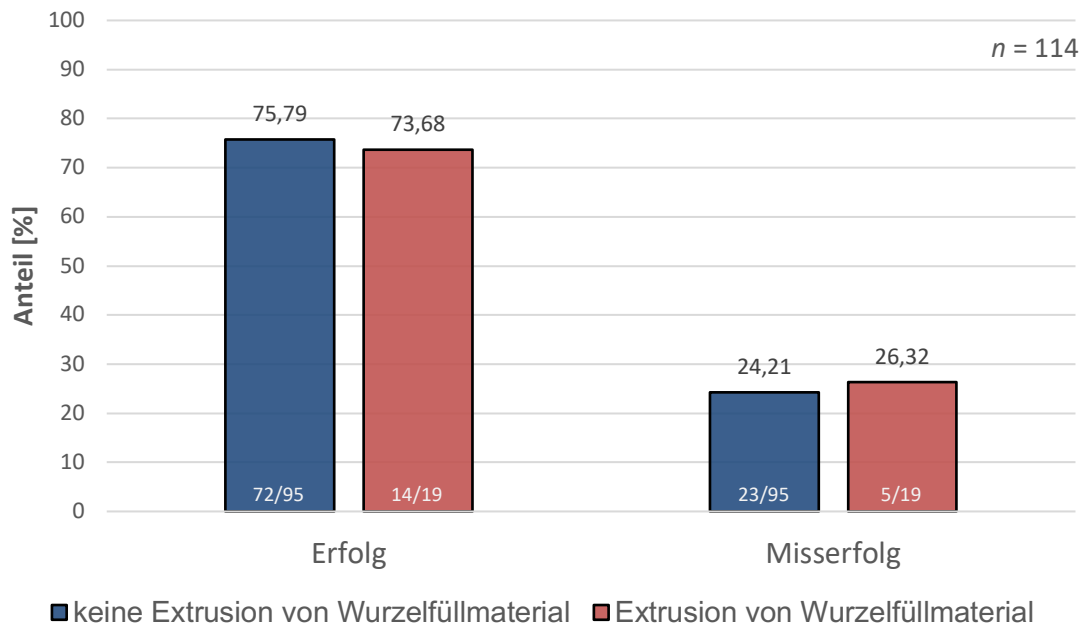


Abbildung 12: Säulendiagramm zur Darstellung der Erfolgsraten bei Wurzelfüllungen mit und ohne Extrusion von Wurzelfüllmaterial (unabhängig von der Obturationsmethode).

3.6 Einfluss patientenbezogener Variablen auf den Behandlungserfolg

3.6.1 Metrische Variablen

Die Mittelwerte der patientenbezogenen metrischen Variablen innerhalb der Kategorien Erfolg und Misserfolg sind Tabelle 16 zu entnehmen. In der Gruppe der Patientinnen und Patienten, bei denen ein Behandlungserfolg zu verzeichnen war, lag der Mittelwert des Alters 2,64 Jahre höher als in der Vergleichsgruppe mit Misserfolg (siehe Abbildung 13). Der mittlere BMI war in der Erfolgsgruppe etwas geringer als bei den Misserfolgen (siehe Abbildung 14). Weiterhin zeigten die Behandlungserfolge eine höheres mittleres Recallintervall gegenüber den Misserfolgen (siehe Abbildung 15). Um zu überprüfen, ob sich die Mittelwerte der Variablen *Patientenalter*, *BMI* und *Recallintervall* innerhalb der Kategorien *Erfolg* und *Misserfolg* signifikant voneinander unterscheiden, wurde jeweils ein *t*-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Es zeigten sich keine signifikanten Mittelwertabweichungen. Die Ergebnisse der *t*-Tests sind in Tabelle 17 zusammengefasst.

Tabelle 16: Mittelwerte und Standardabweichung der metrischen Variablen in Abhängigkeit vom Behandlungserfolg.

	Behandlungs- erfolg	Anzahl [<i>n</i>]	Mittelwert	Standardabweichung
Patientenalter [a]	ja	86	60,64	16,21
	nein	28	58,00	14,59
BMI [kg/m²]	ja	86	26,38	4,18
	nein	28	26,88	4,18
Recallintervall [a]	ja	86	6,33	0,76
	nein	28	6,03	0,83

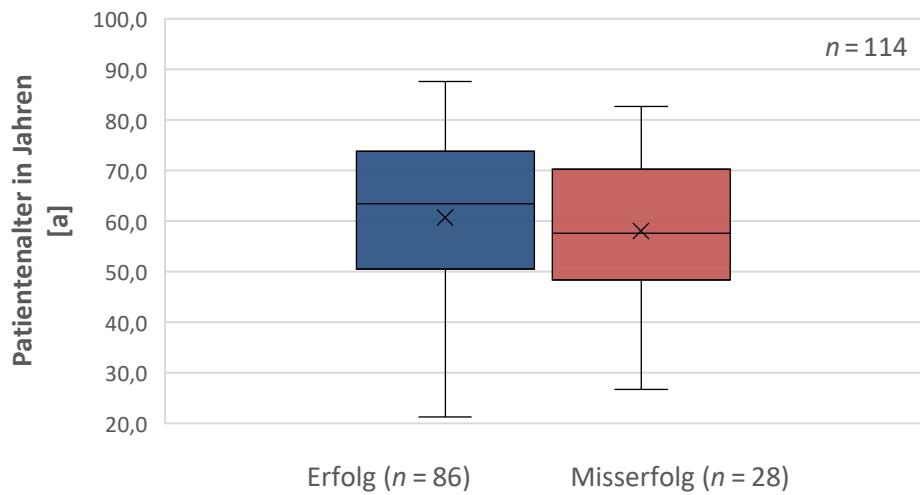


Abbildung 13: Boxplot zur Darstellung der Verteilung und der Mittelwerte (x) des Patientenalters zwischen den Kategorien Erfolg und Misserfolg.

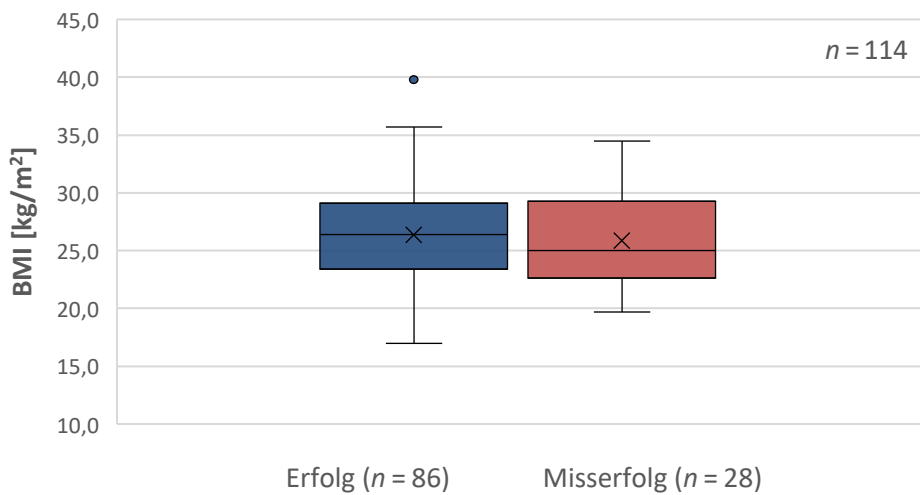


Abbildung 14: Boxplot zur Darstellung der Verteilung und der Mittelwerte (x) des BMI zwischen den Kategorien Erfolg und Misserfolg.

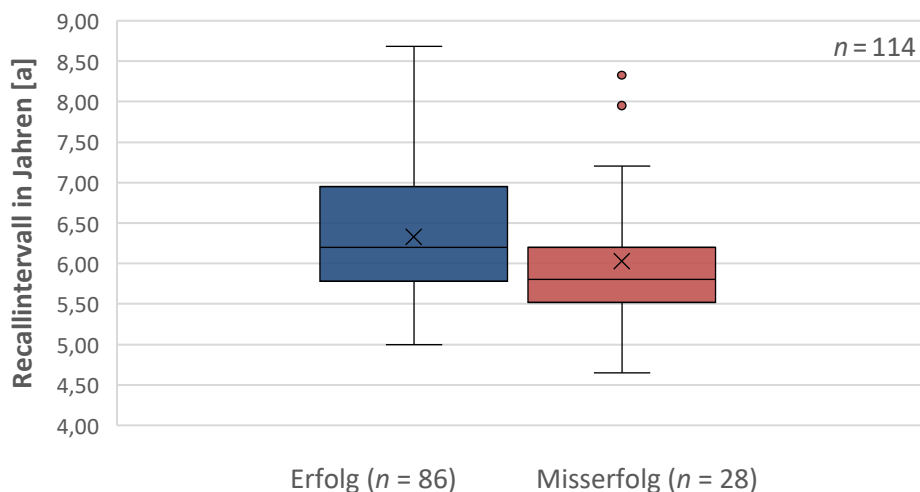


Abbildung 15: Boxplot zur Darstellung der Verteilung und der Mittelwerte (x) des Recallintervalls zwischen den Kategorien Erfolg und Misserfolg.

Tabelle 17: *t*-Test-Ergebnisse der metrischen Variablen.

	<i>t</i> -Wert	Freiheitsgrade	Signifikanz	mittlere Differenz	95 % Konfidenzintervall	
Patientenalter [a]	0,77	112	,45	2,64	-4,19	9,46
BMI [kg/m²]	0,55	112	,58	0,5	-1,3	2,3
Recallintervall [a]	1,79	112	,08	0,3	-0,03	0,64

3.6.2 Kategoriale Variablen

Tabelle 18 zeigt die Erfolgsraten der endodontischen Behandlung in Abhängigkeit der patientenbezogenen kategorialen Variablen. Der auffälligste Unterschied bezüglich der Erfolgsraten fand sich bei parodontal gesunden Patientinnen und Patienten (90%, 27/30) verglichen mit parodontal erkrankten (71,6%, 58/81). Der Chi-Quadrat-Test zeigte jedoch keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Vorliegen einer *Parodontitis* und dem *Behandlungserfolg*. Gleiches galt für die Variablen *Rauchen*, *CDM* und *Geschlecht* (CDM: Chronic Disease Medication). Die Testergebnisse sind Tabelle 18 zu entnehmen.

Tabelle 18: Erfolgsraten in Abhängigkeit der patientenbezogenen Variablen und Ergebnisse der statistischen Analyse.

		Erfolg		Misserfolg
		Anzahl [n]/Anteil [%]	Anzahl [n]/Anteil [%]	Anzahl [n]/Anteil [%]
Parodontitis	ja	81 (72,97)	58 (71,6)	23 (28,4)
	nein	30 (27,03)	27 (90)	3 (10)
	insgesamt	111 (100)	85 (76,58)	26 (23,42)
	Ergebnis		$(\chi^2(1, n = 111) = 3,17, p = ,08)$	
Rauchen	ja	27 (23,68)	18 (66,67)	9 (33,33)
	nein	87 (76,32)	68 (78,16)	19 (21,84)
	insgesamt	114 (100)	86 (75,44)	28 (24,56)
	Ergebnis		$(\chi^2(1, n = 114) = 0,91, p = ,34)$	
CDM	ja	47 (42,34)	39 (82,98)	8 (17,02)
	nein	64 (57,66)	45 (70,31)	19 (29,69)
	insgesamt	111 (100)	84 (75,68)	27 (24,32)
	Ergebnis		$(\chi^2(1, n = 111) = 1,72, p = ,19)$	
Geschlecht	männlich	45 (39,47)	33 (73,33)	12 (26,67)
	weiblich	69 (60,53)	53 (76,81)	16 (23,19)
	insgesamt	114	86 (75,44)	28 (24,56)
	Ergebnis		$(\chi^2(1, n = 114) = 0,18, p = ,67)$	

3.7 Einfluss zahnbezogener Variablen auf den Behandlungserfolg

3.7.1 Präoperative periapikale Läsion

Zähne, die zum Diagnosezeitpunkt als periapikal gesund (PAI 1–2) eingestuft wurden, zeigten eine Erfolgsrate von 90,7 % (39/43). Bei den periapikal erkrankten Zähnen (PAI 3–5) hingegen lag die Erfolgsrate bei 66,2 % (47/71) (Tabelle 19 und Abbildung 16). Es zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem *periapikalen Befund* des Zahns zum Diagnosezeitpunkt und dem *endodontischen Behandlungserfolg* ($\chi^2(1, n=114)=7,40, p=,007^*$). Mit $Phi=,28$ bestand eine geringe Effektstärke (Cohen, 1988). Die Wahrscheinlichkeit eines endodontischen Misserfolgs lag bei Zähnen mit präoperativer Läsion 4,98-mal höher als bei jenen ohne periapikale Entzündung ($OR=4,98, 95\% KI: 1.60, 15,57, p=,006^*$).

Tabelle 19: Vergleich der periapikalen Situation prä- und postoperativ.

präoperativ	Zähne	postoperativ	
		Erfolg	Misserfolg
	Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]
■ gesund	43 (37,72)	39 (90,70)	4 (9,30)
■ krank	71 (62,28)	47 (66,20)	24 (33,80)
insgesamt	114 (100)	86 (75,44)	28 (24,56)

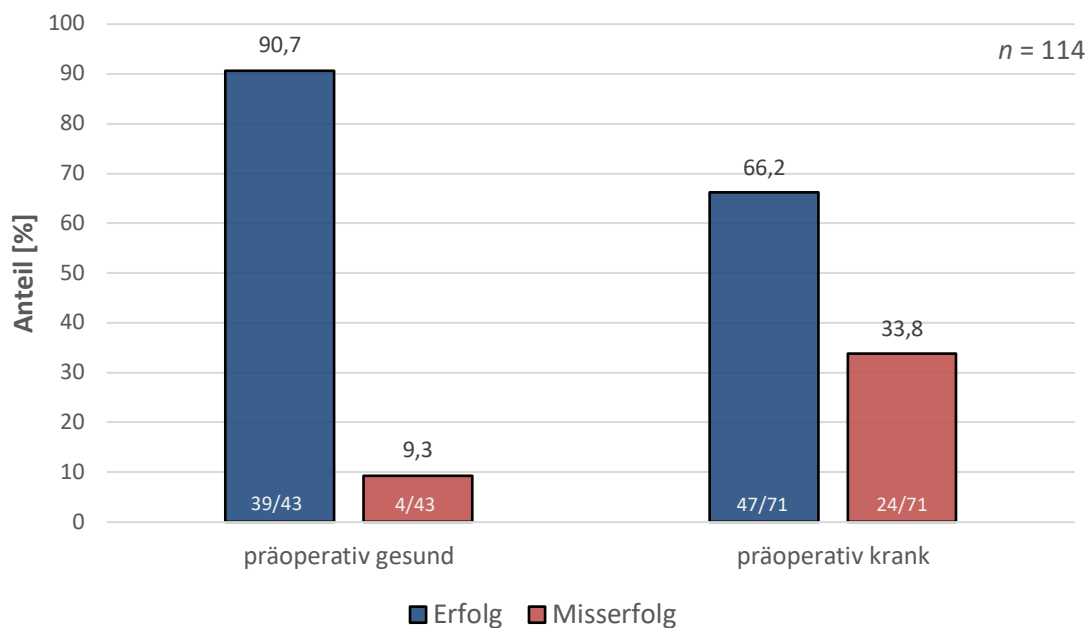


Abbildung 16: Säulendiagramm zur Darstellung der Erfolgsraten in Abhängigkeit vom Vorliegen einer präoperativen periapikalen Läsion endodontischen Ursprungs.

3.7.2 Art und Qualität der Restauration

Tabelle 20 zeigt die Verteilung der Zähne auf die verschiedenen Restauraarten und deren Erfolgsraten. Die Mehrzahl der Zähne war mit Vollkronen (38,60%, 44/114) und Kompositfüllungen (37,72%, 43/114) versorgt. Teilkronen, Brücken und Teleskopkronen waren deutlich seltener vertreten. Die Gruppengrößen stellten sich wie auch die Erfolgsraten innerhalb der Gruppen als heterogen dar. Der Chi-Quadrat-Test zeigte keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der *Art der Restauration* und dem *Behandlungserfolg* ($\chi^2(4, n = 114) = 4,74, p = ,29$).

Suffiziente Restaurationen zeigten eine Erfolgsrate von 76,64 % (82/107) gegenüber den als insuffizient bewerteten Versorgungen mit 57,14% (4/7) (siehe Tabelle 21). Die *Qualität der Restauration* hatte ebenfalls keinen signifikanten Einfluss auf den *endodontischen Behandlungserfolg* ($\chi^2(1, n = 114) = 1,35, p = ,36$).

Tabelle 20: Erfolgsraten der endodontischen Behandlung in Abhängigkeit von der Restaurationsart.

Art der Restauration	Restaurationen	Erfolg	Misserfolg
	Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]
Krone	44 (38,60)	30 (68,18)	14 (31,82)
Komposit	43 (37,72)	36 (83,72)	7 (16,28)
Teilkrone	17 (14,91)	13 (76,47)	4 (23,53)
Brücke	7 (6,14)	4 (57,14)	3 (42,86)
Teleskop	3 (2,63)	3 (100)	0 (0)
insgesamt	114 (100)	86 (75,44)	28 (24,56)

Tabelle 21: Erfolgsraten der endodontischen Behandlung in Abhängigkeit von der Restaurationsqualität.

Qualität	Restauration	Erfolg	Misserfolg
	Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]
suffizient	107 (93,86)	82 (76,64)	25 (23,36)
insuffizient	7 (6,14)	4 (57,14)	3 (42,86)
insgesamt	114	86 (75,44)	28 (24,56)

3.7.3 Endodontische Primärbehandlung und Wurzelkanalrevision

Bei 61,40 % (70/114) der Zähne stellte die im Rahmen dieser Studie durchgeführte Wurzelkanalbehandlung die Erstbehandlung des Zahns dar. Bei 38,60 % (44/114) wurde eine Revision einer bereits bestehenden Wurzelkanalfüllung durchgeführt. Drei Zähne hatten bereits vor der Revisionsbehandlung eine Wurzelspitzenresektion erhalten. Bei drei weiteren Zähnen wurde während des Beobachtungszeitraumes eine Wurzelspitzenresektion erforderlich. Mit 78,57% (55/70) zeigten Primärbehandlungen eine vergleichbare Erfolgsrate wie Revisionsbehandlungen 70,45% (31/44) (siehe Tabelle 22). In der

statistischen Analyse konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen *Primär- und Wurzelkanalrevisionsbehandlungen* und dem *endodontischen Behandlungserfolg* ermittelt werden ($\chi^2(1, n = 114) = 0,67, p = ,45$).

Tabelle 22: Erfolgsraten bei Primär- und Wurzelkanalrevisionsbehandlungen.

Art der Behandlung	Behandlungen	Erfolg	Misserfolg
	Anzahl [n]/Anteil [%]	Anzahl [n]/ Anteil [%]	Anzahl [n]/ Anteil [%]
Primärbehandlung	70 (61,40)	55 (78,57)	15 (21,43)
Revision	44 (38,60)	31 (70,45)	13 (29,55)
insgesamt	114 (100)	86 (75,44)	28 (24,56)

3.7.4 Parodontale Sondierungstiefe und Lockerungsgrad

Die Erfolgsrate der endodontischen Behandlung war bei Zähnen mit Sondierungstiefen zwischen 0 und 3,5 mm am höchsten und nahm bei größeren Werten eher ab (siehe Tabelle 23). Ein Zusammenhang zwischen der *Sondierungstiefe* und dem *endodontischen Behandlungserfolg* konnte jedoch nicht ermittelt werden ($\chi^2(2, n = 111) = 3,36, p = ,18$).

Mit 80,70 % waren die meisten Zähne nicht parodontal gelockert, während sich die übrigen 19,30 % auf die Lockerungsgrade 1 bis 3 verteilten (siehe Tabelle 24). Es bestand kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem *Behandlungserfolg* und dem *Lockerungsgrad des Zahns* ($\chi^2(3, n = 114) = 3,43, p = ,2$).

Tabelle 23: Erfolgsraten der endodontischen Behandlung in Abhängigkeit von der Sondierungstiefe am betreffenden Zahn.

Sondierungstiefe	Erfolg		Misserfolg
	[mm]	Anzahl [n]/ Anteil [%]	Anzahl [n]/ Anteil [%]
0–3,5	46 (41,44)	39 (84,78)	7 (15,22)
3,5–5,5	44 (39,64)	32 (72,73)	12 (27,27)
> 5,5	21 (18,92)	14 (66,67)	7 (33,33)
insgesamt	111 (100)	85 (76,57)	26 (23,43)

Tabelle 24: Erfolgsraten der endodontischen Behandlung in Abhängigkeit des Lockerungsgrads am evaluierten Zahn.

Lockerungsgrad	Anzahl	Erfolg	Misserfolg
	[n]	Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]
0	92 (80,70)	68 (73,91)	24 (26,09)
1	17 (14,91)	15 (88,24)	2 (11,76)
2	2 (1,75)	2 (100)	0 (0)
3	3 (2,63)	1 (33,33)	2 (66,67)
insgesamt	114 (100)	86 (75,44)	28 (24,56)

3.7.5 Zahntyp

Bei einer Gesamtfallzahl von 114 waren die Molaren mit 64 Fällen gegenüber je 25 bei Frontzähnen und Prämolaren deutlich häufiger vertreten (siehe Tabelle 25). Die endodontische Erfolgsrate lag bei Frontzähnen mit 92 % (23/25) über derer der Prämolaren (76 %, 19/25) und Molaren (68,75 %, 44/64). Es konnte kein Zusammenhang zwischen dem *Zahntyp* und dem *endodontischen Behandlungserfolg* nachgewiesen werden ($\chi^2(2, n = 114) = 5,25, p = ,07$).

Tabelle 25: Erfolgsraten der endodontischen Behandlung in Abhängigkeit vom Zahntyp.

Zahntyp	Zähne	Erfolg	Misserfolg
	Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]
Frontzahn	25 (21,93)	23 (92)	2 (8)
Prämolar	25 (21,93)	19 (76)	6 (24)
Molar	64 (56,14)	44 (68,75)	20 (31,25)
insgesamt	114 (100)	86 (75,44)	28 (24,56)

3.7.6 Diagnose

Tabelle 26 zeigt die Auflistung von 15 möglichen für diese Studie relevanten Ausgangsdiagnosen. Die überwiegende Mehrheit der Zähne (40,35 %, 46/114) erhielt die Diagnose asymptotische apikale Parodontitis. Die übrigen 59,65 % (68/114) verteilten sich auf alle weiteren Diagnosen. Die Fallzahlen innerhalb der Gruppen waren daher gering und die Gruppengrößen unterschieden sich stark voneinander. Es zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der *Ausgangsdiagnose des Zahns* und dem *endodontischen Behandlungserfolg* ($\chi^2(14, n = 114) = 15,93, p = ,22$).

Tabelle 26: Behandlungserfolg in Abhängigkeit von der Ausgangsdiagnose.

Diagnose	Erfolg		Misserfolg	
	Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]	Anzahl [n] / Anteil [%]
AAP	46 (40,35)	33 (71,74)	13 (28,26)	
SIP	15 (13,16)	13 (86,67)	2 (13,33)	
SAP	11 (9,65)	8 (72,73)	3 (27,27)	
IW	10 (8,77)	10 (100)	0 (0)	
AIP	7 (6,14)	5 (71,43)	2 (28,57)	
CEAP	6 (5,26)	3 (50)	3 (50)	
PI	4 (3,51)	4 (100)	0 (0)	
PEL	4 (3,51)	1 (25)	3 (75)	
FX	3 (2,63)	2 (66,67)	1 (33,33)	
CAA	2 (1,75)	1 (50)	1 (50)	
LD	2 (1,75)	2 (100)	0 (0)	
Z	1 (0,88)	1 (100)	0 (0)	
IER	1 (0,88)	1 (100)	0 (0)	
A	1 (0,88)	1 (100)	0 (0)	
PN	1 (0,88)	1 (100)	0 (0)	
insgesamt	114 (100)	86 (75,44)	28 (24,56)	

AAP (asymptomatische apikale Parodontitis), AIP (asymptomatische irreversible Pulpitis), A (Avulsion), CAA (chronischer apikaler Abszess), CEAP (chronische exacerbierter apikale Parodontitis), FX (Zahnfraktur), IER (invasive externe Resorption), IW (insuffiziente Wurzelfüllung), LD (laterale Dislokation), PEL (Paro-Endo-Läsion), PI (prothetische Indikation), PN (Pulpanekrose) SAP (symptomatische apikale Parodontitis), SIP (symptomatische irreversible Pulpitis), Z (Zyste)

3.7.7 Kalibrierung und Interrater-Reliabilität

Die Übereinstimmung der PAI-Bewertungen zwischen den Untersuchern sowohl bei der Kalibrierung als auch bei der Datenerhebung wurde mittels Cohens Kappa-Koeffizienten bewertet (Cohen, 1960). Die Kalibrierung erfolgte mit Hilfe von 100 Referenzröntgenbildern, die jeder der beiden Untersucher zweimal im Abstand von einer Woche evaluierte. Dabei wurden zufriedenstellende bzw. gute Kappa-Koeffizienten von ,68 und ,75 (SS) sowie ,65 und ,80 (RK) für die Übereinstimmung zwischen den Bewertungen des jeweiligen Untersuchers und dem Referenz-PAI ermittelt. Die Interrater-Reliabilität bei der definitiven radiologischen Auswertung zeigte Kappa-Koeffizienten von ,85 zum Ausgangs- und ,95 zum Kontrollzeitpunkt. Alle Ergebnisse zeigten eine signifikante Übereinstimmung zwischen den Untersuchern ($p < ,001^*$). Werte zwischen ,61 und ,80 können als beachtliche Übereinstimmung und Werte zwischen ,81 und ,90 als fast vollständige Übereinstimmung gewertet werden (Landis & Koch, 1977).

4 Diskussion

4.1 Studiendesign, Datenakquise und Stichprobenumfang

Die vorliegende Arbeit vereint sowohl Aspekte einer retrospektiven Untersuchung als auch einer prospektiven Kohortenstudie. Eine Limitation dieses Studiendesigns ist die fehlende Randomisierung der Fälle bei der Gruppenzuweisung. Somit könnte eine ungleichmäßige Verteilung von potentiellen Störfaktoren zwischen den Kohorten resultieren. Ebenfalls könnte eine Stichprobenverzerrung vorliegen, da auch die Auswahl der Fälle aus der Gesamtzahl an ermittelten Patientinnen und Patienten nicht nach dem Zufallsprinzip erfolgte. Jedoch sind die anhand klinischer Aufzeichnungen gewonnenen Ausgangsdaten keinem Recall-Bias unterworfen und ihre Erhebung erfolgte insofern objektiv, da zum Untersuchungszeitpunkt die spätere Nutzung der Informationen für ein Studienvorhaben nicht bekannt war. Im Gegensatz zu rein retrospektiven Analysen konnten hier durch eine im Vorhinein geplante Nachuntersuchung geeignete Messparameter entsprechend der Prüfhypothesen ausgewählt werden. Die Datenerhebung bei der Recalluntersuchung erfolgte daher zielgerichtet und vollständig.

Durch Sichtung aller Patientenkarten der Ablagejahre 2009 bis 2012 konnten 565 potentielle Studienteilnehmer/-innen mit insgesamt 722 Zähnen ermittelt werden. Es wurden schließlich 119 Patientinnen und Patienten klinisch und radiologisch nachuntersucht. Die Recallrate betrug 21,1 % (119/565). Mit der statistischen Vorgabe, nur einen Zahn pro Patient/-in auszuwerten, wurden abschließend die Daten von 114 Fällen analysiert. In einer Auswertung von 39 vergleichbaren Studien wurde eine mediane Recallrate von 52,7 % ermittelt (Wu et al., 2009). Im Vergleich dazu ist die Recallrate in der hier vorliegenden Arbeit eher gering. 373 Patientinnen und Patienten konnten aus verschiedenen Gründen nicht in das Studienkollektiv einbezogen werden (siehe Abbildung 1, Kapitel 2.4). Die Mehrzahl dieser Fälle (n = 192) war aufgrund einer unvollständigen Dokumentation der erforderlichen Informationen nicht für das Studienvorhaben geeignet. Teilweise wurden die Einschlusskriterien nicht erfüllt oder es fehlten Karteieinträge, vorwiegend aus den Jahren 2011/2012. In diesem Zeitraum wurde die Digitalisierung des bis dahin handschriftlich geführten Patientenkartensystems eingeführt und es erfolgte temporär eine parallele Nutzung beider Systeme. Aufgrund des bürokratischen Aufwands gingen hier vermutlich Informationen verloren. Die Patientenakten waren gelegentlich lückenhaft im Hinblick auf die relevanten Informationen, zum Teil unleserlich geschrie-

ben oder nicht auffindbar. Um dennoch möglichst viele Fälle z. B. mit fehlenden Ausgangsdiagnosen einbeziehen zu können, wurden insbesondere diese aus den klinischen und radiologischen Befunden rekonstruiert.

Auch die radiologische Dokumentation der Behandlung war nicht immer vollständig, da entweder die analogen Einzelzahaufnahmen in der Patientenakte fehlten oder die digitalen Aufnahmen nicht in der Röntgendarstellungssoftware abgespeichert waren. Das Fehlen einiger Röntgenaufnahmen aus den Jahren 2009 und 2010 könnte durch die Umstellung von analogen auf digitale Röntgengeräte zu erklären sein, da zu diesem Zweck Aufnahmen auf einer externen Datenbank gespeichert wurden, die vermutlich unvollständig in das neue System übertragen wurden. Insgesamt limitierten die strengen Anforderungen an die Vollständigkeit der radiologischen Dokumentation und die Qualität der Einzelzahaufnahmen zwar die Fallzahl, trugen aber auch zur Erhebung valider Daten bei.

Obwohl jeder/jede Patient/-in mindestens dreimal zu verschiedenen Zeiten an verschiedenen Tagen telefonisch und ggf. auch postalisch kontaktiert wurde, konnte in 110 Fällen kein Kontakt aufgenommen werden. Gründe hierfür könnten eine Änderung der Telefonnummer oder einen Wechsel des Wohnorts gewesen sein. 144 weiteren Fällen kamen aus diversen anderen Gründen nicht für die Nachuntersuchung in Frage (siehe Abbildung 1, Kapitel 2.4). Ein weiterer Faktor, der die Fallzahl limitierte, war die Auswahl des Rekrutierungszeitraumes von drei Jahren. Dieser orientierte sich jedoch an der zeitlich begrenzten Verwendung der Obturationsmethoden an der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie.

Trotz der genannten Limitationen konnte eine Anzahl von 114 Fällen erreicht werden. Andere klinische Studien zum Behandlungserfolg der Obturation mit Resilon® und GuttaFlow® weisen Fallzahlen zwischen 21 und 125 auf (Pawinska et al., 2006; Conner et al., 2007; Cotton et al., 2008; Barborka et al., 2017; Strange et al., 2019). Die unterschiedlichen Fallzahlen in den Behandlungsgruppen (CWR; $n=64$, SCGP; $n=40$, SCGF; $n=10$) sind auf die Häufigkeit der Verwendung der jeweiligen Methode zurückzuführen. Offensichtlich wurde die Obturation mit GuttaFlow® besonders selten durchgeführt bzw. nur in sehr spezifischen Fällen. In dieser Kohorte war die Patientenakquise dadurch begrenzt. Auch existieren bislang nach Kenntnis des Autors (Stand 2021) keine klinischen Studien zur Anwendung von GuttaFlow®, was dessen seltene Nutzung zu bestätigen scheint.

4.2 Klinische Untersuchung

Alle an den Patientinnen und Patienten durchgeführten Untersuchungen erfolgten einzig und allein durch den Verfasser dieser Arbeit. Dadurch konnten interindividuelle Messabweichungen vermieden werden.

a) Patientenbefragung

Die Medikamentenanamnese der Studienteilnehmer/-innen wurde nach Möglichkeit aus einem aktuellen Medikamentenplan erhoben, um fehlerhafte Angaben zu vermeiden. Die übrigen in Kapitel 2.5.1 genannten Parameter wurden durch Erfragen ermittelt und könnten somit Erinnerungsverzerrungen unterliegen. Aus persönlichen Gründen könnten auch Gewichtsangaben oder Tabakkonsum verharmlost worden sein. Patientenbefragungen unterliegen stets Limitationen. Sie gelten, sofern differenziert und strukturiert erhoben, dennoch als eine geeignete Methode der Datenerhebung, wenn auf anderem Wege keine Informationen gewonnen werden können (Short et al., 2009). Darüber hinaus konnte in einer Untersuchung gezeigt werden, dass Personen über einen zurückliegenden Zeitraum von zehn Jahren weitgehend verlässliche Aussagen zur Menge ihres Tabakkonsums machen konnten (Hirvonen et al., 2019).

b) Parodontitis

Bezüglich des Vorliegens parodontaler Erkrankungen konnten nur wenige Studienteilnehmer/-innen differenzierte Aussagen treffen. Zahnmedizinische Laien können selten zwischen einer professionellen Zahnreinigung und einer systematischen Parodontaltherapie unterscheiden, da die zumeist halbjährlichen Intervalle für beide Therapien recht ähnlich sind und unter Einsatz oftmals identischer Systeme wie z.B. der Pulverstrahltechnik erfolgen. Für Patientinnen und Patienten, die in der Abteilung für Parodontologie aktenkundig waren, konnten hinreichende Informationen aus den ausführlich klinisch und röntgenologisch dokumentierten Befunden gewonnen werden. Informationen wie das radiologisch sichtbare Ausmaß horizontalen Knochenverlusts und 6 bis 8 Messstellen an jedem einzelnen Zahn im Gebiss mit dazugehörigen Blutungs- und Suppurationswerten lassen sowohl die Manifestation einer Parodontitis als auch den Erfolg einer systematischen Parodontaltherapie erkennen. Da das Vorliegen einer Parodontopathie bei allen übrigen Fällen nicht ausgeschlossen werden konnte, sollte der PSI dazu dienen, betroffene Probandinnen und Probanden zwar oberflächlich, aber möglichst einfach und standardisiert zu identifizieren (siehe Kapitel 2.5.2). Durch einen hohen negativen prädiktiven Wert lässt sich eine Parodontitis anhand des PSI relativ sicher ausschließen. Der positive prädiktive Wert von 0,87 (Nomura et al., 2016) deutet allerdings auf eine

hohe Anzahl falsch positiver Testergebnisse hin. Trotz bekannter limitierender Effekte wie einer eher geringer Spezifität und dem Risiko einer Überdiagnostik, gilt der PSI als essentieller Basis-Test zur Identifikation parodontaler Erkrankungen (Ziebolz et al., 2011; Preshaw, 2015).

c) Parodontale Sondierungstiefe

Sondierungsmessungen im gingivalen Sulkus gehören zur Standarduntersuchung in der Diagnostik von Parodontopathien (Listgarten, 1980). Es ist bekannt, dass isolierte, an gegenüberliegenden Stellen eines Zahns auftretende Sondierungstiefen mit unphysiologischen Werten ein relativ verlässliches Kriterium zur Diagnostik einer Wurzellängsfraktur darstellen (Nicopoulou-Karayanni et al., 1997). Diese gelten oftmals als Folge bzw. Spätkomplikation einer endodontischen Therapie (Hauelsen et al., 2013). Wurzellängsfrakturen können Läsionen endodontischen Ursprungs unterhalten, die ihrerseits insbesondere durch osteolytische Prozesse im Bereich der Zahnwurzel Schäden am Parodontium verursachen (Simring & Goldberg, 1964). Kombiniert parodontale und endodontische Läsionen zeigen klinisch ebenfalls erhöhte Sondierungstiefen (Sunitha et al., 2008). Allerdings kann allein durch die Sondierung nicht sicher zwischen den genannten Diagnosen unterschieden werden, sodass rein parodontale Erkrankungen differentialdiagnostisch stets in Betracht gezogen werden müssen. Diese konnten jedoch unter Zuhilfenahme aller weiteren klinischen und röntgenologischen Befunde der Patienten zuverlässig identifiziert werden.

d) Koronale Restauration

Koronale Restaurationen gelten bei Randdefekten, Frakturen oder kariösen Läsionen als insuffizient (Homez et al., 2002). Die Progression einer solchen Läsion kann zur bakteriellen Penetration des Wurzelkanalsystems und somit zum Misserfolg einer endodontischen Therapie führen. Die visuell-taktile Untersuchung der Restaurationsränder mit Spiegel und Sonde besitzt mit ca. 34 % nur eine sehr geringe Sensitivität (Baelum et al., 2012). Insbesondere subgingival gelegene kariöse Läsionen können hier zu falsch negativen Befunden führen. Ebenso ist die alleinige radiologische Untersuchung zur Beurteilung der koronalen Restaurationsqualität durch Überlagerungseffekte limitiert. Im Gegensatz zu kariösen Läsionen der approximalen Prädilektionsstellen, lassen sich Läsionen bestimmter Areale (z. B. bukkale, orale oder okklusale Defekte) radiologisch kaum oder nur schlecht darstellen (Homez et al., 2002). Um die Restaurationsqualität dennoch bestmöglich beurteilen zu können, erfolgte die Untersuchung in der hier vorliegenden Arbeit sowohl visuell-taktile als auch radiologisch. Es konnte gezeigt werden, dass

die Kombination beider Untersuchungsmethoden in einer deutlich höheren Sensitivität resultiert (Baelum et al., 2012).

e) Zahnlockerung

Die Zahnbeweglichkeit ist direkt proportional zur Integrität des Parodontiums und zur Ausdehnung der Entzündung im parodontalen Ligament (Rotstein & Simon, 2004). Sie liefert daher wichtige Informationen zum Zustand des Parodontiums. Eine Erhöhung der Zahnmobilität kann aber auch durch okklusale Interferenzen bedingt sein (Ishigaki et al., 2006). Okklusale Störkontakte wie sie beispielsweise bei unilateral balancierter dynamischer Okklusion, bei Zwangsbissen oder im Abrasionsgebiss auftreten, wurden in dieser Arbeit nicht gezielt untersucht bzw. ausgeschlossen, sind aber bei einem Anteil gelockerter Zähne von insgesamt nur 4,4% wohl eher von untergeordneter Bedeutung.

4.3 Radiologische Untersuchung

Die Bewertung des apikalen Zustandes der endodontisch behandelten Zähne erfolgte mit Hilfe von Einzelzahnaufnahmen. Insbesondere bei der Feststellung sklerotischer apikaler Läsionen, Läsionen im Bereich des Oberkiefers sowie der Unterkiefer-Prämolaren und Molaren sind Röntgenzahnfilme den häufig verwendeten Panoramaschichtaufnahmen überlegen (Rohlin et al., 1989). Eine höhere Sensitivität hätte nur durch 3D-Darstellung mittels digitaler Volumetomographie (DVT) erzielt werden können (Estrela et al., 2008; de Paula-Silva et al., 2009; Kanagasingam et al., 2017). Der Vorteil dieses bildgebenden Verfahrens ist hauptsächlich die überlagerungsfreie Darstellung anatomischer Strukturen und die damit verbundene Möglichkeit zur genauen Bestimmung der Lageverhältnisse der zu untersuchenden Strukturen zueinander. Im Vergleich zu Einzelzahnaufnahmen erlaubt die DVT-Diagnostik eine frühere Erkennung kleiner Läsionen und eine genauere Bestimmung ihrer Größe und Beschaffenheit (Cotti et al., 1999; Patel et al., 2012b). Daraus können sich wertvolle Hinweise über eine etwaige Heilungstendenz (Verkleinerung der Läsion, zunehmende Reossifikation) oder Progression (Vergrößerung, ausbleibende Reossifikation) einer apikalen Läsion ergeben.

In der hier vorliegenden Arbeit hätte die DVT-Diagnostik gegenüber der Verwendung von Zahnfilmen jedoch keinen wesentlichen Vorteil erbracht. Eine überlagerungsfreie Darstellung der apikalen Region konnte in der Regel durch exzentrische Röntgenaufnahmen gewährleistet werden. Die Kenntnis der exakten Größe der Läsion ist für die Bewertung des apikalen Zustandes der endodontisch behandelten Zähne in dieser Arbeit nicht erforderlich, da sie bei der Erhebung des PAI nur eine untergeordnete Rolle

spielt. Außerdem manifestieren sich die Vorteile der digitalen Volumentomographie gegenüber Einzelzahnaufnahmen vorrangig im Frühstadium periapikaler Erkrankungen und im Bereich kurzer Beobachtungszeiträume, während sich die Unterschiede bei Langzeituntersuchungen nivellieren (das mittlere Recallintervall in dieser Arbeit beträgt 6,3 Jahre). Eine radiologische Kontrolluntersuchung von 151 primär endodontisch erkrankten Zähnen nach einem Jahr zeigte bei Verwendung der DVT-Diagnostik eine deutlich höhere Inzidenz apikaler Läsionen gegenüber der Untersuchung mittels Einzelzahnaufnahmen (Patel et al., 2012b; Patel et al., 2012a). Jedoch zeigten sich in einer vergleichbaren Arbeit an endodontisch therapierten Zähnen bereits nach einer zweijährigen Beobachtungszeit nur noch geringe Unterschiede bei der Detektion apikal unauffälliger Zähne zwischen DVT-Diagnostik (81 %) und Röntgenzahnfilmen (87 %) (Liang et al., 2012). Besonders aufgrund der wesentlich höheren Strahlenbelastung der DVT-Diagnostik (etwa Faktor 10) wäre ihre Verwendung aus ethischen Gründen nicht vertretbar gewesen. Auch entsprach sie keinem vernünftigen Kosten-Nutzen-Verhältnis für die hier zu klärenden Arbeitshypothesen. Die Studienteilnehmer/-innen erschienen in der Regel auf Anfrage zu einer Routinekontrolle eines vor mehreren Jahren endodontisch behandelten Zahns, der symptomfrei war.

Dennoch wird die Darstellung von apikalen Läsionen mit zweidimensionalen radiologischen Verfahren durch die mögliche Überlagerung mehrerer anatomischer Strukturen (z.B. Crista zygomaticoalveolaris, mehrwurzelige Zähne) und Projektionsartefakte erschwert. So nehmen beispielsweise die Dicke und der Mineralisationsgrad des Knochens Einfluss auf die Diagnostik periradikulärer Veränderungen (Huomonen & Orstavik, 2003). Auf den spongiösen Knochen beschränkte Läsionen können radiologisch unauffällig sein, während Läsionen mit Beteiligung der Kortikalis eher eine sichtbare Radioluzenz erzeugen (van der Stelt, 1985). Dies ist insbesondere im Bereich der Unterkieferseitenzähne von Bedeutung. Auf Höhe des zweiten Molaren unterscheidet sich die durchschnittliche Dicke der Kortikalis zwischen Ober- und Unterkiefer signifikant (1,3 mm zu 1,9 mm) (Deguchi et al., 2006; Baumgaertel & Hans, 2009). Weiterhin kann der Projektionswinkel der einfallenden Röntgenstrahlung zu einer vergrößerten oder verkleinerten Darstellung einer Knochenläsion führen (z.B. Vergrößerung bei einer massiv gebogenen Speicherfolie bei flachem Gaumen). In dieser Studie wurden jedoch bei der Anfertigung der Einzelzahnaufnahmen standardisierte Filmhaltersysteme verwendet, so dass ein konstanter Objekt-Fokusabstand eingehalten werden konnte. Zudem ermöglichte dies eine genaue Ausrichtung der Strahlenquelle, um Objektverzerrungen zu reduzieren und gewährleistete eine reproduzierbare Aufnahmetechnik (Pitts, 1984).

Eine weitere Limitation der radiologischen Diagnostik mit Einzelzahnfilmen ist die Darstellung von periapikalen Veränderungen im Frühstadium ihrer Entstehung. Hier können pathologisch-anatomische Veränderungen des periapikalen Knochens noch radiologisch unauffällig sein (Morse et al., 1977). Die Abwesenheit einer radiologisch sichtbaren Läsion schließt also ein vorhandenes Entzündungsgeschehen nicht aus. Auch können Zahnfrakturen, eine Parodontitis, okklusale Überbelastung sowie Zysten oder Tumore ebenfalls eine apikale Radioluzenz verursachen (Polson, 1977; Abbott, 2004). Derartige Differentialdiagnosen spielen in der hier vorliegenden Arbeit aufgrund der präzisen dentalen Diagnostik (siehe Kapitel 2.6) aber eher eine untergeordnete Rolle. Es wurde zudem berichtet, dass die überwiegende Mehrheit der periapikalen Veränderungen den Läsionen endodontischen Ursprungs zugeordnet werden kann (Chapman et al., 2013).

Neben diesen Faktoren ist die Bewertung einer Röntgenaufnahme auch von den Untersuchenden selbst abhängig (Reit & Hollender, 1983). So könnten die individuelle Interpretation und Erfahrung der auswertenden Person das Resultat erheblich beeinflussen. Der in dieser Studie verwendete PAI liefert jedoch durch definierte Bewertungskriterien und Referenzzeichnungen ein System, mit dem auch verschiedene Untersuchende vergleichbare Ergebnisse erzielen können. Eine solide Kalibrierung gilt als Voraussetzung hierfür (Orstavik et al., 1986).

Die Beurteilung des Behandlungserfolgs anhand radiologischer Kriterien ist insofern problematisch, da auch individuelle Faktoren wie die Erwartungen der Patientinnen und Patienten und der behandelnden Person diese Entscheidungsfindung beeinflussen können. So kann beispielsweise der langfristige Erhalt eines Zahns trotz Vorliegen einer asymptomatischen radiologischen Läsion als Behandlungserfolg angesehen werden. Generell hat sich aber die Einteilung der endodontischen Behandlung in Erfolg und Misserfolg in klinischen Studien oft als hilfreich erwiesen (Eriksen et al., 1988; Conner et al., 2007; Cotton et al., 2008).

Die Bewertung der technischen Qualität der Wurzelkanalfüllung erfolgte durch die Beurteilung ihrer Homogenität und Länge. Ein Abstand der Obturation von 0 bis 2 mm zum radiologischen Apex (Wu et al., 2000) und das Fehlen von Inhomogenitäten werden in zahlreichen klinischen Studien als Qualitätsmerkmale einer adäquaten Wurzelkanalfüllung angesehen (Kerekes & Tronstad, 1979; Eriksen et al., 1988; Sjögren et al., 1990; Ödesjö et al., 1990; Kirkevang et al., 2000; Maslamani et al., 2017).

Trotz der o.g. Limitationen ist die radiologische Kontrolle endodontisch behandelter Zähne unter definierten Bedingungen und mit strikten Einschlusskriterien als essentielle

und unverzichtbare Methode anerkannt (Bender, 1997). Allein anhand der Anamnese und einer klinischen Untersuchung würden periapikale Pathologien bei Symptomlosigkeit häufig unentdeckt bleiben (Seltzer, 1972).

4.4 Der Behandlungsablauf

Für die Durchführung der Wurzelkanalbehandlungen existierte im Vorhinein kein standardisiertes studienkonformes Behandlungsprotokoll. Im Rahmen der universitären Ausbildung und der regulären Patientenbehandlung im Universitätsklinikum selbst, darf von einem qualitativ ambitionierten Behandlungsniveau mit eher hohem bis sehr hohem Anspruch ausgegangen werden. Endodontische Therapien, wie die in dieser Studie durchgeführten Behandlungen, gehören für das zahnärztliche Personal der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie zum Standard-Repertoire. Es wurde durch ein Tutorium in der Anwendung der speziellen weniger geläufigen CWR-Methode geschult. Die Obturation mit Single-Cone-Technik hingegen ist ein typisches Standardverfahren und wird bereits von Studierenden theoretisch und praktisch erlernt. Eine Schulung für dieses Verfahren erübrigte sich daher.

Sämtliche endodontische Behandlungen wurden von approbierten Zahnärztinnen und Zahnärzten durchgeführt, die nahezu alle eine Berufserfahrung von mindestens zwei Jahren besaßen. Insgesamt lassen die relativ hohe Standardisierung des universitären Arbeitsablaufs nur wenige Abweichungen des Behandlungsprozederes erwarten. Abgesehen von einer einheitlichen Lehrmeinung waren auch die Feilensysteme für die Präparation stets vom gleichen Typ und prinzipiell neu im Sinne eines sog. *Single-Use* gewesen. Das fehlende Behandlungsprotokoll, welches in rein prospektiven Studien als Grundvoraussetzung gilt, muss in diesem teilweise retrospektiven Studiendesign als Limitation angesehen werden, vermutlich jedoch von eher geringer Einflussgröße.

4.5 Statistik

Gelegentlich besaßen die Studienteilnehmer/-innen mehrere endodontisch behandelte Zähne, die mitunter auf einer einzigen Einzelzahnaufnahme abgebildet werden konnten. Um die Ergebnisse möglichst unabhängig von patientenbezogenen Einflussfaktoren zu ermitteln, wurde in diesen Fällen im Zufallsverfahren ein Zahn pro Patient/-in für die statistische Analyse ausgewählt. Der Zusammenhang zwischen den überwiegend kategorialen Variablen und dem Behandlungserfolg wurde mit Hilfe von Chi-Quadrat-Tests untersucht. Die Aussagekraft dieses Tests ist gerade dann limitiert, wenn Kontingenztafeln

mit mehr als vier Feldern vorliegen und hierbei spezifische Interpretationsschwierigkeiten auftreten. In diesen Fällen lässt sich nicht ausreichend diskriminieren, zwischen welchen der Kategorien ein statistisch bedeutsamer Unterschied liegen könnte. Um dieses Problem zu relativieren, wäre die Vermeidung bzw. Zerlegung größerer Kontingenztafeln in mehrere Vierfeldertafeln in Frage gekommen. Davon wurde in der vorliegenden Arbeit allerdings abgesehen, da die Erhöhung der Anzahl von einzelnen Tests an ein- und demselben Datensatz das Risiko steigert, einen Fehler 1. Art zu begehen (Bortz & Lienert, 1998).

Es wurde für die statistische Auswertung eine Dichotomisierung der ordinal skalierten PAI-Werte in die Ausprägungen Erfolg (PAI 1–2) und Misserfolg (PAI 3–5) vorgenommen. Sie fasst unterschiedliche (aber nah beieinanderliegende) Resultate der endodontischen Behandlung bezüglich vorhandener bzw. ausbleibender postoperativer Heilungsprozesse zusammen. Dadurch wird der Informationsgehalt der Daten prinzipiell vereinfacht und ihre Vergleichbarkeit limitiert. Zur Beantwortung der Fragestellungen der vorliegenden Arbeit erschien dies jedoch zweckmäßig und von nachrangiger Bedeutung, zumal die ordinalen PAI-Werte vorliegen und spezifischere Folgetests im Einzelfall durchgeführt werden könnten.

4.6 Diskussion der Ergebnisse

4.6.1 Allgemeine Erfolgsrate

Insgesamt betrug die Erfolgsrate aller endodontisch behandelten Zähne 75,4 % (86/114). In einer Analyse systematischer Reviews aus den Jahren 1997 bis 2008 wurden Erfolgsraten zwischen 71 % und 83 % für die endodontische Therapie ermittelt (Wu et al., 2009). In klinischen Studien zum endodontischen Behandlungserfolg der Obturation mit Resilon® verglichen mit Guttapercha wurden ähnliche Erfolgsraten zwischen 72 % und 90 % genannt (Conner et al., 2007; Cotton et al., 2008; Barborka et al., 2017; Strange et al., 2019).

4.6.2 Erfolgsrate in Abhängigkeit von der Obturationsmethode

Bezüglich des Behandlungserfolgs konnte kein signifikanter Unterschied zwischen der Obturation der Wurzelkanäle mit Guttapercha und AH Plus® in Single-Cone-Technik (SCGP: 85 %, 34/40), Guttapercha und GuttaFlow® in Single-Cone-Technik (SCGF:

80 %, 8/10) und der adhäsiven Obturation mit Resilon® in Continuous-Wave-Technik (CWR: 68,75 %, 44/64) festgestellt werden.

In einer vergleichbaren klinischen Studie an insgesamt 103 Zähnen, die entweder mit Resilon® oder Guttapercha und AH Plus® versorgt wurden, konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede der Erfolgsraten ermittelt werden, wodurch die hier vorliegenden Ergebnisse bestätigt werden (Cotton et al., 2008). Es konnten allerdings keine Langzeitergebnisse gewonnen werden, da das Recallintervall mit 2 bis 24 Monaten verglichen mit 6,3 Jahren in der hier vorliegenden Arbeit deutlich kürzer war. Für die Bewertung des periapikalen Zustandes ist ein ausreichend langes Recallintervall von einigen Jahren erforderlich, da es z. B. auch noch vier Jahre nach einer endodontischen Therapie, wenn auch mit abnehmender Wahrscheinlichkeit, zur Ausheilung einer apikalen Läsion kommen kann (Orstavik, 1996). Conner et al. (2007) ermittelten für die adhäsive Obturation mit Resilon® in 82 Fällen anhand klinischer Kriterien eine Erfolgsrate von 89,4 % nach zwölf Monaten. Radiologisch war in 75,61 % ein Behandlungserfolg zu verzeichnen. In dieser Arbeit fehlte allerdings eine Kontrollgruppe mit z. B. Guttapercha-gefüllten endodontisch behandelten Zähnen. Die Autoren schlussfolgerten, dass die Obturation mit Resilon® zu ähnlichen Erfolgsraten wie die Verwendung von Guttapercha führt. Die Angaben in der Literatur zur Erfolgsrate von Guttapercha-gefüllten Zähnen variieren jedoch zwischen 61 % und 91 % (Kerekes & Tronstad, 1979; Halse & Molven, 1987; Sjögren et al., 1990). Dies lässt unterschiedliche Interpretationen zu, je nachdem welche Erfolgsraten zum Vergleich herangezogen werden. In einer weiteren Arbeit wird über einen klinischen und radiologischen Erfolg der endodontischen Therapie mit Resilon® beim gesamten Studienkollektiv von 21 Patienten nach 6 bis 12 Monaten berichtet (Pawinska et al., 2006). Limitationen sind hier vor allem die sehr geringe Fallzahl und das Fehlen einer Kontrollgruppe. Abgesehen vom Vergleich der beobachteten Erfolgsrate mit in der Literatur angegebenen Zahlen konnten keine weiteren Schlussfolgerungen getroffen werden.

Im Gegensatz zu diesen Ergebnissen stehen aktuellere Langzeitbeobachtungen. In einer Untersuchung von je 50 Zähnen wurde für Resilon® eine Erfolgsrate von 56 % ermittelt, während Guttapercha 88 % erreichte (Barborka et al., 2017). Resilon® zeigte eine signifikant höhere Misserfolgswahrscheinlichkeit gegenüber Guttapercha ($OR = 5,7$). Die Recallintervalle sind mit 5,8 Jahren für Resilon® und 6,6 Jahren für Guttapercha lang genug, um die Ausheilung apikaler Läsionen beurteilen zu können. Sie liefern zudem Informationen über den Langzeiterfolg. Die Autoren versuchten bekannte Einflussfaktoren des Behandlungserfolges, wie den periapikalen Zustand des Zahns (Basmadjian-

Charles et al., 2002) und die Qualität der koronalen Restauration (Ray & Trope, 1995) zu eliminieren, indem sie nur Zähne ohne präoperative periapikale Läsionen und mit definitiven Restaurationen einschlossen. Da hiervon in der vorliegenden Untersuchung abgesehen wurde, könnte ein eventueller schwacher Effekt der Obturationsmethode durch eine höhere Anzahl an Störfaktoren maskiert gewesen sein. Andererseits wurde durch diese Maßnahme die Stichprobe nachträglich verändert und bildet somit nicht mehr die wahren Verhältnisse ab. Eine Schwachstelle in der Arbeit von Barborka et al. (2017) verglichen mit dieser Untersuchung ist die rein retrospektive Ermittlung der Daten. Die dabei erhobenen Informationen sind insofern limitiert, da sie nicht spezifisch für ein prospektiv definiertes Studienziel erhoben wurden. In der vorliegenden Arbeit konnte im Vorfeld festgelegt werden, welche Untersuchungen am Patienten durchgeführt werden sollten. So konnte trotz der retrospektiven Erhebung der Ausgangsdaten für die Untersuchung zum Kontrollzeitpunkt die Auswahl geeigneter Messmethoden erfolgen und eine vollständige Datenerhebung gewährleistet werden.

Auch die aktuellste Untersuchung anhand von 125 Zähnen ermittelte geringere Erfolgsraten für die adhäsive Obturation (Strange et al., 2019). Aufgrund einer 5,3-fach höheren Misserfolgswahrscheinlichkeit wurde geschlussfolgert, dass die Obturation mit Resilon® gegenüber Guttapercha langfristig schlechtere Ergebnisse liefert. Das Recallintervall betrug im Durchschnitt 12,4 Jahre für Resilon® und 12,1 Jahre für Guttapercha und war damit deutlich länger als das der vorliegenden Arbeit. Dies könnte ein Grund für die abweichenden Ergebnisse sein, da von den Autoren als Ursache für die höhere Misserfolgsrate von Resilon® eine mögliche Biodegeneration des Materials durch bakterielle Enzyme vermutet wurde (Hiraishi et al., 2008). Eventuell war der Beobachtungszeitraum in der hier vorliegenden Arbeit zu kurz, um die Auswirkungen dieses Prozesses beobachten zu können. Das minimale Recallintervall hingegen war mit nur einem Jahr sehr kurz, während die Reevaluation des periapikalen Status in dieser Arbeit frühestens nach 4,65 Jahren erfolgte. Somit könnten sich Zähne mit präoperativer periapikaler Läsion, die bereits nach zwölf Monaten nachuntersucht wurden, noch im (bisher unvollständigen) Heilungsprozess befinden (Orstavik, 1996). Diese könnten mit einem PAI ≥ 3 als krank klassifiziert worden sein und zu einer höheren Misserfolgsrate beigetragen haben. Vor allem im Hinblick auf den signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen bezüglich der Anzahl an präoperativen Läsionen ist das Ergebnis kritisch zu hinterfragen. In der Resilon®-Gruppe zeigten 51,3% der Zähne gegenüber 28,9% in der Guttapercha-Gruppe eine präoperative apikale Läsion. Es muss davon ausgegangen werden, dass dieser Umstand die Prognose in der Resilon®-Kohorte nachteilig beeinflusst haben

könnte. Allerdings müssen auch die Limitationen der Adhäsivtechnik vor allem bei ihrer Anwendung in der Endodontie als möglicher Einflussfaktor in Betracht gezogen werden. Die bei der Aushärtungsreaktion dentinadhäsiver Materialien auftretende Schrumpfung kann zur Spaltbildung zwischen Dentin und Füllungsmaterial führen (Feilzer et al., 1988; De Munck et al., 2005). Durch das Nachfließen von Monomeren von der freien Materialoberfläche hin zu den Kontaktflächen mit dem Dentin (gebundene Flächen) kann der Schrumpfstress teilweise kompensiert werden. Aufgrund der Geometrie von Wurzelkanälen (schmales Orifizium, langer Kanalverlauf) liegt hier das Verhältnis von freien zu gebundenen Flächen bei etwa 1:100 verglichen mit einem 1:1-Verhältnis bei beispielsweise Klasse V-Kavitäten (Carvalho et al., 1996). Die damit verbundene Beeinträchtigung der Fließvorgänge könnte Spaltbildungen und Undichtigkeiten der Obturation begünstigen. Möglicherweise wird der adhäsive Verbund auch durch die erschwerte Trockenlegung der meist komplexen Wurzelkanalsysteme oder eine retrograde Flüssigkeitspenetration über das apikale Foramen beeinträchtigt.

GuttaFlow® zeigte in der vorliegenden Untersuchung vergleichbare Erfolgsraten wie Resilon® und Guttapercha. Jedoch sollte dieses Ergebnis in Anbetracht der geringen Fallzahl von $n = 10$ in der SCGF-Kohorte zurückhaltend interpretiert werden. Nach Kenntnis des Autors (Stand 2021) liegen bislang keine klinischen Studien zur Anwendung von GuttaFlow® an Patientinnen und Patienten vor. Laboruntersuchungen zur Farbstoff- und Bakterienpenetration deuten allerdings darauf hin, dass GuttaFlow® hinsichtlich der Abdichtungseigenschaften mit Resilon® und der Kombination aus Guttapercha und AH Plus® gleichwertig zu sein scheint (Kangarlou et al., 2012; Patil et al., 2016). Es wurde sogar eine geringere Flüssigkeitspenetration für Resilon® und GuttaFlow® gegenüber AH Plus® beobachtet (Bouillaguet et al., 2008). Diese ex-vivo Untersuchungen zur Dichtigkeit wurzelkanalbehandelter Zähne sind jedoch nur von begrenzter Aussagekraft, da keine Korrelation zwischen der Farbstoffpenetration und dem klinischen Behandlungserfolg oder der Entstehung von apikalen Läsionen nachgewiesen werden konnte (Oliver & Abbott, 2001; Susini et al., 2006).

In einer Fallserie wurde ein endodontischer Erfolg bei zehn mit GuttaFlow® gefüllten Zähnen berichtet (Herbert & Wrbas, 2009). Es konnten nach einem Recallintervall von 6 bis 9 Monaten keine periapikalen Veränderungen oder klinischen Symptome der Zähne festgestellt werden. Jedoch wiesen diese Zähne keine präoperativen apikalen Läsionen auf. Aufgrund der geringen Fallzahl, einer fehlenden Kontrollgruppe mit ähnlichen Voraussetzungen und des extrem kurzen Recallintervalls lassen diese klinischen Fälle keine nennenswerten wissenschaftlichen Schlussfolgerungen zu.

In einer Untersuchung von 156 Zähnen, die entweder mit einem silikonbasierten Sealer oder einem Zinkoxid-Eugenol-haltigen Präparat behandelt wurden, konnten keinen relevanten Unterschiede der Erfolgsraten festgestellt werden (Huumonen et al., 2003). Die Autoren resümierten, dass mit beiden Präparaten vergleichbare Ergebnisse erzielt werden können. Hier wurde jedoch nicht GuttaFlow®, sondern der ebenfalls silikonbasierte Sealer RoekoSeal® (Coltène/Whaledent GmbH + Co. KG) verwendet. Dieser Sealer stellt neben partikulierter Guttapercha den Hauptbestandteil von GuttaFlow® dar.

In Publikationen zu verschiedenen weiteren Obturationsmaterialien wurden ebenfalls keine signifikanten Effekte auf den endodontischen Erfolg im Sinne einer höheren Heilungsrate festgestellt. So zeigte die Obturation mit Guttapercha ähnliche Erfolgsraten wie die Verwendung von Silberstiften (Swartz et al., 1983; Smith et al., 1993). Auch ein Vergleich eines Methacrylat-haltigen Präparates mit epoxidharzbasiertem Sealer konnte keinen relevanten Unterschied zwischen diesen Materialien feststellen (Reid et al., 1992).

Bezüglich der Obturationsmethodik konnten für die laterale Kondensation verglichen mit der Single-Cone-Obturation tendenziell bessere Ergebnisse beobachtet werden (Seltzer et al., 1963; Bender et al., 1964; Friedman et al., 1995). Die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant. Mit knapper statistischer Signifikanz wurden höhere Erfolgsraten bei Verwendung der warmvertikalen Kondensation im Vergleich zu kalt-lateralen Verfahren ermittelt (Aqrabawi, 2006; de Chevigny et al., 2008a) ($p < ,04$ und $p = ,049$). Allerdings relativierte sich dieser Unterschied in der Untersuchung von Aqrabawi (2006) bei Vernachlässigung des präoperativen periapikalen Status der endodontisch behandelten Zähne und ist daher wahrscheinlich nicht primär auf die Obturationsmethodik zurückzuführen.

4.6.3 Einfluss der Obturationsmethode auf die Qualität der Wurzelfüllung

a) Länge der Obturation

In der vorliegenden Arbeit konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Obturationsmethode und der Länge der Wurzelkanalfüllung nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu zeigte eine klinische Untersuchung von insgesamt 340 Zähnen, die entweder in CWT (Continuous-Wave-Technik, $n = 180$) oder SCT (Single-Cone-Technik, $n = 160$) obturiert wurden, keine relevanten Unterschiede der Obturationslängen (Aqrabawi, 2006). Eine weitere Arbeit anhand von je 30 Zähnen kam ebenfalls zu diesem Ergebnis (Ansari et al., 2012).

71,9% (46/64) der mittels CWT behandelten Zähne zeigten eine adäquate Länge der Obturation. In der Literatur wurde diesbezüglich mit 81,4% ein verhältnismäßig besseres Ergebnis ermittelt (Tani-Ishii & Teranaka, 2003). Weiterhin wurden in der hier vorliegenden Arbeit bei Verwendung der CWT deutlich mehr Unterfüllungen im Vergleich zur SCT beobachtet. Eine mögliche Ursache der oftmals zu kurz gefüllten Wurzelkanäle bei Anwendung der CWT könnte dadurch bedingt sein, dass nach Anpassen des Masterpoints auf die korrekte Arbeitslänge, dieser stets gemäß des eingangs erfolgten Instruktionkurses um 1 mm gekürzt wurde. Dies sollte eine Extrusion von Wurzelfüllmaterial während der vertikalen Kompaktion verhindern. Folglich erscheint ein Erreichen der definitiven Arbeitslänge möglicherweise als techniksensitiver und somit weniger vorhersagbar. Weiterhin könnte die CWT vom Behandler insbesondere in den Fällen bevorzugt gewählt worden sein, bei denen keine adäquate Arbeitslänge der Präparation erreicht werden konnte. Die vertikale Kompression sollte auf diese Weise das erwärmte Obturationsmaterial möglichst weit nach apikal befördern. Der Anteil an Wurzelkanalfüllungen mit adäquater Länge zeigte sich bei SCGP und SCGF meist vergleichbar zu dem von Kaltfülltechniken (Bergström et al., 1987; Ansari et al., 2012).

b) Homogenität der Obturation

Bezüglich der Homogenität von Wurzelkanalfüllungen konnte gezeigt werden, dass zwischen der CWT und Kaltfüllverfahren kein signifikanter Unterschied besteht (Aqrabawi, 2006; Ansari et al., 2012). Gleiches gilt auch für thermoplastische Obturationsmethoden im Allgemeinen (Peng et al., 2007). Dies stellt sich konsistent mit den Ergebnissen in der hier vorliegenden Arbeit dar.

Die mittels SCGF (90%, 9/10) und CWR (79,7%, 51/64) behandelten Zähne wiesen höhere Anteile homogen gefüllter Wurzelkanäle gegenüber SCGP (67,5%, 27/40) auf. Ursächlich hierfür scheint vorrangig die unterschiedliche Röntgenopazität der Materialien zu sein. Resilon® verfügt mit 13 mmAl (Röntgenopazität entspricht einer 13 mm dicken Aluminiumschicht) gegenüber Guttapercha (9,8 mmAl) über eine deutlich geringere Strahlendurchlässigkeit (Carvalho-Junior et al., 2007). Obwohl AH Plus® allein mit etwa 9 mmAl eine relativ hohe Röntgenopazität aufweist, wurde interessanterweise für die Kombination von AH Plus® und Guttapercha eine Reduktion des Wertes auf 5,1 mmAl beobachtet (Gorduysus & Avcu, 2009). Bei der Kombination eines silikonbasierten Sealers (RoekoSeal®, 6,6 mmAl) und Guttapercha hingegen kam es zu einem Anstieg der Röntgenopazität auf 8,3 mmAl. Zu opake Obturationsmaterialien können eine dichte

tere Wurzelkanalfüllung suggerieren und so von der tatsächlichen Qualität der Obturation ablenken (Tagger & Katz, 2003). Etwaige Blasen und Inhomogenitäten bleiben durch die wahrscheinlich höhere Röntgenabsorption von Resilon® und GuttaFlow® in diesen Fällen viel öfter unentdeckt als bei der Verwendung von Guttapercha und AH Plus® (siehe Abbildung 17). Hierfür spricht ebenfalls die mit 85 % (34/40) höchste Erfolgsrate in der SCGP-Kohorte. Wären die endodontischen Obturationen dieser Gruppe gegenüber CWR und SCGF tatsächlich deutlich inhomogener, würde man hier eine geringere Erfolgsrate erwarten. Weiterhin beeinflusst neben der Röntgenopazität der Obturationsmaterialien auch die Schichtdicke des Sealers die radiologische Darstellung der Wurzelkanalfüllung (Baksi Akdeniz et al., 2007). Bedingt durch die verschiedenen Fülltechniken ist der Sealeranteil der Obturation bei Verwendung der SCGF-Technik höher, da hierbei im Gegensatz zur SCGP-Technik keine akzessorischen Guttaperchaspitzen zum Einsatz kamen. Dieser Umstand und auch eine gleichmäßigere Verteilung des Sealers durch die Verwendung der Applikationsspritze bei der SCGF-Technik könnten die radiologisch homogener erscheinenden Wurzelfüllungen innerhalb dieser Kohorte erklären.

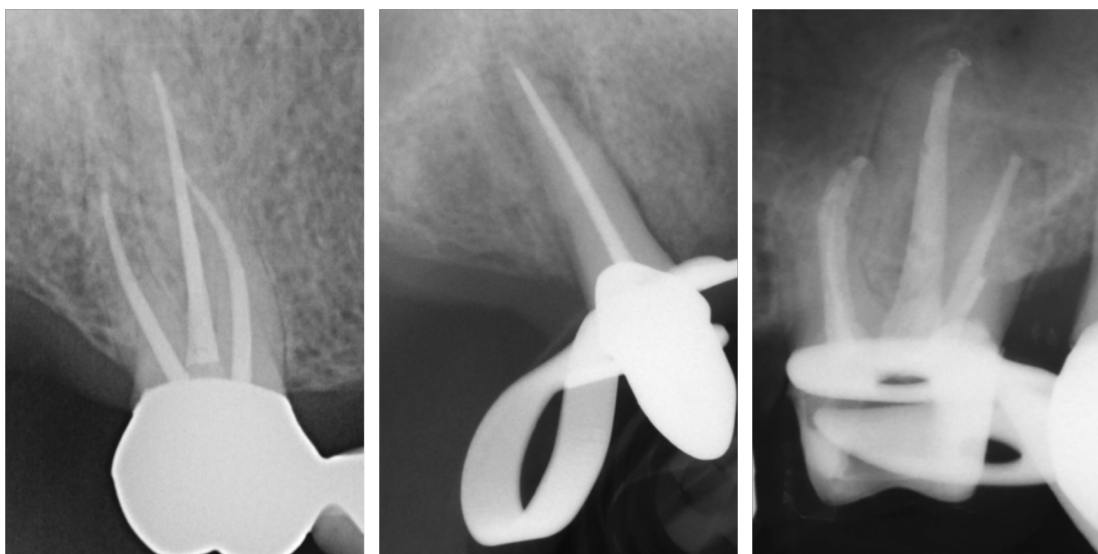


Abbildung 17: Exemplarische Röntgenkontrollaufnahmen nach Obturation mit verschiedenen endodontischen Systemen. CWR (links), SCGF (mittig) und SCGP (rechts).

Im Vergleich zeigt sich eine deutlich verminderte Röntgenopazität der SCGP-Wurzelkanalfüllung (rechts). Insbesondere im oberen und mittleren Drittel der Obturation der palatinalen Wurzel befinden sich ausgeprägte Inhomogenitäten.

c) Extrusion von Obturationsmaterial

Anhand einer Metaanalyse kontrollierter klinischer Studien konnte gezeigt werden, dass thermoplastische Obturationsmethoden im Allgemeinen die Extrusion von Wurzelfüllmaterial in die periapikale Region gegenüber der kalten lateralen Kondensation begünstigen können (Peng et al., 2007). Allerdings wurde nur in 2 von insgesamt 10 eingeschlossenen Untersuchungen die warmvertikale Kondensationstechnik angewendet, während die übrigen Studien trägerbasierte Warmfüllverfahren betrachteten. Zwischen den in der hier vorliegenden Arbeit untersuchten Obturationsmethoden konnten hingegen keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Extrusion von Füllmaterial ermittelt werden. Studien, die ebenfalls die warmvertikale Obturation mit Kaltfüllverfahren verglichen, bestätigen dieses Ergebnis (Aqrabawi, 2006; Ansari et al., 2012). Es ist wahrscheinlich, dass die generell durchgeführte Individualisierung des Masterpoints mit der Besonderheit eines apikalen *tug back* (Klemmpassung des Masterpoints im apikalen Wurzelkanal Drittel) und dessen Kürzung um 1 mm speziell bei Anwendung der CWR-Technik das Risiko einer Extrusion gegenüber trägerbasierten Verfahren reduzieren könnte. Bei diesen Verfahren wird ein zuvor individualisierter Masterpoint erwärmt und spätestens beim Kontakt mit der Wurzelkanalwand aufgrund seiner Plastizität wieder verformt.

Interessanterweise zeigte in der hier vorliegenden Arbeit die SCGF-Technik den höchsten Anteil an Überfüllung und Sealerextrusionen in das periapikale Gewebe. Als eine mögliche Ursache mag die Anwendung dieser Technik vorrangig bei Wurzelkanälen mit sehr weitem Lumen (z. B. palatinaler Wurzelkanal oberer Molaren) gelten. Hier gelingt das Einbringen des Sealers mit einer Applikationshilfe leichter als bei engen Wurzelkanälen. Allerdings kann dabei ihre Spitze weit nach apikal eingebracht werden und könnte bereits bei moderatem vertikalem Druck aufgrund des thixotropen Fließverhaltens von GuttaFlow® das Risiko einer Überfüllung erhöhen.

4.6.4 Einfluss der Qualität der Obturation auf den Behandlungserfolg

a) Länge der Obturation

Obturationen mit adäquater Länge zeigten eine Erfolgsrate von 79,1 % (72/91) gegenüber den diesbezüglich inadäquat bewerteten Zähnen mit 60,9 % (14/23). Der Unterschied war in dieser Untersuchung statistisch nicht signifikant. Der Einfluss der Obturationslänge auf den endodontischen Heilungserfolg ist relativ gut in der Literatur belegt. Ein Abstand von 0 bis 2 mm vom radiologischen Apex des Zahns wird als adäquat angesehen (Ng et al., 2008). Dieses Kriterium nicht erfüllende Obturationen sind mit einer

schlechteren Erfolgsrate assoziiert (Sjögren et al., 1990; Orstavik & Hörsted-Bindslev, 1993; Smith et al., 1993). Mit 204 bis 692 Patientinnen und Patienten wiesen die genannten Publikationen jedoch deutlich höhere Fallzahlen auf, weshalb ein Zusammenhang in der hier vorliegenden Arbeit möglicherweise unentdeckt blieb. Darüber hinaus konnten Sjögren et al. (1990) nur bei Betrachtung von Zähnen mit präoperativer apikaler Läsion ein signifikantes Ergebnis ermitteln. In diesen Fällen bestimmte vom biologischen Standpunkt aus immer eine infizierte Pulpanekrose den periapikalen Läsionsprozess. Befindet sich hingegen die mikrobielle Besiedelung noch nicht in den apikalen Anteilen des endodontischen Systems bzw. erst in einer intraradikulären Ausbreitungsphase, scheint nach intensiver chemo-mechanischer Präparation des Wurzelkanalsystems die ideale Länge der Obturation vermutlich weniger relevant für den endodontischen Erfolg zu sein. In der vorliegenden Arbeit wurden jedenfalls zu einem nicht unbedeutenden Anteil von 37,7 % (43/114) auch Zähne ohne präoperative Läsion berücksichtigt, sodass eventuell daher der oben genannte Zusammenhang bereits relativiert wurde. Ebenfalls könnte hierzu der mit 20,2 % (23/114) deutlich geringere Anteil inadäquater Obturationen gegenüber 48,1 bis 60,6 % in vergleichbaren Publikationen beigetragen haben (Sjögren et al., 1990; Orstavik & Hörsted-Bindslev, 1993). Dieser Unterschied ist vermutlich auf die kombinierte Anwendung aus elektrometrischer und radiologischer Messung der Arbeitslänge in allen 114 Fällen der hier vorliegenden Arbeit zurückzuführen und könnte zu einer erhöhten Sensibilität bei der Bestimmung des Messwerts geführt haben. Weiterhin wurden sämtliche endodontische Behandlungen von approbierten Zahnärztinnen und Zahnärzten mit mehrjähriger Expertise auf dem Gebiet der Endodontologie durchgeführt. Hingegen basieren sehr viele Studienergebnisse in der Literatur auf der Untersuchung von studentischen Kursleistungen. Auch ein höheres Maß an Erfahrung der Behandelnden könnte für qualitative Unterschiede der Obturationslänge verantwortlich sein.

b) Homogenität der Obturation

Die Homogenität der Wurzelkanalfüllungen zeigte in der vorliegenden Arbeit keinen signifikanten Einfluss auf den endodontischen Behandlungserfolg. Bei 71,3 % (62/87) der adäquaten Obturationen war ein Erfolg zu verzeichnen, während es paradoxerweise bei inadäquaten Wurzelkanalfüllungen 88,9 % (24/27) waren. In der Literatur besteht jedoch weitgehend Konsens darüber, dass inhomogene Obturationen sich nachteilig auf die Prognose endodontisch behandelter Zähne auswirken (Nelson, 1982; Teo et al., 1986; Halse & Molven, 1987; Kirkevang et al., 2000). Beispielsweise wurde über eine deutlich höhere Erfolgsrate homogener Obturationen (84 %) verglichen mit inhomogenen (72 %)

berichtet (Halse & Molven, 1987). Die unerwartet geringere Erfolgsrate der homogenen Obturationen ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass interessanterweise die mit einem eher ungünstigeren Behandlungsverlauf assoziierte CWR-Kohorte, absolut betrachtet die überwiegende Mehrzahl der als homogen bewerteten Obturationen aufwies (58,6%, 51/87). Einerseits ist dies natürlich auf die hohe Fallzahl in der CWR-Gruppe ($n=64$) verglichen mit SCGP ($n=40$) und SCGF ($n=10$) zurückzuführen. Andererseits erscheinen, wie in Kapitel 4.6.3. bereits diskutiert, aufgrund der geringen Strahlendurchlässigkeit, mit Resilon® behandelte Zähne radiologisch dichter und wurden vermutlich daher häufiger als homogen bewertet.

Der Anteil inhomogener Obturationen war mit 23,68% (27/114) in der vorliegenden Arbeit eher gering. Sjögren et al. (1990) ermittelten hier einen Anteil von nur 8% und konnten ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen der Homogenität der Wurzelfüllung und dem Behandlungserfolg nachweisen. Bei niedrigen Fallzahlen inadäquater Wurzelkanalfüllungen und somit hoher Gesamtqualität der Obturation lassen sich vermeintlich bekannte Effekte der Inhomogenität wahrscheinlich schwieriger aufzeigen.

c) *Extrusion von Obturationsmaterial*

In der vorliegenden Arbeit konnte kein Zusammenhang zwischen dem endodontischen Erfolg und der periapikalen Extrusion von Obturationsmaterial nachgewiesen werden. 16,7% (19/114) der Zähne zeigten radiologische Hinweise einer Sealerextrusion. Die Erfolgsraten waren mit 73,7% (14/19) für Zähne mit und 75,8% (72/95) für Zähne ohne Extrusion ähnlich. Es scheint plausibel, dass im periapikalen Gewebe befindliches Obturationsmaterial die Heilungsprozesse kompromittieren könnte, jedoch wird dies in der Literatur teilweise kontrovers diskutiert. In einer klinischen Untersuchung konnte gezeigt werden, dass die Überextension bei Obturationen mit Guttapercha und Zinkoxid-Eugenol-basiertem Sealer keinen negativen Einfluss auf den endodontischen Erfolg nahm. Jedoch betraf dies nur 10 Zähne einer mit insgesamt 55 Fällen eher kleinen Stichprobe (Sjögren et al., 1997). Gleiches wurde auch für die Extrusion von in der Regel als unkritisch geltenden Kalziumhydroxid-Präparaten festgestellt (Caliskan & Sen, 1996). Tendenziell schlechtere Erfolgsraten zeigten sich hingegen bei überextendierten Obturationen mit Guttapercha und der mittlerweile obsoleten *Chloropercha* (in Chloroform gelöste Guttapercha). Ein signifikanter Unterschied wurde hier allerdings nur bei beträchtlichen Mengen von extrudiertem Füllmaterial beobachtet (Halse & Molven, 1987). Weiterhin konnte gezeigt werden, dass sowohl die Überpressung eines Sealers auf Glasionomer-

zementbasis als auch die Überextension von Obturationen mit Guttapercha die endodontische Erfolgsrate nachteilig beeinflussen kann (Seltzer et al., 1963; Sjögren et al., 1990; Friedman et al., 1995). Die Art des extrudierten Sealers scheint bezüglich des Heilungserfolges keine entscheidende Rolle zu spielen. Dies konnte in einer Untersuchung von sechs verschiedenen Materialien an insgesamt 105 Zähnen mit periapikaler Sealerextrusion gezeigt werden (Ricucci et al., 2016). Resilon® und GuttaFlow® wurden hier allerdings nicht berücksichtigt.

Es wird vermutet, dass endodontische Obturationsmaterialien bei Kontakt mit dem periapikalen Gewebe eine Fremdkörperreaktion auslösen können (Nair et al., 1990a; Ricucci et al., 2009). Insbesondere durch Guttapercha, vor allem in partikulierter Form, können bei Gewebekontakt ausgeprägte Entzündungsreaktionen hervorgerufen werden (Sjögren et al., 1995). Die Extrusion von Guttapercha scheint auch insofern problematisch, da sie im Gegensatz zu den meisten endodontischen Sealern, die oftmals nach einiger Zeit vom Gewebe resorbiert werden, unlöslich ist (Augsburger & Peters, 1990; Ricucci et al., 2016). In apikalen Granulomen endodontischen Ursprungs konnten jedoch neben Bestandteilen von Obturationsmaterialien oftmals auch Debris und Dentinspäne nachgewiesen werden. Mikroorganismen fanden sich nahezu immer (Koppang et al., 1992; Ricucci & Langeland, 1998; Wayman et al., 1992). Folglich nehmen neben Fremdmaterialien meist gleichzeitig auch andere proinflammatorische Faktoren Einfluss auf einen periapikalen Entzündungsprozess. Zusammenfassend stellt die Extrusion geringer Mengen von Obturationsmaterial keinen ausschlaggebenden Parameter des endodontischen Erfolgs dar. Eine Beeinflussung der periapikalen Entzündung im Sinne eines prolongierten Heilungsverlaufes durch einen zusätzlichen proinflammatorischen Reiz kann jedoch als wahrscheinlich gelten.

4.6.5 Einfluss patientenbezogener Parameter

a) Alter

In der Literatur sind vergleichbare Studien mit sehr unterschiedlichem Patientenalter publiziert worden. Einige Autoren untersuchten endodontisch behandelte Zähne an eher jüngeren Patientinnen und Patienten mit einem durchschnittlichen Alter von 35 bzw. 38 Jahren (Barbakow et al., 1980; Ödesjö et al., 1990). Andere wiesen mit durchschnittlich 51 bis 56 Jahren ein deutlich älteres Patientenkollektiv auf (Cotton et al., 2008; Barborka et al., 2017; Strange et al., 2019). Das in der vorliegenden Arbeit zugrundeliegende Durchschnittsalter von 60 Jahren ist damit vergleichsweise hoch. Es ist bekannt, dass

mit zunehmendem Alter die Anzahl endodontisch behandelter Zähne steigt (Soikkonen, 1995). Dies könnte unter anderem zur Selektion vorwiegend älterer Probanden geführt haben. Zudem lehnten berufstätige Patienten im Gegensatz zu Rentnerinnen und Rentnern bei der telefonischen Rekrutierung häufig einen Kontrolltermin ab. Das Alter der Studienteilnehmer/-innen stellte in der vorliegenden Untersuchung keinen relevanten Einflussfaktor des endodontischen Erfolgs dar. Hierzu besteht in der Literatur weitgehend Konsens (Barbakow et al., 1980; Nelson, 1982; Swartz et al., 1983; Teo et al., 1986; Ödesjö et al., 1990; Smith et al., 1993; Cheung, 2002; Hoskinson et al., 2002).

b) Geschlecht

Bei der Geschlechterverteilung zeigte sich eine tendenzielle Überrepräsentation von Frauen (60,5 %, 69/114) gegenüber Männern (39,5 %, 45/114). Dies wurde in einigen anderen Publikationen ebenfalls beobachtet (Jokinen et al., 1978; Smith et al., 1993; Benenati & Khajotia, 2002; Cotton et al., 2008). Homogene Verteilungen fanden sich deutlich seltener (Oliet, 1983). Abgesehen vom Zufall bei der Patientenrekrutierung scheinen Patientinnen generell ein höheres Gesundheitsbewusstsein zu besitzen und könnten dadurch überrepräsentiert sein. Sie nehmen zahnärztliche Kontrollen und auch verschiedene andere Präventionsuntersuchungen häufiger in Anspruch als Männer (Vaidya et al., 2012). Daher könnte ihre Bereitschaft zur Teilnahme an der Nachuntersuchung höher gewesen sein. Ein Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und dem endodontischen Erfolg konnte in der vorliegenden Arbeit nicht bestätigt werden. Dies entspricht überwiegend der Sachlage in der Literatur (Ödesjö et al., 1990; Friedman et al., 1995; Benenati & Khajotia, 2002; Cotton et al., 2008; Barborka et al., 2017). Swartz et al. (1983) hingegen ermittelten höhere Erfolgsraten bei Frauen, während Smith et al. (1993) entsprechendes für Männer beobachteten.

c) BMI

In den vergangenen Jahren wurde in der Literatur vermehrt ein Zusammenhang zwischen (Prä-)Adipositas und der oralen Gesundheit diskutiert (Benguigui et al., 2012; Hooley et al., 2012; Deshpande & Amrutiya, 2017). Beispielsweise wurde eine Erhöhung spezifischer Lipidanteile im Blut mit dem gehäuftem Auftreten von Läsionen endodontischen Ursprungs in Verbindung gebracht (Kimak et al., 2015). Jedoch gibt es bisher keine Studien, die einen direkten Einfluss der (Prä-)Adipositas oder ihrer schweren Verlaufsformen auf die Ausbildung von periapikalen Läsionen nachgewiesen haben.

Der BMI der Studienteilnehmer/-innen hatte in der vorliegenden Untersuchung keinen Einfluss auf den endodontischen Erfolg. In einer Studie anhand von 292 Fällen wurde

dieses Resultat ebenfalls bestätigt (Prpic et al., 2012). Es konnte zwar ein Zusammenhang zwischen dem BMI und dem oralen Gesundheitsstatus der Patientinnen und Patienten ermittelt werden, jedoch wurden dabei neben apikalen Läsionen auch das Vorhandensein parodontaler Erkrankungen, das Ausmaß und die Anzahl kariöser Läsionen sowie fehlende Zähne berücksichtigt. Die stärkste Korrelation mit dem BMI zeigten fehlende Zähne und kariöse Läsionen, während der Einfluss auf apikale Läsionen für sehr gering erachtet wurde. In einer weiteren Untersuchung wurde zwar eine höhere Anzahl apikaler Läsionen bei Studienteilnehmer/-innen mit (Prä-)Adipositas beobachtet, jedoch bestand kein signifikanter Unterschied zum normalgewichtigen Kollektiv.

d) Recallintervall

Der endodontische Erfolg war in dieser Untersuchung unabhängig von der Länge des Recallintervalls. Dies steht zum Teil im Gegensatz zu den Ergebnissen anderer Autoren. In einer Untersuchung anhand von 110 Fällen wurde eine höhere Heilungsrate apikaler Läsionen für ein Recallintervall zwischen 12 und 18 Monaten verglichen mit einem Zeitraum von weniger als einem Jahr beobachtet (Cotton et al., 2008). In einer weiteren Studie konnten signifikante Unterschiede der Erfolgsraten zwischen dem kürzesten Recallintervall (1–24 Monate) und längeren Zeiträumen zwischen 25 Monaten und 5 Jahren beobachtet werden (Imura et al., 2007). Zwischen den längeren Recallintervallen (25–26, 37–48 und 49–60 Monaten) hingegen zeigten sich keine relevanten Unterschiede. Es ist bekannt, dass innerhalb des ersten Jahres nach endodontischer Therapie die meisten Änderungen des apikalen Heilungsverlaufs zu verzeichnen sind (Orstavik, 1996). Oftmals ist der Heilungsprozess erst nach vier Jahren deutlich erkennbar bzw. im Sinne einer vollständigen Reossifikation abgeschlossen. Das Risiko, nach diesem Zeitraum noch eine apikale Parodontitis zu entwickeln ist gering (Orstavik, 1996). Zu späteren Zeitpunkten sind daher kaum noch Änderungen des apikalen Status zu erwarten. In den o. g. Arbeiten erfolgte die erstmalige Untersuchung der Patienten bereits nach wenigen Monaten, so dass hier Zeitpunkte mit sehr hoher Dynamik des Heilungsverlaufs abgebildet wurden. Das minimale Recallintervall der hier vorliegenden Arbeit ist mit 4,65 Jahren viel zu lang, um relevante Veränderungen der apikalen Läsionen über die Zeit beobachten zu können. Eine zu frühe Recalluntersuchung hätte allerdings zu Fehleinschätzungen des Heilungsverlaufs geführt, da hierbei endodontische Misserfolge (aufgrund der oftmals langen Ausheilungszeit) eher überschätzt werden. Zudem wurde prinzipiell nur eine einzige Kontrolluntersuchung nach durchschnittlich 6,3 Jahren durchgeführt, sodass Informationen über die Läsionsdynamik innerhalb des Recallzeitraumes

nur vereinzelt aus röntgenologischen Routine- und Verlaufskontrollen gewonnen werden konnten.

e) Parodontale Parameter

Die Prävalenz einer Parodontitis lag im Patientenkollektiv dieser Arbeit bei 73 % (81/111). In einer Studie konnte anhand einer umfassenden Erhebung der Sondierungstiefen (≥ 4 mm pro Gebiss) in der deutschen Bevölkerung eine Prävalenz parodontaler Erkrankungen von 67,9 % für Erwachsene (35–44 Jahre) und 87,75 % für Senioren (65–74 Jahre) ermittelt werden (Holtfreter et al., 2010). In Anbetracht des durchschnittlichen Patientenalters scheint die ermittelte Prävalenz in der vorliegenden Stichprobe eher niedrig, zumal die Studienteilnehmer/-innen schon ab einer Sondierungstiefe $\geq 3,5$ mm eines Sextanten als parodontal erkrankt eingestuft wurden. Teilweise könnte dies durch den höheren Frauenanteil im Kollektiv erklärt werden, da Männer häufiger unter parodontalen Erkrankungen zu leiden scheinen (Ioannidou, 2017). Weiterhin ist anzunehmen, dass zahlreiche Patientinnen und Patienten mit bereits therapierter Parodontitis eventuell nicht von der wenig spezifischen PSI-Untersuchungsmethodik erfasst wurden. Dies dürfte allerdings nur einige Fälle betreffen, bei denen eine Parodontaltherapie andernorts (nicht in der Abteilung für Parodontologie des Universitätsklinikums Würzburg) durchgeführt wurde und zum Kontrollzeitpunkt eine stabile Phase der parodontalen Erkrankung ohne erhöhte Sondierungstiefen vorlag.

In der vorliegenden Arbeit hatte der parodontale Status der Studienteilnehmer/-innen einschließlich Sondierungstiefe und Mobilität des kontrollierten endodontisch behandelten Zahns keinen relevanten Einfluss auf den endodontischen Erfolg. Eine vergleichbare Evaluation zeigte ähnliche Ergebnisse (Jahreis et al., 2019). Hier wurden allerdings strengere Kriterien für das Vorliegen einer Parodontitis (Sondierungstiefe $\geq 5,5$ mm und erkennbarer, nicht altersgemäßer horizontaler oder vertikaler Knochenverlust anhand eines röntgenologischen Status bzw. einer Panoramaschichtaufnahme) definiert. Dadurch kann auch der mit 35,5 % deutlich geringere Anteil an parodontal erkrankten Patientinnen und Patienten erklärt werden. Bezüglich der Sondierungstiefe an den endodontisch behandelten Zähnen, konnten andere Autoren ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang mit dem endodontischen Erfolg beobachten (Sjögren et al., 1990; de Chevigny et al., 2008b). Allerdings zeigten bei de Chevigny et al. (2008b) nur 6 von 94 Zähnen parodontale Defekte.

In einigen Studien konnten Zusammenhänge zwischen endodontischen und parodontalen Erkrankungen nachgewiesen werden (Bender & Seltzer, 1972; Langeland et al.,

1974; Barkhordar & Stewart, 1990; Jansson et al., 1995; Sunitha et al., 2008; Simon et al., 2013). Dies betrifft jedoch eher an einzelnen Zähnen lokalisierte Pathologien im Sinne einer kombiniert endodontisch-parodontalen Läsion oder einer retrograden Infektion der Pulpa. Die vollständige Heilung einer bestehenden Läsion endodontischen Ursprungs könnte bei Koexistenz parodontaler Erkrankungen durchaus limitiert sein. Für einen generellen kausalen Zusammenhang zwischen einer marginalen Parodontitis und der Entstehung von periapikalen Läsionen gibt es allerdings keine Evidenz. In dieser Arbeit könnte ein potentieller Effekt parodontaler Erkrankungen auf den endodontischen Erfolg möglicherweise nicht detektierbar gewesen sein, da viele Patienten aus dem Studienkollektiv in regelmäßiger parodontaler Nachsorge waren und somit oftmals relativ stabile parodontale Verhältnisse aufwiesen.

f) Rauchen

23,7 % (27/114) des Studienkollektivs waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung aktive Raucherinnen bzw. Raucher. In der Literatur wurden diesbezüglich ähnliche (19,4 %) bis deutlich höhere Anteile ermittelt (37,9 und 58,3 %) (Bergström et al., 2004; Marending et al., 2005; Doyle et al., 2007). Möglicherweise ist auch hier der höhere Anteil an Patientinnen in der vorliegenden Arbeit mitverantwortlich für die geringere Anzahl von Raucherinnen und Rauchern, da (immer noch) mehr Männer rauchen als Frauen (Levy et al., 2013).

Der endodontische Erfolg war in dieser Untersuchung unabhängig vom inhalativen Tabakkonsum des Patientenkollektivs. Raucher/-innen zeigten jedoch tendenziell schlechtere Erfolgsraten (66,7 %, 18/27) gegenüber Nichtrauchern und Nichtraucherinnen (78,2 %, 68/87). In einer radiologischen Untersuchung von 84 Fällen wurden hierzu übereinstimmende Ergebnisse berichtet (Marending et al., 2005). Demgegenüber konnte eine Studie anhand von 196 Wurzelkanalbehandlungen bei Raucherinnen und Rauchern (38/196) eine signifikant niedrigere Erfolgsrate endodontisch therapierter Zähne nachweisen (Doyle et al., 2007). Die generelle Prävalenz periapikaler Läsionen unter Raucherinnen und Rauchern wird ebenfalls kontrovers diskutiert. Einige Autoren berichteten hier über ein signifikant häufigeres Auftreten von periapikalen Läsionen (Segura-Egea et al., 2008; Lopez-Lopez et al., 2012; Al-Nazhan et al., 2017). Andere konnten einen derartigen Zusammenhang nicht bestätigen (Bergström et al., 2004; Balto et al., 2019). In den o.g. Untersuchungen wurden allerdings teilweise auch apikal erkrankter Zähne ohne bestehende Wurzelkanalfüllung berücksichtigt, sodass diese keine direkt auf den

endodontischen Behandlungserfolg bezogenen Schlussfolgerungen zulassen. Bei Betrachtung ausschließlich endodontisch therapierter Zähne wirkte sich der inhalative Tabakkonsum der Studienteilnehmer/-innen hingegen nicht auf die der Prävalenz periapikaler Läsionen aus (Persic Bukmir et al., 2016). Demzufolge könnte eine höhere Prävalenz apikaler Läsionen bei Raucherinnen und Rauchern nicht auf eine eventuell schlechtere Heilungstendenz der Läsionen, sondern vielmehr auf einen mangelnden Sanierungszustand der Gebisse, mit einem höheren Anteil nicht therapierter endodontischer Pathologien zurückzuführen sein. Dies scheint ebenfalls naheliegend, da Raucher/-innen vermehrt zu kariösen Läsionen neigen und häufiger endodontische Therapien benötigen (Winn, 2001; Krall et al., 2006).

Zusammenfassend lassen bekannte negative Effekte des inhalativen Tabakkonsums auf die Wundheilung von Hart- und Weichgeweben sowie auf die Funktion des Immunsystems eine Beeinträchtigung der Heilungstendenz apikaler Läsionen plausibel erscheinen (Duncan & Pitt Ford, 2006). Um hier von einem direkten Einfluss auf den endodontischen Behandlungserfolg oder von Kausalität zu sprechen, fehlt es jedoch bislang an Evidenz. Auch erschwert die Heterogenität der angewendeten diagnostischen Methoden in den o. g. Studien deren Vergleichbarkeit und erklärt möglicherweise die teils konträren Ergebnisse. So blieben Menge und Dauer des Konsums häufig unberücksichtigt und die Bewertung des apikalen Zustandes der Zähne erfolgte anhand unterschiedlicher Bewertungskriterien. Auch profitierten einige der Studien gegenüber anderen von einer höheren Sensitivität bei der Detektion apikaler Läsionen mittels DVT-Diagnostik und Einzelzahnfilmen, die den häufig verwendeten Orthopantomogrammen überlegen sind (siehe Kapitel 4.3). Ebenfalls erfolgte nur selten eine Homogenisierung der Kohorten bezüglich weiterer Einflussfaktoren des periapikalen Zustandes der Zähne um Störfaktoren zu eliminieren. Diese könnten die Ausprägung eines potentiellen Effektes des Rauchens beeinflussen und somit ebenfalls zur Inkonstanz der Ergebnisse beigetragen haben.

g) Systemische Gesundheit

Mit 42,3% (47/111) nahm ein beachtlicher Anteil des Patientenkollektivs Medikamente zur Therapie von Herz-Kreislauf-Erkrankungen und/oder orale Antidiabetika ein. Dies mag wahrscheinlich auf das eher hohe Durchschnittsalter von ca. 60 Jahren zurückzuführen sein. Es konnte kein Zusammenhang zwischen der in dieser Studie evaluierten Dauermedikation und dem endodontischen Erfolg nachgewiesen werden. In der Literatur gibt es momentan nur dezente Hinweise, dass ein Zusammenhang zwischen dem Status

der systemischen Gesundheit (insbesondere bei Therapie chronischer Erkrankungen wie Diabetes, Hypertonie o. ä.) und der Prävalenz von periapikalen Läsionen bestehen könnte. Von besonderem zahnärztlichen Interesse ist der Diabetes mellitus. Durch die langfristigen Folgen dieser Erkrankung (z.B. Mikroangiopathie und Immunsuppression) treten Wundheilungsstörungen der Schleimhaut nach zahnärztlichen Eingriffen wesentlich öfter auf (Abiko & Selimovic, 2010). Auch nachteilige Effekte auf die Heilungsprozesse von Läsionen endodontischen Ursprungs werden vermutet.

In einer Studie konnten bei den 180 Diabetikerinnen und Diabetikern sowohl mehr als auch größere Läsionen detektiert werden als im gesunden Patientenkollektiv ($n=86$) (Falk et al., 1989). Hinsichtlich der Prävalenz der apikalen Parodontitis beim Vorliegen eines Diabetes finden sich einige kontrollierte Studien mit ähnlicher Methodik, die diese Beobachtung bestätigen (Segura-Egea et al., 2005; Lopez-Lopez et al., 2011; Marotta et al., 2012). Darüber hinaus konnten bei Diabetikerinnen auch häufiger apikale Läsionen an endodontisch therapierten Zähnen festgestellt werden (Falk et al., 1989). Ebenfalls scheint sich das Vorliegen eines Diabetes mellitus negativ auf die Prognose endodontisch behandelter Zähne auszuwirken (Fouad & Burleson, 2003). Er wird sogar als möglicher Risikofaktor für Zahnextraktionen bei wurzelkanalbehandelten Zähnen diskutiert (Wang et al., 2011). Allerdings wurden hier nur 10,7 % der untersuchten Zähne aufgrund von endodontischen Komplikationen und 89,3 % aufgrund von anderen Ursachen wie Parodontopathien, Wurzelfrakturen oder nicht restaurierbarer Defekte extrahiert.

Es finden sich jedoch ebenfalls Untersuchungen, die ähnliche Prävalenzen von periapikalen Läsionen zwischen dem an Diabetes mellitus erkrankten und dem gesunden Patientenkollektiv ermittelten. (Britto et al., 2003; Ferreira et al., 2014). Interessanterweise konnten aber speziell bei männlichen Diabetikern häufiger persistierende periapikale Läsionen beobachtet werden (Britto et al., 2003). Dieses Ergebnis sollte jedoch zurückhaltend interpretiert werden, da in dieser Arbeit nur insgesamt 52 Fälle kontrolliert wurden. Zudem wurden Zähne mit periapikalen Veränderungen, inadäquaten oder fehlenden Restaurationen sowie jene, die in der Nähe radiotransluzenter anatomischer Strukturen lokalisiert waren im Vorhinein ausgeschlossen, so dass hier nicht der tatsächliche periapikale Zustand aller Zähne eines Gebisses abgebildet werden konnte.

Einige Publikationen weisen auch auf eine potentielle Wechselwirkung zwischen kardiovaskulären Erkrankungen und periapikalen Entzündungsprozessen hin. So zeigten Patientinnen und Patienten, deren Gebisse periapikale Läsionen aufwiesen, ein mehr als doppelt so hohes Risiko für die Entstehung von Herz-Kreislaufkrankungen gegenüber

einer Vergleichsgruppe mit periapikal gesunden Verhältnissen (Costa et al., 2014). Ebenso wurde das Vorliegen von Wurzelkanalbehandlungen als Prädiktor für zukünftige kardiovaskuläre Ereignisse identifiziert (Gomes et al., 2016). Eine weitere Studie bestätigt diese Ergebnisse insofern, da Indizien für eine Assoziation zwischen der Existenz von Läsionen endodontischen Ursprungs und der Ausbildung bzw. Progression einer koronaren Herzerkrankung entdeckt wurden. Eine Assoziation zwischen dem Vorliegen einer arteriellen Hypertonie und der Prävalenz periapikaler Läsionen konnte bislang nicht nachgewiesen werden (Segura-Egea et al., 2010). Es liegen jedoch keine ausreichend validen Studien vor, die die kausalen Zusammenhänge für den endodontischen Behandlungserfolg in Abhängigkeit von kardiovaskulären Erkrankungen untersucht haben. Ein potentieller Zusammenhang zwischen einer spezifischen Dauermedikation (v. a. Antidiabetika, Antihypertensiva, Antikoagulanzen und Thrombozytenaggregationshemmer) und der Erfolgsrate wurzelkanalbehandelter Zähne konnte in einer vergleichbaren Arbeit ebenfalls nicht bestätigt werden (Jahreis et al., 2019). Eine Limitation der vorliegenden Untersuchung ist die Identifikation der chronisch erkrankten Personen anhand der Medikamentenanamnese, die im Vergleich zu physikalischen Untersuchungen, Laboranalysen und einer klinisch umfassend dokumentierten Anamnese weniger verlässliche Daten liefert. Weiterhin wurden alle Studienteilnehmer/-innen die entweder orale Antidiabetika und/oder Medikamente zur Prävention kardiovaskulärer Ereignisse einnahmen in einer Gruppe zusammengefasst, vor allem aus Gründen der geringen Fallzahlen. Die unterschiedlichen Pathologien konnten somit nicht ausreichend valide differenziert und evaluiert werden, um potentielle Koinzidenzen herauszufinden. Weitere Limitationen lagen im Rahmen des retrospektiven Studiendesigns mit der fehlenden Möglichkeit der Parallelisierung von Gruppen, um anderweitige Einflussfaktoren identifizieren zu können. Die Untersuchung des Einflusses spezifischer Dauermedikation auf den endodontischen Erfolg war eine sekundäre Fragestellung der hier vorliegenden Studie.

4.6.6 Einfluss der zahnbezogenen Parameter

a) Apikaler Status

Aus der Literatur geht eindeutig hervor, dass die präoperative apikale Läsion als der wohl entscheidendste negative Einflussfaktor für den endodontischen Erfolg gilt (Halse & Molven, 1987; Sjögren et al., 1990; Spili et al., 2005; Ng et al., 2008; Chandra, 2009; Cheung & Liu, 2009). Als Ursache der Läsionen wird eine bakterielle Infektion des Wurzelkanalsystems und die konsekutive Entzündungsreaktion des periapikalen Gewebes angesehen (Kakehashi et al., 1965; Molander et al., 1998). In der vorliegenden Arbeit

zeigten Zähne mit präoperativer Läsion eine in etwa 5-mal größere Misserfolgswahrscheinlichkeit als gesunde Zähne ($OR=4,98$, 95 % KI : 1.60, 15,57, $p=,006^*$). Teilweise wurden hier mit einer OR von 2,86 bzw. 16,6 stark voneinander abweichende Ergebnisse berichtet (de Chevigny et al., 2008a; Imura et al., 2007). In diesen beiden Arbeiten lagen die Anteile an Zähnen mit präoperativer Läsion bei 64 % und 65 %, was vergleichbar mit dem vorliegenden Ergebnis von 62,3 % ist. Unterschiede bei den Erfolgsraten von zu therapierenden Zähnen mit Läsionen endodontischen Ursprungs werden zudem durch weitere prognoserelevante Faktoren wie die Anteile an Revisionsbehandlungen, insuffiziente Restaurationen oder Wurzellängsfrakturen in den Patientenkollektiven hervorgerufen. Des Weiteren spielen hier insbesondere das radiologische Diagnostikverfahren und das jeweilige Bewertungssystem mit seinen spezifischen Kriterien zur Beurteilung der Heilung einer apikalen Läsion eine Rolle.

b) Restauration

Weder die Art noch die Qualität der Restauration stellte in der vorliegenden Arbeit einen Einflussfaktor des endodontischen Behandlungserfolges dar. Hinsichtlich der Restaurationstypen gehen aus der Literatur ähnliche Ergebnisse hervor. Es konnten keine signifikanten Unterschiede der Überlebensraten wurzelkanalgefüllter Zähne nach Restauration mit intrakoronaren Versorgungen verglichen mit hockerüberkuppelten Restaurationen ermittelt werden (Cheung, 2002). Auch Komposit- und Amalgamfüllungen sowie verschiedene Kronen- und Teilkronenversorgungen werden hinsichtlich des endodontischen Erfolgs als gleichwertig betrachtet (Chugal et al., 2007; Maslamani et al., 2017). Wichtigste Voraussetzung bei der Restaurationswahl ist stets der verbliebene Anteil an gesunder Zahnhartsubstanz. Höckerstabilisierende Maßnahmen sind bei postendodontischen Restaurationen vor allem bei ausgedehnten Defekten angezeigt. Im Seitenzahnbereich wurde in einer retrospektiven Studie anhand der jährlichen Verlustrate verschiedener direkter und indirekter Restaurationen im Vergleich erkannt, dass drei- oder mehrwandige Defekte bei endodontisch therapierten Zähnen von einer (Teil-)Überkronung (indirekten Restauration) profitieren können (Damaschke et al., 2013). Für den endodontischen Erfolg ist neben der langfristigen Stabilität des Zahns vor allem die erzielbare Randschlussqualität der Restauration von Bedeutung. In der Literatur ist eindeutig belegt, dass insuffiziente Versorgungen endodontisch behandelter Zähne mit schlechteren Erfolgsraten assoziiert sind (Friedman et al., 1995; Ray & Trope, 1995; Kirkevang et al., 2000; Hommez et al., 2002; Tavares et al., 2009; Gillen et al., 2011; Gomes et al., 2015). Die besten Ergebnisse wurden bei Zähnen mit sowohl adäquater Restauration als auch homogener Obturation ermittelt (Ray & Trope, 1995; Hommez et al., 2002; Tavares et

al., 2009; Gillen et al., 2011). Die Beurteilung der Restaurationen und des Periapex erfolgten in diesen Untersuchungen jedoch unterschiedlich, was die Vergleichbarkeit der Ergebnisse einschränkt. Teilweise wurden die Restaurationen auch ausschließlich radiologisch untersucht (Tavares et al., 2009). Auf diese Weise können bukkal- und oral gelegene kariöse Läsionen oder Defekte projektionsbedingt kaum entdeckt werden (siehe Kapitel 4.2). Konsequenterweise lässt die klinische und radiologische Bewertung der koronalen Versorgung eigentlich nur begrenzt Aussagen über die effektive Randdichtigkeit zu. Je nach Ausmaß oder Defektgröße besteht unter Umständen gar keine Kommunikation zwischen einer kariösen Läsion und dem Obturationsmaterial. Somit könnte das Wurzelkanalsystem trotz einer insuffizienten Restauration durch eine intakte Dentinschicht (zumindest temporär) vor einer bakteriellen Penetration entlang der Wurzelkanalfüllung geschützt sein.

Neben den Unterschieden in der Methodik ist der in der vorliegenden Arbeit nicht bestätigte Zusammenhang zwischen der Qualität der Restauration und dem endodontischen Erfolg wahrscheinlich auf den sehr geringen Anteil insuffizienter Versorgungen im Patientenkollektiv zurückzuführen (6,1 %, 7/114). In einigen vergleichbaren Studien wurden etwa 1000 Zähne evaluiert, deren Restaurationen in bis zu 50 % der Fälle als insuffizient bewertet wurden, sodass hier auch bei einer möglicherweise geringen Effektstärke eher Unterschiede zwischen den Kohorten ermittelt werden konnten (Ray & Trope, 1995; Hommez et al., 2002; Tavares et al., 2009).

c) Revisionsbehandlung

In der Literatur besteht Evidenz, dass Revisionsbehandlungen einen Risikofaktor für den endodontischen Misserfolg darstellen. In einer radiologischen Evaluation des apikalen Status von 356 Zähnen (8–10 Jahre nach Therapie) wurde erkannt, dass Revisionsbehandlungen (62 %) gegenüber der primären endodontischen Therapie (86 %) signifikant niedrigere Erfolgsraten aufwiesen (Sjögren et al., 1990). Übereinstimmende Ergebnisse wurden auch in einer prospektiven multizentrischen Studie ermittelt, in der klinisch und radiologisch der endodontische Erfolg in 378 Fällen bewertet wurde (Friedman et al., 1995). Eine aktuellere Untersuchung zeigt ebenfalls eine deutlich geringere Heilungsrate endodontischer Läsionen bei Revisionsbehandlungen (73 %) gegenüber primär endodontisch behandelten Zähnen mit zuvor vitaler Pulpa (94 %) (Azim et al., 2016). Diese Ergebnisse erscheinen umso schlüssiger, da endodontische Revisionen zu den schwierigsten zahnärztlichen Eingriffen gehören und die Behandler/-innen häufig vor eine besondere Herausforderung stellen. Die vollständige Entfernung des Obturationsmaterials unter Berücksichtigung der Wurzelkanalanatomie und die damit verbundenen höheren

Anforderungen an die endodontische Präparation erschweren die Behandlung erheblich (Gorni & Gagliani, 2004). Hierzu trägt ebenfalls die häufig erforderliche Suche nach unentdeckten Wurzelkanälen oder die Bergung von frakturierten Instrumenten bei. Des Weiteren limitieren möglicherweise schon bei der Primärbehandlung existente, aber unentdeckte (bzw. nicht therapierte) und für den Misserfolg (mit-)verantwortliche Aspekte die Prognose von Revisionsbehandlungen. Hier sind z.B. intraradikulär persistierende Mikroorganismen (insbesondere bei komplexer Wurzelkanalmorphologie), Risse und Frakturen, iatrogene Perforationen, Zysten und Fremdkörperreaktionen auf extrudierte Obturationsmaterialien zu nennen (Simon, 1980; Nair et al., 1990b; Farzaneh et al., 2004; Nair, 2006).

Interessanterweise war der endodontische Erfolg in der hier vorliegenden Arbeit unabhängig davon, ob eine Revision einer bereits bestehenden Wurzelkanalfüllung oder eine Primärbehandlung durchgeführt wurde. Die Erfolgsrate von Wurzelkanalrevisionen lag bei 70,5 % (31/44), während die primäre endodontische Therapie mit 78,57 % (55/70) tendenziell bessere Ergebnisse zeigte. Bezüglich der Erfolgsrate von Revisionsbehandlungen wurde in der Literatur ähnliches beobachtet. (Van Nieuwenhuysen et al., 1994; Sundqvist et al., 1998; Gorni & Gagliani, 2004). In einer Untersuchung wird sogar über einen Behandlungserfolg in 95,5 % der Fälle berichtet (Fristad et al., 2004). Dieses Ergebnis ist jedoch darauf zurückzuführen, dass von den initial 112 Wurzeln während des Beobachtungszeitraums von 27 Jahren 45 aufgrund von Komplikationen extrahiert wurden und diese Fälle nicht als Misserfolge gewertet wurden. Generell wird in den häufig retrospektiv ausgelegten Untersuchungen die wahre Misserfolgsrate gerade der Revisionsbehandlungen wahrscheinlich unterschätzt, da die genaue Anzahl der aufgrund von endodontischen Komplikationen extrahierten Zähne nicht ermittelt werden kann. In der vorliegenden Studie wurde beispielsweise während des Recallintervalls bei einigen zuvor einer Revisionsbehandlung unterzogenen Zähnen mit persistierender apikaler Läsion anschließend eine Wurzelspitzenresektion durchgeführt. Daher wurde auch hier eine falsch zu hohe Erfolgsrate ermittelt. Diese Besonderheit betraf jedoch nur drei Einzelfälle und dürfte die Studienergebnisse daher nicht entscheidend beeinflusst haben. Vielmehr könnte die hier beobachtete höhere Erfolgsrate von Revisionsbehandlungen verglichen mit der Untersuchung von Sjögren et al. (1990), bei der von Studierenden durchgeführte Behandlungen evaluiert wurden, auf eine höhere Expertise der Behandler/-innen in der Abteilung für Zahnerhaltung und Parodontologie und deren langjährige Erfahrung zurückzuführen sein. Es konnte zumindest gezeigt werden, dass die Erfahrung der Zahnärztinnen und Zahnärzte einen signifikanten Einfluss auf die erfolgreiche

Lokalisation von akzessorischen Wurzelkanälen hat (Corcoran et al., 2007). Diese zu übersehen gilt als eine der Hauptursachen für den endodontischen Misserfolg (Song et al., 2011). Darüber hinaus sind endodontische Primärbehandlungen i. d. R. deutlich komplikationsärmer und können somit von Anfängern eher beherrscht werden als die anspruchsvolleren Revisionsbehandlungen.

d) Zahntyp

Der Zahntyp stellte in dieser Arbeit keinen Einflussfaktor des endodontischen Behandlungserfolgs dar. Jedoch hatten Frontzähne und Prämolaren vergleichsweise höhere Erfolgsraten als Molaren. In einigen Publikationen konnten für Frontzähne sogar signifikant bessere Ergebnisse ermittelt werden als für Molaren (Benenati & Khajotia, 2002; Cheung, 2002). Eine weniger komplexe Wurzelkanalanatomie und die aufgrund der Lokalisation besseren Sicht- und Arbeitsverhältnisse bei der endodontischen Therapie von Frontzähnen könnten hierfür ursächlich sein. Zudem war die Wahrscheinlichkeit als Misserfolg klassifiziert zu werden bei mehrwurzeligen Zähnen größer, weil das Vorliegen einer apikalen Läsion an einer der Wurzeln hierzu bereits ausreichend war. In einer Studie wurden beispielsweise im unteren rechten Quadranten signifikant mehr Misserfolge beobachtet als in den übrigen (Smith et al., 1993). Allerdings lagen hier ebenfalls überproportional viele insuffiziente Wurzelkanalfüllungen vor. Zumeist wird in der Literatur berichtet, dass der endodontische Erfolg unabhängig vom jeweiligen Zahntyp ist (Pekruhn, 1986; Ödesjö et al., 1990; Orstavik & Hörsted-Bindslev, 1993; Hoskinson et al., 2002; Ng et al., 2008). Weiterhin scheinen Oberkieferzähne häufiger endodontisch behandelt zu werden als die Unterkieferzähne. Die unteren Frontzähne werden am seltensten therapiert. Dies entspricht soweit den Beobachtungen der vorliegenden Arbeit.

e) Diagnose

Der endodontische Erfolg erschien unbeeinflusst von den verschiedenen Diagnosen, die vor Therapiebeginn gestellt wurden. Der Aspekt der Pulpavitalität wurde bereits häufig untersucht, jedoch mit konträren Ergebnissen. So wurden teilweise signifikant niedrigere Erfolgsraten bei Zähnen mit Pulpanekrosen gegenüber Pulpitiden beobachtet (Smith et al., 1993; Chugal et al., 2001; Hoskinson et al., 2002). Ebenfalls finden sich Publikationen, die hier keine relevanten Unterschiede feststellen konnten (Barbakow et al., 1980; Friedman et al., 1995). Bei Diagnosen, die den Zustand des Periapex mitberücksichtigen, zeigte die akute Form der apikalen Parodontitis gegenüber den chronischen Verlaufsformen häufiger einen endodontischen Erfolg (Chugal et al., 2001). Chronisch apikale Läsionsprozesse dienen als Indikator einer bakteriellen Infektion des Endodonts

und limitieren offenbar die Prognose der betroffenen Zähne (Ng et al., 2008). Ebenfalls scheinen präoperativ vorliegende Fistelgänge (als klinische Manifestation einer chronischen periapikalen Entzündung) den endodontischen Heilungserfolg nachteilig zu beeinflussen (Ricucci et al., 2011). Aufgrund der in der hier vorliegenden Arbeit beobachteten Anzahl von nur 2 Fällen mit präoperativer Fistel ist diesbezüglich keine belastbare Schlussfolgerung möglich. Die vorliegenden Ergebnisse sollten hier ohnehin zurückhaltend interpretiert werden, da bei einer Anzahl von 15 möglichen Diagnosen sehr kleine Fallzahlen in den einzelnen Untergruppen auftraten. Generell ist die Diagnostik pulpaler Erkrankungen insofern problematisch, da oftmals radiologische Entzündungszeichen fehlen oder erst in späteren Erkrankungsstadien sichtbar werden. Auch liefert der Vitalitätstest zumeist unsichere Hinweise über den Zustand der Zahnpulpa, weil die Ergebnisse von zahlreichen Faktoren wie der Mitarbeit der Patientinnen und Patienten, dem Vorhandensein und der Art einer definitiven Restauration sowie dem Anteil des mit zunehmendem Lebensalter vermehrt gebildeten Sekundär- und Tertiärdentins abhängig sind. Eine genaue Diagnose pulpaler Erkrankungen ist letztlich nur mit Hilfe der Histologie eindeutig zu klären und kann im klinischen Alltag nur näherungsweise durch die Zusammenschau der erhobenen Befunde erfolgen. Beispielsweise kann anhand der Sensibilität des Zahns nicht zwischen einer sterilen und einer infizierten Pulpanekrose unterschieden werden (Glickman & Schweitzer, 2013). Erst eine pulpainfiltrierende Karies oder die Ausbildung einer periapikalen Läsion liefern hier Hinweise auf eine bakterielle Kontamination des Wurzelkanalsystems. Zudem existiert keine einheitliche Klassifikation der pulpalen und periapikalen Erkrankungen, die die zahlreichen Gründe für die Indikation einer endodontischen Therapie umfassend berücksichtigt. Die endodontischen Pathologien sind oftmals durch sowohl klinische als auch histologische Befunde definiert (Seltzer, 1972; Morse et al., 1977). Letztere werden im klinischen Alltag jedoch nicht zur endodontischen Diagnostik erhoben.

4.6.7 Interrater Reliabilität

Die Kappa-Koeffizienten für die Übereinstimmung der PAI-Werte zwischen den beiden Untersuchern lagen zwischen ,65 und ,90. Dies kann als beachtliche bis nahezu vollständige Übereinstimmung interpretiert werden (Landis & Koch, 1977). In vergleichbaren Untersuchungen wurden ähnliche Kappa-Werte zwischen ,52 und ,92 erreicht (Ödesjö et al., 1990; Hoskinson et al., 2002; Lopez-Lopez et al., 2011). Das hohe Maß an Übereinstimmung resultiert aus der Kalibrierung der Untersucher auf Basis der Bewertung

von 100 Referenzröntgenbildern. Weiterhin wiesen beide Auswerter eine mindestens zehnjährige Expertise auf dem Gebiet der Endodontologie auf.

5 Zusammenfassung

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine klinische und radiologische Nachuntersuchung von insgesamt 114 Patientinnen und Patienten, die zwischen 2009 und 2012 in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Universität Würzburg von approbierten Zahnärztinnen und Zahnärzten endodontisch behandelt wurden. Dabei kamen drei verschiedene Obturationsmethoden zum Einsatz.

1. Single-Cone-Technik mit Guttapercha und AH Plus® (SCGP)
2. Single-Cone-Technik mit Guttapercha und GuttaFlow® (SCGF)
3. Adhäsive Obturation in Continuous-Wave-Technik mit Resilon® (CWR)

Die Erhebung der Ausgangsvariablen (zum Behandlungszeitpunkt) erfolgte retrospektiv unter Zuhilfenahme der klinischen und radiologischen Dokumentation. Die Reevaluation des periapikalen Zustands der Zähne und die Erhebung weiterer klinischer Parameter erfolgte im Rahmen eines aktiven Patientenrecalls nach durchschnittlich 6,3 Jahren. Dabei wurden mit möglichst hoher Standardisierung postoperative Einzelzahn-aufnahmen angefertigt. Diese wurden anhand der PAI-Klassifikation ausgewertet, um den periapikalen Zustand der Zähne vor und nach Therapie zu bestimmen. PAI-Werte von 1 und 2 galten als Behandlungserfolg, Grad 3 bis 5 als Misserfolg. Im Hinblick auf die definierten Arbeitshypothesen wurden die Erfolgsraten innerhalb der Kohorten miteinander verglichen. Das vorrangige Ziel der hier vorliegenden Arbeit war, zu untersuchen, ob der endodontische Behandlungserfolg abhängig von der jeweiligen Obturationsmethode ist und ob technikspezifische Unterschiede sich einerseits auf die Qualität der Obturation und andererseits auf das Auftreten möglicher Komplikationen, wie der periapikalen Extrusion von Wurzelfüllmaterial, auswirken. Ferner sollten diese Aspekte neben weiteren zahn- und patientenbezogenen Variablen bezüglich ihres Einflusses auf die Erfolgsrate der endodontischen Therapie analysiert werden.

Es konnten keine signifikanten Unterschiede der endodontischen Erfolgsraten zwischen den hier untersuchten Obturationsmethoden ermittelt werden ($p = ,16$). In der SCGP-Kohorte lag die Erfolgsrate bei 85 % (34/40) verglichen mit 68,8 % (44/64) für CWR und 80 % (8/10) für SCGF. Die Homogenität der Obturation ($p = ,2$) und die Extrusion von Wurzelfüllmaterial in das periapikale Gewebe ($p = ,93$) zeigten keine Abhängigkeit von der gewählten Obturationstechnik. Die Länge der Wurzelkanalfüllung hingegen unterschied sich signifikant zwischen den Kohorten ($p = ,04^*$). Die Obturation mittels SCGP-Technik erzielte den höchsten Anteil adäquater Wurzelkanalfüllungen (92,5 %, 37/40) gegenüber SCGF (80 %, 8/10) und CWR (71,88 %, 46/64). Die CWR-Methode zeigte mit

18,8 % (12/64) den höchsten Anteil an unterfüllten Obturationen (SCGP: 7,5 %, 3/40; SCGF: 0 %).

Unabhängig von der Obturationsmethodik zeigte sich der endodontische Behandlungserfolg im Allgemeinen unbeeinflusst von der Qualität der Wurzelkanalfüllungen. Die Variablen Obturationslänge ($p = ,12$) und -homogenität ($p = ,11$) sowie die Extrusion von Wurzelfüllmaterial in die periapikale Region ($p = 1,00$) zeigten keinen signifikanten Einfluss auf die Erfolgsrate.

Das Durchschnittsalter im Patientenkollektiv betrug 60 Jahre mit einer tendenziellen Überrepräsentation weiblicher Probandinnen (60,5 %, 69/114). 73 % (81/111, 3 Missings) der Studienteilnehmer/-innen wurden ab einem PSI-Grad von 3 als parodontal erkrankt eingestuft und 23,7 % (27/114) zeigten eine positive Raucheranamnese. Der BMI betrug im Durchschnitt 26,3 kg/m². 42,3 % (47/111, 3 Missings) der Studienteilnehmer/-innen wurden anhand der Einnahme von Medikamenten zur Therapie bzw. Prävention von kardiovaskulären Erkrankungen und/oder oraler Antidiabetika als chronisch erkrankt klassifiziert (chronic disease medication, CDM). Das Recallintervall betrug durchschnittlich 6,3 Jahre mit einem Minimum von 4,7 und einem Maximum von 8,7 Jahren. Die patientenbezogenen Variablen Alter ($p = ,45$), Geschlecht ($p = ,67$), Parodontitis ($p = ,08$), BMI ($p = ,58$), CDM ($p = ,19$), Recallintervall ($p = ,08$) und Rauchen ($p = ,34$) zeigten keinen signifikanten Einfluss auf den endodontischen Behandlungserfolg.

Unter den zahnbezogenen Variablen beeinflusste lediglich der präoperative apikale Status den endodontischen Erfolg signifikant ($p = ,007^*$). Zähne mit präoperativer apikaler Läsion zeigten eine Erfolgsrate von 66,2 % (47/71) gegenüber 90,7 % ($n = 39/43$) bei Fällen ohne apikale Läsion. Die Misserfolgswahrscheinlichkeit bei Vorliegen einer präoperativen Läsion war um den Faktor 4,98 erhöht ($OR = 4,98$, 95 % KI : 1.60, 15,57, $p = ,006^*$). Zwischen Kompositfüllungen, Teilkronen, Vollkronen, Teleskopkronen und Brückenversorgungen konnten keine relevanten Unterschiede in den Erfolgsraten ermittelt werden ($p = ,29$). Gleiches galt für adäquate (76,6 %, 82/107) und inadäquate (57,1 %, 4/7) Restaurationen ($p = ,36$). Ebenso zeigten die Erfolgsraten von Wurzelkanalrevisionen (70,5 %, 31/44) und Primärbehandlungen (78,6 %, 55/70) keine signifikanten Abweichungen voneinander ($p = ,45$). Molaren waren im Studienkollektiv mit 56,1 % (64/114) gegenüber Prämolaren und Frontzähnen mit je 21,9 % (25/114) überrepräsentiert. Der Zahntyp ($p = ,07$) und die Ausgangsdiagnose ($p = ,22$) stellten keine relevanten Einflussfaktoren des endodontischen Erfolgs dar.

5.1 Schlussfolgerungen

Unter Berücksichtigung der Limitationen der vorliegenden Arbeit kann geschlussfolgert werden, dass sowohl die Anwendung der Single-Cone-Obturation mit Guttapercha und AH Plus® oder GuttaFlow® als auch die adhäsive Obturation mit Resilon® in Continuous-Wave-Technik (CWR) zu vergleichbar guten endodontischen Langzeitergebnissen führt. Demzufolge stellen diese Obturationsmethoden für die klinische Anwendung geeignete und gleichwertige Therapieoptionen dar. Für den silikonbasierten Sealer GuttaFlow® konnte dies erstmalig an Patientinnen und Patienten und im direkten Vergleich mit anderen Obturationsmaterialien gezeigt werden. Die Evidenz dieses Ergebnisses ist jedoch aufgrund der geringen Fallzahl von $n=10$ in der GuttaFlow®-Kohorte limitiert. Hier sind zukünftige Studien mit größeren Fallzahlen erforderlich. Der signifikante Zusammenhang zwischen der angewendeten Obturationsmethode und der Länge der Wurzelkanalfüllung zeigt, dass methodische Unterschiede zwischen Fülltechniken, wie beispielsweise das geringfügige Einkürzen des Masterpoints vor der definitiven Obturation bei Anwendung der CWR-Technik, das Erreichen der korrekten Arbeitslänge beeinflussen könnten. Es bleibt zu klären, ob durch den Verzicht auf dieses Vorgehen die Anzahl zu kurz gefüllter Obturationen reduziert werden kann, ohne gleichzeitig eine Extrusion von Wurzelfüllmaterial in die periapikale Region zu begünstigen. Bezüglich des Auftretens dieser Komplikation, sind die hier untersuchten Techniken als gleichrangig zu betrachten. Ebenfalls können mit allen drei Fülltechniken vergleichbar homogene Obturationen erzielt werden. Wurzelkanalfüllmaterialien mit hoher Röntgenopazität (Resilon®, Guttapercha + GuttaFlow®) erscheinen jedoch eher radiologisch homogen als transluzentere Füllstoffe (Guttapercha + AH Plus®) und könnten auf diese Weise vorhandene Inhomogenitäten maskieren. Die deutlich schlechtere Prognose von Zähnen mit präoperativer Ausgangsläsion verglichen mit periapikal gesunden Zähnen unterstreicht den negativen Einfluss eines infizierten Wurzelkanalsystems auf den endodontischen Erfolg.

Insgesamt konnte gezeigt werden, dass bei korrekter Anwendung weder die Obturationstechnik, noch das verwendete Material entscheidende Einflussfaktoren des endodontischen Langzeiterfolges darstellen. Gleiches gilt für die in der hier vorliegenden Arbeit untersuchten zahn- und patientenbezogenen Variablen. Vorrangig bestimmt der präoperative periapikale Zustand des jeweiligen Zahns als wohl bedeutendster prognostischer Aspekt der endodontischen Therapie den Erfolg oder Misserfolg einer Wurzelkanalbehandlung.

6. Literaturverzeichnis

- ABBOTT, P. V. 2004. Classification, diagnosis and clinical manifestations of apical periodontitis. *Endodontic Topics*, 8, 36-54.
- ABIKO, Y. & SELIMOVIC, D. 2010. The mechanism of protracted wound healing on oral mucosa in diabetes. Review. *Bosn J Basic Med Sci*, 10, 186-91.
- AINAMO, J., BARMES, D., BEAGRIE, G., CUTRESS, T., MARTIN, J. & SARDO-INFIRRI, J. 1982. Development of the World Health Organization (WHO) community periodontal index of treatment needs (CPITN). *Int Dent J*, 32, 281-91.
- AL-NAZHAN, S. A., ALSAEED, S. A., AL-ATTAS, H. A., DOHAITHAM, A. J., AL-SERHAN, M. S. & AL-MAFLEHI, N. S. 2017. Prevalence of apical periodontitis and quality of root canal treatment in an adult Saudi population. *Saudi Med J*, 38, 413-421.
- ANSARI, B. B., UMER, F. & KHAN, F. R. 2012. A clinical trial of cold lateral compaction with Obtura II technique in root canal obturation. *J Conserv Dent*, 15, 156-60.
- AQRABAWI, J. A. 2006. Outcome of endodontic treatment of teeth filled using lateral condensation versus vertical compaction (Schilder's technique). *J Contemp Dent Pract*, 7, 17-24.
- AUGSBURGER, R. A. & PETERS, D. D. 1990. Radiographic evaluation of extruded obturation materials. *J Endod*, 16, 492-7.
- AZIM, A. A., GRIGGS, J. A. & HUANG, G. T. 2016. The Tennessee study: factors affecting treatment outcome and healing time following nonsurgical root canal treatment. *Int Endod J*, 49, 6-16.
- BAELUM, V., HINTZE, H., WENZEL, A., DANIELSEN, B. & NYVAD, B. 2012. Implications of caries diagnostic strategies for clinical management decisions. *Community Dent Oral Epidemiol*, 40, 257-66.
- BAKSI AKDENIZ, B. G., EYUBOGLU, T. F., SEN, B. H. & ERDILEK, N. 2007. The effect of three different sealers on the radiopacity of root fillings in simulated canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 103, 138-41.
- BALTO, H. A., ALABDULAALY, L., BAHAMMAM, S. & AL-EKRISH, A. A. 2019. Comparative analysis of prevalence of apical periodontitis in smokers and non-smokers using cone-beam computed tomography. *Saudi Dent J*, 31, 52-57.
- BARBAKOW, F. H., CLEATON-JONES, P. & FRIEDMAN, D. 1980. An evaluation of 566 cases of root canal therapy in general dental practice. 1. Diagnostic criteria and treatment details. *J Endod*, 6, 456-60.
- BARBORKA, B. J., WOODMANSEY, K. F., GLICKMAN, G. N., SCHNEIDERMAN, E. & HE, J. 2017. Long-term Clinical Outcome of Teeth Obturated with Resilon. *J Endod*, 43, 556-560.

- BARKHORDAR, R. A. & STEWART, G. G. 1990. The potential of periodontal pocket formation associated with untreated accessory root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 70, 769-72.
- BASMADJIAN-CHARLES, C. L., FARGE, P., BOURGEOIS, D. M. & LEBRUN, T. 2002. Factors influencing the long-term results of endodontic treatment: a review of the literature. *Int Dent J*, 52, 81-6.
- BAUMGAERTEL, S. & HANS, M. G. 2009. Buccal cortical bone thickness for mini-implant placement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 136, 230-5.
- BENDER, I. B. 1997. Factors influencing the radiographic appearance of bony lesions. *J Endod*, 23, 5-14.
- BENDER, I. B. & SELTZER, S. 1972. The effect of periodontal disease on the pulp. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 33, 458-74.
- BENDER, I. B., SELTZER, S. & TURKENKOPF, S. 1964. To Culture or Not to Culture? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 18, 527-40.
- BENENATI, F. W. & KHAJOTIA, S. S. 2002. A radiographic recall evaluation of 894 endodontic cases treated in a dental school setting. *J Endod*, 28, 391-5.
- BENGUIGUI, C., BONGARD, V., RUIDAVETS, J. B., SIXOU, M., CHAMONTIN, B., FERRIERES, J. & AMAR, J. 2012. Evaluation of oral health related to body mass index. *Oral Dis*, 18, 748-55.
- BERGHOFER, A., PISCHON, T., REINHOLD, T., APOVIAN, C. M., SHARMA, A. M. & WILLICH, S. N. 2008. Obesity prevalence from a European perspective: a systematic review. *BMC Public Health*, 8, 200.
- BERGSTRÖM, J., BABCAN, J. & ELIASSON, S. 2004. Tobacco smoking and dental periapical condition. *Eur J Oral Sci*, 112, 115-20.
- BERGSTRÖM, J., ELIASSON, S. & AHLBERG, K. F. 1987. Periapical status in subjects with regular dental care habits. *Community Dent Oral Epidemiol*, 15, 236-9.
- BORTZ, J. & LIENERT, G. A. 1998. Testmethoden für Häufigkeiten. In: BORTZ, J. & LIENERT, G. A. *Kurzgefaßte Statistik für die klinische Forschung*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 86-98.
- BOUILLAGUET, S., SHAW, L., BARTHELEMY, J., KREJCI, I. & WATAHA, J. C. 2008. Long-term sealing ability of Pulp Canal Sealer, AH-Plus, GuttaFlow and Epiphany. *Int Endod J*, 41, 219-26.
- BRAYTON, S. M., DAVIS, S. R. & GOLDMAN, M. 1973. Gutta-percha root canal fillings. An in vitro analysis. I. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 35, 226-31.
- BRITTO, L. R., KATZ, J., GUELMANN, M. & HEFT, M. 2003. Periradicular radiographic assessment in diabetic and control individuals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 96, 449-52.

- BUCHANAN, L. S. 1994. The continuous wave of condensation technique: a convergence of conceptual and procedural advances in obturation. *Dent Today*, 13, 80, 82, 84-5.
- CALISKAN, M. K. & SEN, B. H. 1996. Endodontic treatment of teeth with apical periodontitis using calcium hydroxide: a long-term study. *Endod Dent Traumatol*, 12, 215-21.
- CARVALHO, R. M., PEREIRA, J. C., YOSHIYAMA, M. & PASHLEY, D. H. 1996. A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief. *Oper Dent*, 21, 17-24.
- CARVALHO-JUNIOR, J. R., CORRER-SOBRINHO, L., CORRER, A. B., SINHORETI, M. A., CONSANI, S. & SOUSA-NETO, M. D. 2007. Radiopacity of root filling materials using digital radiography. *Int Endod J*, 40, 514-20.
- CHANDRA, A. 2009. Discuss the factors that affect the outcome of endodontic treatment. *Aust Endod J*, 35, 98-107.
- CHAPMAN, M. N., NADGIR, R. N., AKMAN, A. S., SAITO, N., SEKIYA, K., KANEDA, T. & SAKAI, O. 2013. Periapical lucency around the tooth: radiologic evaluation and differential diagnosis. *Radiographics*, 33, E15-32.
- CHEUNG, G. S. 2002. Survival of first-time nonsurgical root canal treatment performed in a dental teaching hospital. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 93, 596-604.
- CHEUNG, G. S. & LIU, C. S. 2009. A retrospective study of endodontic treatment outcome between nickel-titanium rotary and stainless steel hand filing techniques. *J Endod*, 35, 938-43.
- CHUGAL, N. M., CLIVE, J. M. & SPANGBERG, L. S. 2001. A prognostic model for assessment of the outcome of endodontic treatment: Effect of biologic and diagnostic variables. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 91, 342-52.
- CHUGAL, N. M., CLIVE, J. M. & SPANGBERG, L. S. 2007. Endodontic treatment outcome: effect of the permanent restoration. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 104, 576-82.
- CLINTON, K. & VAN HIMEL, T. 2001. Comparison of a warm gutta-percha obturation technique and lateral condensation. *J Endod*, 27, 692-5.
- COHEN, J. 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. In: COHEN, J. *Educational and Psychological Measurement*. 37-46.
- COHEN, J. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2 Aufl. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- CONNER, D. A., CAPLAN, D. J., TEIXEIRA, F. B. & TROPE, M. 2007. Clinical outcome of teeth treated endodontically with a nonstandardized protocol and root filled with resilon. *J Endod*, 33, 1290-2.

- CONNERT, T., TRUCKENMULLER, M., ELAYOUTI, A., EGGMANN, F., KRASTL, G., LOST, C. & WEIGER, R. 2019. Changes in periapical status, quality of root fillings and estimated endodontic treatment need in a similar urban German population 20 years later. *Clin Oral Investig*, 23, 1373-1382.
- CORCORAN, J., APICELLA, M. J. & MINES, P. 2007. The effect of operator experience in locating additional canals in maxillary molars. *J Endod*, 33, 15-7.
- COSTA, T. H., DE FIGUEIREDO NETO, J. A., DE OLIVEIRA, A. E., LOPES E MAIA MDE, F. & DE ALMEIDA, A. L. 2014. Association between chronic apical periodontitis and coronary artery disease. *J Endod*, 40, 164-7.
- COTTI, E., VARGIU, P., DETTORI, C. & MALLARINI, G. 1999. Computerized tomography in the management and follow-up of extensive periapical lesion. *Endod Dent Traumatol*, 15, 186-9.
- COTTON, T. P., SCHINDLER, W. G., SCHWARTZ, S. A., WATSON, W. R. & HARGREAVES, K. M. 2008. A retrospective study comparing clinical outcomes after obturation with Resilon/Epiphany or Gutta-Percha/Kerr sealer. *J Endod*, 34, 789-97.
- CUTRESS, T. W., AINAMO, J. & SARDO-INFIRRI, J. 1987. The community periodontal index of treatment needs (CPITN) procedure for population groups and individuals. *Int Dent J*, 37, 222-33.
- DAMMASCHKE, T., NYKIEL, K., SAGHERI, D. & SCHAFER, E. 2013. Influence of coronal restorations on the fracture resistance of root canal-treated premolar and molar teeth: a retrospective study. *Aust Endod J*, 39, 48-56.
- DE CHEVIGNY, C., DAO, T. T., BASRANI, B. R., MARQUIS, V., FARZANEH, M., ABITBOL, S. & FRIEDMAN, S. 2008a. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study--phase 4: initial treatment. *J Endod*, 34, 258-63.
- DE CHEVIGNY, C., DAO, T. T., BASRANI, B. R., MARQUIS, V., FARZANEH, M., ABITBOL, S. & FRIEDMAN, S. 2008b. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study--phases 3 and 4: orthograde retreatment. *J Endod*, 34, 131-7.
- DE MUNCK, J., VAN LANDUYT, K., PEUMANS, M., POITEVIN, A., LAMBRECHTS, P., BRAEM, M. & VAN MEERBEEK, B. 2005. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res*, 84, 118-32.
- DE PAULA-SILVA, F. W., WU, M. K., LEONARDO, M. R., DA SILVA, L. A. & WESSELINK, P. R. 2009. Accuracy of periapical radiography and cone-beam computed tomography scans in diagnosing apical periodontitis using histopathological findings as a gold standard. *J Endod*, 35, 1009-12.
- DEGUCHI, T., NASU, M., MURAKAMI, K., YABUUCHI, T., KAMIOKA, H. & TAKANO-YAMAMOTO, T. 2006. Quantitative evaluation of cortical bone thickness with computed tomographic scanning for orthodontic implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 129, 721 e7-12.
- DESHPANDE, N. C. & AMRUTIYA, M. R. 2017. Obesity and oral health - Is there a link? An observational study. *J Indian Soc Periodontol*, 21, 229-233.

- DONNELLY, A., SWORD, J., NISHITANI, Y., YOSHIYAMA, M., AGEE, K., TAY, F. R. & PASHLEY, D. H. 2007. Water sorption and solubility of methacrylate resin-based root canal sealers. *J Endod*, 33, 990-4.
- DOYLE, S. L., HODGES, J. S., PESUN, I. J., BAISDEN, M. K. & BOWLES, W. R. 2007. Factors affecting outcomes for single-tooth implants and endodontic restorations. *J Endod*, 33, 399-402.
- DUNCAN, H. F. & PITT FORD, T. R. 2006. The potential association between smoking and endodontic disease. *Int Endod J*, 39, 843-54.
- ELAYOUTI, A., ACHLEITHNER, C., LOST, C. & WEIGER, R. 2005. Homogeneity and adaptation of a new gutta-percha paste to root canal walls. *J Endod*, 31, 687-90.
- ERIKSEN, H. M., BJERTNESS, E. & ORSTAVIK, D. 1988. Prevalence and quality of endodontic treatment in an urban adult population in Norway. *Endod Dent Traumatol*, 4, 122-6.
- ESSER, W., HENDGES, M. & POCHHAMMER, K.-G. 2019. KZBV Jahrbuch 2019. Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung (KZBV).
- ESTRELA, C., BUENO, M. R., LELES, C. R., AZEVEDO, B. & AZEVEDO, J. R. 2008. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod*, 34, 273-9.
- FALK, H., HUGOSON, A. & THORSTENSSON, H. 1989. Number of teeth, prevalence of caries and periapical lesions in insulin-dependent diabetics. *Scand J Dent Res*, 97, 198-206.
- FARZANEH, M., ABITBOL, S. & FRIEDMAN, S. 2004. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study. Phases I and II: Orthograde retreatment. *J Endod*, 30, 627-33.
- FEILZER, A. J., DE GEE, A. J. & DAVIDSON, C. L. 1988. Curing contraction of composites and glass-ionomer cements. *J Prosthet Dent*, 59, 297-300.
- FERREIRA, M. M., CARRILHO, E. & CARRILHO, F. 2014. [Diabetes mellitus and its influence on the success of endodontic treatment: a retrospective clinical study]. *Acta Med Port*, 27, 15-22.
- FOUAD, A. F. & BURLESON, J. 2003. The effect of diabetes mellitus on endodontic treatment outcome: data from an electronic patient record. *J Am Dent Assoc*, 134, 43-51; quiz 117-8.
- FRIEDMAN, C. E., SANDRIK, J. L., HEUER, M. A. & RAPP, G. W. 1977. Composition and physical properties of gutta-percha endodontic filling materials. *J Endod*, 3, 304-8.
- FRIEDMAN, S., LOST, C., ZARRABIAN, M. & TROPE, M. 1995. Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *J Endod*, 21, 384-90.

- FRISTAD, I., MOLVEN, O. & HALSE, A. 2004. Nonsurgically retreated root filled teeth--radiographic findings after 20-27 years. *Int Endod J*, 37, 12-8.
- GENCOGLU, N., YILDIRIM, T., GARIP, Y., KARAGENC, B. & YILMAZ, H. 2008. Effectiveness of different gutta-percha techniques when filling experimental internal resorptive cavities. *Int Endod J*, 41, 836-42.
- GILLEN, B. M., LOONEY, S. W., GU, L. S., LOUSHINE, B. A., WELLER, R. N., LOUSHINE, R. J., PASHLEY, D. H. & TAY, F. R. 2011. Impact of the quality of coronal restoration versus the quality of root canal fillings on success of root canal treatment: a systematic review and meta-analysis. *J Endod*, 37, 895-902.
- GLICKMAN, G. N. & SCHWEITZER, J. L. 2013. Endodontic Diagnosis. *Endodontics: Colleagues for excellence newsletter*.
- GOLDBERG, F., MASSONE, E. J., ESMORIS, M. & ALFIE, D. 2000. Comparison of different techniques for obturating experimental internal resorptive cavities. *Endod Dent Traumatol*, 16, 116-21.
- GOMES, A. C., NEJAIM, Y., SILVA, A. I., HAITER-NETO, F., COHENCA, N., ZAIA, A. A. & SILVA, E. J. 2015. Influence of Endodontic Treatment and Coronal Restoration on Status of Periapical Tissues: A Cone-beam Computed Tomographic Study. *J Endod*, 41, 1614-8.
- GOMES, M. S., HUGO, F. N., HILGERT, J. B., SANT'ANA FILHO, M., PADILHA, D. M., SIMONSICK, E. M., FERRUCCI, L. & REYNOLDS, M. A. 2016. Apical periodontitis and incident cardiovascular events in the Baltimore Longitudinal Study of Ageing. *Int Endod J*, 49, 334-42.
- GORDON, M. P., LOVE, R. M. & CHANDLER, N. P. 2005. An evaluation of .06 tapered gutta-percha cones for filling of .06 taper prepared curved root canals. *Int Endod J*, 38, 87-96.
- GORDUYSUS, M. & AVCU, N. 2009. Evaluation of the radiopacity of different root canal sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 108, e135-40.
- GORNI, F. G. & GAGLIANI, M. M. 2004. The outcome of endodontic retreatment: a 2-yr follow-up. *J Endod*, 30, 1-4.
- GROSSMAN, L. I. 1987. Pioneers in endodontics. *J Endod*, 13, 409-15.
- HALSE, A. & MOLVEN, O. 1987. Overextended gutta-percha and Kloroperka N-O root canal fillings. Radiographic findings after 10-17 years. *Acta Odontol Scand*, 45, 171-7.
- HAUEISEN, H., GARTNER, K., KAISER, L., TROHORSCH, D. & HEIDEMANN, D. 2013. Vertical root fracture: prevalence, etiology, and diagnosis. *Quintessence Int*, 44, 467-74.
- HELING, B. & SHAPIRA, J. 1978. Roentgenologic and clinical evaluation of endodontically treated teeth, with or without negative culture. *Quintessence Int Dent Dig*, 9, 79-84.

- HERBERT, J. & WRBAS, K.-T. 2009. Literaturübersicht und klinischer Erfahrungsbericht mit einem Kaltfüllsystem mit Guttapercha (GuttFlow). *Stomatologie*, 106, 53-60.
- HIRAISHI, N., SADEK, F. T., KING, N. M., FERRARI, M., PASHLEY, D. H. & TAY, F. R. 2008. Susceptibility of a polycaprolactone-based root canal filling material to degradation using an agar-well diffusion assay. *Am J Dent*, 21, 119-23.
- HIRVONEN, E., STEPANOV, M., KILPELAINEN, M., LINDQVIST, A. & LAITINEN, T. 2019. Consistency and reliability of smoking-related variables: longitudinal study design in asthma and COPD. *Eur Clin Respir J*, 6, 1591842.
- HOLTFRETER, B., KOCHER, T., HOFFMANN, T., DESVARIEUX, M. & MICHEELIS, W. 2010. Prevalence of periodontal disease and treatment demands based on a German dental survey (DMS IV). *J Clin Periodontol*, 37, 211-9.
- HOMMEZ, G. M. G., COPPENS, C. R. M. & DE MOOR, R. J. G. 2002. Periapical health related to the quality of coronal restorations and root fillings. *International Endodontic Journal*, 35, 680-689.
- HOOLEY, M., SKOUTERIS, H., BOGANIN, C., SATUR, J. & KILPATRICK, N. 2012. Body mass index and dental caries in children and adolescents: a systematic review of literature published 2004 to 2011. *Syst Rev*, 1, 57.
- HOSKINSON, S. E., NG, Y. L., HOSKINSON, A. E., MOLES, D. R. & GULABIVALA, K. 2002. A retrospective comparison of outcome of root canal treatment using two different protocols. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 93, 705-15.
- HUUMONEN, S., LENANDER-LUMIKARI, M., SIGURDSSON, A. & ORSTAVIK, D. 2003. Healing of apical periodontitis after endodontic treatment: a comparison between a silicone-based and a zinc oxide-eugenol-based sealer. *Int Endod J*, 36, 296-301.
- HUUMONEN, S. & ORSTAVIK, D. 2003. Radiological aspects of apical periodontitis. *Endodontic Topics*, 3, 3-25.
- IMURA, N., PINHEIRO, E. T., GOMES, B. P., ZAIA, A. A., FERRAZ, C. C. & SOUZA-FILHO, F. J. 2007. The outcome of endodontic treatment: a retrospective study of 2000 cases performed by a specialist. *J Endod*, 33, 1278-82.
- IOANNIDOU, E. 2017. The Sex and Gender Intersection in Chronic Periodontitis. *Front Public Health*, 5, 189.
- ISHIGAKI, S., KUROZUMI, T., MORISHIGE, E. & YATANI, H. 2006. Occlusal interference during mastication can cause pathological tooth mobility. *J Periodontal Res*, 41, 189-92.
- JAHREIS, M., SOLIMAN, S., SCHUBERT, A., CONNERT, T., SCHLAGENHAUF, U., KRASTL, G. & KRUG, R. 2019. Outcome of non-surgical root canal treatment related to periodontitis and chronic disease medication among adults in age group of 60 years or more. *Gerodontology*, 36, 267-275.

- JANSSON, L., EHNEVID, H., BLOMLOF, L., WEINTRAUB, A. & LINDSKOG, S. 1995. Endodontic pathogens in periodontal disease augmentation. *J Clin Periodontol*, 22, 598-602.
- JOKINEN, M. A., KOTILAINEN, R., POIKKEUS, P., POIKKEUS, R. & SARKKI, L. 1978. Clinical and radiographic study of pulpectomy and root canal therapy. *Scand J Dent Res*, 86, 366-73.
- KAKEHASHI, S., STANLEY, H. R. & FITZGERALD, R. J. 1965. The Effects of Surgical Exposures of Dental Pulps in Germ-Free and Conventional Laboratory Rats. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 20, 340-9.
- KANAGASINGAM, S., LIM, C. X., YONG, C. P., MANNOCCI, F. & PATEL, S. 2017. Diagnostic accuracy of periapical radiography and cone beam computed tomography in detecting apical periodontitis using histopathological findings as a reference standard. *Int Endod J*, 50, 417-426.
- KANGARLOU, A., DIANAT, O., ESFAHROOD, Z. R., ASHARAF, H., ZANDI, B. & ESLAMI, G. 2012. Bacterial leakage of GuttaFlow-filled root canals compared with Resilon/Epiphany and Gutta-percha/AH26-filled root canals. *Aust Endod J*, 38, 10-3.
- KATALINIC, A., PETERS, E., BESKE, F. & PRITZKULEIT, R. 2010. Projection of Morbidity 2030 and 2050: Impact for the National Health System and Blood Supply. *Transfus Med Hemother*, 37, 155-159.
- KELES, A., AHMETOGLU, F. & UZUN, I. 2014. Quality of different gutta-percha techniques when filling experimental internal resorptive cavities: a micro-computed tomography study. *Aust Endod J*, 40, 131-5.
- KEREKES, K. & TRONSTAD, L. 1979. Long-term results of endodontic treatment performed with a standardized technique. *J Endod*, 5, 83-90.
- KIM, Y. K., GRANDINI, S., AMES, J. M., GU, L. S., KIM, S. K., PASHLEY, D. H., GUTMANN, J. L. & TAY, F. R. 2010. Critical review on methacrylate resin-based root canal sealers. *J Endod*, 36, 383-99.
- KIMAK, A., STRYCHARZ-DUDZIAK, M., BACHANEK, T. & KIMAK, E. 2015. Lipids and lipoproteins and inflammatory markers in patients with chronic apical periodontitis. *Lipids Health Dis*, 14, 162.
- KIRKEVANG, L. L., ORSTAVIK, D., HÖRSTED-BINDSLEV, P. & WENZEL, A. 2000. Periapical status and quality of root fillings and coronal restorations in a Danish population. *Int Endod J*, 33, 509-15.
- KLIMM, W. 2011. Endodontische Therapie. In: KLIMM, W. *Endodontologie*. 2. Aufl.: Deutscher Zahnärzte Verlag Köln, 315-316.
- KOPPANG, H. S., KOPPANG, R. & STOLEN, S. O. 1992. Identification of common foreign material in postendodontic granulomas and cysts. *J Dent Assoc S Afr*, 47, 210-6.

- KRALL, E. A., ABREU SOSA, C., GARCIA, C., NUNN, M. E., CAPLAN, D. J. & GARCIA, R. I. 2006. Cigarette smoking increases the risk of root canal treatment. *J Dent Res*, 85, 313-7.
- LANDIS, J. R. & KOCH, G. G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-74.
- LANGELAND, K. 1974. Root canal sealants and pastes. *Dent Clin North Am*, 18, 309-27.
- LANGELAND, K., RODRIGUES, H. & DOWDEN, W. 1974. Periodontal disease, bacteria, and pulpal histopathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 37, 257-70.
- LAUKKANEN, E., VEHKALAHTI, M. M. & KOTIRANTA, A. K. 2021. Radiographic outcome of root canal treatment in general dental practice: tooth type and quality of root filling as prognostic factors. *Acta Odontol Scand*, 79, 37-42.
- LEVY, D. T., BLACKMAN, K., CURRIE, L. M. & MONS, U. 2013. Germany SimSmoke: the effect of tobacco control policies on future smoking prevalence and smoking-attributable deaths in Germany. *Nicotine Tob Res*, 15, 465-73.
- LIANG, Y. H., LI, G., SHEMESH, H., WESSELINK, P. R. & WU, M. K. 2012. The association between complete absence of post-treatment periapical lesion and quality of root canal filling. *Clin Oral Investig*, 16, 1619-26.
- LISTGARTEN, M. A. 1980. Periodontal probing: what does it mean? *J Clin Periodontol*, 7, 165-76.
- LOPEZ-LOPEZ, J., JANE-SALAS, E., ESTRUGO-DEVESA, A., VELASCO-ORTEGA, E., MARTIN-GONZALEZ, J. & SEGURA-EGEA, J. J. 2011. Periapical and endodontic status of type 2 diabetic patients in Catalonia, Spain: a cross-sectional study. *J Endod*, 37, 598-601.
- LOPEZ-LOPEZ, J., JANE-SALAS, E., MARTIN-GONZALEZ, J., CASTELLANOS-COSANO, L., LLAMAS-CARRERAS, J. M., VELASCO-ORTEGA, E. & SEGURA-EGEA, J. J. 2012. Tobacco smoking and radiographic periapical status: a retrospective case-control study. *J Endod*, 38, 584-8.
- LOTFI, M., GHASEMI, N., RAHIMI, S., VOSOUGHHOSSEINI, S., SAGHIRI, M. A. & SHAHIDI, A. 2013. Resilon: a comprehensive literature review. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*, 7, 119-30.
- MARENDING, M., PETERS, O. A. & ZEHNDER, M. 2005. Factors affecting the outcome of orthograde root canal therapy in a general dentistry hospital practice. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 99, 119-24.
- MAROTTA, P. S., FONTES, T. V., ARMADA, L., LIMA, K. C., ROCAS, I. N. & SIQUEIRA, J. F., JR. 2012. Type 2 diabetes mellitus and the prevalence of apical periodontitis and endodontic treatment in an adult Brazilian population. *J Endod*, 38, 297-300.
- MARYA, C. 2011. Dental Public Health. In: MARYA, C. *A Textbook of Public Health Dentistry*. 1. Aufl.: Jaypee Brothers Medical Publishers, 203.

- MASLAMANI, M., KHALAF, M. & MITRA, A. K. 2017. Association of Quality of Coronal Filling with the Outcome of Endodontic Treatment: A Follow-up Study. *Dent J (Basel)*, 5.
- MAUGER, M. J., SCHINDLER, W. G. & WALKER, W. A., 3RD 1998. An evaluation of canal morphology at different levels of root resection in mandibular incisors. *J Endod*, 24, 607-9.
- MOLANDER, A., REIT, C., DAHLEN, G. & KVIST, T. 1998. Microbiological status of root-filled teeth with apical periodontitis. *Int Endod J*, 31, 1-7.
- MORSE, D. R., SELTZER, S., SINAI, I. & BIRON, G. 1977. Endodontic classification. *J Am Dent Assoc*, 94, 685-9.
- NAIR, P. N. 2006. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Int Endod J*, 39, 249-81.
- NAIR, P. N., SJOGREN, U., KREY, G. & SUNDQVIST, G. 1990a. Therapy-resistant foreign body giant cell granuloma at the periapex of a root-filled human tooth. *J Endod*, 16, 589-95.
- NAIR, P. N., SJÖGREN, U., KREY, G. & SUNDQVIST, G. 1990b. Therapy-resistant foreign body giant cell granuloma at the periapex of a root-filled human tooth. *J Endod*, 16, 589-95.
- NELSON, I. A. 1982. Endodontics in general practice--a retrospective survey. *Int Endod J*, 15, 168-72.
- NG, Y. L., MANN, V., RAHBARAN, S., LEWSEY, J. & GULABIVALA, K. 2008. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature -- Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J*, 41, 6-31.
- NICOPOULOU-KARAYIANNI, K., BRAGGER, U. & LANG, N. P. 1997. Patterns of periodontal destruction associated with incomplete root fractures. *Dentomaxillofac Radiol*, 26, 321-6.
- NOMURA, Y., OKADA, A., KAKUTA, E., GUNJI, T., KAJIURA, S. & HANADA, N. 2016. A new screening method for periodontitis: an alternative to the community periodontal index. *BMC Oral Health*, 16, 64.
- ÖDESJÖ, B., HELLDEN, L., SALONEN, L. & LANGELAND, K. 1990. Prevalence of previous endodontic treatment, technical standard and occurrence of periapical lesions in a randomly selected adult, general population. *Endod Dent Traumatol*, 6, 265-72.
- OLIET, S. 1983. Single-visit endodontics: a clinical study. *J Endod*, 9, 147-52.
- OLIVER, C. M. & ABBOTT, P. V. 2001. Correlation between clinical success and apical dye penetration. *Int Endod J*, 34, 637-44.
- ONAY, E. O., UNGOR, M., ARI, H., BELLI, S. & OGUS, E. 2009. Push-out bond strength and SEM evaluation of new polymeric root canal fillings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 107, 879-85.

- ORSTAVIK, D. 1996. Time-course and risk analyses of the development and healing of chronic apical periodontitis in man. *Int Endod J*, 29, 150-5.
- ORSTAVIK, D. 2005. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. *Endodontic Topics*, 12, 25–38.
- ORSTAVIK, D. & HÖRSTED-BINDSLEV, P. 1993. A comparison of endodontic treatment results at two dental schools. *Int Endod J*, 26, 348-54.
- ORSTAVIK, D., KERÉKES, K. & ERIKSEN, H. M. 1986. The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Endod Dent Traumatol*, 2, 20-34.
- ORSTAVIK, D., NORDAHL, I. & TIBBALLS, J. E. 2001. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. *Dent Mater*, 17, 512-9.
- PALMER, R. M., SCOTT, D. A., MEEKIN, T. N., POSTON, R. N., ODELL, E. W. & WILSON, R. F. 1999. Potential mechanisms of susceptibility to periodontitis in tobacco smokers. *J Periodontal Res*, 34, 363-9.
- PATEL, S., WILSON, R., DAWOOD, A., FOSCHI, F. & MANNOCCI, F. 2012a. The detection of periapical pathosis using digital periapical radiography and cone beam computed tomography - part 2: a 1-year post-treatment follow-up. *Int Endod J*, 45, 711-23.
- PATEL, S., WILSON, R., DAWOOD, A. & MANNOCCI, F. 2012b. The detection of periapical pathosis using periapical radiography and cone beam computed tomography - part 1: pre-operative status. *Int Endod J*, 45, 702-10.
- PATIL, P., RATHORE, V. P., HOTKAR, C., SAVGAVE, S. S., RAGHAVENDRA, K. & INGALE, P. 2016. A comparison of apical sealing ability between GuttaFlow and AH plus: An in vitro study. *J Int Soc Prev Community Dent*, 6, 377-82.
- PAWINSKA, M., KIERKLO, A. & MARCZUK-KOLADA, G. 2006. New technology in endodontics--the Resilon-Epiphany system for obturation of root canals. *Adv Med Sci*, 51 Suppl 1, 154-7.
- PEKRUHN, R. B. 1986. The incidence of failure following single-visit endodontic therapy. *J Endod*, 12, 68-72.
- PENG, L., YE, L., TAN, H. & ZHOU, X. 2007. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: a meta-analysis. *J Endod*, 33, 106-9.
- PEREIRA, A. C., NISHIYAMA, C. K. & PINTO, L. D. C. 2012. Single-cone obturation technique: a literature review. *South Brazilian Dentistry Journal*, 9, 442-447.
- PEREIRA, R. D., BRITO-JUNIOR, M., LEONI, G. B., ESTRELA, C. & DE SOUSA-NETO, M. D. 2017. Evaluation of bond strength in single-cone fillings of canals with different cross-sections. *Int Endod J*, 50, 177-183.
- PERSIC BUKMIR, R., JURCEVIC GRGIC, M., BRUMINI, G., SPALJ, S., PEZELJ-RIBARIC, S. & BREKALO PRSO, I. 2016. Influence of tobacco smoking on dental

- periapical condition in a sample of Croatian adults. *Wien Klin Wochenschr*, 128, 260-5.
- PETERS, D. D. 1986. Two-year in vitro solubility evaluation of four Gutta-percha sealer obturation techniques. *J Endod*, 12, 139-45.
- PITTS, N. B. 1984. Film-holding, beam-aiming and collimating devices as an aid to standardization in intra-oral radiography: a review. *J Dent*, 12, 36-46.
- POLSON, A. M. 1977. Periodontal destruction associated with vertical root fracture. *J Periodontol*, 48, 27-32.
- POMERANZ, H. H., EIDELMAN, D. L. & GOLDBERG, M. G. 1981. Treatment considerations of the middle mesial canal of mandibular first and second molars. *J Endod*, 7, 565-8.
- POMMEL, L. & CAMPS, J. 2001. In vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques. *J Endod*, 27, 449-51.
- PRESHAW, P. M. 2015. Detection and diagnosis of periodontal conditions amenable to prevention. *BMC Oral Health*, 15 Suppl 1, S5.
- PRPIC, J., KUIS, D. & PEZELJ-RIBARIC, S. 2012. Obesity and oral health--is there an association? *Coll Antropol*, 36, 755-9.
- RAY, H. A. & TROPE, M. 1995. Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *Int Endod J*, 28, 12-8.
- REID, R. J., ABBOTT, P. V., MCNAMARA, J. R. & HEITHERSAY, G. S. 1992. A five-year study of Hydron root canal fillings. *Int Endod J*, 25, 213-20.
- REIT, C. & HOLLENDER, L. 1983. Radiographic evaluation of endodontic therapy and the influence of observer variation. *Scand J Dent Res*, 91, 205-12.
- RICUCCI, D. & LANGELAND, K. 1998. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J*, 31, 394-409.
- RICUCCI, D., ROCAS, I. N., ALVES, F. R., LOGHIN, S. & SIQUEIRA, J. F., JR. 2016. Apically Extruded Sealers: Fate and Influence on Treatment Outcome. *J Endod*, 42, 243-9.
- RICUCCI, D., RUSSO, J., RUTBERG, M., BURLESON, J. A. & SPANGBERG, L. S. 2011. A prospective cohort study of endodontic treatments of 1,369 root canals: results after 5 years. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 112, 825-42.
- RICUCCI, D., SIQUEIRA, J. F., JR., BATE, A. L. & PITT FORD, T. R. 2009. Histologic investigation of root canal-treated teeth with apical periodontitis: a retrospective study from twenty-four patients. *J Endod*, 35, 493-502.
- RITCHIE, G. M., ANDERSON, D. M. & SAKUMURA, J. S. 1988. Apical extrusion of thermoplasticized Gutta-percha used as a root canal filling. *J Endod*, 14, 128-32.

- ROHLIN, M., KULLENDORFF, B., AHLQWIST, M., HENRIKSON, C. O., HOLLENDER, L. & STENSTROM, B. 1989. Comparison between panoramic and periapical radiography in the diagnosis of periapical bone lesions. *Dentomaxillofac Radiol*, 18, 151-5.
- ROTSTEIN, I. & SIMON, J. H. S. 2004. Diagnosis, prognosis and decision-making in the treatment of combined periodontal-endodontic lesions. *Periodontology* 2000, 34, 165-203
- SANTERRE, J. P., SHAJII, L. & LEUNG, B. W. 2001. Relation of dental composite formulations to their degradation and the release of hydrolyzed polymeric-resin-derived products. *Crit Rev Oral Biol Med*, 12, 136-51.
- SCHÄFER, E., NELIUS, B. & BURKLEIN, S. 2012. A comparative evaluation of gutta-percha filled areas in curved root canals obturated with different techniques. *Clin Oral Investig*, 16, 225-30.
- SCHÄFER, E. & ZANDBIGLARI, T. 2003. Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. *Int Endod J*, 36, 660-9.
- SCHILDER, H. 1967. Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am*, 723-44.
- SCHILDER, H., GOODMAN, A. & ALDRICH, W. 1974a. The thermomechanical properties of gutta-percha. 3. Determination of phase transition temperatures for gutta-percha. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 38, 109-14.
- SCHILDER, H., GOODMAN, A. & ALDRICH, W. 1974b. The thermomechanical properties of gutta-percha. I. The compressibility of gutta-percha. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 37, 946-53.
- SCHILDER, H., GOODMAN, A. & ALDRICH, W. 1985. The thermomechanical properties of gutta-percha. Part V. Volume changes in bulk gutta-percha as a function of temperature and its relationship to molecular phase transformation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 59, 285-96.
- SCHWARTZ, R. S. 2006. Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system-the promise and the problems: a review. *J Endod*, 32, 1125-34.
- SCOTT, A. C. & VIRE, D. E. 1992. An evaluation of the ability of a dentin plug to control extrusion of thermoplasticized gutta-percha. *J Endod*, 18, 52-7.
- SEGURA-EGEA, J. J., JIMENEZ-MORENO, E., CALVO-MONROY, C., RIOS-SANTOS, J. V., VELASCO-ORTEGA, E., SANCHEZ-DOMINGUEZ, B., CASTELLANOS-COSANO, L. & LLAMAS-CARRERAS, J. M. 2010. Hypertension and dental periapical condition. *J Endod*, 36, 1800-4.
- SEGURA-EGEA, J. J., JIMENEZ-PINZON, A., RIOS-SANTOS, J. V., VELASCO-ORTEGA, E., CISNEROS-CABELLO, R. & POYATO-FERRERA, M. 2005. High prevalence of apical periodontitis amongst type 2 diabetic patients. *Int Endod J*, 38, 564-9.

- SEGURA-EGEA, J. J., JIMENEZ-PINZON, A., RIOS-SANTOS, J. V., VELASCO-ORTEGA, E., CISNEROS-CABELLO, R. & POYATO-FERRERA, M. M. 2008. High prevalence of apical periodontitis amongst smokers in a sample of Spanish adults. *Int Endod J*, 41, 310-6.
- SELTZER, S. 1972. Classification of pulpal pathosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 34, 269-87.
- SELTZER, S., BENDER, I. B. & TURKENKOPF, S. 1963. Factors Affecting Successful Repair after Root Canal Therapy. *J Am Dent Assoc*, 67, 651-62.
- SHIPPER, G., ORSTAVIK, D., TEIXEIRA, F. B. & TROPE, M. 2004. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *J Endod*, 30, 342-7.
- SHORT, M. E., GOETZEL, R. Z. & PEI, X. 2009. How Accurate are Self-Reports? An Analysis of Self-Reported Healthcare Utilization and Absence When Compared to Administrative Data. *J Occup Environ Med.*, 51, 786-796.
- SIMON, J. H. 1980. Incidence of periapical cysts in relation to the root canal. *J Endod*, 6, 845-8.
- SIMON, J. H., GLICK, D. H. & FRANK, A. L. 2013. The relationship of endodontic-periodontic lesions. *J Endod*, 39, e41-6.
- SIMRING, M. & GOLDBERG, M. 1964. The pulpal pocket approach: Retrograde periodontitis. *J Periodontol*, 35, 22-48.
- SJÖGREN, U., FIGDOR, D., PERSSON, S. & SUNDQVIST, G. 1997. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J*, 30, 297-306.
- SJÖGREN, U., HÄGGLUND, B., SUNDQVIST, G. & WING, K. 1990. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod*, 16, 498-504.
- SJÖGREN, U., SUNDQVIST, G. & NAIR, P. N. 1995. Tissue reaction to gutta-percha particles of various sizes when implanted subcutaneously in guinea pigs. *Eur J Oral Sci*, 103, 313-21.
- SMITH, C. S., SETCHELL, D. J. & HARTY, F. J. 1993. Factors influencing the success of conventional root canal therapy--a five-year retrospective study. *Int Endod J*, 26, 321-33.
- SOIKKONEN, K. T. 1995. Endodontically treated teeth and periapical findings in the elderly. *Int Endod J*, 28, 200-3.
- SONG, M., KIM, H. C., LEE, W. & KIM, E. 2011. Analysis of the cause of failure in nonsurgical endodontic treatment by microscopic inspection during endodontic microsurgery. *J Endod*, 37, 1516-9.
- SOUSA-NETO, M. D., PASSARINHO-NETO, J. G., CARVALHO-JUNIOR, J. R., CRUZ-FILHO, A. M., PECORA, J. D. & SAQUY, P. C. 2002. Evaluation of the effect of

- EDTA, EGTA and CDTA on dentin adhesiveness and microleakage with different root canal sealers. *Braz Dent J*, 13, 123-8.
- SPILI, P., PARASHOS, P. & MESSER, H. H. 2005. The impact of instrument fracture on outcome of endodontic treatment. *J Endod*, 31, 845-50.
- STRANGE, K. A., TAWIL, P. Z., PHILLIPS, C., WALIA, H. D. & FOUAD, A. F. 2019. Long-term Outcomes of Endodontic Treatment Performed with Resilon/Epiphany. *J Endod*, 45, 507-512.
- SUNDQVIST, G., FIGDOR, D., PERSSON, S. & SJOGREN, U. 1998. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 85, 86-93.
- SUNITHA, V. R., EMMADI, P., NAMASIVAYAM, A., THYEGARAJAN, R. & RAJARAMAN, V. 2008. The periodontal - endodontic continuum: A review. *J Conserv Dent*, 11, 54-62.
- SUSINI, G., POMMEL, L., ABOUT, I. & CAMPS, J. 2006. Lack of correlation between ex vivo apical dye penetration and presence of apical radiolucencies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 102, e19-23.
- SWARTZ, D. B., SKIDMORE, A. E. & GRIFFIN, J. A., JR. 1983. Twenty years of endodontic success and failure. *J Endod*, 9, 198-202.
- TAGGER, M. & KATZ, A. 2003. Radiopacity of endodontic sealers: development of a new method for direct measurement. *J Endod*, 29, 751-5.
- TAGGER, M., TAGGER, E., TJAN, A. H. & BAKLAND, L. K. 2002. Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *J Endod*, 28, 351-4.
- TANI-ISHII, N. & TERANAKA, T. 2003. Clinical and radiographic evaluation of root-canal obturation with obtura II. *J Endod*, 29, 739-42.
- TASDEMIR, T., ER, K., YILDIRIM, T., BURUK, K., CELIK, D., CORA, S., TAHAN, E., TUNCEL, B. & SERPER, A. 2009. Comparison of the sealing ability of three filling techniques in canals shaped with two different rotary systems: a bacterial leakage study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 108, e129-34.
- TAVARES, P. B., BONTE, E., BOUKPESSI, T., SIQUEIRA, J. F., JR. & LASFARGUES, J. J. 2009. Prevalence of apical periodontitis in root canal-treated teeth from an urban French population: influence of the quality of root canal fillings and coronal restorations. *J Endod*, 35, 810-3.
- TAY, F. R. & PASHLEY, D. H. 2007. Monoblocks in root canals: a hypothetical or a tangible goal. *J Endod*, 33, 391-8.
- TEO, C. S., CHAN, N. C. & LIM, S. S. 1986. Success rate in endodontic therapy--a retrospective study. Part I. *Dent J Malays*, 9, 7-10.

- THANAKUN, S., PORNPRASERTSUK-DAMRONGSRI, S. & IZUMI, Y. 2017. Increased oral inflammation, leukocytes, and leptin, and lower adiponectin in overweight or obesity. *Oral Dis*, 23, 956-965.
- TRONSTAD, L., ASBJORNSEN, K., DOVING, L., PEDERSEN, I. & ERIKSEN, H. M. 2000. Influence of coronal restorations on the periapical health of endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol*, 16, 218-21.
- VAIDYA, V., PARTHA, G. & KARMAKAR, M. 2012. Gender differences in utilization of preventive care services in the United States. *J Womens Health (Larchmt)*, 21, 140-5.
- VAN DER STELT, P. F. 1985. Experimentally produced bone lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*, 59, 306-12.
- VAN NIEUWENHUYSEN, J. P., AOUAR, M. & D'HOORE, W. 1994. Retreatment or radiographic monitoring in endodontics. *Int Endod J*, 27, 75-81.
- VON ARX, T. 2005. Frequency and type of canal isthmuses in first molars detected by endoscopic inspection during periradicular surgery. *Int Endod J*, 38, 160-8.
- WANG, C. H., CHUEH, L. H., CHEN, S. C., FENG, Y. C., HSIAO, C. K. & CHIANG, C. P. 2011. Impact of diabetes mellitus, hypertension, and coronary artery disease on tooth extraction after nonsurgical endodontic treatment. *J Endod*, 37, 1-5.
- WAYMAN, B. E., MURATA, S. M., ALMEIDA, R. J. & FOWLER, C. B. 1992. A bacteriological and histological evaluation of 58 periapical lesions. *J Endod*, 18, 152-5.
- WINN, D. M. 2001. Tobacco use and oral disease. *J Dent Educ*, 65, 306-12.
- WOLLARD, R. R., BROUGH, S. O., MAGGIO, J. & SELTZER, S. 1976. Scanning electron microscopic examination of root canal filling materials. *J Endod*, 2, 98-110.
- WU, M. K., SHEMESH, H. & WESSELINK, P. R. 2009. Limitations of previously published systematic reviews evaluating the outcome of endodontic treatment. *Int Endod J*, 42, 656-66.
- WU, M. K., WESSELINK, P. R. & BOERSMA, J. 1995. A 1-year follow-up study on leakage of four root canal sealers at different thicknesses. *Int Endod J*, 28, 185-9.
- WU, M. K., WESSELINK, P. R. & WALTON, R. E. 2000. Apical terminus location of root canal treatment procedures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 89, 99-103.
- ZHONG, X., SHEN, Y., MA, J., CHEN, W. X. & HAAPASALO, M. 2019. Quality of Root Filling after Obturation with Gutta-percha and 3 Different Sealers of Minimally Instrumented Root canals of the Maxillary First Molar. *J Endod*, 45, 1030-1035.

ZIEBOLZ, D., SZABADI, I., RINKE, S., HORNECKER, E. & MAUSBERG, R. F. 2011.
Initial periodontal screening and radiographic findings--a comparison of two
methods to evaluate the periodontal situation. BMC Oral Health, 11, 3.

Anhang

I Abkürzungsverzeichnis

A	Avulsion
AAP	asymptomatische apikale Parodontitis
AIP	asymptomatische irreversible Pulpitis
BMI	Body-Mass-Index
CAA	chronischer apikaler Abszess
CEAP	chronische exacerbierte apikale Parodontitis
CDM	chronic disease medication
CPITN	Community Periodontal Index of Treatment Needs
CWR	Continuous-Wave Resilon®
CWT	Continuous-Wave-Technik
EDTA	Ethylendiamintetraacetat
FDI	Fédération Dentaire Internationale
FX	Fraktur
GP	Guttapercha
GF	GuttaFlow®
IER	invasive externe Resorption
IW	insuffiziente Wurzelfüllung
LD	laterale Dislokation
M	arithmetisches Mittel
MD	Median
MAX	Maximum
MIN	Minimum
NaOCl	Natriumhypochlorit

OK	Oberkiefer
UK	Unterkiefer
OR	Odds-Ratio
PAI	Periapical Index
PEL	Paro-Endo-Läsion
PI	prothetische Indikation
PN	Pulpanekrose
PSI	Parodontaler Screening-Index
PY	Pack Years
SAP	symptomatische apikale Parodontitis
SCGF	Single-Cone GuttaFlow®
SCGP	Single-Cone Guttapercha
SCT	Single-Cone-Technik
SD	Standardabweichung
SIP	symptomatische irreversible Pulpitis
ST	Sondierungstiefe
Z	Zyste

II Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schematische Darstellung der Patientenrekrutierung.	11
Abbildung 2:	Boxplot zur Darstellung der Verteilung des Patientenalters zum Untersuchungszeitpunkt.	24
Abbildung 3:	Boxplot zur Darstellung der Verteilung der Zeitintervalle zwischen Therapie und Recalluntersuchung der endodontisch behandelten Zähne.	26
Abbildung 4:	Säulendiagramm zur Darstellung der Anteile an periapikal erkrankten und gesunden endodontisch behandelten Zähnen prä- und postinterventionell.	27
Abbildung 5:	Säulendiagramm zur Darstellung der Verteilung der untersuchten Zähne auf die Zahngruppen.	28
Abbildung 6:	Säulendiagramm zur Darstellung der Erfolgsraten der Obturationsmethoden.	29
Abbildung 7:	Säulendiagramm zur Darstellung der Anteile an adäquaten, unterfüllten und überfüllten Wurzelfüllungen der verschiedenen Obturationsmethoden.	31
Abbildung 8:	Säulendiagramm zur Darstellung der Anteile an homogenen und inhomogenen Wurzelkanalfüllungen in Abhängigkeit von der Obturationsmethode.	32
Abbildung 9:	Säulendiagramm zum Vergleich der Anteile an Wurzelkanalfüllungen mit und ohne Extrusion von Wurzelfüllmaterial zwischen den Obturationsmethoden.	33
Abbildung 10:	Säulendiagramm zur Darstellung der Erfolgsrate in Abhängigkeit von der Länge der Wurzelkanalfüllung (unabhängig von der Obturationsmethode).	34
Abbildung 11:	Säulendiagramm zur Darstellung der Erfolgsraten von homogenen und inhomogenen Wurzelkanalfüllungen (unabhängig von der Obturationsmethode).	35
Abbildung 12:	Säulendiagramm zur Darstellung der Erfolgsraten bei Wurzelfüllungen mit und ohne Extrusion von Wurzelfüllmaterial (unabhängig von der Obturationsmethode).	36
Abbildung 13:	Boxplot zur Darstellung der Verteilung und der Mittelwerte (x) des Patientenalters zwischen den Kategorien Erfolg und Misserfolg. ...	38

Abbildung 14:	Boxplot zur Darstellung der Verteilung und der Mittelwerte (\bar{x}) des BMI zwischen den Kategorien Erfolg und Misserfolg.	38
Abbildung 15:	Boxplot zur Darstellung der Verteilung und der Mittelwerte (\bar{x}) des Recallintervalls zwischen den Kategorien Erfolg und Misserfolg. ...	39
Abbildung 16:	Säulendiagramm zur Darstellung der Erfolgsraten in Abhängigkeit vom Vorliegen einer präoperativen periapikalen Läsion endodontischen Ursprungs.	42
Abbildung 17:	Exemplarische Röntgenkontrollaufnahmen nach Obturation mit verschiedenen endodontischen Systemen. CWR (links), SCGF (mittig) und SCGP (rechts).	63

III Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Einteilung des PSI (nach der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie).	13
Tabelle 2:	Mobilitätsindex nach Grace und Smales.	14
Tabelle 3:	Einteilung des PAI nach Kirkevang et al. (2000).	16
Tabelle 4:	Verteilung des Studienkollektivs auf die Stufen des PSI.	25
Tabelle 5:	Einteilung des Studienkollektivs in parodontal gesund und erkrankt.	25
Tabelle 6:	Deskriptive Statistik des BMI und der Zahnanzahl des Studienkollektivs.	26
Tabelle 7:	Periapikaler Status der endodontisch behandelten Zähne prä- und postinterventionell.	27
Tabelle 8:	Häufigkeit der behandelten Zähne nach dem FDI-Schema.	28
Tabelle 9:	Erfolgsraten der Obturationsmethoden.	29
Tabelle 10:	Anteile adäquater, unterfüllter und überfüllter Wurzelkanalbehandlungen in Abhängigkeit von der Obturationsmethode.	30
Tabelle 11:	Anteile homogener und inhomogener Wurzelkanalfüllungen in Abhängigkeit von der der Obturationsmethode.	32
Tabelle 12:	Anteile der Wurzelkanalfüllungen mit und ohne Extrusion von Wurzelfüllmaterial zwischen den Obturationsmethoden.	33
Tabelle 13:	Erfolgsrate in Abhängigkeit von der Länge der Obturation.	34
Tabelle 14:	Erfolgsrate in Abhängigkeit von der Homogenität der Obturation. .	35
Tabelle 15:	Erfolgsraten bei Wurzelkanalfüllungen mit und ohne Extrusion von Wurzelfüllmaterial.	36
Tabelle 16:	Mittelwerte und Standardabweichung der metrischen Variablen in Abhängigkeit vom Behandlungserfolg.	37
Tabelle 17:	<i>t</i> -Test-Ergebnisse der metrischen Variablen.	39
Tabelle 18:	Erfolgsraten in Abhängigkeit der patientenbezogenen Variablen und Ergebnisse der statistischen Analyse.	40
Tabelle 19:	Vergleich der periapikalen Situation prä- und postoperativ.	41
Tabelle 20:	Erfolgsraten der endodontischen Behandlung in Abhängigkeit von der Restaurationsart.	43

Tabelle 21:	Erfolgsraten der endodontischen Behandlung in Abhängigkeit von der Restaurationsqualität.	43
Tabelle 22:	Erfolgsraten bei Primär- und Wurzelkanalrevisionsbehandlungen.	44
Tabelle 23:	Erfolgsraten der endodontischen Behandlung in Abhängigkeit von der Sondierungstiefe am betreffenden Zahn.....	44
Tabelle 24:	Erfolgsraten der endodontischen Behandlung in Abhängigkeit des Lockerungsgrads am evaluierten Zahn.	45
Tabelle 25:	Erfolgsraten der endodontischen Behandlung in Abhängigkeit vom Zahntyp.	45
Tabelle 26:	Behandlungserfolg in Abhängigkeit von der Ausgangsdiagnose. ...	47

IV Herstellerverzeichnis

3-A-Sonde	EXS 3A Hu- Friedy Mfg. Co., LLC. 60528 Frankfurt am Main, Deutschland
Applikatorpistole (GuttaFlow®)	Coltène/Whaledent GmbH + Co. KG, 89129 Langenau, Deutschland
Befundungsmonitor	ThinkVision L1900p 19-inch Monitor (4431-HE1) Lenovo™ GmbH 70563 Stuttgart, Deutschland
Kalziumhydroxid-Paste	AH-Temp™ Dentsply Sirona GmbH 64625 Bensheim, Deutschland
Diabetrachter	Prolite 5000, Modell 2190 Kaiser Fototechnik GmbH & Co.KG 74722 Buchen, Deutschland
Endodontische Feilen	Kerr- und Hedström-Feilen™ Dentsply Sirona GmbH 64625 Bensheim, Deutschland
	Mtwo® VDW GmbH 81737 München, Deutschland
Endometriegerät	Root-ZX® Morita Europe GmbH 63128 Dietzenbach, Deutschland

Glasfaserstifte	DT LIGHT® VDW GmbH 81737 München, Deutschland
Guttaperchapistole	Obtura II™ Obtura Spartan Endodontics Algonquin IL 60102, USA
Hitzequelle und Plugger für die warmvertikale Obturation	Buchanan System B™ SybronEndo Europe 3821 BR Amersfoort, Niederlande
Intraoralröntgengerät	HelioDent DS Sirona Dental Systems GmbH 64625 Bensheim, Deutschland
Kofferdamm	Hu- Friedy Mfg. Co., LLC. 60528 Frankfurt am Main, Deutschland
Kompositfüllungsmaterial	Tetric EvoCeram®, Ivoclar-Vivadent GmbH 73479 Ellwangen, Deutschland
Lokalanästhetikum	Ultracain® D-S Codan Medical GmbH 5020 Salzburg, Österreich
Masterpoints (Guttapercha)	Mtwo® VDW GmbH 81737 München, Deutschland
Masterpoints (Resilon®)	RealSeal™ SybronEndo Europe 3821 BR Amersfoort, Niederlande

Obturationsmaterial (adhäsiv)	Resilon® Resilon Research LLC Madison CT 06443, USA
Papierspitzen	ROEKO Coltène/Whaledent GmbH + Co. KG 89129 Langenau, Deutschland
Parodontalsonde	PCPUNC 15 Hu- Friedy Mfg. Co., LLC. 60528 Frankfurt am Main, Deutschland
Patientenverwaltungssoftware	ivoris® clinic (Version 158.1.66.210) Computer konkret AG 08223 Falkenstein, Deutschland
Röntgendarstellungssoftware	Sidexis XG Sirona Dental Systems GmbH 64625 Bensheim, Deutschland
Röntgenspeicherfolien	Foliengröße 2+ (3x4cm) Dürr Dental SE 74321 Bietigheim-Bissing, Deutschland
Sealer	AH Plus® Dentsply Sirona GmbH 64625 Bensheim, Deutschland
	GuttaFlow® Coltène/Whaledent GmbH + Co. KG, 89129 Langenau, Deutschland

Sealer	RealSeal SE™ SybronEndo Europe 3821 BR Amersfoort, Niederlande
Speicherfolienscanner	VistaScan Mini View Dürr Dental SE 74321 Bietigheim-Bissing, Deutschland
Standardröntgenbildhalter	XCP® Dentsply Rinn York, PA 17404, USA
Statistiksoftware	SPSS® Statistics (Version 25.0) IBM Armonk, NY 10504-1722, USA
Tabellenkalkulationsprogramm	Microsoft Excel® (Version 16.9) Microsoft Corporation Redmond, WA 98052-6399, USA
Zinkoxid-Eugenol-Zement	IRM® Dentsply Sirona GmbH 64625 Bensheim, Deutschland

V Patienteninformation, Einwilligungserklärung und Befundbogen

Universitätsklinikum Würzburg

Zentrum für Zahn-, Mund- und Kiefergesundheit

Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie

Direktor: Prof. Dr. G. Krastl



Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie · Pleicherwall 2 · 97070 Würzburg

1 / 4

Patienteninformation zur klinischen Studie:

„Erfolgsrate wurzelkanalgefüllter Zähne in Abhängigkeit von der Obturationstechnik: Adhäsive Obturation mit Continuous-Wave-Technik versus Single-Cone-Obturation mit Silikon-basiertem und Epoxidharzbasiertem Sealer“

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

Sie haben vor einigen Jahren bei uns eine Wurzelkanalbehandlung erhalten. Wir wenden seit vielen Jahren drei etablierte Techniken an, um die Wurzelkanäle so dicht wie möglich zu füllen. Zur Anwendung kamen eine Warm- und zwei Kaltfülltechniken auf Basis unterschiedlicher Materialien. Die bei uns angewendeten Verfahren zur Füllung der Wurzelkanäle erfordern alle sowohl technisch als auch klinisch höchste Standards. Sie alle bieten bei richtiger Anwendung einen hohen Erfolg. Wir möchten nun herausfinden, ob es einen Zusammenhang zwischen der Wurzelfülltechnik selbst und der Erfolgsrate der behandelten Zähne gibt. Neben einer **klinischen Untersuchung** (von etwa 15 Minuten) würden wir gerne ein **aktuelles Einzelzahn-Röntgenbild** anfertigen.

Es ist häufig zweckmäßig den betreffenden wurzelkanalbehandelten Zahn und den ihn umgebenden Knochen jährlich mit Hilfe eines Röntgenbildes zu kontrollieren. Dies hat einerseits zum Ziel den wurzelkanalbehandelten Zahn in seiner Prognose für eine stabilisierende (Teil-)Überkronung einzuschätzen. Andererseits soll die Vollständigkeit des möglichen Heilungsprozesses beurteilt werden, um bei einem vermeintlich „stummen“ Misserfolg rechtzeitig den Zahnerhalt effektiver gewährleisten zu können.

Die Nachuntersuchung einschließlich der Röntgenaufnahme könnten wir mit Ihrer Zustimmung im Rahmen einer Studie durchführen. Nur mit Hilfe dieses Verfahrens kann man einen Blick in den Knochen werfen, um Entzündungsprozesse auszuschließen, die über einen langen Zeitraum, auch ohne Beschwerden, vorliegen können.

Um die entstehende Strahlenexposition durch das Röntgenbild abschätzen zu können, möchten wir Sie darauf hinweisen, dass die effektive Dosis der natürlichen Strahlenexposition in Deutschland, der Sie durch Höhen-, Erd- und innere Strahlung pro Jahr ausgesetzt sind (2,1 mSv), 1000-4000 Mal so hoch ist, wie die beim Nachröntgen eingesetzte effektive Dosis von 0,5-2,0 µSv pro Röntgenbild (Zahnfilm). Ein Zahnfilm ist eine Röntgenaufnahme, die tausendfach jedes Jahr zu Diagnosezwecken eingesetzt wird. Sie kennen die Zahnfilmaufnahme bereits von Ihrer Wurzelkanalbehandlung oder von der Kariesdiagnostik. Um einen Vergleich zu haben, bei einer Röntgenaufnahme eines Armes werden zwischen 10-100 µSv verwendet, bei einem CT des Brustkorbes zwischen 6.000-10.000 µSv, also eine 20 bis 20.000 fache Strahlenexposition.

Die Fortschritte in der Röntgentechnik haben in den letzten 30 Jahren bei den meisten Röntgenuntersuchungen zu einer erheblichen Herabsetzung der Dosis geführt. Besonders die Entwicklung empfindlicherer Film-Folien-Systeme, die moderne Generator- und Bildverstärkertechnik und neuerdings digitale Systeme tragen zu dieser Verringerung bei. Dennoch ist ein einzelnes Röntgenbild immer, wenn auch mit einem äußerst geringen Risiko behaftet. Zu den Risiken gehören keine akuten Strahlenschäden, sondern dies ist nur als kumulativer Effekt im Rahmen der gesamten natürlichen Strahlenbelastung von Bedeutung.

Sollte sich im Rahmen der Untersuchung an Ihrem Zahn ein Misserfolg und/oder Zeichen einer chronischen Entzündung herausstellen, werden mit Ihnen mögliche Therapieoptionen besprochen. Dies kann die engmaschige Kontrolle des Geschehens sein, der erneute Versuch einer Wurzelkanalbehandlung oder ein chirurgischer Eingriff. Die damit verbundenen Risiken werden für Ihren persönlichen Fall eingeschätzt und hinsichtlich des Erfolgs einer Therapie abgewogen.

Sie können jederzeit die Teilnahme an dieser Studie widerrufen, indem Sie den Studienleiter oder die Prüfarzte kontaktieren. Wenden Sie sich dazu bitte an das Sekretariat unserer Poliklinik unter der Tel.Nr. 0931 – 201-72420.

Ihre von uns erhobenen Daten werden gesondert auf einem nur den Prüfarzten zugänglichen Ordner digital gespeichert im klinikinternen Netzwerk auf Rechnern der Universität Würzburg. Alle Daten sind pseudonymisiert. Die Auswertung und Publikation der Daten erfolgt anonymisiert. Ihre Daten werden im Falle Ihres Widerrufs für diese Studie vollständig entfernt, anderenfalls ist eine maximal 10jährige Datenspeicherung auf dem genannten Ordner vorgesehen. Poliklinik interner Datenschutzbeauftragter und diesbezüglich Ansprechpartner ist Oberarzt Dr. Sebastian Soliman (Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, Pleicherwall 2, 97070 Würzburg).

Einwilligungserklärung:

Name, Vorname, Geb.-Datum

Anschrift

Ich bin über den Zweck, den Ablauf und die Bedeutung der Studie einschließlich klinischer und röntgenologischer Untersuchung sowie über alle sich daraus für mich ergebenden Vorteile und Risiken aufgeklärt worden. Die schriftliche Information habe ich gelesen und verstanden; alle meine Fragen wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet und ich hatte ausreichend Zeit, um meine Zustimmung zur Nachuntersuchung zu überdenken und meine Entscheidung frei zu treffen. Ich weiß, dass sich bei einer Entscheidung gegen die Studie keinerlei Nachteile für mich ergeben. Ich weiß, dass die Teilnahme an der Studie und an der Röntgenuntersuchung freiwillig ist und dass ich das gegebene Einverständnis jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile widerrufen kann. Meine Daten werden anonym und passwortgeschützt in die Studien-Datenbank auf Rechnern der Universität Würzburg gespeichert. Diese Pseudonymisierung wird von den Prüfarzten überprüft. Ihre Verwendung erfolgt nur nach geltenden Bestimmungen des Datenschutzes.

Die zuständige Behörde kann Einsicht in persönliche Daten nehmen, soweit es die Teilnahme an der Studie und die dabei aufgetretene Strahlenexposition betrifft. Das Einverständnis zur Mitteilung der erhaltenen Strahlenexposition ist unwiderruflich. Medizinische Daten sind davon nicht betroffen.

Ort, Datum

Unterschrift des Patienten

Ort, Datum

Prüfarzt der Klinik

Patientenname: _____ Geb.datum: _____



Klinische Studie „Erfolgsrate wurzelkanalgefüllter Zähne in Abhängigkeit von der Obturationstechnik: Adhäsive Obturation mit Continuous-Wave-Technik versus Single-Cone-Obturation mit Silikon-basiertem und Epoxidharzbasiertem Sealer“



Studiennummer: 202/16-_____ Datum: ____/____/_____

Aufklärungssitzung

- Einwilligungserklärung unterschrieben
- Patienteninformation ausgehändigt
- Patient erfüllt Einschlusskriterien
volljährig, normaler Allgemeinzustand

Studienbefundbogen

Geschlecht: ♂ ♀ Alter: _____ (Jahren)

Dauermedikationen: _____

Raucher: ja / nein _____ (in pack years)

Körpergröße: _____ (m) Körpergewicht: _____ (kg)

Parodontale Therapie seit ca. _____ Jahren (jährlich / halbjährlich)

Röntgenologische Untersuchung Aufnahme datum s.o. (falls abweichend): _____
keine Unter-/Überbelichtung/Unschärfe
Wurzelspitze(n) mit ≥ 3 mm periapikaler Region beurteilbar

Klinische Untersuchung PSI OK: ____/____/____, UK: ____/____/____
gesamte Zahnanzahl _____ plus Implantate: _____

	Zahn _____	Zahn _____	Zahn _____
koronale Restauraionsart			
suffizient	ja / nein	ja / nein	ja / nein
tiefste Sondierung	_____ mm	_____ mm	_____ mm
Lockerung (Grad 0,1,2,3)			
Bemerkung			