

2. Literaturübersicht

2.1 Anatomie des Zahnes

Um zahnerhaltende endodontische Maßnahmen an einem Zahn durchführen zu können, sind strukturelle und anatomische Kenntnisse über den Zahn und das Wurzelkanalsystem wichtige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Behandlung.

Der menschliche Zahn besteht aus Schmelz, Zement und zum überwiegenden Teil aus Dentin, der den Weichgewebekern, die Pulpa, umgibt. Das ausgereifte Dentin setzt sich aus Dentinkanälchen zusammen, die von der innersten Odontoblastenzone der Pulpa in Richtung Schmelz verlaufen und einen Odontoblastenfortsatz mit sich führen. Durch eine lebenslange Dentinbildung und eine peritubuläre Mineralisation verkleinern sich die Durchmesser der Dentintubuli von der Prädentinschicht bis zur Schmelz-Dentin-Grenze von etwa 3-4 μm auf 0,9 μm (Gängler, 1995). Die Querschnittsfläche eines Zahnes besteht im peripheren Dentin zu etwa 4% und im zirkumpulpalen Dentin zu ca. 80 % aus den Lumen der Dentinkanälchen (Hellwig, 1999). Damit liegt durch die Dentintubuli ein Hohlraumsystem vor, welches volumenmäßig annähernd so groß ist, wie der Raum der primären Wurzelkanäle die vom Pulpagewebe eingenommen wird.

Die Pulpa, die im Cavum dentis und in den Wurzelkanälen verläuft, steht über das Foramen apicale mit dem umgebenden Parodontium in Verbindung, durch das Blutgefäße und Nerven dem Zahn zu- und abgeführt werden. Die Wurzelpulpa kommuniziert nicht nur durch das Foramen apikale mit dem Parodontium, sondern auch durch Seitenkanäle, akzessorische Kanäle und Pulpaperiodontalkanäle (Hellwig, 1995). Ferner stellt sich der primäre Wurzelkanal oft nicht einheitsgemäß standardisierbar in seinem Aufbau dar. Es können unterschiedliche Typen von Wurzelkanälen differenziert werden, die hinsichtlich der Lage, Verlauf, Aufzweigung, Anzahl und Form verschieden sein können. Auch erscheint der Wurzelkanal in der frühen Entwicklungsphase noch einfach strukturiert. Erst im Zuge der Funktionsperiode des Zahnes kommt es zur Bildung von ausgeprägten Aufteilungen und Verzweigungen des Hauptkanals, vor allem im apikalen Bereich (Staegemann, 1978).

Aufgrund des strukturellen und anatomischen Aufbaus, der von Zahn zu Zahn und individuell verschieden ist, erklären sich die Schwierigkeiten und die Probleme, die bei der Behandlung von pulpaerkrankten Zähnen auftreten können.

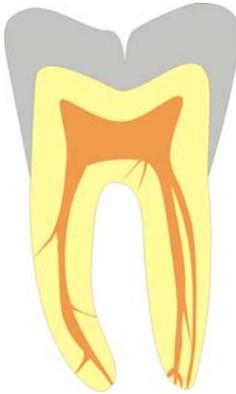


Abb. 1

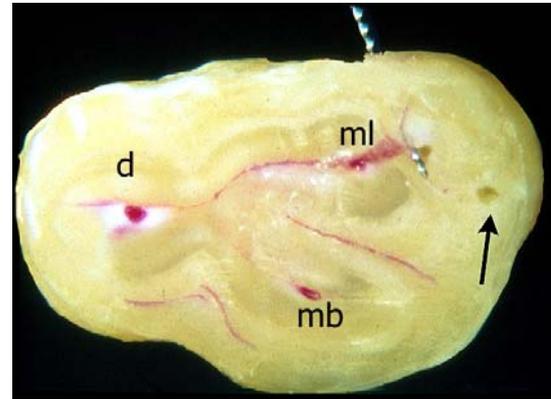


Abb. 2

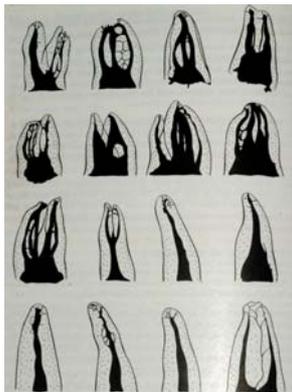


Abb.3

Abbildung 1 : Aufteilungen und Verzweigungen des Pulpasystems

Abbildung 2 : Querschnitt durch eine fusionierte Wurzel eines Unterkiefermolaren; mit Hilfe eines Farbstoffes sind der distale (d), die mesialen (mv, ml) Kanäle und deren horizontalen Anastomosen sichtbar gemacht worden; akzessorische Kanäle sind auch erkennbar (Wurzelinstrument, Pfeil)

Abbildung 3 : Beispiele von der Vielzahl an Kanalkonfigurationen eines Oberkiefermolaren

2.2 Endodontie

2.2.1 Ursachen von Pulpaerkrankungen

Aufgrund eines überschwelligeren Reizes reagiert die Pulpa mit einer entzündlichen Antwort, wodurch es zu einer Pulpaerkrankung kommen kann. Die anfangs noch reversible Pulpaentzündung kann bei andauernder und überschwelliger Reizeinwirkung in eine irreversible Pulpitis übergehen. Im Zuge des reagierenden Gefäß- und Immunsystems kommt es auch zur

Zerstörung von körpereigenen Zellen. Durch den Zerfall der Zellen werden toxische zelluläre Zerfallsprodukte freigesetzt, die zu einer erneuten Destruktion von weiterem pulpaalem Gewebe führt. Bei fortschreitender Pulpaschädigung kommt es zur Bildung einer Nekrose.

Die Hauptursache für eine Pulpitis ist mit etwa 95% die Bakterieninvasion aufgrund von Karies (Schäfer, 2001). Neben der infektiös bedingten Pulpitis durch Karies oder einer retrograden Infektion aufgrund einer tiefen marginalen Parodontalerkrankung, im Sinne einer Paro-Endo-Läsion, können auch iatrogene Faktoren Pulpaerkrankungen hervorrufen. Bei zahnärztlichen Maßnahmen kann es zu chemischen und physikalischen Reizungen kommen. Im Zuge einer Füllungstherapie können die Füllungsmaterialien und ihre Bestandteile chemische Reizungen und Schädigungen der Pulpa verursachen. Weitere häufige iatrogene Schädigungen der Pulpa treten durch Kronen- und Kavitätenpräparationen und durch ausgedehntes Austrocknen des Dentins auf (Kerschbaum, 1981). Im Zuge von kieferorthopädischen Positionsänderungen kann die Anwendung von zu großen Kräften die zuführenden und abführenden Pulpagesäße stauchen, verletzen oder sogar abreißen lassen.

Auch traumatische Zahnverletzungen können der Grund für eine Pulpaerkrankung sein. Bei komplizierten Kronenfrakturen, mit breitflächiger Eröffnung der Pulpa, können orale pathogene Keime durch eine Invasion eine bakterieninfizierte Pulpitis auslösen. Ebenso kann eine traumatische Zahnluxation durch teilweises oder komplettes Abtrennen des Gefäß- und Nervenstranges eine Pulpaschädigung verursachen und eine Wurzelkanalbehandlung erforderlich machen.

Bei nicht bakteriell verursachten Pulpitiden und Nekrosen der Pulpa kann eine sekundäre Infektion durch Bakterien über den Parodontalspalt erfolgen.

2.2.2 Arten der Pulpaerkrankungen

Die entzündlichen Reaktionen einer Pulpa, aufgrund eines überschwelligeren Reizes, können klassisch in verschiedene Stadien eingeteilt werden. Jedoch ist die diagnostische Differenzierung dieser Stadien oft sehr schwierig, da sie

teilweise nur kurzzeitig existieren und nach- bzw. nebeneinander auftreten können.

Eine Pulpaentzündung kann unterschieden werden in Pulpitiden an Zähnen mit geschlossenem Pulpencavum und offenem Pulpencavum. Bei geschlossenem Cavum entwickelt sich aufgrund eines Reizes eine Hyperämie als Initialstadium einer Entzündung, die kombiniert mit einer mediatorisch induzierten Blutgefäßreaktion zu einer Zirkulationstörung führt. Aufgrund dessen und durch die daraus resultierende Gefäßstase, die eine Azidose und Hypoxie erzeugt, kommt es zur Alteration des Pulpagewebes, und es treten Serumbestandteile aus den Gefäßen in das Gewebe über und bilden ein seröses Pulpaödem. Diese sogenannte *Pulpitis acuta serosa* kann sich nur partiell oder über die gesamte Pulpa ausbreiten und wird somit in *partialis* und *totalis* eingeteilt. Bei Fortbestehen der Entzündung treten im Zuge einer Permeabilitätsstörung der Gefäßwände zum überwiegenden Teil Granulozyten, aber auch Monozyten und Lymphozyten, aus der Blutbahn in das Gewebe über und repräsentieren die zelluläre Immunabwehr. Dieses Stadium einer Pulpaentzündung wird *Pulpitis acuta purulenta partialis* oder *totalis* genannt (Becker, 1986).

Da diese Zellen nur eine kurze Lebensdauer besitzen, werden nach ihrem Absterben proteolytische Enzyme und toxische Zellbestandteile freigesetzt, die zu irreversiblen Störungen des Zellstoffwechsels führen. Diese Gewebealteration, die nicht nur durch die Bakterien und ihre Endotoxine hervorgerufen wird, sondern auch durch die Immun- und Gefäßreaktion des Körpers, führt zu Einschmelzungsbereichen im Pulpagewebe, der sogenannten *Pulpanekrose*.

Wenn die Pulpa im Zuge einer ausgedehnten kariösen Läsion oder im Zusammenhang mit einer Frakturöffnung eine direkte Verbindung zur Mundhöhle besitzt, spricht man von einer offenen Pulpitis oder der *Pulpitis aperta*. Eine Form dieser Pulpaerkrankung ist die *Pulpitis ulcerosa*, die aufgrund einer stetigen Noxeneinwirkung auf die freiliegende Pulpa durch eine oberflächliche Ulzeration gekennzeichnet ist. Zum anderen kann es zu einer *Pulpitis granulomatosa* kommen, die sich durch ein proliferierendes Granulationsgewebe auszeichnet, welches eine polypenartige Wachstumsform zeigt (Hellwig, 1995).

2.2.3 Probleme und Folgen von Pulpaerkrankungen

Ein Problem bei bakteriell infizierten Pulpitiden ist das Hohlraumsystem, das den Bakterien eine ökologische Nische bietet, in der sich die Bakterien unerreichbar von der Immunabwehr vermehren können. Neben Bakterien können auch Bakterientoxine, infiziertes oder steriles Pulpagewebe mit und ohne vaskulärem Anschluss und nekrotisches Gewebe im Zuge einer orthograden Wurzelkanalbehandlung in unbehandelten Bereichen verbleiben und den Ausgang einer endodontischen Therapie negativ beeinflussen (Reuver, 2005). Denn nicht nur im Wurzelkanal können sich die Mikroorganismen vermehren, sondern auch in den Seitenkanälen, akzessorischen Kanälen und in den kleinen Kanälen des apikalen Deltas, die eine Verbindung zum infizierten Wurzelkanal besitzen.

Auch in den Dentintubuli können sich Bakterien befinden. Diese sind in der Lage bis zur Dentin-Zementgrenze vorzudringen und sich dort, fern ab der mechanischen und chemischen Reinigung, zu vermehren und stellen somit ein persistierendes Risiko für eine Exazerbation einer Entzündung dar (Peters, 2001). Zudem besitzen Bakterien die Fähigkeit, über das Foramen apicale das periapikale Gewebe zu infiltrieren. Dort können Mikroorganismen und ihre gebildeten Endotoxine eine Entzündung, die sogenannte Parodontitis apicalis, hervorrufen. Diese kann einen akuten oder einen chronischen Verlauf nehmen. Die akute apikale Parodontitis kann durch ein Trauma oder durch ein infektiöses Geschehen hervorgerufen werden und das periapikale Gewebe entzündlich verändern. Zum anderen kann sie aber auch sekundär auf der Grundlage einer bestehenden chronischen Entzündung entstehen und wird dann als „Phönix-Abszess“ oder „sekundärer Abszess“ bezeichnet. Die akute apikale Parodontitis zeigt den klassischen Verlauf aller Entzündungsstadien mit Gefäßreaktion und der Migration von Zellen der körpereigenen Abwehr. Eine besondere Aufmerksamkeit verdienen die lokal vom Körper ausgeschütteten Prostaglandine, die zur Aktivierung von Osteoklasten führen und somit für die schnelle Destruktion des Knochens verantwortlich sind (Barthel, 2001). Bei einer bakteriell induzierten akuten apikalen Parodontitis persistiert die Entzündung und kann die Verlaufsformen eines Abszesses, einer Fistelbildung oder die Chronifizierung der Entzündung aufweisen.

2.2.4 Ziele der endodontischen Behandlung

Die Endodontie befasst sich zum einen mit der Vitalerhaltung der Pulpa und zum anderen mit der Behandlung von Pulpaerkrankungen und der Gesundheit der periradikulären Gewebe.

Die Prävention und die Behandlung von Erkrankungen beider Gewebe ist das primäre Ziel der Endodontie, um den langfristigen Erhalt eines funktionstüchtigen Zahnes zu gewährleisten.

Die Behandlung einer Pulpaerkrankung und gegebenenfalls der periradikulären Strukturen geschieht in der Regel durch eine Wurzelkanalbehandlung. Im Zuge einer endodontischen Behandlung ist es notwendig, den gesamten Wurzelkanal von entzündlich verändertem Pulpengewebe zu befreien und die eventuelle Bakterienlast maximal zu reduzieren. Dies erfolgt zum einen auf mechanischem Wege, indem mit speziellen Instrumenten das verbliebene Weichgewebe, die Pulpa, und im Zuge der Kanalausformung eventuell bakteriell infizierte Zahnschubstanz entfernt wird. Zum anderen wird durch eine ausgiebige Spülung mit Hilfe einer potenten Spüllösung eine Keimreduktion, die Entfernung des Debris, eine erhöhte Gleitfähigkeit der Instrumente und die Auflösung des organischen Debris erreicht. Mit einem dauerhaft bakteriendichten Verschluss des kompletten Wurzelkanals kann der eventuelle Infektionsweg ins periapikale Gewebe unterbunden werden, um so eine apikale Ausheilung zu erreichen und eine erfolgreiche Wurzelkanalbehandlung zu bedingen.

2.2.5 Wurzelkanalaufbereitungssysteme

Das Ziel der Wurzelkanalaufbereitung ist die Entfernung von erkranktem Pulpagewebe und infiziertem Dentin. Durch die mechanische Aufbereitung erfolgt die Eliminierung der größten Anzahl von Bakterien.

Vorraussetzung ist die Entfernung einer eventuell vorliegenden Karies und erst dann sollte die Trepanation des Zahnes erfolgen. Laut Stellungnahme der DGZMK wird im Rahmen einer Wurzelkanalbehandlung eine absolute Trockenlegung empfohlen. Deshalb sollte vor Beginn der Trepanation und der

Aufbereitung der Zahn durch einen Kofferdam gegenüber der Mundhöhle isoliert werden, um eine Reinfektion durch die orale Bakterienflora zu verhindern, das Verschlucken bzw. die Aspiration von Instrumenten zu vermeiden und die Mundhöhlenschleimhaut vor anzuwendenden Spüllösungen zu schützen.

Nach Entfernen des Pulpagewebes muss die Arbeitslänge bestimmt werden. Dies kann durch die Röntgenmessmethode alleine (Rodig, 2002) oder in Kombination mit einer elektronischen Endometrie erfolgen. Eine Arbeitslängenbestimmung ausschließlich mit der elektronischen Messmethode ist nicht zu empfehlen, da eine exakte Längenbestimmung zu 100% in Studien nicht erreicht werden konnte (Hellwig, 1994; Hor, Attin, 2005; Pommer, 2002). Denn der Zustand der Pulpa kann einen signifikanten Einfluss auf die Genauigkeit der Längenbestimmung haben. In der Literatur wird vermerkt, dass eine nekrotische Pulpa einen negativen Einfluss auf die elektronische Messung der Arbeitslänge hat (Pommer, 2002). Hinsichtlich dessen und aus Gründen der Dokumentation ist eine Messröntgenaufnahme erforderlich.

Da der physiologische Apex und die apikale Konstriktion im Röntgenbild nicht dargestellt werden können, sollte die Aufbereitungslänge 0,5 - 1 mm vor dem röntgenologischen Apex enden.

Mit Hilfe eines prätherapeutischen Röntgenbildes kann die Kanalmorphologie eines Zahnes eingeschätzt werden, um sich auf diese Weise für die bevorzugte oder geeignete Aufbereitungstechnik entscheiden zu können.

Neben der manuellen und maschinellen Methodik differenziert man unterschiedliche Aufbereitungstechniken, die sich dahingehend unterscheiden, ob die Präparation im apikalen oder im koronalen Wurzelkanalbereich beginnt.

Im Zuge der Erweiterung des Kanallumens sollte darauf geachtet werden, dass der ursprüngliche Verlauf beibehalten wird und der Kanal eine dreidimensionale konische Form erhält (Schilder, 1974).

Eine konische Ausformung des Kanals macht eine bakteriendichte Wurzelfüllung möglich, da die Form einen günstigen Zugang für die notwendigen Füllinstrumente in den aufbereiteten Kanal ermöglicht (Schilder, 1974; Hülsmann, 2001).

Die als Norm für Wurzelkanalinstrumente [DIN EN 3630-1, 1994] beschriebene Konizität beträgt 2%. Der Durchmesser des Instruments nimmt von der Spitze

bis zum Ende des Arbeitsschaftes pro Millimeter um 0,02 mm zu. Dieser Wert wird „Taper“ genannt und beträgt .02. Jedoch können andere Fülltechniken auch stärkere Konizitäten verlangen, da die Fülltechnik mit dem Aufbereitungssystem kompatibel sein muss.

Manuelle Aufbereitungsmethoden

Die manuellen Aufbereitungstechniken werden standardgemäß mit Feilen vom Typ K (Kerr) und vom Typ H (Hedström) und von Bohrern vom Typ K-reamern unterschiedlicher ISO-Größen durchgeführt. Die Instrumente unterscheiden sich in ihrer Herstellung, Aufbau und in ihrer Funktion. Verschieden sind auch ihre mechanischen Belastbarkeiten, deren Vorgaben für Torsionsfestigkeit, Verdrehungswinkel und Biege­widerstand in europäischen Normen (ISO EN 3630) festgelegt sind.

Bei der „konventionelle Methode“ werden alle Instrumente mit der gesamten Arbeitslänge benutzt, um den Kanal zu präparieren. Begonnen wird die Aufbereitung mit Reamern in aufsteigender ISO-Größe, die in drehender und ziehender Art und Weise, bis die gewünschte Kanalgröße erreicht ist, angewendet werden.

Um einer Kanalverblockung vorzubeugen, werden Dentinspäne mit einer Feile kleinerer Größe nach koronal transportiert. Empfohlen wird eine abwechselnde Benutzung von Reamern und Hedstroem-Feilen der gleichen Größe. Mit der drehenden und stoßenden Bewegung des Reamers und der ziehenden Arbeitsweise der Feilen kann ein suffizienter Dentinabtrag und eine Glättung der Kanalwand erreicht werden. Beide Instrumente sollten unter geringem Druck angewendet werden.

Somit erhält man einen Wurzelkanal mit einer Konizität von 2% und einem Taper von .02 (Hellwig, 1999; Beer und Baumann, 1997).

Eine weitere Aufbereitungstechnik ist die „Step-back-Technik“, die in der Anwendung eine Ausformung des Kanals mit einem größeren Konuswinkel erreicht. Die Entfernung von Dentinresten ist effizienter, und es erfolgt eine suffizientere Aufbereitung und Ausformung der Kanäle.

Zuerst erfolgt eine Erweiterung des Wurzelkanals mit Instrumenten über die gesamte Arbeitslänge. Ausgehend von der initialen Feile werden schrittweise die ISO-Größen der Instrumente um mindestens 3 Größen erhöht bis die „Master apikal File“ (MAF) erreicht ist. Die Arbeitslängen der nachfolgenden Instrumente werden schrittweise um 1 Millimeter pro ISO-Größe gekürzt. Die letzte verwendete Feile sollte mindestens 3 ISO-Größen höher sein als die MAF. Die dadurch entstandenen Präparationskanten werden durch eine Hedstroemfeile über die gesamte Arbeitslänge zwischen den Step-Back-Schritten geglättet. Somit erhält man einen Wurzelkanal mit einem Taper größer als .02 (Merte, 2002).

Bei gekrümmten Wurzelkanälen kann die „Balanced-forced-Technik“ angewendet werden (Roane et al., 1985). Die nicht vorgebogene Feile wird in den Kanal eingebracht und im Uhrzeigersinn um 90° gedreht. Nach einer Rotation im Gegenuhrzeigersinn mit apikalem Druck wird während einer erneuten Drehung mit dem Uhrzeigersinn die Feile aus dem Kanal entfernt.

Nachdem die Arbeitslänge erreicht wurde, erfolgt die apikale Erweiterung nach dem Schema der Step-back-Technik. Das koronale Wurzel Drittel wird mit Hilfe von Gates-Glidden-Bohrern erweitert und geglättet (Hellwig, 1999). Die oben beschriebenen Methoden werden in der Arbeitsrichtung von apikal nach koronal angewendet.

Demgegenüber stehen die Aufbereitungstechniken die von koronal nach apikal arbeiten. Grundsätzliche Vorteile dieser Vorgehensweise sind die frühzeitige Ausräumung des infizierten Pulpagewebes aus dem koronalen Kanalbereich und der Vermeidung, dass Bakterien in den apikalen Wurzelbereich verschleppt werden. Gleichzeitig wird der Kanaleingang für Spülkanülen und Spüllösungen vergrößert, was zu einer besseren Penetration der Desinfektionslösung in den Kanal und einem besseren Spülergebnis führt (Druttman, 1989).

Die „Step-down-Technik“ folgt diesen Vorteilen (Goerig et al., 1982). Mit Hedstroem-Feilen werden die ersten 16 bis 18 Millimeter des Kanals auf eine ISO-Größe von 25 erweitert und mit Gates-Glidden-Bohrern geglättet. Dann wird die Arbeitslänge bestimmt, und mit der Step-back-Technik die restliche Aufbereitung vollendet.

Bei der „Crown-down-pressureless-Technik“ wird das größtmögliche Instrument, etwa ISO-Größe 35, auf etwa 16 Millimeter in den Kanal eingeführt. Dann wird die vorläufige Arbeitslänge errechnet, die 3 mm kürzer sein sollte als die definitive Länge.

Mit abnehmenden ISO-Größen erfolgt eine Aufbereitung bis zur vorläufigen Arbeitslänge. Die Bearbeitung erfolgt drucklos und mit maximal 2 Rotationsbewegungen. Die weitere Präparation wird in Arbeitslänge und mit zunehmenden Instrumentengrößen durchgeführt.

Die „Double-flare-Technik“ stellt eine Kombination aus der „Crown-down-Technik“ und der „Step-back-Technik“ dar (Beer&Baumann, 1997, Fava, 1983).

Maschinelle Aufbereitungsmethoden

Für die maschinelle Aufbereitung werden Instrumente aus Nickel-Titan-Legierungen verwendet, die unterschiedliche ISO-Größen und Taper besitzen. Rotierende Nickel-Titan-Instrumente werden normalerweise mit den Konizitäten 2%, 4% und 6% verwendet, wobei Feilen mit Konizitäten bis 12% zur Verfügung stehen.

Die physikalischen Eigenschaften der Legierung reduzieren zum einen die Bruchgefahr, und zum anderen ermöglichen die flexiblen Instrumente die sichere Anwendung in gekrümmten Kanälen.

Um die Bruchgefahr weiter zu minimieren, wird der Gebrauch von rotierenden Instrumenten in Verbindung mit drehmomentgesteuerten Winkelstücken empfohlen. Die Drehmomentregulation kann zum einen mechanisch über eine Rutschkupplung erfolgen und zum anderen elektronisch gesteuert werden. Bei Überschreiten des zulässigen Drehmomentes wird bei der mechanischen Kontrolle nur die Rotation unterbrochen, wohingegen bei der elektronischen Regulation eine Gegenrotation einsetzt. Dies verhindert ein Festsetzen und reduziert die Bruchgefahr der Instrumente.

Die Anwendung von rotierenden Instrumenten mit unterschiedlichen Taper setzt die Anwendung der „Crown-down-Technik“ voraus.

Zuerst wird der Kanaleingang mit stark konischen Instrumenten erweitert und mit Instrumenten abnehmender ISO-Größe bis zur Arbeitslänge aufbereitet.

Nach Erreichen der Arbeitslänge erfolgt die apikale Erweiterung (Hülsmann, 2001).

Zur Keimreduktion und um Verblockungen im Kanal während der Aufbereitung zu verhindern, ist das häufige Spülen mit desinfizierenden Lösungen notwendig.

2.2.6 Wurzelkanalspülung

Um eine erfolgreiche Wurzelkanalbehandlung durchführen zu können, ist es notwendig, so viele Keime wie möglich aus dem Wurzelkanalsystem zu entfernen.

Obwohl mit der mechanischen Aufbereitung der größte Anteil von Bakterien eliminiert wird, indem infiziertes Dentin und Pulpagewebsreste entfernt werden, verbleiben in unaufbereiten Bereichen des Hohlraumsystems der Wurzel und in den Dentintubuli pathogene Mikroorganismen, die für persistierende apikale Entzündungen ursächlich verantwortlich sein können.

Zähne, die vor der Wurzelkanalfüllung Bakterien im Endodont aufweisen, besitzen eine signifikant schlechtere Prognose als Zähne, die von Bakterien befreit wurden (Sjögren, 1997).

Deshalb ist neben der mechanischen Reinigung auch eine chemische Reinigung unablässig. Dies erfolgt durch ein stetiges Spülen während der Aufbereitung mit einer chemischen Spüllösung. Folgende Anforderungen sollte eine effiziente Spüllösung erfüllen: Antimikrobielle Wirkung, Dekontamination von Endotoxinen und Auflösung von Gewebe. Durch die Auflösung von nekrotischem Restgewebe wird den Bakterien die Nahrungsgrundlage entzogen, und so ihre Vermehrung verhindert. Auch sollten Spüllösungen infiziertes Debris aus dem Kanal herauspülen und die Gleitfähigkeit der Aufbereitungsinstrumente erhöhen (Richtlinien der Europäische Gesellschaft für Endodontologie).

Spüllösungen, die diese Anforderungen erfüllen, sind unter anderem Natriumhypochlorid (NaOCl) und Chlorhexidindigluconat (CHX). Diese Spüllösungen besitzen neben ihrer guten desinfizierenden Wirkung auch eine relativ gute Tiefenwirkung im Dentin (Orstavik und Haapasalo, 1990). Die

geeignete Spüllösung zur Auflösung von nekrotischem Pulpagewebe ist Natriumhypochlorid, da die proteolytische Wirkung relativ rasch und effizient erfolgt und die Wirkung nur so lange anhält, wie freies Chlor in der Lösung vorliegt (Grawehr et al., 2003). Da die Anwesenheit von freien Chlorionen die antimikrobielle und gewebeauflösende Wirkung herruft, bedeutet dies, dass nicht die Konzentration, sondern eine ausreichende Menge an Lösung entscheidend ist.

Klinisch gibt es keinen signifikanten antibakteriellen Unterschied zwischen 0,5%iger und 5%iger Natriumhypochloridlösung, wenn die Anwendung von 0,5% bis 1%iger Lösung bei kontinuierlicher Spülung erfolgt (Zehnder, 2003). Gleichzeitig wird die Gefahr, das periapikale Parodont durch Extrusion zu irritieren, minimiert (Byström, 1985). Die Spülung mit Natriumhypochlorid in Kombination mit einer einwöchigen medizinischen Kanaleinlage aus Kalziumhydroxid führt signifikant zu einer gründlicheren Entfernung von organischen Gewebsresten (Turkun, 1997). Dabei ist zu beachten, dass die proteolytische Wirkung des Kalziumhydroxids erst nach vier bis sieben Tagen maximal wird (Zehnder, 2003).

Positiv ist weiterhin zu bemerken, dass Natriumhypochlorid die Fähigkeit besitzt, Endotoxine zu blockieren und infizierte Wurzeloberflächen durch Spülen von ihrer Endotoxinaktivität zu befreien, da diese auch ohne die Anwesenheit von lebenden Bakterien periapikale Entzündungen hervorrufen und unterhalten können (Buttler und Crawford, 1982; Sarbinoff, 1983).

Chlorhexidindigluconat (CHX) gehört ebenfalls zu den etablierten Spüllösungen, da es ähnlich wie Natriumhypochlorid ein breites antimikrobielles Wirkspektrum aufweist (Morgana, 2003).

Obwohl CHX ein geringeres Zytotoxizitätspotenzial als Natriumhypochlorid besitzt, sollte es aufgrund des geringen proteolytischen Effektes nicht als alleinige Spüllösung angewendet werden (Grawehr et al., 2003).

Die Spüllösungen sollten stetig und abwechselnd angewendet werden, wobei Chlorhexidindigluconat als letzte Spüllösung verwendet werden sollte, um das im Kanal verbliebene freie Chlor des Natriumhypochlorids zu entfernen.

Zur Spülung wird eine Spritze mit einer Spülkanüle verwendet, wobei während des Spülvorganges ein ungehinderter Ablauf der Flüssigkeit nach koronal gewährleistet sein muss.

Außerdem sollte darauf geachtet werden, dass beim Spülen kein übermäßiger Druck angewendet wird, um ein Überpressen der Spüllösung zu verhindern. Nach maximaler Reduktion der Keime kann ein dichter Verschluss des Wurzelkanalsystems erfolgen.

2.2.7 Wurzelkanalfüllungssysteme

Der letzte Schritt für eine erfolgreiche Wurzelkanalbehandlung ist die dauerhafte, dreidimensionale und bakteriendichte Obturation des ausgeformten, gereinigten und getrockneten Wurzelkanals, um das periapikale Parodont und die umgebenden anatomischen Strukturen zu schützen und dem periapikalen Gewebe bei einer Entzündung die Möglichkeit der Regeneration zu geben (Schilder, 1967).

Eine Obturation des Wurzelkanals sollte erfolgen, wenn davon ausgegangen werden kann, dass eine Infektion eliminiert wurde, eine Trocknung des Kanals möglich ist, eine sorgfältige Aufbereitung der Kanäle durchgeführt wurde und der Zahn nach einer provisorischen Wurzelfüllung mit einer medizinischen Einlage klinisch symptomlos erscheint.

Eine vollständige und suffiziente Kanalobturation kann den eventuell im Wurzelkanal verbliebenen Bakterien den Zugang zu Nährsubstraten und Flüssigkeiten im Wurzelsystem blockieren, um so eine erneute Vermehrung der Mikroorganismen zu verhindern (Kersten und Moorers, 1989; Wu, 1993).

Zusätzlich konnte bewiesen werden, dass eine dichte Wurzelfüllung zu einem Absterben von Bakterien im Wurzelkanal führt, und somit die Prognose eines Zahnes erhöht wird (Delivanis, 1983).

Das ideale Wurzelfüllmaterial sollte gemäß der „Europäischen Gesellschaft für Endodontie“ folgende Eigenschaften besitzen:

- Biokompatibel
- dimensionsstabil
- undurchlässig für Flüssigkeiten
- bakterielles Wachstum nicht fördern
- unlöslich in Gewebsflüssigkeiten
- dichter Verschluss des gesamten Kanalsystems

- gute Haftung an der Zahnhartsubstanz
- röntgenopak
- ausreichende Verarbeitungszeit
- keine Verfärbung der Zahnhartsubstanz
- aus dem Wurzelkanal entfernenbar

(Europäische Gesellschaft für Endodontologie, 1994)

Da es kein ideales Wurzelkanalfüllmaterial gibt, hat sich als Kompromiss die Verwendung von Guttapercha etabliert.

Je nach Hersteller besteht die Guttapercha zu 19% bis 45% aus eingedicktem Saft, der aus Bäumen der Palagium- und Isonandraarten gewonnen wird und als Matrix dient. Ein weiterer Bestandteil ist zu 33-61% Zinkoxid, das als Füllstoff zugesetzt wird. Um eine erhöhte Plastizität zu erreichen, wird zahnärztlicher Guttapercha Zusätze aus Wachs oder Kunststoff von etwa 3% beigemischt. Auch werden Metallsulfate, wie z.B. Bariumsulfat, der Guttapercha zugeführt, damit das Material eine radioopake Eigenschaft erhält (Beer, Baumann, 1994).

Gemäß den Anforderungen an Füllmaterialien ist Guttapercha biokompatibel, inert und wasserunlöslich. Die Guttapercha kann in 2 kristallinen Phasen (α - und β -Phase) und in einer amorphen Phase vorliegen.

Konventionelle Guttaperchastifte liegen während der Wurzelkanalfüllung bei Raumtemperatur in der β -Phase vor. Füllmethoden, die Guttapercha in der β -Phase verwenden, sind z.B. die Zentralstiftmethode und die Kondensationstechniken.

Während der Erwärmung auf 42-49°C geht die β -Phase in die α -Phase über. Bei weiterer Erhitzung über 59°C wird die Guttapercha in die amorphe Phase überführt. Die α -Phase der Guttapercha wird bei den thermoplastischen Füllmethoden, wie z.B. Thermafil, verwendet.

Da sich die alleinige Verwendung von Guttapercha in Studien nicht als ausreichend dicht erwiesen hat, wird eine Kombination aus Guttapercha mit einem Wurzelkanalzement, dem so genannten Sealer, empfohlen (Hata und Kawazoe, 1995, Niss, 1998).

Entsprechend ihrer Inhaltsstoffe können Gruppen von Zementen aus Zinkoxid-Eugenol, Kalziumhydroxid und Glasionomer, sowie Sealer auf Epoxidharzbasis unterschieden werden (Hellwig et al., 1999).

Der Sealer hat die Funktion, kleinere Unebenheiten in der Kanalwand auszugleichen und die akzessorischen Kanäle, sowie die Dentintubuli zu verschließen (Europäische Gesellschaft für Endodontologie, 1994). Außerdem sollte der Wurzelkanalzement einen dichten Verbund des Wurzelkanalfüllmaterials mit der Kanalwand gewährleisten (Europäische Gesellschaft für Endodontologie, 1994).

Da in Studien nachgewiesen wurde, dass die meisten Sealer einer Resorption unterworfen sind, sollte der Anteil von Sealer an der Wurzelkanalfüllung so gering wie möglich gehalten werden, um Hohlrumbildungen, aufgrund von Auflösungs- und Resorptionsprozessen, zu vermeiden. Dementsprechend konnte auch durch Studien eruiert werden, dass eine gute Abdichtung nur erreicht werden kann, wenn sich eine dünne Schicht Sealer zwischen Guttapercha und Kanalwand befindet (Wu, 1995).

Während der Abbindephase können bei verschiedenen Sealern Dimensionsänderungen auftreten. Bei Schrumpfungen von mehr als 1% besteht eine erhöhte Gefahr der Bakterienpenetration entlang der Wurzelfüllung (Orstavik, 2001).

Das Material der Wahl stellt derzeit AH Plus[®] dar, ein Sealer auf Epoxidharz-Basis. AH Plus[®] weist während des Erhärtungsprozesses eine geringe Expansion von fast 1% auf, die ein Hinweis für eine gute Wandständigkeit und apikale Dichtigkeit ist (Orstavik, 2001).

Aufgrund einer guten Radioopazität zur Kontrolle der Wurzelfüllung und einem lang andauernden Aushärtungsprozess von 24 Stunden, die eine notwendige Revision erleichtert, hat sich AH Plus[®] klinisch bewährt. Eine geringe Löslichkeit und der Verzicht von Hexamethylentetramin tragen zur Erhöhung der Biokompatibilität des Materials bei. Auf die Zugabe wurde verzichtet, um die Entstehung von geringen Formaldehydmengen zu verhindern und somit die Zytotoxizität zu reduzieren.

Viele Neuentwicklungen und Weiterentwicklungen im Bereich der Wurzelfüllungen brachten eine Vielzahl von Füllungsmethoden hervor, um die Erfolgsraten, die Zeitdauer und die Handhabung zu verbessern.

Die zahlreichen Methoden können in folgende Gruppen eingeteilt werden (Beer und Baumann, 1994):

- Wurzelfüllung mit ausschließlich Pasten/Wurzelzementen
- Zentralstifttechnik mit Wurzelzementen
- Laterale Kondensation
- Vertikale Kondensation
- Thermomechanische Kondensation
- Thermoplastische Injektion
- Thermoplastische Guttapercha mit Stiftkern

Die alleinige Wurzelfüllung mit Wurzelkanalpasten wird, aufgrund der negativen Eigenschaften der Pasten im Wurzelkanal, heutzutage als obsolet betrachtet.

Durch das Schrumpfen der Pasten während der Aushärtung und des Löslichkeits- und Resorptionsverhaltens ist ein langzeitiger, hermetischer, blasenfreier und vor allem bakteriendichter Verschluss des Kanals nicht zu erreichen. Außerdem besteht eine erhöhte Gefahr beim Einbringen in den Kanal, das Material über den Apex hinaus ins periapikale Gewebe zu befördern.

Ebenso wird die Zentralstifttechnik in Kombination mit einem Sealer nicht mehr empfohlen. Da die Kanalquerschnitte selten rund sind und nicht dieselbe Form wie der Zentralstift haben, kann eine gute Adaptation an die Kanalwand nicht gewährleistet werden. Die dadurch unweigerlich entstehenden Spalträume können nur durch unverhältnismäßig große Mengen von Sealer ausgeglichen werden. Durch Kontraktion beim Abbinden, Resorptionen und Porositäten ist so eine dichte Randständigkeit nicht zu erzielen (Hellwig, 1999).

Da der Guttaperchaanteil an der Wurzelfüllung mindestens 90% betragen sollte, ist die laterale Kondensation bei konisch aufbereiteten Kanälen die Methode der Wahl (Schilder, 1967).

Der erste Guttaperchastift, der so genannte Masterpoint, sollte dieselbe Größe wie die Masterfeile haben und mit wenig Sealer bis zur gesamten Arbeitslänge in den Kanal eingeführt werden. Dann wird mit Hilfe eines Fingerspreizers (Fingerspreader) der Guttaperchastift lateral an die Kanalwand gepresst. In den durch Kondensation entstandenen Hohlraum wird ein Guttaperchastift

geringerer Größe eingeführt und erneut kondensiert. Diese Prozedur wird wiederholt, bis der Kanal vollständig mit Guttapercha und Sealer gefüllt ist. Als nächster Schritt erfolgt das Abtrennen der herausragenden Stiftreste am Kanaleingang mit einem heißen Instrument und die abschließende vertikale Kondensation des oberen Anteils der Wurzelfüllung.

Als Abwandlung dieser Methode kann ein erwärmter Fingerspreader verwendet werden, um die Guttapercha besser an die Kanalwand zu kondensieren (Unverdorn, 1992).

Eine weitere Methode ist die vertikale Kondensation nach Schilder. Ein Masterpoint mit wenig Sealer beschichtet wird bis zur Arbeitslänge eingebracht und auf Höhe des Kanaleingangs gekürzt. Dann wird ein auf 80°C erwärmter Spreader in den koronalen Anteil des Kanals eingebracht und der Guttaperchaanteil erhitzt. Mit einem kalten Plugger, der ein planes Arbeitsende besitzt, wird der Guttaperchastift in Richtung des Apex kondensiert. Die Sequenz aus Erwärmen und Kondensieren, bis ein Bereich von drei bis fünf Millimetern erreicht ist, nennt sich „downpack“. In weiteren Schritten werden gekürzte Guttaperchastifte abwechselnd in den Kanal eingebracht, erwärmt und kondensiert. Es werden Plugger mit unterschiedlichen Durchmessern verwendet, um eine effiziente Kondensation in unterschiedlichen Tiefen des Wurzelkanals durchführen zu können. Dieser Teil der Füllungstechnik wird als „backfill“- Phase bezeichnet. Vorteil dieser Methode ist die suffiziente und dichte Obturation des Hauptkanals und der Seitenkanäle. Als nachteilig anzusehen, sind die Erforderlichkeit von mehreren Röntgenbilder zur Kontrolle des Kondensationsvorganges, der zeitliche Mehraufwand und eine erforderliche Einarbeitungsphase.

Zur vereinfachten Anwendung erwärmter Guttapercha wurden im Laufe der Zeit eine Reihe von verschiedenen Techniken und Systemen entwickelt.

Unter der thermomechanischen Kondensation nach Mc Spadden bzw. nach Tagger versteht man die Kondensation eines erwärmten Guttaperchastiftes mit Hilfe eines maschinengetriebenen Guttaperchakompaktors. Der Kompaktor, der mit 8000–10000 Umdrehungen pro Minute verwendet wird, besitzt ein nach apikal rotierendes Spiralgewinde, dessen Gewinde einer entgegengesetzt laufenden Hedstroem-Feile gleicht.

Der Guttaperchastift wird durch die Reibungswärme des rotierenden Kompaktors erweicht und lässt sich so kondensieren.

Beim langsamen Entfernen des Kompaktors aus dem Kanal erfolgt ebenfalls eine zusätzliche Kondensation. Dieser Vorgang wird bis zur vollständigen Obturation wiederholt. Da die Gefahr der Überhitzung und Überpressung der Guttapercha besteht, ist eine zeitintensive Einarbeitungsphase zu empfehlen. Ebenfalls sind der eingeschränkte Indikationsbereich und die im Vergleich schlechteren Dichtigkeitswerte als nachteilig zu sehen (Rapisada, 1999; Goracci, 1991).

Eine weitere Methode um erwärmte Guttapercha als Füllungsmaterial zu verwenden, ist die Applikation von Guttapercha durch die so genannte thermoplastische Injektionstechnik. Mit dieser Technik wurde versucht, ein schnelles und einfaches Wurzelfüllverfahren zu entwickeln. Je nach System wird die Guttapercha auf unterschiedliche Temperaturen in einem Wärmegerät erhitzt. Zum Beispiel wird in Anwendung des Ultrafil[®]-Systems, welches 1984 entwickelt wurde, die Guttapercha in vorgefertigten Ampullen in einem Gerät auf 70–90°C erwärmt. Im Anschluss erfolgt die Applikation mittels eines Pistolensystems (Czonstkowsky, 1984).

Während der hochtemperierten Injektionstechnik werden Guttaperchastücke in einem Obtura[®]-Ofen auf eine Temperatur von 200°C erhitzt. Die verflüssigte Guttapercha wird dann mittels einer Kanüle in den Kanal eingebracht (Yee, Marlin, Krakow, 1977).

Die Handhabung in der Mundhöhle, die Dimension der Kanüle und die Gefahr, die erweichte Guttapercha in das periapikale Gewebe zu extrudieren, sind als nachteilig einzuschätzen. Außerdem ist die Anwendung dieser Technik mit einem relativ hohen finanziellen Aufwand und einer gewissen Einarbeitungszeit verbunden. Darüber hinaus konnten in Studien keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die apikale Dichtigkeit im Vergleich zur kalten lateralen Kondensation nachwiesen werden (Czonstkowsky, 1985).

Eine Weiterentwicklung der Injektionstechnik ist das Kaltfüllsystem in Einweg-Kapselform. Mit dieser Technik wird kalte fließfähige Guttapercha über ein Applikationssystem in den Kanal injiziert und erhärtet dort eigenständig. Das Material Guttaflow[®] (Roeko, Langenau, D) ist eine Kombination aus dem Sealer RoekoSeal[®] (Whaledent, Langenau, Deutschland), der auf einer

additionsvernetzenden Silikonbasis beruht, und etwa 50 µm großen Guttaperchakugeln. Nach Herstellerangaben fehlt nicht nur die Thermoschrumpfung beim Erhärten, sondern es kommt zu einer Abbindeexpansion aufgrund der Silikonkomponente. Wissenschaftliche Studien weisen zwar eine weitestgehend vollständige, homogene und blasenfreie Obturation nach, jedoch scheint die apikale Dichtigkeit im Vergleich zur lateralen Kondensation signifikant schlechter zu sein (Elayout, 2005; Al Torman, 2005).

Um das Problem der Guttaperchaschrumpfung während der Temperaturabnahme im Kanal zu minimieren, wurde 1978 von Johnson eine Technik beschrieben, die eine einfache und schnelle Obturation mit Hilfe eines mit Guttapercha ummantelten Objektträgers vorsieht (Johnson, 1978; Beatty, 1989). Die Firma Tulsa[®] Dental entwickelte diese Technik weiter und etablierte diese Methode als ThermaFil[®] auf dem dentalen Markt.

Da eine direkte Korrelation zwischen Guttaperchamenge und Schrumpfung besteht, ist die Grundidee dieser Technik, den Guttaperchaanteil am Füllungsmaterial so gering wie möglich zu halten, um so die Schrumpfung in der Abkühlungsphase zu reduzieren.

Die Füllung des Wurzelkanals wird in einem einzigen Arbeitsschritt mit einem Thermafil[®]-Stift durchgeführt, der in seiner ursprünglichen Version aus einem Stahl- oder Titankern besteht und mit Guttapercha ummantelt ist.

Probleme hinsichtlich der gleichmäßigen Erwärmung des Guttaperchamantels, der fehlenden Passgenauigkeit des Stiftes beim Einführen in den Kanal und der schwierigen Reduktion der Wurzelfüllung im Zuge eines prothetischen Stiftaufbaus ließen den Hersteller diese Technik überarbeiten und das verbesserte Thermafil[®]-System entwickeln (Clark, Deeb, 1993).

Der neu entwickelte Thermafil[®]-Ofen gewährleistet ein schnelleres und gleichmäßigeres Erwärmen des Thermafil[®]-Stiftes. Da der Metallkern des Stiftes ausgetauscht wurde und nun aus einem Kunststoffträger besteht, ist nun eine Obturation auch von stark gekrümmten Kanälen dicht möglich (Leung, 1994). Eine eventuell notwendige Versorgung mit einem Wurzelstift wird mit einem speziellen Bohrer, dem „Post Space Bur“ durchgeführt. Er wird bei einer Drehzahl von 200000–350000 U/min ohne Wasserkühlung und mit geringem Druck verwendet, um so den koronalen Anteil der Füllung zu

erwärmen. Ist das koronale Material erweicht, wird für maximal 3 Sekunden ein axialer Druck ausgeübt und dann das Instrument zusammen mit der gewünschten Länge der Wurzelfüllung herausgezogen. Im Anschluss kann eine routinemäßige Präparation des Stiftbettes erfolgen.

Der neuartige Kunststoffkern vereinfacht ebenfalls die Prozedur einer eventuellen Füllungsrevision. Zu diesem Zweck wurde der Trägerstift mit einer Längsrille versehen. Zur Entfernung soll ein rotierendes Nickel-Titan-Instrument bei 600-800 U/min entlang der Kerbe des Kunststoffstiftes in den Kanal eingeführt werden, um die Guttapercha vom Stift abzulösen. Aufgrund der Reibung durch die Instrumentenrotation kann der Stift dann herausgezogen werden.

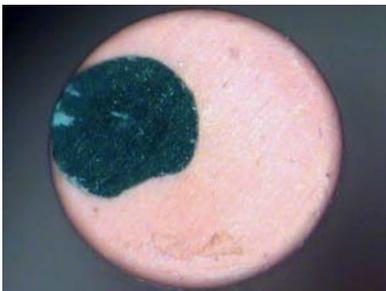


Abb. 5: Schnitt durch einen ThermoFil®-Obturator (erkennbar ist die Revisionsrille)



Abb.6: Verifier ISO 40 (oben)
Stift ohne Guttaperchamantel (Mitte)
ThermoFil® Obturator (unten)

Außerdem erfolgte eine Abstimmung zwischen den ThermoFil®-Stiften und spezifischen Wurzelkanalaufbereitungsinstrumenten. Die für den Stift geeignete Form des aufbereiteten Kanals wird mit Hilfe eines Verifier überprüft und so die Passgenauigkeit sichergestellt.

Alle Weiterentwicklungen der überarbeiteten Methode zeigten verbesserte Ergebnisse. Hinsichtlich Obturation und apikaler Dichtigkeit wurden in Studien Ergebnisse erzielt, die vergleichbar waren mit der lateralen Kondensation (Abarca, 2001). Auch in Bezug auf die Revisionsfähigkeit wies die ThermoFil®-Technik in Studien gute Werte auf (Frajlich, 1998). Auch konnte die zeitweise bestehende Fragestellung über die Verletzung des periradikulären Gewebes durch eine Erhitzung während der Füllungsphase durch Studien mit „Nein“ beantwortet werden. In Studien konnte auf der Wurzeloberfläche nur eine Erwärmung von maximal 4°C gemessen werden, die nachweislich keine Irritationen oder irreparable Schäden am Gewebe verursacht (Behnia, 2001).

2.2.8 Prognose von wurzelkanalbehandelten Zähnen

Das Ergebnis einer Wurzelkanalbehandlung wird im Allgemeinen in erfolgreich oder nicht erfolgreich unterschieden. Als Maßstäbe werden dafür die Schmerzanamnese, der klinische Befund und die röntgenologische Kontrolle der knöchernen Regeneration anhand einer postoperativen Röntgenaufnahme herangezogen.

Im Speziellen wurden in Anlehnung an die Richtlinien der „European Society of Endodontology“ und der Literatur 3 Kategorien definiert.

Es wird die „vollständige Heilung“, „die unvollständige Heilung“ und „keine Heilung“ unterschieden.

„Keine Heilung“ ist bei einer Wurzelkanalbehandlung eingetreten, wenn der Zahn klinische Symptome einer endodontisch bedingten Parodontitis aufweist. Des Weiteren kann auf einer postoperativen Röntgenaufnahme keine verifizierbare Verkleinerung und/oder eine Neubildung einer apikalen Läsion zu erkennen sein. Auch sprechen externe progressive Resorptionsprozesse auf einem Röntgenbild gegen eine Heilung des entzündeten Zahnes.

Die Parameter für eine „unvollständige Heilung“ sind die klinische Symptomfreiheit und die röntgenologisch nachweisbare Verkleinerung einer apikalen Aufhellung.

Für die „vollständige Heilung“ einer endodontischen Behandlung muss der Zahn klinisch symptomlos sein. Zudem müssen eine radiologisch knöcherne Regeneration in Form eines durchgehenden verfolgbar Parodontalspaltes und ein Stillstand von eventuellen Resorptionen zu erkennen sein.

In der Regel beträgt der Zeitraum 4 bis 5 Jahre in der eine vollständige knöcherne Regeneration erwartet werden kann und als Indikator für den Erfolg einer Wurzelkanalbehandlung gilt.

Im Zusammenhang mit einer ordnungsgemäß durchgeführten Wurzelkanalbehandlung erscheint es notwendig, den Ausgangsbefund (irreversible Pulpitis, apikale Parodontitis) und den Behandlungsmodus (erstmalige Wurzelbehandlung, Revision oder Apexifikation) in eine Erfolgsprognose mit ein zu beziehen. Je nach Ausgangssituation liegen die Erfolgsraten zwischen 50% und 95%. (DGZMK-Stellungnahme, 2000)

2.3 Ziel dieser Untersuchung

In dieser Studie wurde das apikale Füllungsverhalten des Wurzelkanalfüllungssystems Thermafil® beurteilt. Das Ziel dieser Arbeit war es, den Einfluss von unterschiedlichen Obturatorgrößen auf die apikale Dichtigkeit von Thermafil®-Wurzelfüllungen zu untersuchen. Dazu wurden die Wurzelkanäle menschlicher Schneidezähne mit ThermaFil®-Obturatoren unterschiedlicher Größe gefüllt und nach Farbstoffexposition die Penetrationstiefe ermittelt und das Extrusionspotenzial bewertet.