

Aus dem Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Poliklinik für Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde  
des Universitätsklinikum Eppendorf  
Direktor: Frau Professor Dr. Ursula Platzer

Volumenanteil der Guttapercha bei drei gängigen Wurzelfüllmethoden im  
Verhältnis zum Zement

## **Dissertation**

zur

Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin

vorgelegt dem Fachbereich Medizin  
der Universität Hamburg

von

Dirk Hoffmann  
aus Hamburg

Hamburg im September 2007

Angenommen vom Fachbereich Medizin

der Universität Hamburg am: \_\_\_\_\_

Veröffentlicht mit Genehmigung des Fachbereichs

Medizin der Universität Hamburg: \_\_\_\_\_

Prüfungsausschuss, die/der Vorsitzende: \_\_\_\_\_

Prüfungsausschuss 2. Gutachter/in: \_\_\_\_\_

Prüfungsausschuss 3. Gutachter/in: \_\_\_\_\_

---

<b>1. EINLEITUNG UND ZIELSTELLUNG</b>	<b>7</b>
<b>2. LITERATURÜBERSICHT</b>	<b>9</b>
2.1. Geschichte der Endodontie	9
2.2. Anatomie und Morphologie des Wurzelkanalsystems	10
2.3. Grundlagen der Endodontie	12
2.3.1. Ziel der Wurzelbehandlung	12
2.3.2. Problembereiche der Endodontie	13
2.3.2.1. Der apikale Wurzelkanalabschnitt	14
2.3.2.2. Gekrümmte Wurzelkanäle	14
2.4. Die Aufbereitungsmethoden	17
2.4.1. Manuelle Aufbereitung:	18
2.4.1.1. Drehend-schabende Arbeitsweise:	18
2.4.1.2. Step-back-Technik	18
2.4.1.3. Step-down-Technik	19
2.4.1.4. Crown-down-pressureless Technik:	19
2.4.1.5. Balanced-Force-Technik	19
2.4.1.6. Linear – feilende Arbeitsweise:	20
2.4.1.7. Anticurvatures-filing Technik	20
2.4.2. Maschinelle Aufbereitung:	20
2.4.2.1. Giromatic® ( <i>Micro Mega</i> , Genf / Schweiz )	21
2.4.2.2. Endolift® ( <i>Kerr</i> , Karlsruhe )	21
2.4.2.3. T1 Line Endo® / T1 Classic Endo® ( <i>Sirona</i> , Benzheim )	21
2.4.2.4. ENDOflash® ( <i>KaVo</i> , Biberach )	21
2.4.2.5. Endocursor® ( <i>W&amp;H</i> , Bürmoos / Schweiz )	21
2.4.2.6. ATR Tecnika® ( <i>DENTSPLY/ Mailefer</i> )	21
2.4.2.7. S.E.T.-Endostepper® ( <i>S.E.T. / Phytron</i> )	22
2.4.2.8. Endo IT control® ( <i>VDW</i> , München )	22
2.4.2.9. Tri Auto ZX® ( <i>Morita Europe GmbH</i> )	22
2.4.3. Ultraschallsysteme:	22
2.5. Aufbereitungsinstrumente	23
2.5.1. Traditionelle Instrumente zur manuellen Wurzelkanalaufbereitung:	27
2.5.1.1. K-Reamer®	27
2.5.1.2. K-Feile®	27

---

2.5.1.3	Headström-Feile	28
2.5.2	Modifizierte Instrumente zur manuellen Aufbereitung:	29
2.5.2.1	K-Flex <sup>®</sup> -Feile	29
2.5.2.2	K-Flexofile <sup>®</sup>	29
2.5.2.3	Flexicut <sup>®</sup> -Feilen	30
2.5.2.4	Flexoreamer <sup>®</sup>	30
2.5.3	Instrumente zur maschinellen Wurzelkanalaufbereitung	30
2.5.3.1	System GT Rotary <sup>®</sup> Files ( <i>Maillefer</i> ; Schweiz )	30
2.5.3.2	ProTaper <sup>®</sup> ( <i>Maillefer</i> ; Schweiz )	31
2.5.3.3	ProFile <sup>®</sup> ( <i>Mailefer</i> ; Schweiz)	31
2.5.3.4	HERO 642 <sup>®</sup> ( <i>Micro Mega</i> ; Frankreich)	32
2.5.3.5	HERO Apical <sup>®</sup> und HERO Shaper <sup>®</sup> ( <i>Micro Mega</i> ; Frankreich)	32
2.5.3.6	ENDOFLARE <sup>®</sup> ( <i>Micro Mega</i> / Frankreich)	33
2.5.3.7	Flexmaster <sup>®</sup> ( <i>VDW</i> / Deutschland )	33
2.5.3.8	Quantec <sup>®</sup> ( <i>Sybron Dental Specialities</i> ; USA)	34
2.5.3.9	K3 Endo <sup>®</sup> ( <i>Sybron Dental Specialities</i> ; USA und <i>Kerr GmbH</i> ; Karlsruhe)	35
<b>2.6</b>	<b>Methoden zur Wurzelkanalfüllung</b>	<b>35</b>
2.6.1	Wurzelkanalfüllung mit lateraler Kondensation	39
2.6.2	Wurzelkanalfüllung mit vertikaler Kondensation	40
2.6.2.1	vertikale Kondensation nach SCHILDER	40
2.6.2.2	„Continuous Wave of Obturation“ nach Buchanan	40
2.6.2.3	MicroSeal <sup>®</sup>	41
2.6.3	Wurzelkanalfüllung mittels Einzelstift	41
2.6.3.1	Einzelstiftmethode VDW / München	41
2.6.3.2	Thermafil <sup>®</sup> / Maileffer CH	42
<b>2.7</b>	<b>Methoden zur Untersuchung der Qualität verschiedener Wurzelfüllmethoden</b>	<b>43</b>
<b>3.</b>	<b>MATERIAL UND METHODE:</b>	<b>44</b>
<b>3.1.</b>	<b>Die Vorbereitung der extrahierten Zähne</b>	<b>44</b>
3.1.1	Die Trepanation	44
3.1.2	Die Aufbereitung der extrahierten Zähne	45
3.1.2	Die Abfüllung der extrahierten Zähne	46
3.1.2.1	Laterale Kondensation	46
3.1.2.2	Warm-Vertikale Kondensation / „Continuous Wave Obturation“	46
3.1.2.3	Einstifttechnik	46
<b>3.2</b>	<b>Vorbereitung der Zähne für die Mikroskopie</b>	<b>47</b>
3.2.1	Versuchsreihen zur Bearbeitung der Zähne im Labor	47

---

3.2.1.1	Gefrierbruchverfahren	47
3.2.1.2	Trenn-Dünnschliff-Technik	47
3.2.1.3	Dekalzifizierung	47
3.2.1.4	Das Schneiden der Zähne	48
3.2.1.5	Mikroskopische Aufnahmen	48
3.2.2	Vorbereitung und digitale Vermessung der Schnittoberflächen	48
3.2.3.1	Vorbereitung der digitalen Aufnahmen	48
3.2.3.2	Vermessung der Schnittflächen	49
3.2.3	Statistische Auswertung	49
3.2.3.1	Mittelwert und Standardabweichung	49
3.2.3.2	Varianzanalyse ANOVA	50
<b>4.</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>51</b>
<b>4.1</b>	<b>Einstiftmethode</b>	<b>51</b>
<b>4.2</b>	<b>Laterale Kondensation</b>	<b>52</b>
<b>4.3</b>	<b>Warm-Vertikale Kondensation</b>	<b>53</b>
<b>4.4</b>	<b>Beispiele mikroskopischer Aufnahmen</b>	<b>54</b>
4.4.1	Einzelstiftmethode	54
4.4.2	Laterale Kondensation	55
4.4.3	Warm-vertikale Kondensation	56
<b>4.5</b>	<b>Tabellarische Darstellung der Ergebnisse</b>	<b>57</b>
4.5.1	Ergebnisse Einstifttechnik	57
4.5.1.1	Schnitte in 2mm Apexabstand	57
4.5.1.2	Schnitte in 3mm Apexabstand	58
4.5.1.3	Schnitte in 4mm Apexabstand	59
4.5.2	Ergebnisse laterale Kondensation	60
4.5.2.1	Schnitte in 2mm Apexabstand	60
4.5.2.2	Schnitte in 3mm Apexabstand	61
4.5.2.3	Schnitte in 4mm Apexabstand	62
4.5.3	Ergebnisse vertikale Kondensation	63
4.5.3.1	Schnitte in 2mm Apexabstand	63
4.5.3.2	Schnitte in 3mm Apexabstand	64
4.5.3.3	Schnitte in 4mm Apexabstand	65
<b>4.6</b>	<b>Varianzanalyse ANOVA der Ergebnisse / Signifikanzlevel</b>	<b>67</b>

<b>5. DISKUSSION</b>	<b>70</b>
<b>6. ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>75</b>
<b>7. LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>77</b>
<b>8. DANKSAGUNG</b>	<b>82</b>
<b>9. LEBENSLAUF</b>	<b>83</b>

# 1. Einleitung und Zielstellung

Die Endodontie behält auch bei zunehmender Effizienz der Kariesprävention ihre Bedeutung in der Zahnmedizin. Der Erhalt der natürlichen Zähne steht für viele Patienten auch bei höherem Behandlungsaufwand und bei zunehmendem Interesse an Implantaten immer noch im Vordergrund. Auch aus prothetischer Sicht ist eine sichere endodontische Therapie interessant, da 10-15% aller prothetisch versorgten Zähne später einer endodontischen Behandlung bedürfen (Bergenholtz u. Nyman 1984; Karlsson 1986).

Viele Gründe können eine endodontische Therapie erforderlich machen, so z.B. Karies (Guldener u. Langeland 1993), Erkrankung der Pulpa infolge chemischer, mechanischer oder thermischer Reize, Trauma, Sekundärkaries an Füllungen (Guldener u. Langeland 1993) oder Kronenrändern und ein Gewinn an Retentionsfläche bei tief zerstörten oder abradierten Zähnen (Guldener u. Langeland 1993).

Der Anspruch an eine gute Wurzelkanalaufbereitung und eine gute Wurzelkanalfüllung ist die vollständige Entfernung von infiziertem und infizierbarem Gewebe aus dem Wurzelkanalsystem und die Schaffung eines abfüllbaren Hohlraumes. Am Ende soll der hermetische, dreidimensionale und dauerhafte Verschluss des Kanalsystems stehen (DGZMK 1999; Europäische Gesellschaft für Endodontie 1994; Schilder 1967).

Bei der Wurzelkanalaufbereitung stehen sich grundsätzlich zwei Techniken gegenüber. Zum einen findet die traditionelle manuelle Aufbereitung mit Handinstrumenten bei einem großen Teil der Kollegen noch Anwendung, zum anderen setzt sich die maschinelle Kanalaufbereitung mit rotierenden Instrumenten immer weiter durch.

Die gebräuchlichste Abfüllmethode ist die Technik der lateralen Kondensation. Es werden Guttaperchastifte durch ihre kalte Verformbarkeit (Friedman et al. 1975) zu einer homogenen Masse verdichtet.

Alternativ verbreitet sich zunehmend die Technik der vertikalen Kondensation mit erwärmter Guttapercha. Hierbei wird ein einzelner Guttaperchastift auf Arbeitslänge in den Kanal eingebracht, mit einem „Heat-Carrier“ bis 3mm vor den Apex erwärmt und

---

mit einem „Handplugger“ verdichtet („downpack“). Der koronale Kanalanteil wird nachfolgend durch eine Guttaperchapistole mit plastifizierter Guttapercha aufgefüllt („backpack“).

In den letzten Jahren hat die Industrie den Zahnärzten diverse neue Aufbereitungs- und Abfülltechniken für die endodontische Behandlung an die Hand gegeben. Diese sollen in vielen Fällen eine qualitativ hochwertige Aufbereitung und Abfüllung bei minimalem zeitlichen Arbeitsaufwand ermöglichen, was in der Zeit des steigenden Kostendruckes auf die Zahnärzteschaft nicht ohne Interesse ist. Als Qualitätsmaßstab zur Beurteilung der Qualität einer Wurzelfüllung dient das Verhältnis zwischen der Guttapercha und dem Sealer im Wurzelkanal.

Daher soll in der vorliegenden Arbeit das Volumenverhältnis von Guttapercha zum Sealer im Wurzelkanal bei drei verschiedenen Wurzelfülltechniken, der lateralen Kondensation, der vertikalen Kondensation und der Einzelstiftmethode der Firma *VDW* bei standardisierter maschineller Aufbereitung mit dem Flexmaster® - System untersucht werden.



## 2. Literaturübersicht

### 2.1. Geschichte der Endodontie

Die Anfänge der Endodontie liegen in der reinen Schmerzbehandlung von akuten Pulpaerkrankungen (Hoffmann-Axthelm 1985). Diese wurde im Laufe der Jahrhunderte mit zum Teil mystischen oder kuriosen Methoden durchgeführt:

- 500 bis 100 vor unserer Zeitrechnung behandelte man erkrankte Zähne mit Holz, welches vom Blitz getroffen wurde;
- im 1. Jahrhundert nach Christi Geburt wurden erkrankte Zähne mit kochendem Öl behandelt oder das Kauen von Opium empfohlen (Curson 1965);
- im 17. Jahrhundert empfahl der Arzt STROBELBERGER den „Zahnwurm“, der seiner Ansicht nach für die Zahnschmerzen verantwortlich ist, mit Honig und gekochtem Frosch vom Zahn wegzulocken.

Erst im Jahre 1746 begannen die ersten Bemühungen um ein genaueres Verständnis der Zahnanatomie. So beschrieb FAUCHARD sehr genau die Wurzelkanäle verschiedener Zähne. Doch auch er kannte noch keine kausale Wurzelbehandlung und empfahl die Trepanation des Zahnes durch eine feine Öffnung am Zahnhals (Curson 1965).

Erst im 19. Jahrhundert erfolgten erste zielgerichtete Behandlungen des Wurzelkanalsystems. MAYNHARDT entwickelte 1838 aus einer Uhrfeder eine vierkantige Reibahle mit Einkerbungen, die er als eine Art Extirpationsnadel benutzte (Strübig 1989).

Schon 1859 forderte WATT, den Wurzelkanal von allen Gewebsresten zu befreien und eventuell verbleibende Reste zu imprägnieren (Greve 1952). Einige weitere Jahre blieb dennoch die ausschließliche Entfernung der devitalen Pulpa bis zum Pulpenkammerboden die gängige Praxis. Einen entscheidenden Umschwung leitete erst WITZEL ein, der mit aseptischen Behandlungsprinzipien in Anlehnung an in den USA entwickelte Methoden der eigentlichen Ursache der Entzündung, den Mikroorganismen, entgegenwirken wollte (Meyer 1962). Im Jahre 1886 befürwortete

auch BLACK eine vollständige Entfernung der Pulpa auch aus den Wurzelkanälen (Cruse u. Bellizzi 1980).

Nun standen zwei Grundsätze im Vordergrund, zum einen das unschädlich machen der noch nicht zerfallenen Pulpareste, zum anderen die Reinigung gangränöser Wurzelkanäle. Die apikale Region wurde jedoch in der Behandlung weitgehend außer Acht gelassen, da man glaubte, dass die chemische Sterilisation des Kanals auch zu einer sterilen apikalen Region führen würde.

Im Jahre 1896 entwickelte HOLLAENDER (Hollaender 1896) einen in weiten Teilen noch heute gültigen Grundsatz:

„Wird jedoch der Inhalt des Wurzelkanals sachgemäß ausgeräumt, der Kanal ordentlich sterilisiert, d.h. keimfrei hergestellt und dann kunstgerecht gefüllt, so wird nicht allein der Zahn oder die Wurzel erhalten, sondern man ist sicher, allen erwähnten üblen Zufällen vorzubeugen.“

Schon frühzeitig gab es Versuche, neben den Handinstrumenten auch maschinelle Aufbereitungshilfen zu entwickeln. Im Jahr 1892 spannte OLTRAMAR eine gerade Spezialnadel in eine Bohrmaschine und führte die Nadel unter Druck nach apikal. Wenig später, 1899, konstruierte ROLLINS ein spezielles Winkelstück mit 100 U/min. Die eigentliche Ära der maschinell unterstützten Wurzelbehandlung begann jedoch erst in den 50iger Jahren des 20. Jahrhunderts (Hülsmann 1996).

## 2.2. Anatomie und Morphologie des Wurzelkanalsystems

Vor jeder Behandlung ist es notwendig, Anzahl und Verlauf der Wurzelkanäle anhand der anatomischen und morphologischen Grundlagen einzuschätzen. Nur so ist eine erfolgreiche Therapie möglich und man kann potentielle Komplikationen erkennen und ausschließen. Es gibt morphologisch nicht „den“ Wurzelkanal, sondern ein filigranes und komplexes System aus zahlreichen Seiten- und Nebenkanälen. Die hierzu erfolgten Grundsatzuntersuchungen von KELLER (Keller 1928) und MEYER (Meyer 1959) haben noch heute ihre Gültigkeit. Daher hat sich anstelle des Begriffs „Wurzelkanal“ heute die Bezeichnung „Wurzelkanalsystem“ durchgesetzt.

Vorhandene Seitenkanäle, akzessorische Kanäle und Anastomosen sind nicht aufbereitbar und lassen sich nach intensiven Spülungen mit bestimmten Techniken nur teilweise füllen. Dieses führt jedoch bei perfekter Abfüllung des Hauptkanals nicht zu Misserfolgen bei der Therapie. Daher hat WEINE (s.Abb.1) sich bei der Klassifikation der Wurzelkanalkonfigurationen nur auf therapierelevante Formen beschränkt:

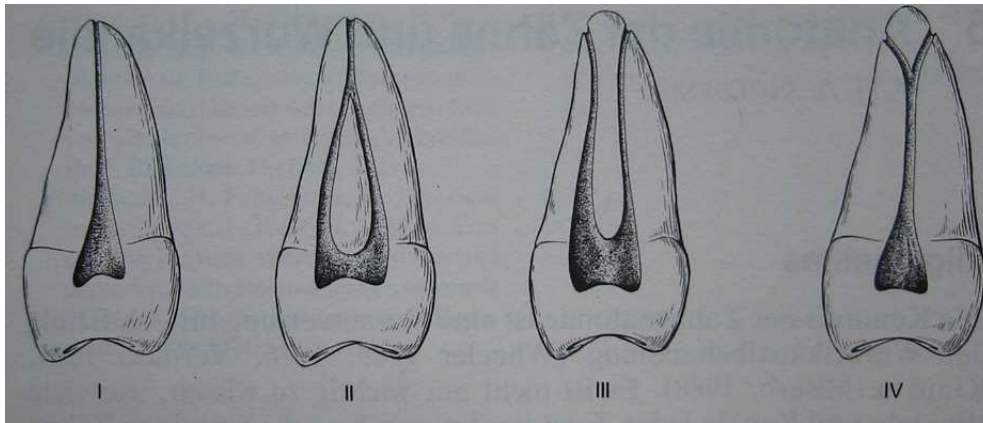


Abbildung 1: Wurzelkanalsystem nach WEINE (aus Guldener u. Langeland 1993)

WEINE unterteilt Wurzelkanalsysteme in vier Kategorien:

- |             |  |
|-------------|--|
| Kategorie 1 | ein Kanal  |
| Kategorie 2 | zwei Kanäle, die sich kurz vor der Wurzelspitze vereinigen   |
| Kategorie 3 | zwei Kanäle mit getrennten Öffnungen am Apex dentis  |
| Kategorie 4 | ein Kanal, der sich im mittleren oder apikalen Drittel in zwei Kanäle aufzweigt (Guldener u. Langeland 1993) |

Der Gestaltung der koronalen Zugangskavität, unter Beachtung der anatomischen Begebenheiten, fällt eine erhebliche Bedeutung für den Erfolg der Therapie zu. Am Boden der Pulpakammer, die apikal der Schmelz-Zement-Grenze liegt, befinden sich die Eingänge der Wurzelkanäle (Peters 1992a, 1992b, 1992c). Eine profunde Kenntnis über deren Lage ist unerlässlich, da andernfalls ziellos nach den Kanälen gesucht wird,

was in vielen Fällen zur Perforation von Krone und Wurzel führt. Eine mögliche Lage der Kanaleingänge und mögliche fehlerhafte Kavitätenpräparationen sind in der folgenden Abbildung 2 dargestellt. Die häufigen vierten Kanäle der oberen Molaren sind auf den Abbildungen nicht berücksichtigt, da ihr Auftreten und ihre Lage sehr stark variieren.



Abbildung 2: Systematik der Kanaleingänge (aus Beer u. Baumann 1997)

### 2.3. Grundlagen der Endodontie

#### 2.3.1. Ziel der Wurzelbehandlung

Als Ziel der Wurzelbehandlung ist der langfristige Erhalt des Zahnes durch vollständige Säuberung des Kanals von Pulpagewebsresten, Bakterien und nekrotischen

Gewebsanteilen und der vollständige, sowie dichte Verschluss des Wurzelkanalsystems anzusehen. Dazu muss dem Kanal eine Form verliehen werden, die eine Abfüllung mit einem biologisch inerten Material ohne Traumatisierung des apikalen Parodonts ermöglicht (Briseno 1992; Guldener u. Langeland 1993; Kröncke 1981).

Die European Society of Endodontology hat im Jahre 1994 (ESE 1994) folgende Anforderung an die Wurzelkanalaufbereitung gestellt:

- Entfernung des Pulpagewebes
- Elimination von Mikroorganismen
- Beseitigung von Debris
- Aufbereitung des Wurzelkanals, um einen dichten Verschluss zu erreichen

Folgende Bedingungen wurden dabei gestellt:

- Möglichst keine Verlegung des Kanalverlaufs
- Erhalt des physiologischen Foramen
- Präparation soll apikal auslaufend enden
- Präparation soll von koronal nach apikal eine konische Form aufweisen.

Weiter wird eine Aufbereitung mit reichlich Spüllösung gefordert.

Die Praxis hat gezeigt, dass eine absolut vollständige Reinigung des Kanallumens mit keiner der Techniken, die auf dem dentalen Markt angeboten werden, zu erzielen ist (Beer u. Baumann 1997).

### 2.3.2 Problembereiche der Endodontie

In einem Wurzelkanalsystem gibt es zwei Hauptproblembereiche. Zum einen ist es die apikale Zone mit ihren deltaartigen Verzweigungen, d.h. in der Regel die letzten drei Millimeter des Kanals, zum anderen Krümmungen verschiedenen Grades, die den behandelnden Zahnarzt vor eine anspruchsvolle Aufgabe stellen.

### 2.3.2.1 Der apikale Wurzelkanalabschnitt

Das verzweigte Wurzelkanalsystem endet am Apex sehr häufig in mehreren Ausgängen (Meyer 1970). Gerade dieser apikale Bereich des Kanalsystems spielt mit seiner Aufbereitung für den Erfolg der endodontischen Behandlung eine ausschlaggebende Rolle (Beer u. Baumann 1997). In den Verzweigungen der apikalen Region zwischen dem physiologischen und dem anatomischen Foramen befindet sich nicht nur Pulpagewebe, sondern auch periodontales Bindegewebe. Die Erfolgsaussicht einer Wurzelkanalbehandlung ist am größten, wenn das physiologische Foramen des Wurzelkanals als engste Stelle des Kanalsystems nicht erweitert wird (Beer u. Baumann 1994).

Die Länge der Aufbereitung variiert in Abhängigkeit vom Zustand der Pulpa. Bei vitaler Pulpa wird eine Aufbereitung bis zum physiologischen Apex empfohlen, um das Mischgewebe aus Pulpa und Bindegewebe zu schonen. Bei einer nekrotischen Pulpa soll die Aufbereitung des Wurzelkanalsystems ebenfalls bis zum physiologischen Apex erfolgen, um im Kanal vorhandene Keime nicht in das periapikale Gewebe zu pressen, wodurch ein Alveolarabszess entstehen kann (Guldener u. Langeland 1993). Von dieser Regel abweichende Empfehlungen, die selten zu finden sind und grundsätzlich eine Aufbereitung bis zum anatomischen Foramen postulieren, beruhen auf der Intention, dass auf diesem Wege eventuell vorhandene Bakterien eliminiert werden.

Dem Praktiker stellt sich das Problem, dass der röntgenologisch sichtbare Apex das anatomische Foramen darstellt. Der physiologische Apex lässt sich nur anhand der gängigen Ansicht, dass er zwischen 0,5 und 1,5 mm koronal vom anatomischen und damit röntgenologischen Apex liegt, festlegen.

### 2.3.2.2 Gekrümmte Wurzelkanäle

Auch bei dem gekrümmten Wurzelkanal steht an erster Stelle die gründliche Säuberung des Kanallumens, ohne dass eine Verlegung des Kanalverlaufs stattfindet.

Fehler in der Wurzelkanalpräparation führen zu Unebenheiten in der Formgebung der Kanalwände, wodurch eine dichte Wurzelfüllung erschwert wird und der Behandlungserfolg in Gefahr geraten kann.

Jedes Wurzelkanalinstrument hat das Bestreben, sich im gekrümmten Kanal gerade zu stellen. Dadurch entsteht eine ungewollte Krafteinwirkung an dem apikalen Bereich der Außenkrümmung und in der mittleren Region der Innenkrümmung. Es entstehen Bereiche, die sich durch extrem starken Dentinabtrag auszeichnen, wie an der Innenkrümmung und Bereiche, in denen es zu keinem Gewebsabtrag kommt, wie im mittleren und zervikalen Bereich der Außenkrümmung. Dort verbleiben Reste von Pulpagewebe und somit Bakterien im Wurzelkanal. Diese Probleme treten auch bei vorgebogenen Instrumenten auf.

Im Folgenden werden die häufigsten Fehler bei der Präparation gekrümmter Wurzelkanäle benannt:

- „Zipping“ ,d.h. apikale Erweiterung



Abbildung 3: Aufbereitungsfehler „Zipping“ (aus Beer u. Baumann 1997)

- Stufenbildungen



Abbildung 4: Aufbereitungsfehler „Ledge“- Stufenbildung (aus Beer u. Baumann 1997)

- Verkürzung der Arbeitslänge durch Verblockung mit Debris oder Kanalbegradigung
- Perforation, in der Regel an der Innenkrümmung oder am Apex



Abbildung 5: Aufbereitungsfehler „ViaFalsa“- Perforation (aus Beer u. Baumann 1997)

- „Elbow“, d.h. intermediäre Engstellenbildung

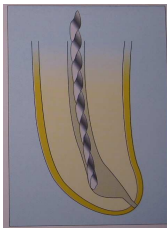


Abbildung 6: Aufbereitungsfehler „Elbow“ (aus Beer u. Baumann 1997)

- Verlegung des Foramen apikale durch Aufweitung



Abbildung 7: Aufbereitungsfehler Aufweitung foramen apikale (aus Beer u. Baumann 1997)

- Verlegung des Kanalverlaufes

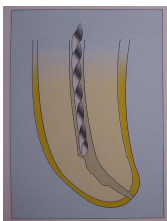


Abbildung 8: Aufbereitungsfehler „Transformation“ des Kanals (aus Beer u. Baumann 1997)



- Überinstrumentation

Noch im Jahr 1995 schreiben LINDNER, HANNIG et AL., dass es bisher mit keiner Technik und mit keinem Instrument gelinge, einen gekrümmten Wurzelkanal in idealer Weise aufzubereiten (Lindner u. Hannig 1995) .

BAUMANN schreibt im August 2002, dass mit Nickel-Titan-Instrumenten beim permanent rotierenden Einsatz eine sehr gute Aufbereitung auch gekrümmter Kanäle möglich ist (Baumann 2002).

Der Grad der Wurzelkanalkrümmung wird sehr häufig nach der Methode von SCHNEIDER bestimmt (s.Abb.9). Hierbei zieht man eine Linie parallel zur Längsachse des Kanals. Eine zweite Linie verläuft von der Wurzelspitze zum Schnittpunkt der ersten Linie. Der resultierende Winkel gibt den Grad der Wurzelkanalkrümmung an.

Der Krümmungswinkel wird in drei Grade unterteilt:

Grad 1:	$0^{\circ} - 5^{\circ}$	= leichte, gerade Kanäle
Grad 2:	$10^{\circ} - 25^{\circ}$	= Kanäle mit gesteigerter Schwierigkeit, leicht gebogen
Grad 3:	$>25^{\circ}$	= Schwierige, stark gebogene Kanäle

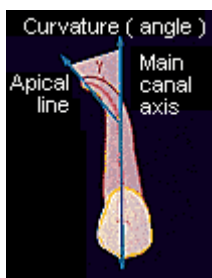


Abbildung 9: Krümmungswinkelberechnung des Wurzelkanals nach SCHNEIDER

## 2.4 Die Aufbereitungsmethoden

Bei dem Bestreben, eine effektive Aufbereitung des Wurzelkanalsystems unter Einhaltung der Richtlinien der ESE bei minimalem Risiko zu erreichen, wurden in den letzten Jahren eine Vielzahl an Techniken entwickelt. Man wendet je nach manueller oder maschineller Aufbereitung verschiedene Techniken an. Bei der manuellen

Aufbereitung werden dabei zwei Arbeitsweisen unterschieden, zum einen die „drehend-schabende“ und zum anderen die „linear-feilende“.

#### 2.4.1 Manuelle Aufbereitung:

Für die drehend-schabende Arbeitsweise stehen die Step-back Technik (“Flaring”), die Balanced-Force Technik, die Step-down Technik (“ Reverse Flaring”) und die Crown-down Technik (“pressureless”) zu Verfügung.

Für die linear- feilende Arbeitsweise gibt es die Anticurvature-filing Technik, die Double-flared Technik und die Korono-apikale Technik (Schäfer 1995).

Im Folgenden werden die verschiedenen Techniken näher ausgeführt:

##### 2.4.1.1 Drehend-schabende Arbeitsweise:

Bei der oben genannten Methode wird das Wurzelkanalinstrument mit leichtem apikalem Druck und leichtem Druck gegen die Kanalwand eingebracht und um 90° - 180° im Uhrzeigersinn gedreht. Das Instrument schraubt sich in das Dentin und der Abtrag an der Kanalwand erfolgt beim Herausziehen des Instruments. Die Rotation sorgt für den Transport der Dentinspäne aus dem Kanallumen.

##### 2.4.1.2 Step-back-Technik

Hierbei erfolgt nach der Trepanation die Bestimmung der Arbeitslänge mittels einer Röntgenmessaufnahme. Die erste auf ermittelter Arbeitslänge klemmende Feile wird als „Initialfeile“ bezeichnet. Von dieser Größe ausgehend erfolgt eine Erweiterung des Kanallumens um ca. vier Instrumentengrößen mit einer circumferent - feilenden Bewegung. Jedes weitere Instrument wird ebenfalls circumferent – feilend eingesetzt. Ein Überspringen einer Instrumentenstärke kann in der Anfangsphase der Aufbereitung zu Verblockungen im Kanal führen. Die zuletzt auf Arbeitslänge instrumentierte Feile wird als „Finalfeile“ bezeichnet. In dieser Größe wird der „Masterpoint“ aus Guttapercha ausgewählt. Nach der Finalfeile wird der Kanal mit den „Stepfeilen“ in Schritten von 1 mm mit je einer zunehmenden Instrumentengröße nach koronal erweitert, so dass eine konische Kanalform entsteht.

#### 2.4.1.3 Step-down-Technik

Die Step-down Technik gliedert sich in drei Arbeitsphasen (Goerig et al. 1992). In der ersten Phase wird der radikuläre Zugang geschaffen und dabei die koronale Hälfte des Kanals mit Gates-Bohrern und Hedström-Feilen ISO 15 - 25 erweitert. Hiernach wird die Arbeitslänge festgelegt und in der dritten Phase der apikale Zugang geschaffen und mittels K-Feilen um zwei bis drei ISO Größen mit der Step-Down-Technik aufbereitet. Mit größeren Instrumenten wird im Step-back Verfahren nach koronal erweitert (Guldener u. Langeland 1993).

#### 2.4.1.4 Crown-down-pressureless Technik:

Diese von MORGAN und MONTGOMERY (Morgan u. Montgomery 1984) beschriebene Technik erwies sich als zeitsparende, effektive und weitestgehend sichere Technik zur Aufbereitung gekrümmter Wurzelkanäle. Die Aufbereitung erfolgt von koronal nach apikal und wird in vier Abschnitte gegliedert:

In der initialen Crown-down Phase wird koronal mit Gates-Bohrern und Instrumenten ISO 30-35 erweitert, danach wird die Arbeitslänge festgelegt. In der dritten Phase erfolgt die apikale Aufbereitung mit dünner werdenden Instrumenten bis zum physiologischen Foramen. Zum Abschluss wird die endgültige Formgebung des Kanallumens vorgenommen.

#### 2.4.1.5 Balanced-Force-Technik

Diese 1985 von Roane (Roane et al. 1985) vorgestellte Technik setzt die Verwendung spezieller Instrumente voraus. Untersuchungen hatten gezeigt, daß eine nicht schneidende Instrumentenspitze die Gefahr der Stufenbildung und der Perforation deutlich verringert (Beer u. Baumann 1997). Die so genannte „Batt-Spitze“ ist nichtschneidend. Sie setzt sich aus einer Anfangsspitze („initial tip“) und einem Führungsteil („secondary guiding tip“) zusammen, danach folgen die Instrumentenschneiden mit Schneidekantenwinkeln von 35° und 70°. Diese spezielle Spitzengeometrie soll in gekrümmten Kanälen den ursprünglichen Kanalverlauf kaum verlegen. Das Instrument wird mit einer Rechtsdrehung in den Kanal eingebracht, dann trägt eine Dreiviertel-Linksdrehung unter leichtem apikalem Druck Dentin ab. Die Feile

wird mit einer Rechtsdrehung zur Ausgangslage aus dem Kanal entfernt. Diese Drehung sorgt für einen Transport der Dentinspäne aus dem Kanal. Dadurch wird deutlich weniger Dentinabrieb aus dem Foramen apikale herausgepresst als bei der Step-back-Technik mit der circumferent – feilenden Bewegung. Mit dieser Methode lassen sich auch gekrümmte Wurzelkanäle bis ISO 40 ohne gravierende Veränderungen im Kanalverlauf aufbereiten.

#### 2.4.1.6 Linear – feilende Arbeitsweise:

Bei dieser Methode wird die Feile bis zum gewünschten Punkt vorgeschoben und schabend an der Kanalwand zurückgezogen. Die restlichen Wandanteile werden nachfolgend ebenso bearbeitet. (Thoden Van Velzen et al. 1988)

#### 2.4.1.7 Anticurvature-filing Technik

Diese Technik wurde zur Aufbereitung enger und gebogener Kanäle entwickelt. Das vorgebogene Instrument wird bei der feilenden Bewegung gegen die Wand der Außenkrümmung gedrückt. Die Innenkrümmung wird auf diese Weise geschont und die Gefahr einer Perforation wird verringert (Abou-Rass et al. 1980).

#### 2.4.2 Maschinelle Aufbereitung:

Da die manuelle Aufbereitung eines Wurzelkanals eine zeitaufwendige und mühsame Aufgabe ist, wurde, wie schon unter 2.1 erwähnt, sehr früh nach Alternativen gesucht. Mit den maschinellen Systemen wird eine möglichst schnelle und gründliche Aufbereitung angestrebt, ohne von den unter 2.3.1 erwähnten Anforderungen der European Society of Endodontology abzuweichen. Bei anatomisch problematischen Zähnen ist außerdem die Rate an Misserfolgen bei der manuellen Techniken höher, als bei der maschinellen Aufbereitung (Beer u. Baumann 1997; Guldener 1992).

Die meisten älteren maschinellen Systeme arbeiten noch in feilend-schabender Technik, d.h. die Handaufbereitung wird imitiert. Heute werden weitere Bewegungsmuster, wie Rotation, Teilrotation und Hubbewegungen oder deren Kombinationen angeboten.

Nachfolgend werden die gängigen, maschinellen Aufbereitungssysteme vorgestellt:

#### 2.4.2.1 Giromatic<sup>®</sup> ( *Micro Mega*, Genf / Schweiz )

Das Giromatic<sup>®</sup> Winkelstück führt alternierende Viertelkreisbewegungen durch. Es kann mit Spezialfeilen oder herkömmlichen Instrumenten genutzt werden. Die Arbeitsgeschwindigkeit beträgt 3000 U/min.

#### 2.4.2.2 Endolift<sup>®</sup> ( *Kerr*, Karlsruhe )

Der Endolift ist ein Winkelstück mit einer 1:4 Getriebeuntersetzung und einer Oszillation im Winkel von 60°. Auf die Hubbewegung der Vorgängermodelle wurde bei dem neuen Modell verzichtet. Für den Endolift sind keine speziellen Instrumente erforderlich, da die Spannvorrichtung die Handgriffe aller herkömmlichen Handinstrumente aufnimmt.

#### 2.4.2.3 T1 Line Endo<sup>®</sup> / T1 Classic Endo<sup>®</sup> ( *Sirona*, Benzheim )

Das T1 Line Endo ist ein Winkelstück mit einer Untersetzung von 9,5:1 und einer alternierenden Rotationsbewegung von 30° nach dem Giromatic<sup>®</sup>-System. Es können aufgrund des alternierenden Bewegungsablaufs und der Spannvorrichtung sowohl Hand- als auch Maschinenfeilen verwendet werden.

#### 2.4.2.4 ENDOflash<sup>®</sup> ( *KaVo*, Biberach )

Der ENDOflash ist ein Winkelstück mit einer Untersetzung von 40:1 ohne Licht oder von 120:1 mit Licht und Drehmomentbegrenzung. Es sind aufgrund der 360° rotierenden Aufbereitung Spezialfeilen aus Stahl oder Nickel-Titan-Legierungen notwendig.

#### 2.4.2.5 Endocursor<sup>®</sup> ( *W&H*, Bürmoos / Schweiz )

Der Endocursor ist ein Endodontiewinkelstück, das alternierende Drehbewegungen von 60° ausführt.

#### 2.4.2.6 ATR Tecnika<sup>®</sup> ( *DENTSPLY/ Mailefer* )

Der ATR Tecnika ist ein Mikromotor mit Drehmomentsteuerung. Es findet ein Winkelstück mit 16:1 Untersetzung für die 360° rotierende Aufbereitung Verwendung. Alle auf dem Markt erhältlichen Nickel-Titan-Feilen können im ATR Tecnika

verwendet werden, da bei dem Gerät die Drehzahl und das Drehmoment mittels einer Speicherkarte angepasst werden kann

#### 2.4.2.7 S.E.T.-Endostepper<sup>®</sup> (*S.E.T. / Phytron*)

Der Endostepper der Firma S.E.T. hat einen elektronisch gesteuerten Schrittmotor zur Verwendung jedes üblichen 1:1 Handstückes. Der Motor führt eine vollständige Rotation in 1600 Einzelschritten durch. Vom Hersteller wird die Crown-Down-Technik mit den, auf das System abgestimmten, Flexmaster<sup>®</sup>-Feilen empfohlen. Es ist mit diesem Gerät aber auch die Balanced-Force-Technik durchführbar. Für jede Feile ist ein eigenes Programm mit Drehzahl und Drehmomentschutz gegen eine Instrumentenfraktur hinterlegt. Für festsitzende Feilen gibt es eine „Twisting Funktion“, die blockierte Instrumente löst. Die Firma S.E.T bietet Softwareupdates für alle auf dem Markt gängigen Feilensysteme an.

#### 2.4.2.8 Endo IT control<sup>®</sup> (VDW, München)

Der Endo IT control hat einen elektronisch gesteuerten Antrieb für ein 4:1 Winkelstück. Die Aufbereitung erfolgt rotierend mit Drehmomentkontrolle, Auto-Stop-Reverse und automatischer Kalibrierung. Bei diesem Gerät sind die Drehmomentwerte für folgende Systeme festgelegt: FlexMaster<sup>®</sup>, ProFile, GT Rotary<sup>®</sup>, ProTaper<sup>®</sup>, Hero<sup>®</sup>, Lightspeed<sup>®</sup>, K3<sup>®</sup>, RaCe<sup>®</sup>.

#### 2.4.2.9 Tri Auto ZX<sup>®</sup> (*Morita Europe GmbH*)

Der Tri Auto ZX ist ein akkubetriebenes Handstück für rotierende Aufbereitung mit integrierter elektrometrischer Längenbestimmung. Es können NiTi-Feilen aller gängigen Systeme verwendet werden. Die Aufbereitung erfolgt in Crown-Down-Technik.

### 2.4.3 Ultraschallsysteme:

Die Ultraschallanwendung zur Wurzelkanalaufbereitung wurde 1957 von RICHMANN in die Endodontie eingeführt. Über die Zweckmäßigkeit der Aufbereitung mit Ultraschall besteht in der Literatur keine Einigkeit. Die Reinigung des Wurzelkanals mit

Ultraschall und Spülungen mit Natriumhypochlorid wird als gut bewertet, die Gefahr der Stufenbildung im Wurzelkanal ist jedoch sehr hoch und die Formgebung wird als nicht befriedigend bezeichnet (Petschelt 1989; Stock 1992)

Auch KURZE sieht zumindest in der Ultraschallspülung des Wurzelkanals eine deutliche Überlegenheit in der Reinigung gegenüber der Handspülung (Kurze et al. 2002).

Ein wichtiger Anwendungsbereich des Ultraschalls in der Endodontie ist die Entfernung von Schrauben, Stiften und frakturierten Instrumenten aus dem Wurzelkanal und das Freilegen obliterierter Kanäle.(Petschelt 1989; Stock 1992)

Einige der gängigen Geräte auf dem Dentalmarkt sind:

- Piezon Master<sup>®</sup> ( EMS, Nyon / Schweiz )      25-32000 Hz
- Piezotec<sup>®</sup> PU 2000S ( Satelec Mettmenn )      32000 Hz
- Cavitron<sup>®</sup> ( Dentsply ; De Trey, Konstanz )      25000 Hz

## 2.5 Aufbereitungsinstrumente

Bei den Aufbereitungsinstrumenten ist neben der Methode, mit der sie angewendet werden, das Design des Instruments entscheidend für die Qualität der Wurzelkanalaufbereitung.

Wurzelkanalinstrumente wurden traditionell aus Kohlenstoffstählen hergestellt. Nach mehrmaligem Sterilisieren zeigten diese Instrumente jedoch eine erhöhte Bruchanfälligkeit. Seit den sechziger Jahren verwendet man Chrom-Nickel-Edelstähle und seit 1975 stetig zunehmend Nickel-Titan-Legierungen, die unter anderem den Vorteil haben, dass keine Materialermüdung durch Sterilisation auftritt. Hier finden die Nickel-Titan-Legierung Nitinol<sup>®</sup> oder eine Titan-Aluminium-Legierung Verwendung (Schäfer 1995). Die Titan-Aluminium-Legierung wird auch als MicroTitan bezeichnet und durch die Firma MicroMega<sup>®</sup> aus Frankreich vertrieben. Die Legierung besteht zu 95% aus Titan und zu 5% aus Aluminium. Diese Instrumente zeigen eine höhere

Flexibilität als Edelmetallinstrumente, weisen jedoch dieselbe Frakturanfälligkeit auf. Der Vorteil der Titan-Aluminium-Legierung liegt darin, dass die Sterilisation die Schneidleistung der Instrumente nicht negativ beeinflusst (Schäfer 1995).

Die besondere Flexibilität und Widerstandsfähigkeit gegen Bruch sind die entscheidenden Vorteile der Instrumente aus Nickel-Titan bzw. Titan-Aluminium gegenüber den Edelmetallinstrumenten, so dass eine geringere Schneidleistung der Titaninstrumente toleriert wird. Ihre Flexibilität erlaubt es den Instrumenten aus Titanlegierungen, der Kanalkrümmung gut zu folgen, ohne im Zuge der Aufbereitung den Kanalverlauf zu verändern.

Folgende Merkmale eines endodontischen Instruments nehmen Einfluss auf dessen Arbeitsweise:

- Schneidekantenwinkel :

Der Winkel, den die Schneidekanten mit der Instrumentenlängsachse bilden. Er beeinflusst die Effizienz des Abtrags eines Instruments.

- Spanraum :

Der Spanraum gibt die Menge an Debris und die Fähigkeit des Instruments an, Material aus dem Kanal zu befördern.

- Kerndurchmesser :

Der Kerndurchmesser bestimmt die Bruchfestigkeit und Flexibilität des Instruments. Je höher der Kerndurchmesser, desto höher ist die Bruchfestigkeit, aber umso geringer ist die Flexibilität.

- Torsionswinkel :

Dies ist der Winkel, bei dem ein an der Spitze verklemmtes Instrument im Wurzelkanal frakturiert. Er wird auch als Verdrehwinkel bezeichnet.

Für den Praktiker ist die Schneidleistung von Wurzelkanalinstrumenten von großer Bedeutung. Sie ist abhängig vom Instrumentenquerschnitt, der Anzahl der Schneiden



pro Arbeitsteil, dem Schneidekantenwinkel und der Legierung. Nickel-Titan-Legierungen sind, wie schon beschrieben, von der Schneidleistung den herkömmlichen Edelmetallinstrumenten unterlegen (Schäfer 1995).

Weiter ist die Spitzengeometrie des Instruments von großem Einfluss auf die Kanalform nach der Aufbereitung. Modifizierte Instrumentenspitzen, die gegenüber der konventionellen Spitzengeometrie eine kuppenartig geformte und nicht schneidende Spitze haben, besitzen eine bessere zentrische Führung im Wurzelkanal (Schaefer et al. 1994).

Die Bruchsicherheit eines Instruments hängt von der Form, dem Kerndurchmesser, dem Material und der angewandten Aufbereitungstechnik ab. Die Gefahr des Instrumentenbruchs erhöht sich, je geringer der Kerndurchmesser des verwendeten Instruments ist.

Die Größeneinteilung der endodontischen Instrumente begann erst in den fünfziger Jahren. Seit 1966 existiert eine Untergruppe des ADA, der „Council on Dental Material, Instruments and Equipment“. Weltweit ist die Gruppe TC-106JW6-1 im Auftrag der „International Standard Organisation“ für eine Vereinheitlichung der Instrumentengrößen zuständig.

Im Jahr 1974 wurde die ISO-Norm 3630 für Wurzelkanalinstrumente festgelegt (s. Abb. 10). Diese DIN EN ISO 3630 wurde in den Jahren 1994, 1996, 2001 und 2006 überarbeitet und erweitert. Aktuell besteht die DIN EN ISO 3630-1:2006-05 für allgemeine Prüfverfahren und Anforderungen von Wurzelkanalinstrumenten, die DIN EN ISO 3630-1:1994-12 für Zahnärztliche Wurzelkanalinstrumente-Teil 1: Feilen, Reibahlen, Nervnadeln, Raspeln, Füller, Sonden und Wattenadeln, die DIN EN ISO 3630-2:2001-09 Zahnärztliche Wurzelkanalinstrumente - Teil 2: Erweiterer und die DIN EN ISO 3630-3:1996-08 Zahnärztliche Wurzelkanalinstrumente - Teil 3: Füllungsverdichter, -stopfer und -verteiler.



Abbildung 10: ISO Schema für Wurzelkanalinstrumente (Größe und Farbcodierung)  
(aus Beer u. Baumann 1997)

Der schneidfähige Bereich ist nach ISO-Norm 16 mm lang. Es werden drei Durchmesser unterschieden:

- $d_1$  Durchmesser an der Spitze
- $d_2$  Durchmesser am Ende des Arbeitsteils nach 16 mm
- $d_3$  Durchmesser 3 mm hinter der Spitze

## 2.5.1 Traditionelle Instrumente zur manuellen Wurzelkanalaufbereitung:

### 2.5.1.1 K-Reamer®

Der Kerr-Reamer (s.Abb.11) gilt als einer der Grundtypen endodontischer Instrumente. Er weist mit ca.  $20^\circ$  den kleinsten Schneidekantenwinkel der Handinstrumente auf und hat mit 0,5-1 Windung / mm eine geringe Schneidenanzahl. Als Symbol steht für den Reamer ein Dreieck, das Instrument hat bei den kleinen Größen jedoch einen viereckigen Querschnitt, der erst bei den größeren Größen dreieckig wird. Dadurch ist der Spanraum der kleinen Größen mit 36% sehr gering und vergrößert sich erst mit den großen Instrumenten auf 60%. Die Instrumente werden durch das Verdrillen eines Vierkant-, bzw. Dreikantstahles hergestellt.

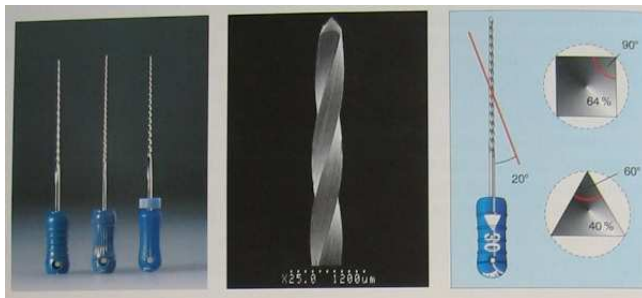


Abbildung 11: Kerr - Reamer

### 2.5.1.2 K-Feile®

Die Kerr-Feile (s.Abb.12) wurde bereits 1915 zum Patent angemeldet. Auch diese Instrumente haben zunächst einen viereckigen und erst bei größeren ISO-Größen einen dreieckigen Querschnitt. Das Symbol ist jedoch ein Viereck. Die Spanräume sind mit dem K-Reamer® identisch, der Schneidekantenwinkel ist mit ca.  $40^\circ$  doppelt so groß. Auch die Anzahl der Schneiden pro mm ist mit 1,5-2,5 deutlich höher.

Für beide Instrumente wird die rotierend-schabende Technik empfohlen. Die Bruchanfälligkeit ist bei den Kerr-Instrumenten bedingt durch den vier-, bzw. dreieckigen Querschnitt auch bei den kleineren Größen recht gering, doch dieser Vorteil geht auf Kosten der Flexibilität des Instruments.

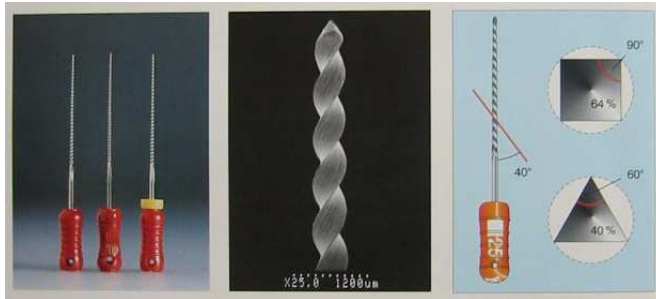


Abbildung 12: Kerr - Feile

### 2.5.1.3 Headström-Feile

Die Headström-Feile (s.Abb.13) wird aus Rundprofilen herausgefräst. Ihr Symbol ist daher ein Kreis. Diese Feile zeichnet sich bedingt durch ihren großen Schneidekantenwinkel von ca.  $65^\circ$  durch eine hohe Effizienz des Abtrags aus. Der Spanraum beträgt 35%. Die Headström-Feile wird für den feilenden Einsatz empfohlen. Die Bruchanfälligkeit ist durch den runden Querschnitt mit relativ kleinem Kerndurchmesser hoch. Darüber hinaus können die Fräsrillen wie Sollbruchstellen wirken.



Abbildung 13: Headström - Feile

Um die einzelnen Nachteile der traditionellen Instrumente zu kompensieren, wurden Hybridtypen entwickelt, die die Stabilität der Kerr-Typen mit der aggressiven Schneidleistung und der Flexibilität der H-Feile vereinen sollen. Eine höhere Flexibilität wurde entweder durch einen rhombenförmigen Querschnitt erreicht, der jedoch nur zwei schneidende Kanten erlaubt, oder durch einen dreieckigen Querschnitt, der auch bei kleinen ISO-Größen erreicht wird und drei Schneidekanten ermöglicht. Als weitere entscheidende Modifikation ist die „Batt-Spitze“ anzusehen (s.Abb.14), die mit ihrer

stumpfen, nicht schneidenden Form eine Verlegung des Kanalverlaufs, sowie eine Perforation des Kanals verhindern soll.

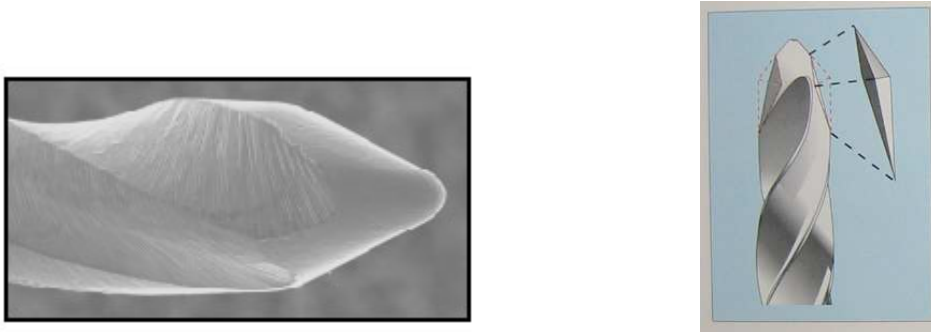


Abbildung 14: „Batt – Spitze“ (aus Beer u. Baumann 1997)

Da eine schneidende Spitze als Ursache für Aufbereitungsfehler erkannt wurde (Schäfer 1995), entwickelte ROANE 1985 bei der Flex-R<sup>®</sup>-Feile eine Spitze mit abgerundeten Schneidekanten. Die Herstellung der dreieckigen Instrumente erfolgt wie bei der H-Feile durch Fräsen aus einem Rundprofil.

## 2.5.2 Modifizierte Instrumente zur manuellen Aufbereitung:

### 2.5.2.1 K-Flex<sup>®</sup>-Feile

Die K-Flex<sup>®</sup>-Feile wurde 1982 entwickelt. Sie weist einen rhombischen Querschnitt auf, der durch Verdrillung hergestellt wird. Der Schneidekantenwinkel liegt zwischen 25° und 50°.

### 2.5.2.2 K-Flexofile<sup>®</sup>

Die K-Flexofile wird seit 1981 durch die Firma *Maillefer* hergestellt. Der dreieckige Querschnitt wird durch die Verdrillung eines Rohlings erreicht. Mit einem Schneidekantenwinkel von 30° bis 45° sind diese Feilen bei drehend-schabender Arbeitsweise sehr effektiv. Dieses Instrument wird auch mit der nicht schneidenden „Batt-Spitze“ angeboten.

### 2.5.2.3 Flexicut<sup>®</sup>-Feilen

Diese Feilen werden seit 1989 von der Firma *Anteos* angeboten. Der Instrumentenquerschnitt ist dreieckig, der Schneidekantenwinkel liegt zwischen 24° und 45°.

### 2.5.2.4 Flexoreamer<sup>®</sup>

Der Flexoreamer ist ein ebenfalls von der Firma *Maillefer* vertriebenes Instrument aus einem verdrehten, dreieckigen Rohling und mit einem Schneidekantenwinkel von 23° bis 32°. Auch der Flexoreamer<sup>®</sup> ist mit „Batt-Spitze“ erhältlich.

## 2.5.3 Instrumente zur maschinellen Wurzelkanalaufbereitung

Bei den Instrumenten zur maschinellen Wurzelkanalaufbereitung hat fast jeder Konzern sein eigenes Feilendesign auf den Markt gebracht. Die gängigsten Formen sollen nachfolgend kurz vorgestellt werden.

### 2.5.3.1 System GT Rotary<sup>®</sup> Files ( *Maillefer* ; Schweiz )

Die GT-Rotary<sup>®</sup> Nickel-Titan-Feilen (s. Abb. 15) wurden vom amerikanischen Endodonten L.S. BUCHANAN entwickelt. Sie zeichnen sich durch einen kurzen schneidenden Arbeitsbereich des Instruments aus und werden mit der Crown-Down-Technik bei 300 Umdrehungen pro Minute (im Nachfolgenden mit rpm abgekürzt) betrieben. Es werden Sequenzen für schmale, mittlere und große Kanäle angeboten. Bei diesem System kommt man pro Sequenz mit nur vier Feilen aus. Es sind drei weitere Zusatzinstrumente für extragroße Kanäle auf dem Markt. Ein passendes Einstift-Abfüllsystem wird zu diesen Feilen angeboten.



Abbildung 15: GT Rotary<sup>®</sup> Wurzelkanalinstrument ([www.maillefer.ch](http://www.maillefer.ch))

### 2.5.3.2 ProTaper® ( Maillefer ; Schweiz )

Die sehr aggressiv schneidenden ProTaper® Nickel-Titan-Feilen (s.Abb.16) wurden speziell zur Aufbereitung schwieriger, obliterierter und stark gekrümmter Kanäle entwickelt. Die Instrumentenspitze ist so gestaltet, dass eine sehr geringe Kontaktfläche zwischen Feile und Dentin entsteht und damit die Torsionskräfte reduziert werden. Bei diesem System werden nur drei bis fünf verschiedene Feilen zur vollständigen Aufbereitung des Wurzelkanalsystems benötigt.



Abbildung 16: ProTaper® Wurzelkanalinstrument ([www.maillefer.ch](http://www.maillefer.ch))

### 2.5.3.3 ProFile® ( Mailefer ; Schweiz)

Das ProFile-System (s.Abb.17) besteht aus Nickel-Titan-Feilen zur rotierenden Aufbereitung mit 150 – 300 rpm. Es wird die Crown-Down-Technik empfohlen. Die Feilen sind mit einer Konizität („Taper“) von .04 und .06 Grad erhältlich. Zusätzlich gibt es die ProFile O.S. mit einer Konizität von 5 bis 8 Grad. Die .06 ProFile® sind in ISO 15-40 erhältlich und dienen zur Aufbereitung der mittleren Kanalsektion, die .04 ProFile® werden in ISO 15-90 produziert und dienen zur Präparation des apikalen Drittels. Die ProFileO.S.® werden als N° 1 – N° 6 analog zu ISO 20-80 angeboten und zur koronalen Erweiterung der Kanäle empfohlen.

Alle ProFile® Instrumente haben eine nicht-schneidende Spitze („Batt-Spitze“) und „radial lands“ zur besseren Zentrierung der Feile im Wurzelkanal. Zur Beschreibung der „radial lands“ siehe unter 2.5.3.9 K3 Endo.



Abbildung 17: ProFile<sup>®</sup> Wurzelkanalinstrumente ([www.maillefer.ch](http://www.maillefer.ch))

#### 2.5.3.4 HERO 642<sup>®</sup> (*Micro Mega* ; Frankreich)

Die Firma *Micro Mega* hat als Standard System die Hero 642<sup>®</sup> Feilen (s.Abb.18) auf den Markt gebracht. Die Feilen bestehen aus „Nitinol“, einer speziellen Nickel-Titan-Legierung. Empfohlen wird eine rotierende Aufbereitung mit 300-600 rpm und der Crown-Down-Technik.

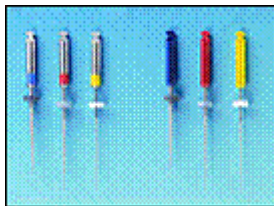
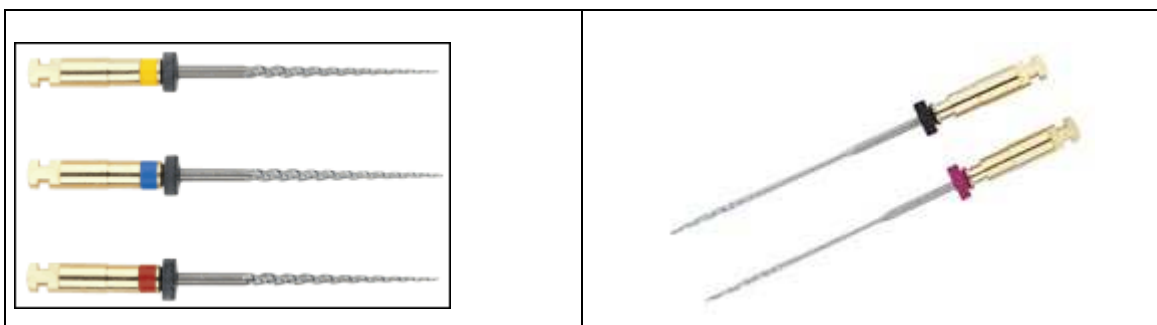


Abbildung 18: HERO 642 Wurzelkanalinstrumente ([www.micromega.com](http://www.micromega.com))

Die Feilen sind in einer Konizität von .02, .04 und .06 Grad erhältlich und werden nach der Kanalschwierigkeit zu Sequenzen zusammengestellt. Durch die verschiedenen Steigungswinkel innerhalb der Feilensequenzen wird die Kontaktfläche der Feile mit der Kanalwand minimiert und die Frakturgefahr der Instrumente verringert.

#### 2.5.3.5 HERO Apical<sup>®</sup> und HERO Shaper<sup>®</sup> (*Micro Mega* ; Frankreich)





HERO Shaper <sup>®</sup>	HERO Apical <sup>®</sup>
--------------------------	--------------------------

Abbildung 19: HERO Shaper<sup>®</sup> und HERO Apical<sup>®</sup> Wurzelkanalinstrumente (www.micromega.com)

Diese beiden Feilen-Typen dienen in Kombination der schnellen, effektiven und sicheren Aufbereitung des Wurzelkanals. Als Arbeitsgeschwindigkeit werden 300-600 rpm empfohlen. Auch hier gibt es, in Abhängigkeit von der Krümmung der Kanäle, verschiedene Sequenzen. Der Kanal wird mit zwei bis vier HERO Shaper<sup>®</sup> auf Arbeitslänge aufbereitet, danach besteht die Möglichkeit, das apikale Drittel mittels der HERO Apical<sup>®</sup> zu erweitern (s.Abb.19). Dadurch soll zum einen die Abfüllung des Wurzelkanals erleichtert und zum anderen kontaminiertes Dentin in größerem Maße abgetragen werden.

#### 2.5.3.6 ENDOFLARE<sup>®</sup> ( *Micro Mega* / Frankreich)

Diese Feilen (s.Abb.20) dienen der Erweiterung des coronalen Drittels des Wurzelkanals. Eine Geschwindigkeit von 300 bis 600 rpm wird bei den ENDOFLARE<sup>®</sup> empfohlen.

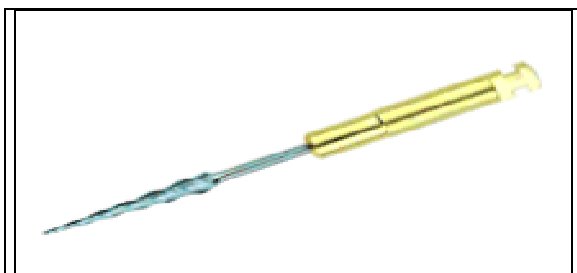


Abbildung 20: ENDOFLARE<sup>®</sup>-Feile (www.micromega.com)

#### 2.5.3.7 Flexmaster<sup>®</sup> ( *VDW* / Deutschland )

Bei den Flexmaster<sup>®</sup>- Feilen handelt es sich um hochflexible Nickel-Titan-Feilen mit hoher Schneidleistung. Die Feilen besitzen einen konvexen Dreikant-Querschnitt, der hohe Stabilität und Flexibilität ermöglicht. Die Spitze ist nicht-schneidend und dient der sicheren Führung im Wurzelkanal. Das System ist auf die Crown-Down-Technik ausgelegt. Durch Feilensequenzen mit unterschiedlichen Konizitäten haben stets nur Teile des Instruments Kontakt zur Wand des Wurzelkanals.

### FlexMaster® Systembox für einfache Instrumentensequenzen



Abbildung 21: Flexmastersystem ([www.vdw-dental.de](http://www.vdw-dental.de))

Für jeden Kanaltyp ist eine entsprechende Instrumentensequenz vorhanden (s. Abb. 21). Je nach Kanalbeschaffenheit sind drei bis fünf Instrumente zur Aufbereitung erforderlich. Zusätzlich wird eine IntroFile® analog zu ISO .22 mit einer Konizität von .11 Grad zur Erweiterung des koronalen Kanalanteils angeboten.

#### 2.5.3.8 Quantec® (Sybron Dental Specialities ; USA)

Die Firma Quantec bietet Nickel-Titan-Feilen für die rotierende Aufbereitung mit elektronisch gesteuerten Mikromotoren an. Der Hersteller empfiehlt keine spezielle Aufbereitungstechnik. Als Leitfaden wird folgende Sequenz an Feilen vorgeschlagen:

Eröffnung der koronalen Zweidrittel mittels einer Feile in Größe ISO 25 mit einer Konizität von .06 Grad, nachfolgend katheterisieren des Kanals mittels K-Feilen in ISO 10 oder ISO 15 und anschließend die Aufbereitung mit einer vier Feilen Sequenz in ISO 25 und einer Konizität von .12, .10, .08, und .06 Grad (s. Abb. 22).

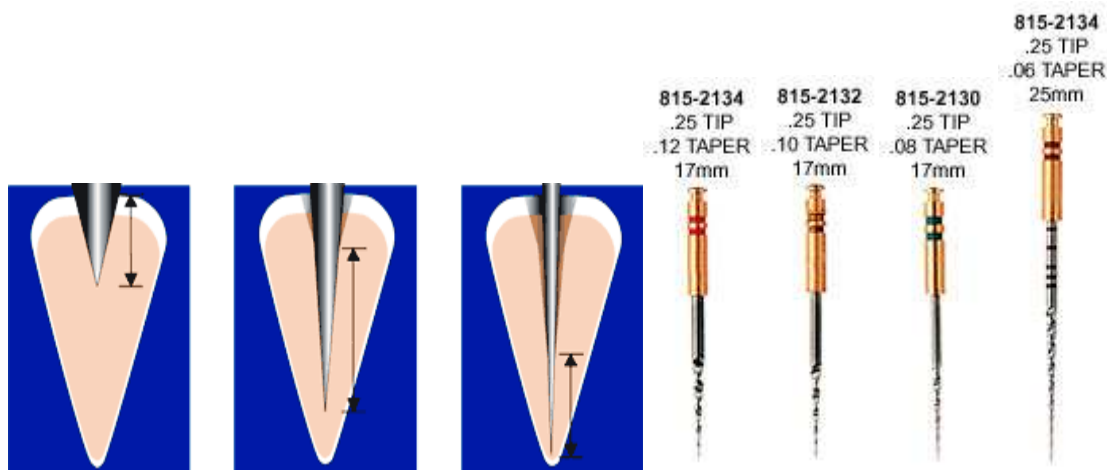


Abbildung 22: Quantec Wurzelkanalinstrumente (www.sybronendo.com)

Durch die verschiedenen Konizitäten bei gleicher ISO Größe wird der Kontakt des Instruments mit der Kanalwand und dadurch auch die Belastung auf das Instrument minimiert.

#### 2.5.3.9 K3 Endo<sup>®</sup> ( Sybron Dental Specialities ; USA und Kerr GmbH ; Karlsruhe)

Die K3 Endo-Feilen aus Nickel-Titan werden für die rotierende Aufbereitung hergestellt. Die Feilen haben ein speziell entwickeltes Schneidendesign (radial lands) (s. Abb.23). Der Reibungswiderstand einer Feile ist proportional zu der Fläche, mit der die radiale Fase (Schneidekante) bei der Aufbereitung in Kontakt kommt. Eine breite radiale Fase ohne Entlastung führt zu erhöhter Reibung an der Kanalwand und damit zu einer erhöhten Frakturgefahr.



Abbildung 23: „radial land“ – Schneidekanten                      „normale“    Schneidekanten

Die Instrumentenspitze ist nicht-schneidend und der Steigungswinkel des Gewindes nimmt von der Spitze zum Schaft stetig zu. Damit wird ein besserer Abtransport der abgetragenen Dentinspäne ermöglicht.

## 2.6 Methoden zur Wurzelkanalfüllung

Um das Wurzelkanalsystem zu verschließen wurden in der Vergangenheit verschiedenste Materialien ausprobiert. Es wurden Goldfolie, Silberstifte, Bleifolie, Orangenholz, Bambus oder Asbest eingesetzt. Im Jahre 1867 führte G.A. BOWMAN

Guttapercha in die Endodontie ein (Beer 1991). Seitdem wird dieses Material in der Endodontie verwendet, da sich bis in die heutige Zeit kein besser geeignetes Material zur Wurzelkanalfüllung gefunden hat. Die reine Guttapercha wird aus dem Saft des Tabanbaumes gewonnen (Schilder et al. 1974) und ist ein Trans-Isomer von Polyisopren mit teilkristalliner Struktur, wobei die Polyisoprenketten nicht völlig ungeordnet sind, sondern gewisse Anordnungsmuster zeigen.

In der Endodontie werden Guttaperchakompositionen verwendet. Die Eigenschaften der Guttaperchaspitzen werden von dem Anteil an Zinkoxid, Schwermetallen, Harzen und Wachsen bestimmt, die der Guttapercha beigemischt werden. Neben der Zusammensetzung haben Homogenität, Dichte und Verteilung der einzelnen Bestandteile ebenso Einfluß auf die Eigenschaften, wie der Alterungsgrad des Materials. Guttapercha nimmt Sauerstoff auf und wird durch Sonne und Luft brüchig.

Jeder Hersteller versucht mit seiner Komposition die wünschenswerten, jedoch gegensätzlichen Eigenschaften (Friedman et al. 1975) eines Guttaperchastiftes zu erreichen: er soll starr genug sein, um in den Kanal eingeführt werden zu können, jedoch eine ausreichende Flexibilität aufweisen, um sich auch gekrümmten Kanälen anzupassen. Weiter soll Guttapercha genügend „flow“ besitzen, d.h. es soll sich bei Druck verformen, um sich bei der Kondensation den Kanalwänden anzupassen.

Da die Guttapercha an sich und auch in ihren industriellen Kompositionen keine adhäsiven Eigenschaften sowie eine hohe Viskosität besitzt, werden Guttaperchastifte stets in Kombination mit einer Wurzelkanalfüllpaste, einem so genannten Sealer, verwendet. Dieser Sealer soll in Seitenkanäle und in die Dentinkanälchen eindringen, sowie die Hohlräume zwischen der Kanalwand und der Guttapercha, als auch zwischen den Guttaperchastiften abdichten. Auf die Verwendung des Sealers sollte niemals verzichtet werden, da sonst der bakteriendichte Verschluss des Wurzelkanalsystems nicht gewährleistet ist (Beer 1991; De Moor u. De Boever 2000). Die biologische Verträglichkeit spielt gerade beim Sealer eine entscheidende Rolle für den klinischen Erfolg der Wurzelfüllung. Über Jahrzehnte wurden Mittel mit desinfizierender Wirkung zur Wurzelkanalfüllung empfohlen. Pasten mit Formaldehyd, Trikesolformalin, Zyanchlorid oder gar Arsen fanden Verwendung und führten zum Abtöten der Zellen im periradikulären Gewebe mit Bildung einer Koagulationsnekrose, sowie der Entstehung

einer chronischen apikalen Parodontitis mit Zement und Knochenresorptionen bei weitestgehender Schmerzfreiheit. Klinisch wurden diese Vorgänge daher meist nicht oder nur in sehr fortgeschrittenem Stadium bemerkt. Von den gängigen Sealern sind N2<sup>®</sup> (*Hager & Werken / Duisburg*) und Endomethasone<sup>®</sup> (*Septodont / Frankreich*) als sehr toxisch einzustufen, denn sie weisen erhebliche lokale und systemische toxische Wirkungen auf (Thoden Van Velzen et al. 1988). Das im N2<sup>®</sup> als Röntgenkontrastmittel verwendete Bleioxid wurde als Folge einer endodontischen Behandlung im Tierversuch in Blut, Knochen, Leber, Niere und in der Milz nachgewiesen (Guldener u. Langeland 1993). Daher sind paraformaldehyd- und kortikosteroidhaltige Sealer bzw. generell WKF-Pasten mit Medikamentenzusätzen nach Auffassung der *European Society of Endodontology* (1994) und der *DGZMK* (1999) als obsolet zu betrachten (DGZMK 1999; Europäische Gesellschaft für Endodontie 1994; Schäfer 2003).

Eine weitere Gruppe der Wurzelkanalfüllpasten stellen die Sealer auf Guttapercha-Basis dar. Hierbei wird Guttapercha in Chloroform oder anderen organischen Lösungsmitteln angelöst und damit der Wurzelkanal gefüllt. Durch die erheblichen toxischen Nebenwirkungen auf Herz, Leber und Niere des Chloroforms und die massive Schrumpfung der Wurzelfüllung infolge des Verdampfens des Lösungsmittels ist diese Form des Sealers als historisch zu betrachten (Schäfer 2003).

Aber auch alle heute gebräuchlichen Wurzelfüllpasten, wie Sealapex<sup>®</sup> (*Sybron / USA*), Diaket<sup>®</sup> (*3M Espe / Seefeld*), Ketac Endo<sup>®</sup> (*3M Espe / Seefeld*) oder AH26<sup>®</sup> (*DeTray Dentsply / Konstanz*) zeigen in der Abbindephase eine begrenzte toxische Reaktion im apikalen Bereich (Beer 1991; Schäfer 2003). Nach Abschluss der Abbindephase, die zwischen 36 und 48 Stunden dauert, ist beim AH26 die toxische Reaktion sehr niedrig, d.h. im periradikulären Gewebe finden sich äußerst geringe Spuren einer chronischen Entzündung. Eine systemische Verteilung enthaltener Substanzen, wie z.B. bei N2 oder Endomethasone, konnte nicht nachgewiesen werden. Diese Reaktion wird in der Literatur allgemein toleriert (Orstavik et al. 1991).

Ein weiterer Aspekt neben der Toxizität bei der Beurteilung der Qualität eines Sealers ist die Löslichkeit bzw. Resorption im Wurzelkanal. Es hat sich gezeigt, dass Wurzelkanalfüllpasten auf Zinkoxid-Eugenol- oder Glasionomer-Basis eine relativ

höhere Löslichkeit aufweisen, als dies bei anderen Zusammensetzungen der Fall ist. Die größte Löslichkeit nach 28 Tagen weisen kalziumhydroxidhaltige WKF-Pasten auf. Ihr Gewichtsverlust ist mit über zehn Prozent zu beziffern (Schäfer 2003). Diese Präparate werden daher als temporäre medikamentöse Einlage und nicht für die Wurzelfüllung verwendet. Schäfer spricht die Empfehlung aus, den Sealern auf Polymethylsiloxanbasis wie Z.B. RSA RoekoSeal<sup>®</sup> (Coltene Whaledent / Langenau), auf Polyketonbasis wie Diaket<sup>®</sup> oder auf Epoxydharzbasis wie AH26<sup>®</sup> und AH plus<sup>®</sup> klinisch den Vorzug zu geben.

Ergänzt man diese Empfehlung um den Aspekt der Haftfestigkeit am Dentin, so sieht man anhand der Abb. 24 nach einer Studie von TAGGER aus dem Jahr 2002, dass Wurzelkanalfüllpasten wie Sealapex und zinkoxideugenolhaltige WKF-Pasten im Scherversuch keine Haftkraft am Dentin zeigen. Apexit und Ketac-Endo weisen hingegen eine deutlich erkennbare Haftwirkung am Dentin auf. Eindeutig überlegene Haftkräfte zeigt das auf Epoxydharzbasis hergestellte Präparat AH26 (Tagger et al. 2002).



Abbildung 24: Haftfestigkeit verschiedener Sealer am Dentin (Tagger et al. 2002)

Fasst man die geschilderten Aspekte zusammen, so sollte in der aktuellen Zahnmedizin eine Wurzelkanalfüllung aus einem halbfesten Kernmaterial, hier scheint Guttapercha in seinen industriellen Kompositionen noch immer das Material der Wahl zu sein, in

Verbindung mit einem Sealer mit geringer Löslichkeit und hoher Haftfestigkeit am Dentin bestehen. Auf dem Markt noch erhältliche Silberstifte sind als Kernwurzelfüllung mit dem heutigen Wissensstand ebenfalls als historisch zu betrachten, da bei der Korrosion im Kontakt mit Gewebeflüssigkeit zytotoxische Produkte, wie Silbersulfide, -chloride, -sulfate und -karbonate in den periapikalen Bereich gelangen und Entzündungsreaktionen hervorrufen (DGZMK 1999). Abgesehen davon ist eine Kondensation fester Kernmaterialien und damit die Adaptation an Unebenheiten in der Kanalwand nicht möglich. Des Weiteren ist eine eventuelle Revision einer Wurzelfüllung mit festem Kernmaterial ungleich erschwert. Die letztgenannten Aspekte gelten auch für Wurzelfüllstifte aus Titan.

#### 2.6.1 Wurzelkanalfüllung mit lateraler Kondensation

Eine Wurzelkanalfüllung in der oben genannten Kombination ist mit verschiedenen Techniken zu realisieren. Traditionell wird Guttapercha in Form von Points, die mit Sealer benetzt sind, in den Wurzelkanal eingebracht und mit einem Spreader verdichtet. Es soll aufgrund der immer auftretenden Löslichkeit des Sealers ein dichtes Guttaperchagefüge mit möglichst geringem Anteil an Sealer eintreten. Je höher der Anteil an Sealer in der Wurzelkanalfüllung ist, umso ausgeprägter ist die Auswaschung des Materials (Peters 1992a, 1992b, 1992c). Um ein dichtes Paket aus Guttaperchastiften zu erhalten, müssen die auf den Spreader folgenden Points zwei ISO-Größen geringer als die Spreadergröße ausgewählt werden, andernfalls besteht die Gefahr, dass Hohlräume in der Wurzelkanalfüllung entstehen (Tran-Janusz 2000). Weiter ist bei der lateralen Kondensation der Krafteinsatz auf den Spreader zu beachten. Zu hohe Kräfte könnten zur Längsfraktur der Wurzel führen, bei zu geringem Krafteinsatz besteht wieder die Gefahr, dass Hohlräume in der Wurzelfüllung entstehen, da der nachfolgende Hilfsstift nicht vollständig in das geschaffene Lumen eingebracht werden kann. Ein Krafteinsatz von 20N hat sich in Untersuchungen von MUNDORF im Rahmen einer Dissertationsarbeit an der Universitätsklinik Eppendorf in Hamburg als ideal erwiesen (Mundorf 1998). Als Hauptproblem der lateralen Kondensation ist sicherlich die Verdichtung der Guttaperchastifte im gekrümmten apikalen Wurzelfeld zu sehen, da der Spreader nur eine begrenzte Flexibilität aufweist.

## 2.6.2 Wurzelkanalfüllung mit vertikaler Kondensation

### 2.6.2.1 vertikale Kondensation nach SCHILDER

Bei dieser Wurzelkanalfüllmethode wird ein nicht standardisierter konischer Guttaperchapoint auf Arbeitslänge in den konisch aufbereiteten Wurzelkanal einprobiert. Beim Entfernen aus dem Wurzelkanal soll sich ein apikaler Widerstand, der so genannte „tugback“ zeigen. Vor dem erneuten Einbringen in den Wurzelkanal wird der Point an der Spitze um 0,5mm gekürzt und dünn mit Sealer beschickt. Danach beginnt man mit dem „downpack“, d.h. man trennt mit einer über einer Flamme erwärmten Hitzesonde den Point auf Höhe des Kanaleingangs ab und kondensiert anschließend mit einem Planstopfer („Plugger“) vertikal. Nach der Kondensation dringt man mit der Hitzesonde („heat-carrier“) tiefer in den Kanal ein und lässt die Sonde kurz im Kanal erkalten. Beim Herausziehen der Sonde wird etwas Guttapercha mit aus dem Kanal entfernt, nachfolgend wird mit einem kleineren Plugger kondensiert. Beim letzten Erwärmvorgang erreicht die Hitzesonde den apikalen Bereich. Der dünnste Plugger wird bis etwa 5mm an den Apex herangeführt und mit Druck apikal gehalten, bis die Guttapercha vollständig ausgekühlt ist. So wird die Schrumpfung in der Abkühlphase kompensiert. Danach ist der „downpack“ fertig. Der restliche Wurzelkanal wird abschließend mittels kleiner Guttaperchastückchen und weiterer Phasen von Plastifizierung und Kondensation aufgefüllt. Dies ist der so genannte „backfill“. Eine weitere Sealerzugabe findet nicht statt.

### 2.6.2.2 „Continuous Wave of Obturation“ nach Buchanan

BUCHANAN hat die „vertikale Kondensation“ nach SCHILDER im Jahr 1987 weiterentwickelt. So entstand das „System B“ der Firma SybronEndo / USA, ein elektrisch beheizter „heat-carrier“ mit konstanter Temperaturregelung, welcher den „downpack“ in einem einzigen Arbeitsschritt ermöglicht. Die Wärmesonde wird dabei mit einer Temperatur von 200°C kontinuierlich bis etwa 3-4mm vor den Apex vorgeschoben. Dies dauert etwa 2 Sekunden. Die Guttapercha wird plastifiziert und es baut sich in der viskösen Guttapercha eine kontinuierliche hydraulische Druckwelle



(„continuous wave“) bis zum Apex auf, welche die Guttapercha in Seitenkanäle und nicht instrumentierte Bereiche presst. Der „downpack“ muss nicht, wie bei der klassischen Methode nach SCHILDER mehrfach unterbrochen werden. Der „backfill“ erfolgt durch Injektion thermisch plastifizierter Guttapercha mittels z.B. der Obtura I-III Geräte (Obtura Spartan / USA). Hiermit kann auch der „backfill“ in einem Arbeitsschritt durchgeführt werden. Buchanan empfiehlt jedoch, kleine Portionen in den Kanal einzubringen und mit dem „Plugger“ zu kondensieren, um Inhomogenitäten in der Wurzelfüllung zu vermeiden. Des Weiteren sollte die Obtura-Kanüle vor dem „backfill“ etwa 5 Sekunden im Kanal gehalten werden, um die Kanalwände bereits anzuwärmen. (Buchanan 1994, 1996, 2004)

### 2.6.2.3 MicroSeal®

Diese Methode von SybronEndo nach McSpadden nutzt dünnfließende erwärmte Guttapercha, die mit einem Master-Cone in den Wurzelkanal eingebracht wird. Ein Sealer wird bei dieser Methode nicht verwendet.

## 2.6.3 Wurzelkanalfüllung mittels Einzelstift

### 2.6.3.1 Einzelstiftmethode VDW / München

Ziel dieser Methode ist es, eine vom Zeit- und Arbeitsaufwand verringerte Wurzelfüllung von gleich guter Qualität wie bei den oben genannten Techniken zu erreichen. Der Kanal wird mit einer auf die Kanalanatomie angepassten Feilensequenz aufbereitet. Das FlexMaster® System sieht Sequenzen für weite Kanäle (06/30, 06/25, 06/20, 04/30), mittlere Kanäle (06/25, 06/20, 04/30, 04/25) und enge Kanäle (06/20, 04/30, 04/25, 04/20) vor (s.Abb.25). Die erste Zahl vor dem Schrägstrich gibt die Konizität des Feile an, die Zahl nach dem Schrägstrich die ISO-Größe. Allen Sequenzen wird eine Introfeile zur coronalen Erweiterung des Kanaleingangs vorangestellt. Zusätzlich wird eine Sequenz zur apikalen Erweiterung (02/20, 02/25, 02/30, 02/35) angeboten (s.Abb.25). Zur Obturation gibt es entsprechend der ISO-Größe und Konizität der Masterfeile einen passenden Guttapercha-Point, der mit einem Sealer beschickt in den aufbereiteten Kanal eingebracht wird. Eine Kondensation findet nicht statt.



Abbildung 25: FlexMaster® Feilensequenzen

### 2.6.3.2 Thermafil® / Maileffer CH

Das Thermafil-System der Schweizer Firma Maileffer besteht aus einem mit Guttapercha ummantelten Kunststoffträger (s.Abb.26), der in einem speziellen Temperierofen, dem ThermaPrep Plus® (s.Abb.27) für wenige Sekunden erwärmt und in den Wurzelkanal eingebracht. Die Dimension der Thermafil® Wurzelfüllungen ist der ISO-Norm angepasst.



Abbildung 26: Thermafil® Obturator



Abbildung 27: ThermaPrep® Plus Ofen

Wie die Übersicht der letzten Seiten zeigt, bietet die Industrie eine Vielzahl an Möglichkeiten, einen aufbereiteten Wurzelkanal abzufüllen. Alle Methoden versprechen einen hermetischen, dreidimensionalen und dauerhaften Verschluss des Wurzelkanalsystems, wie schon von SCHILDER im Jahr 1967, durch den ESE im Jahr 1994 und die DGZMK 1999 gefordert wurde (DGZMK 1999; Europäische Gesellschaft für Endodontie 1994; Schilder 1967). Da die verschiedenen Obturationsmethoden jedoch einen sehr unterschiedlichen Aufwand an Zeit und Material erfordern, stellt sich die Frage, ob das Ergebnis tatsächlich immer dieselbe Qualität aufweist. Zu diesem Zweck soll die Wurzelfüllung der zeitsparenden sowie vom Materialaufwand her einfachen Methode der Einstifttechnik mit der sehr verbreiteten und etwas aufwändigeren lateralen

Kondensation und der von endodontischen Spezialisten angewendeten aufwändigen vertikalen Kondensation nach Buchanan verglichen werden.

## 2.7 Methoden zur Untersuchung der Qualität verschiedener Wurzelfüllmethoden

In der Literatur findet sich eine Vielzahl von Untersuchungen, die die Qualität eines Wurzelkanalfüllverfahrens untersuchen oder verschiedene Wurzelkanalfüllverfahren miteinander vergleichen. Grundsätzlich kann man diese Untersuchungen in zwei Gruppen einteilen. Die eine Gruppe untersucht die Dichtigkeit der Wurzelfüllungen. Diese Untersuchungen bedienen sich Farbpenetrationstests mit Tinte (Aneet et al. 2001; De Moor u. De Boever 2000; Pommel 2001). Auf diese Methode soll nicht näher eingegangen werden, da hier der Grad der Flüssigkeitspenetration zur Beurteilung der Qualität von Wurzelkanalfüllungen verwendet wird.

Die zweite Gruppe von Studien, zu der auch diese Arbeit zählt, fertigt horizontale Schnitte der abgefüllten Zähne an und bewertet die Qualität der Wurzelkanalfüllungen anhand ihrer anteiligen Zusammensetzung aus Guttapercha und Sealer. In diesen Untersuchungen werden im Bereich von ein bis sechs Millimeter coronal des Apex mehrere horizontale Schnitte angefertigt. WU fertigt in seinen Studien zwei Schnitte an, jedoch in jeder Arbeit an unterschiedlichen Stellen, einmal in 2mm und 4mm, einmal in 3mm und 5mm und einmal in 3mm und 6mm coronal vom Apex. Begründet werden diese Variationen zwischen den Arbeiten nicht (Wu et al. 2001; Wu et al. 2000; Wu u. Wesselink 2001). JARRETT und DE DEUS bedienen sich des gleichen Untersuchungsprotokolls wie WU und schneiden 2mm und 4mm oberhalb des Apex (De-Deus et al. 2006; Jarrett et al. 2004). GENCOGLU hingegen schneidet in 1,2,3 und 4mm Abstand vom Apex. Diese Studie ist jedoch die einzige, bei der die Zähne vor dem Schneiden in Methylmetacrylat eingebettet werden. Daher ergibt sich die Möglichkeit der engen Schnittabstände. Hier werden die Schnitte mit einer Diamanttrennscheibe unter Wasserkühlung angefertigt. Das gleiche Verfahren wendet DE DEUS an. Hier werden die fertigen Schnittsegmente in Methylmetacrylat eingebettet, mit Sandpapier geglättet und mit Diamantpaste poliert. WU schneidet mit einer langsam laufenden

Säge, JARRETT entkalkt die Zähne und schneidet mit einem Skalpell und einer Klinge Nr.15.

Alle Studien fertigen Photos der Schnittsegmente unter dem Mikroskop an, bei den Studien nach 2004 direkt als digitale Photographie. Bei den älteren Studien wurden die Negative eingescannt. Die Vermessung erfolgte generell mit einer Image-Software. Alle neueren Studien bedienen sich der Software Sigma Scan Pro 5 der Firma SPSS, Chicago/ USA.

### **3. Material und Methode:**

Die Messung des Volumenverhältnisses von Guttapercha zum Sealer, welches als Qualitätsmaßstab bei dieser Untersuchung dient, wurde jeweils an drei Stellen der mit den drei verschiedenen Methoden abgefüllten Wurzeln vorgenommen, um beurteilen zu können, ob alle drei Wurzelfüllmethoden auch an den anatomisch unterschiedlichen Bereichen in zwei, drei und vier Millimeter Abstand von der Wurzelspitze einen hermetischen und dreidimensionalen Verschluss erreichen.

Für den Versuch wurden Wurzeln von extrahierten Frontzähnen, Prämolaren und Molaren aus dem eigenen Patientenklintel verwendet. Alle Wurzeln weisen ausschließlich einen Krümmungsgrad 1 mit  $0^{\circ}$ - $5^{\circ}$  nach Schneider auf (s. Abb.9). Alle Zähne wurden aufgrund fortgeschrittener parodontaler Schädigung extrahiert und waren frei von jeglichen Restaurationen.

#### **3.1. Die Vorbereitung der extrahierten Zähne**

##### **3.1.1 Die Trepanation**

Für die Versuchsreihe wurden 75 extrahierte und in physiologischer Kochsalzlösung gelagerte Zähne verwendet. Jeder Zahn wurde unter Wasserkühlung mit einem

konischen Diamantschleifkörper (Komet Nr. S6856.314.018) trepaniert. Das Pulpenkavum wurde mittels einer Diamantkugel (Komet Nr. S6801.314.018) erweitert. Die Darstellung und initiale Erweiterung der Wurzelkanaleingänge erfolgte mittels der Nickel-Titan IntroFile<sup>®</sup> mit einer ISO-Größe 22 und einer Konizität von 11% aus dem Flexmaster<sup>®</sup>-System. Die IntroFile hat ein Arbeitsteil mit einer Länge von 9mm. Das Arbeitsteil wurde bei allen Wurzelkanälen auf volle Länge in den Kanal eingebracht.

### 3.1.2 Die Aufbereitung der extrahierten Zähne

Die Aufbereitung der Wurzelkanäle wurde mit der Flexmaster<sup>®</sup> - Standardsequenz, die um einige Übergrößen auf folgende Sequenz modifiziert wurde, vorgenommen:

06/40, 06/35, 06/30, 06/25, 06/20, 04/45, 04/40, 04/30, 04/25, 04/20, 02/20, 02/25, 02/30, 02/35, 02/40 und 02/45.

Die Bestimmung der Arbeitslänge erfolgt visuell unter dem Operationsmikroskop. Die erste Kateterisierung des Kanals erfolgte mittels einer ISO 10 Headströmfeile. Die ermittelte Arbeitslänge wurde als Grundlage für die Aufbereitung verwendet.

Die Modifikation um die Feilen 06/35 und 06/40 erfolgte, um gleichwertige Bedingungen bei der Abfüllung der Wurzelkanäle zu schaffen. BUCHANAN verlangt für die „Continuous Wave Obturation“ eine Aufbereitung bis minimal ISO 35 und mindestens eine Konizität von 4%. Andernfalls ist das Vordringen des „heat-carrier“ bis 3-4mm vor den Apex nicht möglich.

Die bis zur Dimension 06 /40 aufbereiteten Zähne wurden während und nach der Aufbereitung mit auf 45°C erwärmtem Natriumhypochlorid 5%ig gespült und zum Abschluss unter dem Operationsmikroskop auf verbleibende Gewebsreste und Debris kontrolliert. Eine Nachsäuberung mittels Ultraschallspülung ist aufgrund der standardisierten Aufbereitung nicht möglich, da alle Ultraschallspitzen zu einem nicht definierbaren Abtrag im Wurzelkanal führen.

Nach der Aufbereitung wurden die 75 Zähne auf die drei verschiedenen Gruppen (n = 25) der Abfüllmethoden, „Einstiftverfahren“, „Laterale Kondensation“ und „Vertikale Kondensation“, aufgeteilt. Die Zuteilung zur einzelnen Gruppe erfolgte willkürlich.

Jeder Gruppe wurde jedoch eine gleiche Anzahl Frontzähne, Prämolaren und Molaren zugeteilt.

### 3.1.2 Die Abfüllung der extrahierten Zähne

#### 3.1.2.1 Laterale Kondensation

Ein Masterpoint der Größe 06/40 wurde dünn mit Sealer benetzt und in den Wurzelkanal eingebracht. Nachfolgend wurde mit einem Fingerspreader drei Millimeter kürzer als die Arbeitslänge kondensiert und ein Hilfsstift zwei ISO-Größen geringer als die Spreadergröße eingebracht und erneut kondensiert. Die nachfolgenden Hilfsstifte wurden jeweils 1mm kürzer eingebracht, als der vorgehende Stift. Insgesamt wurden 5 Hilfsstifte in den Wurzelkanal eingebracht und kondensiert. Der Finalstift war 7mm kürzer als der Masterpoint.

#### 3.1.2.2 Warm-Vertikale Kondensation / „Continuous Wave Obturation“

Ein Analytic Autofit-Guttaperchastift der Firma SybronEndo, Orange CA, USA in der Dimension medium-fine wurde auf Arbeitslänge in den Kanal angepasst und eingekürzt bis er ein „tugback“ aufwies und dünn mit Sealer beschickt in den Kanal eingebracht. Mit dem System B<sup>®</sup> Heatcarrier wurde die Guttapercha entsprechend der von Buchanan modifizierten Schildertechnik bis drei Millimetern vor den Apex erwärmt und kondensiert. Anschließend wurde der Kanal mittels des Obtura II<sup>®</sup> Gerätes aufgefüllt und kondensiert.

#### 3.1.2.3 Einstifttechnik

Entsprechend der Dimension der Masterfeile wurde ein dünn mit Sealer beschichteter Guttapercha-Point der Größe 06/40 auf Arbeitslänge in den Kanal eingebracht.

Alle Zähne wurden mit einer GPZ Füllung aus Photac<sup>®</sup> der Firma ESPE verschlossen und anschließend in Behältern mit physiologischer Kochsalzlösung bis zur Weiterverarbeitung im Labor aufbewahrt.

## 3.2 Vorbereitung der Zähne für die Mikroskopie

### 3.2.1 Versuchsreihen zur Bearbeitung der Zähne im Labor

Bei der Bearbeitung der aufbereiteten Zähne im Labor galt es eine Methode anzuwenden, bei der während des Schneidens der Zähne keine artifizielle Veränderung an der Wurzelfüllung stattfindet.

#### 3.2.1.1 Gefrierbruchverfahren

Bei Probereihen wurde als erstes das Gefrierbruchverfahren getestet. Die Zähne wurden in flüssigem Stickstoff bei  $-72^{\circ}\text{C}$  eingefroren und mittels eines stabilen Skalpells und eines kleinen Hammers gespalten. Die entstehenden Bruchkanten waren jedoch zu unregelmäßig, um eine Betrachtung unter dem Mikroskop zu erlauben.

#### 3.2.1.2 Trenn-Dünnschliff-Technik

Eine zweite Probereihe erfolgte mit der „Trenn-Dünnschliff-Technik“ (Donath 1988). Bei dieser Methode verschmierte durch die entstehende Wärme die Guttapercha über die Wurzelkanalränder und den Sealer. Eine Auswertung der Präparate war auch bei dieser Methode nicht möglich.

#### 3.2.1.3 Dekalzifizierung

In einer dritten Probenreihe wurden die Zähne decalzifiziert und mit einem scharfen Skalpell geschnitten, entsprechend dem Versuchsprotokoll der Arbeit von JARRETT aus dem Jahr 2004. Diese Proben lieferten saubere und artifiziell nicht veränderte Schnittoberflächen, die unter dem Mikroskop flächig scharf dargestellt werden konnten. Zunächst wurden die Zähne in einer 3,5 %-igen neutral gepufferten Formaldehydlösung - 100 ml Formollösung werden zu 900 ml Aqua dest. gegeben, im dem zuvor 4 g Natriumdihydrogenphosphat und 6,5 g Di-Natriumdihydrogenphosphat gelöst wurden – für eine Woche fixiert.

Anschließend erfolgte die Entmineralisierung der Zähne durch die Behandlung mit Säure. Als Entkalkungsflüssigkeit wurde das Produkt OSTEOMOLL<sup>®</sup> der Firma Merck KGaA, Darmstadt verwendet. Es enthält als Hauptbestandteile Salzsäure HCL und

Formaldehyd  $\text{CH}_2\text{O}$ . Die Anweisung der Firma Merck zu dem Produkt gibt bei Zähnen eine mittlere Einwirkzeit von 8 Stunden bei 3mm Materialstärke an. Da die Zahnwurzeln der verwendeten Zähne in der relevanten Region eine Stärke von 4 bis 6mm aufwiesen, wurde mit Entkalkungszeiten von 11 bis 16 Stunden gearbeitet. Das Ende der Entkalkung wurde mittels Einstechen, nach 12 Stunden im stündlichen Rhythmus, mit einer dünnen Nadel an einer für die Auswertung nicht relevanten Stelle bestimmt. Die Nadel musste sich ohne Widerstand in den Zahn einführen lassen. Die absolut exakte Kontrolle der Entkalkungszeit ist jedoch nur bei geplanter Einfärbung der Präparate entscheidend, da eine erheblich zu lange Behandlung der Zähne zur Zerstörung der Morphologie führen kann. Die Kernfärbung der Präparate kann dann negativ beeinflusst werden.

#### 3.2.1.4 Das Schneiden der Zähne

Die Zähne wurden auf eine Glasplatte mit einer Millimeterskala gelegt und manuell fixiert. Mit einer Rasierklinge wurden drei horizontale Querschnitte in 2 mm, 3 mm und 4 mm Abstand von der Wurzelspitze hergestellt.

#### 3.2.1.5 Mikroskopische Aufnahmen

Die Querschnitte wurden auf einem Objektträger in weiche Abformmasse VPS Hydro Putty der Firma Henry Schein gelegt und sanft mit einem zweiten Objektträger fixiert, um eine möglichst gerade Ausrichtung der Schnittoberflächen zu erzielen. Nach dem Aushärten der Abformmasse erfolgte eine digitale Ablichtung unter einem Axiophot<sup>®</sup> Mikroskop der Firma Carl Zeiss, Oberkochen mit 5facher Vergrößerung und dem Kameramodell HV-C20A / C20MA der Firma Hitachi Kokusai Electric. Die Speicherung der Digitalaufnahmen wurde im TIFF-Format vorgenommen.

### 3.2.2 Vorbereitung und digitale Vermessung der Schnittoberflächen

#### 3.2.2.1 Vorbereitung der digitalen Aufnahmen

Um die Flächenanteile des Sealers und der Guttapercha im Wurzelkanal vermessen zu können, ist es notwendig, diese Bereiche unterschiedlich einzufärben. Mit dem Computerprogramm PhotoshopCS2<sup>®</sup> der Firma Adobe wurden die Guttaperchaanteile



schwarz und die Sealeranteile weiß dargestellt. Das Tool für freie Formen wurde dafür an die Guttaperchaflächen angepasst und die Flächen farblich markiert. Danach wurde das Kanallumen als komplette Fläche weiß dargestellt. Nach der Überlagerung beider Flächen ergab sich daraus eine exakte, kontrastreiche Darstellung der Anteile beider Wurzelfüllungsbestandteile.

### 3.2.2.2 Vermessung der Schnittflächen

Die Flächenanteile des Sealers erhielten die Farbe weiß, die Anteile der Guttapercha wurden schwarz markiert. Die eigentliche Vermessung der Flächenbestandteile des Sealers und der Guttapercha im Wurzelkanallumen erfolgte mit der Software Sigma Scan Pro5<sup>®</sup> des Herstellers Systat Software Inc., Chicago, USA. Die Pixelanzahl der weißen und der schwarzen Flächenanteile wurden vom Computerprogramm errechnet und in einer Tabelle des Programms Excel<sup>®</sup> der Firma Microsoft für jeden Zahn gespeichert.

### 3.2.3 Statistische Auswertungsmethoden

#### 3.2.3.1 Mittelwert und Standardabweichung

Aus den Pixelanzahlen wurden die prozentualen Verhältnisse Sealer / Guttapercha und Guttapercha / Sealer errechnet. Aus den einzelnen Verhältnissen wurde der Mittelwert  $\mu$  nach:

$$\mu = \frac{\sum x_i}{n} \quad ,$$

wobei  $x_i$  die einzelnen errechneten Verhältnisse und  $n$  die Anzahl der ausgewerteten Zähne ist.

Die Standardabweichung, errechnet sich nach:

$$SD^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum (x_i - \mu)^2 \quad ,$$

und gibt das Maß für die Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert  $\mu$  an. Je geringer die Standardabweichung ist, desto näher liegen die Einzelwerte am Mittelwert. Sowohl

Mittelwerte, als auch Standardabweichungen wurden mit Excel<sup>®</sup> berechnet (siehe Tabelle 1-9).

### 3.2.3.2 Varianzanalyse

Um zu untersuchen, ob sich die drei benutzten Verfahren, Einstift, laterale Kondensation und vertikale Kondensation hinsichtlich ihrer Varianz grundlegend signifikant unterscheiden, wird eine Varianzanalyse, die so genannte One-way-Anova durchgeführt.

Hierbei wird ein F-Wert ermittelt, der sich durch:

$$F = \frac{\textit{Inter var ianz}}{\textit{Intra var ianz}}$$

bestimmen lässt. Diese Varianzrate F ist dann signifikant, wenn sie gleich oder größer als ein Tabellenwert  $F_{\min}$  für ein wählbares Signifikanzlevel ist. Das Ergebnis dieser Analyse gibt lediglich darüber Auskunft, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den Messreihen vorliegt, jedoch nicht worin dieser besteht oder zwischen welchen Messreihen dieser auftritt. Wenn ein signifikanter Unterschied zwischen den Verfahren diagnostiziert wird, ist ein weiterer Test nötig um herauszufinden zwischen welchen Messreihen dieser wirklich vorliegt.

## 4. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Auswertungen der Schnitte aufgeführt. In den Tabellen 1 – 9 findet man eine unterschiedliche Zahl an ausgewerteten Schnitten in den Gruppen, obwohl jeder Gruppe die gleiche Anzahl an Zähnen zugeteilt wurde. Aufgrund der artifiziiellen Veränderung der Präparate beim Schneiden, es kam zum Abreißen des Guttapercha-Sealer-Gefüges von der Wurzelkanalwand, wurden diese Schnitte nicht vermessen. Ebenfalls aussortiert wurden Präparate, die im Schnittsegment bei der Wurzelfüllung entstandene Lufteinschlüsse aufwiesen.

### 4.1 Einstiftmethode

Die mit der Einstiftmethode obturierten Wurzelkanäle weisen mit 79,00 % in 2 mm, 79,34 % in 3 mm und 79,44 % in 4 mm Abstand vom Apex einen nahezu identischen Guttaperchagehalt auf. Die Standardabweichung für die Versuchsreihe liegt in 2 mm Abstand bei  $SD = \pm 6 \%$ , in 3 mm bei  $SD = \pm 8 \%$  und in 4 mm Abstand ebenfalls bei  $SD = \pm 8 \%$ .

**prozentuale Anteile Sealer/Guttapercha bei Einstiftverfahren**

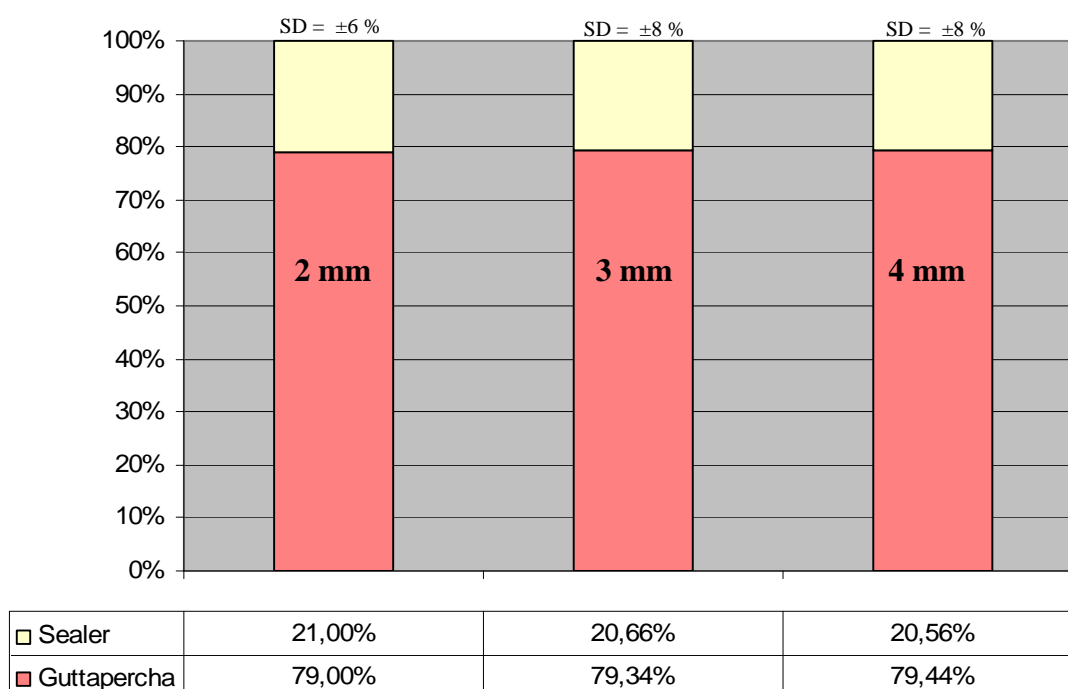


Abbildung 28: Verhältnis Sealer / Guttapercha bei Einzelstiftverfahren

## 4.2 Laterale Kondensation

Bei der lateralen Kondensation zeigt sich im apikalen Bereich bei 2 mm Abstand zum Apex mit 77,11 % ein etwas geringerer Anteil an Guttapercha, als bei der Einstiftmethode, bei den Schnitten in 3 mm Abstand zum Apex liegt der Anteil dagegen mit 81,99 % und in 4 mm Abstand mit 84,06 % etwas höher. Die Standardabweichungen betragen im 2 mm Segment  $SD = \pm 5 \%$ , im 3 mm Segment  $SD = \pm 5 \%$  und im 4 mm Segment  $SD = \pm 4 \%$ .

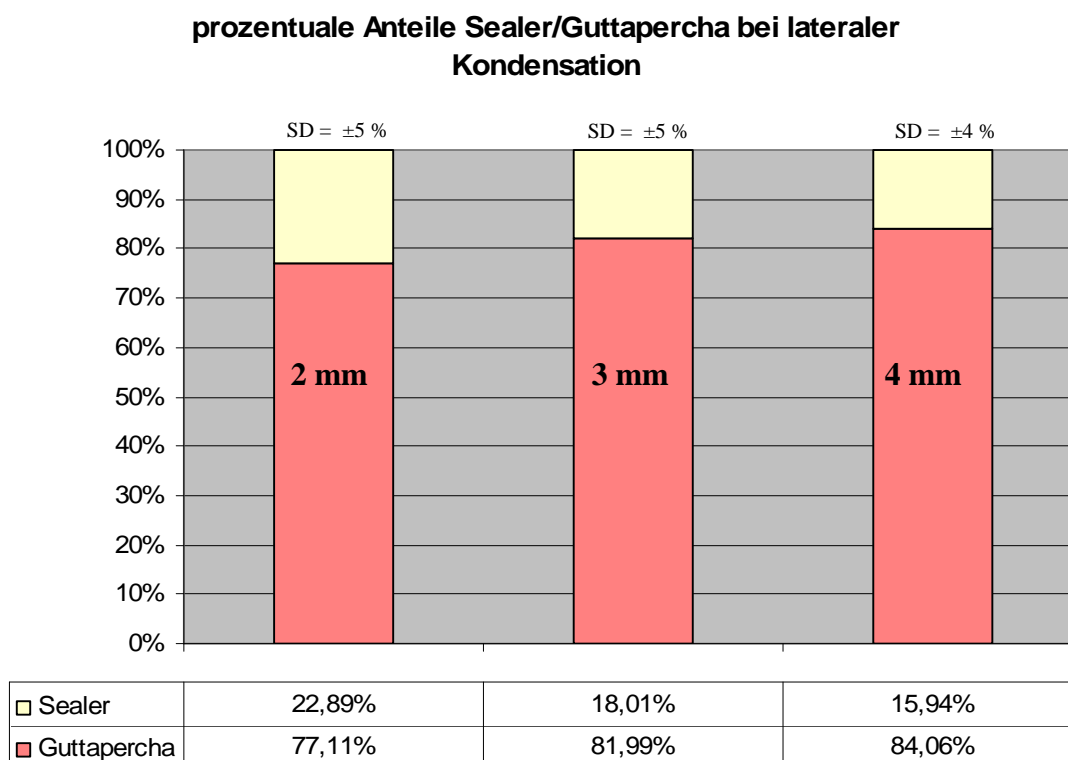


Abbildung 29: Verhältnis Sealer / Guttapercha bei lateraler Kondensation

### 4.3 Warm-Vertikale Kondensation

Ein deutlich höherer Anteil an Guttapercha findet sich bei der warm-vertikalen Kondensation („continuous wave obturation“) nach BUCHANAN. Es ergibt sich bei 2 mm apikalem Abstand 88,32 % Guttaperchagehalt / SD =  $\pm 7$  % /, bei 3 mm 97,58 % Guttaperchagehalt/ SD =  $\pm 4$  % und bei 4 mm 99,20 % Guttaperchagehalt/ SD =  $\pm 2$  %.

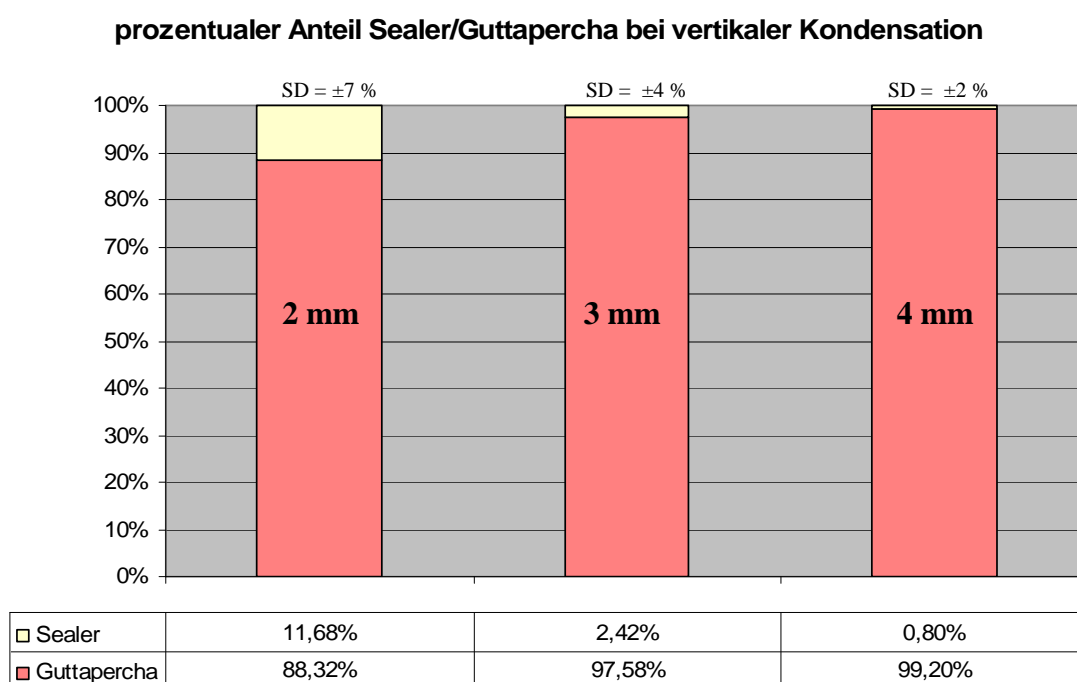


Abbildung 30:Verhältnis Sealer / Guttapercha bei warm-vertikaler Kondensation

## 4.4 Beispiele mikroskopischer Aufnahmen

### 4.4.1 Einzelstiftmethode



Abbildung 31: Zahn Nr.1 Einzelstiftmethode bei 2 mm apikalem Abstand

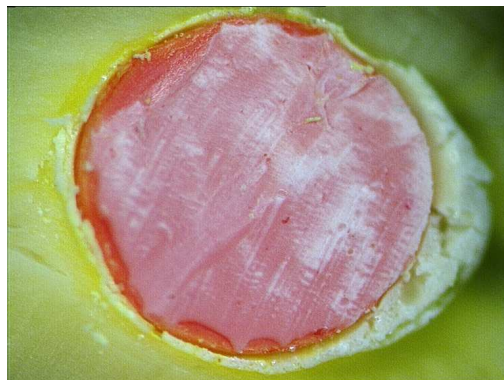


Abbildung 32: Zahn Nr.1 Einzelstiftmethode bei 3 mm apikalem Abstand

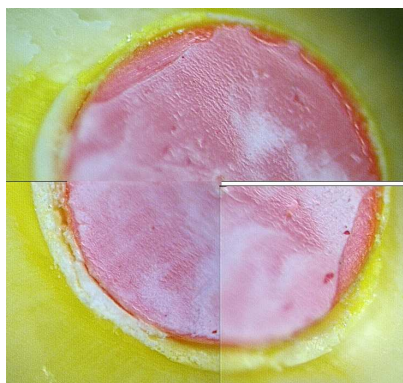


Abbildung 33: Zahn Nr.1 Einzelstiftmethode bei 4 mm apikalem Abstand

#### 4.4.2 Laterale Kondensation

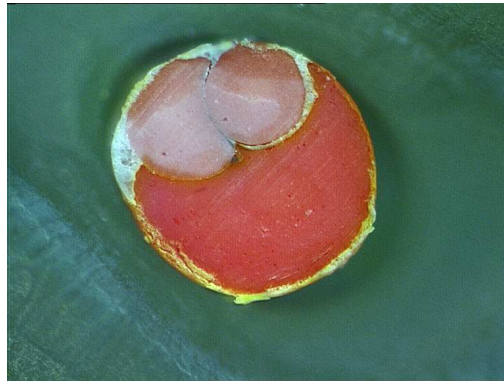


Abbildung 34: Zahn Nr.6 laterale Kondensation in 2 mm apikalem Abstand

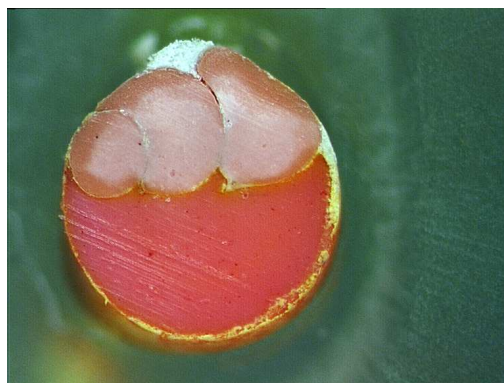


Abbildung 35: Zahn Nr.6 laterale Kondensation in 4 mm apikalem Abstand

#### 4.4.3 Warm-vertikale Kondensation



Abbildung 36: Zahn Nr.16 warm-vertikale Kondensation bei 2 mm apikalem Abstand



Abbildung 37: Zahn Nr.16 warm-vertikale Kondensation bei 3 mm apikalem Abstand



Abbildung 38: Zahn Nr.16 warm-vertikale Kondensation bei 4 mm apikalem Abstand



## 4.5 Tabellarische Darstellung der Ergebnisse

### 4.5.1 Ergebnisse Einstifttechnik

#### 4.5.1.1 Schnitte in 2mm Apexabstand

Zahnnummer	Pixelanzahl Sealer	Pixelanzahl Guttapercha	Anteil Sealer	Anteil Guttapercha
1	25120	110890	18,5%	81,5%
2	33967	127236	21,1%	78,9%
3	33460	72717	31,5%	68,5%
4	21169	67409	23,9%	76,1%
5	23275	49702	31,9%	68,1%
6	17244	81511	17,5%	82,5%
7	15477	56304	21,6%	78,4%
8	22490	56334	28,5%	71,5%
9	16843	97493	14,7%	85,3%
10	41702	140118	22,9%	77,1%
11	17363	98171	15,0%	85,0%
12	27812	133483	17,2%	82,8%
13	18314	108358	14,5%	85,5%
14	30537	105996	22,4%	77,6%
15	14546	90613	13,8%	86,2%

<b>Mittelwert</b>	21,00%	79,00%
<b>SD</b>	±6%	

Tabelle 1: Schnitte in 2mm Apexabstand bei Einstifttechnik

## 4.5.1.2 Schnitte in 3mm Apexabstand

Zahnnummer	Pixelanzahl Sealer	Pixelanzahl Guttapercha	Anteil Sealer	Anteil Guttapercha
1	57956	215687	21,2%	78,8%
2	40852	172553	19,1%	80,9%
3	27162	166180	14,0%	86,0%
4	20718	81939	20,2%	79,8%
5	106687	187886	36,2%	63,8%
6	48067	165554	22,5%	77,5%
7	46180	107550	30,0%	70,0%
8	27124	85863	24,0%	76,0%
9	15717	82603	16,0%	84,0%
10	62568	124628	33,4%	66,6%
11	86302	151719	36,3%	63,7%
12	52687	150777	25,9%	74,1%
13	17636	144324	10,9%	89,1%
14	19768	177069	10,0%	90,0%
15	37469	154031	19,6%	80,4%
16	20509	110534	15,7%	84,3%
17	18959	55658	25,4%	74,6%
18	17531	96052	15,4%	84,6%
19	19733	126268	13,5%	86,5%
20	23791	121851	16,3%	83,7%
21	35407	103772	25,4%	74,6%
22	16985	142989	10,6%	89,4%
23	29998	180496	14,3%	85,7%
24	21643	150244	12,6%	87,4%
25	48069	92379	34,2%	65,8%
26	28679	102006	21,9%	78,1%
27	14722	128671	10,3%	89,7%

<b>Mittelwert</b>	20,56%	79,44%
<b>SD</b>	±8%	

Tabelle 2: Schnitte in 3mm Apexabstand bei Einstifttechnik

## 4.5.1.3 Schnitte in 4mm Apexabstand

Zahnnummer	Pixelanzahl Sealer	Pixelanzahl Guttapercha	Anteil Sealer	Anteil Guttapercha
1	65180	270897	19,4%	80,6%
2	49764	169665	22,7%	77,3%
3	42216	166877	20,2%	79,8%
4	67512	156902	30,1%	69,9%
5	92105	155106	37,3%	62,7%
6	39720	117466	25,3%	74,7%
7	22164	126066	15,0%	85,0%
8	74590	135570	35,5%	64,5%
9	62167	199447	23,8%	76,2%
10	48873	219255	18,2%	81,8%
11	25434	196486	11,5%	88,5%
12	79719	200877	28,4%	71,6%
13	32770	201374	14,0%	86,0%
14	36367	153492	19,2%	80,8%
15	58450	148934	28,2%	71,8%
16	33357	171224	16,3%	83,7%
17	17310	176375	8,9%	91,1%
18	36954	155124	19,2%	80,8%
19	16640	149030	10,0%	90,0%
20	32342	214679	13,1%	86,9%
21	20087	166169	10,8%	89,2%
22	46112	92290	33,3%	66,7%
23	31190	176136	15,0%	85,0%

<b>Mittelwert</b>	20,66%	79,34%
<b>SD</b>	±8%	

Tabelle 3: Schnitte in 4mm Apexabstand bei Einstifttechnik

## 4.5.2 Ergebnisse laterale Kondensation

## 4.5.2.1 Schnitte in 2mm Apexabstand

Zahnnummer	Pixelanzahl Sealer	Pixelanzahl Guttapercha	Anteil Sealer	Anteil Guttapercha
1	25382	98568	20,5%	79,5%
2	19149	107362	15,1%	84,9%
3	32547	86617	27,3%	72,7%
4	29352	133961	18,0%	82,0%
5	27189	74647	26,7%	73,3%
6	18908	103703	15,4%	84,6%
7	32521	68477	32,2%	67,8%
8	17265	77838	18,2%	81,8%
9	15959	74534	17,6%	82,4%
10	31898	77877	29,1%	70,9%
11	19269	78483	19,7%	80,3%
12	19468	60945	24,2%	75,8%
13	25427	83247	23,4%	76,6%
14	25872	93563	21,7%	78,3%
15	27530	86087	24,2%	75,8%
16	28006	86143	24,5%	75,5%
17	29905	78380	27,6%	72,4%
18	27462	75721	26,6%	73,4%

<b>Mittelwert</b>	22,89%	77,11%
<b>SD</b>	±5%	

Tabelle 4: Schnitte in 2mm Apexabstand bei lateraler Kondensation

## 4.5.2.2 Schnitte in 3mm Apexabstand

Zahnnummer	Pixelanzahl Sealer	Pixelanzahl Guttapercha	Anteil Sealer	Anteil Guttapercha
1	36967	150125	19,8%	80,2%
2	40226	181626	18,1%	81,9%
3	61180	253733	19,4%	80,6%
4	39824	104386	27,6%	72,4%
5	13392	132622	9,2%	90,8%
6	15786	124914	11,2%	88,8%
7	40249	143383	21,9%	78,1%
8	20359	110946	15,5%	84,5%
9	20055	118751	14,4%	85,6%
10	26026	112680	18,8%	81,2%
11	29926	107069	21,8%	78,2%
12	23092	108985	17,5%	82,5%
13	27716	124393	18,2%	81,8%
14	51789	172503	23,1%	76,9%
15	28518	97513	22,6%	77,4%
16	30378	147740	17,1%	82,9%
17	25484	138396	15,6%	84,4%
18	16900	137897	10,9%	89,1%
19	29448	121809	19,5%	80,5%

<b>Mittelwert</b>	18,01%	81,99%
<b>SD</b>	±5%	

Tabelle 5: Schnitte in 3mm Apexabstand bei lateraler Kondensation

## 4.5.2.3 Schnitte in 4mm Apexabstand

Zahnnummer	Pixelanzahl Sealer	Pixelanzahl Guttapercha	Anteil Sealer	Anteil Guttapercha
1	66307	285539	18,8%	81,2%
2	45494	171167	21,0%	79,0%
3	47422	179735	20,9%	79,1%
4	11590	135089	7,9%	92,1%
5	36555	178832	17,0%	83,0%
6	24563	169545	12,7%	87,3%
7	28760	178076	13,9%	86,1%
8	24640	148865	14,2%	85,8%
9	27720	179742	13,4%	86,6%
10	47042	166828	22,0%	78,0%
11	24854	233443	9,6%	90,4%
12	36457	255179	12,5%	87,5%
13	18262	121422	13,1%	86,9%
14	52212	182625	22,2%	77,8%
15	36589	188083	16,3%	83,7%
16	43720	178970	19,6%	80,4%
<b>Mittelwert</b>			15,94%	84,06%
<b>SD</b>			±4%	

Tabelle 6: Schnitte in 4 mm Apexabstand bei lateraler Kondensation

## 4.5.3 Ergebnisse vertikale Kondensation

## 4.5.3.1 Schnitte in 2mm Apexabstand

Zahnnummer	Pixelanzahl Sealer	Pixelanzahl Guttapercha	Anteil Sealer	Anteil Guttapercha
1	4367	159965	2,7%	97,3%
2	13917	88409	13,6%	86,4%
3	18642	76905	19,5%	80,5%
4	9674	118814	7,5%	92,5%
5	22260	84963	20,8%	79,2%
6	3906	135234	2,8%	97,2%
7	5341	186093	2,8%	97,2%
8	14905	87612	14,5%	85,5%
9	11556	76394	13,1%	86,9%
10	6806	104571	6,1%	93,9%
11	16775	89176	15,8%	84,2%
12	11459	64605	15,1%	84,9%
13	11828	55637	17,5%	82,5%

<b>Mittelwert</b>	11,68%	88,32%
<b>SD</b>	±7%	

Tabelle 7: Schnitte in 2 mm Apexabstand bei vertikaler Kondensation

## 4.5.3.2 Schnitte in 3mm Apexabstand

Zahnnummer	Pixelanzahl Sealer	Pixelanzahl Guttapercha	Anteil Sealer	Anteil Guttapercha
1	0	202510	0,0%	100,0%
2	3005	124441	2,4%	97,6%
3	0	109288	0,0%	100,0%
4	0	148733	0,0%	100,0%
5	0	93284	0,0%	100,0%
6	0	110628	0,0%	100,0%
7	0	122716	0,0%	100,0%
8	10086	117309	7,9%	92,1%
9	3522	169905	2,0%	98,0%
10	0	208869	0,0%	100,0%
11	0	267128	0,0%	100,0%
12	0	127003	0,0%	100,0%
13	18429	147781	11,1%	88,9%
14	12455	129538	8,8%	91,2%
15	4442	100567	4,2%	95,8%
16	2487	105097	2,3%	97,7%
17	0	166016	0,0%	100,0%
18	4142	80439	4,9%	95,1%
<b>Mittelwert</b>			2,42%	97,58%
<b>SD</b>			±4%	

Tabelle 8: Schnitte in 3 mm Apexabstand bei vertikaler Kondensation



## 4.5.3.3 Schnitte in 4mm Apexabstand

Zahnnummer	Pixelanzahl Sealer	Pixelanzahl Guttapercha	Anteil Sealer	Anteil Guttapercha
1	0	251546	0,0%	100,0%
2	6600	271095	2,4%	97,6%
3	0	129712	0,0%	100,0%
4	0	222730	0,0%	100,0%
5	13335	147587	8,3%	91,7%
6	0	149729	0,0%	100,0%
7	0	189529	0,0%	100,0%
8	0	406335	0,0%	100,0%
9	7095	187411	3,6%	96,4%
10	0	167766	0,0%	100,0%
11	0	351137	0,0%	100,0%
12	0	271393	0,0%	100,0%
13	0	175070	0,0%	100,0%
14	0	430724	0,0%	100,0%
15	0	193187	0,0%	100,0%
16	3599	216321	1,6%	98,4%
17	0	131863	0,0%	100,0%
18	0	132461	0,0%	100,0%
19	0	224333	0,0%	100,0%
20	0	310018	0,0%	100,0%

<b>Mittelwert</b>	0,80%	99,20%
<b>SD</b>	±2%	

Tabelle 9: Schnitte in 4 mm Apexabstand bei vertikaler Kondensation

## 4.5.4 Grafische Darstellung aller Ergebnisse

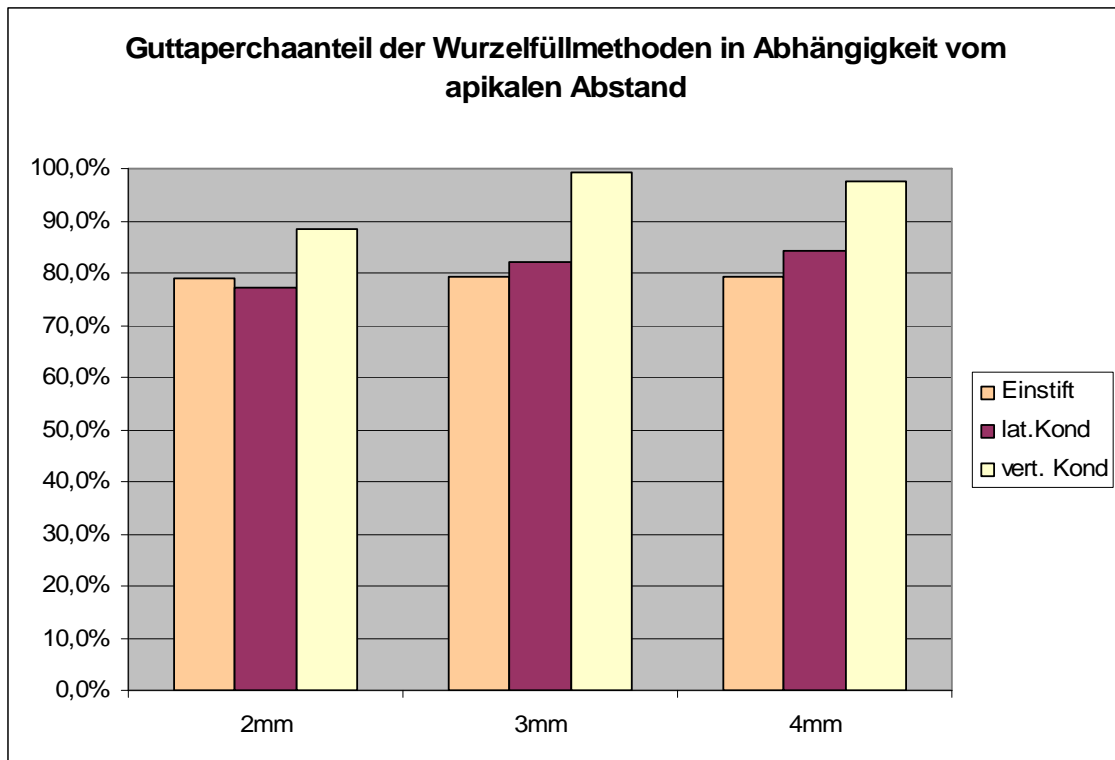


Abbildung 39: mittlere Guttaperchaanteile der Wurzelfüllmethoden, abhängig vom apikalen Abstand

## 4.6 Varianzanalyse der Ergebnisse

Um einen signifikanten Unterschied zwischen den drei Wurzelfüllmethoden nachzuweisen, wird, wie in Kapitel 3.2.3.2 erwähnt eine Varianzanalyse (One-way-Anova) durchgeführt. Die Nullhypothese: „Die drei Wurzelfüllmethoden unterscheiden sich nicht signifikant“ soll hiermit widerlegt werden, sie wird nachfolgend  $H_0$  genannt. Hierzu wurden drei Gruppen aufgestellt und untersucht:

<b>Gruppe 1 (2 mm)</b>	<b>Gruppe 2 (3 mm)</b>	<b>Gruppe 3 (4 mm)</b>
lateral	lateral	lateral
vertikal	vertikal	vertikal
Einstift	Einstift	Einstift

Tabelle 10: „Untersuchungsgruppen bei der statistischen Auswertung“

Innerhalb dieser Gruppen wurde jeweils eine Varianzanalyse durchgeführt. Es ergab sich somit für die Varianzraten in

Gruppe 1:  $F_2 = 14,85$ ,

Gruppe 2:  $F_3 = 49,02$ ,

Gruppe 3:  $F_4 = 63,34$ .

Die errechneten F-Werte wurden mit tabellarischen Werten von den unteren Signifikanzschranken verglichen. Hierzu wurden mittels der Freiheitsgrade  $df(\text{inter})$  und  $df(\text{error})$  die Vergleichswerte  $F_{2V}$ ,  $F_{3V}$  und  $F_{4V}$  ermittelt.

Die Werte  $F_{2V} = 3,23$ ,  $F_{3V} = 3,15$  und  $F_{4V} = 3,16$  wurden mit den errechneten Werten verglichen. Da alle errechneten Werte größer als die Signifikanzschranken sind, ergab sich ein signifikanter Unterschied in allen Untersuchungsgruppen, mit einem Signifikanzlevel von  $P = 0,05$ .  $H_0$  ist somit im Ansatz widerlegt worden und es war daher notwendig eine weitere Analyse durchzuführen, um die Unterschiede der drei

Verfahren innerhalb der drei Untersuchungsgruppen genauer definieren zu können. Hierzu wurde der „Tukey-Test“ verwendet.

Mittels des Tukey-Tests wurden die drei Wurzelfüllmethoden innerhalb der jeweiligen Untersuchungsgruppen auf signifikante Unterschiede getestet. Hierzu werden die Varianzen der drei Methoden miteinander verglichen.

In Gruppe 1 ergab der Test, dass zwischen vertikaler und lateraler Kondensation, sowie zwischen Einstiftmethode und vertikaler Kondensation ein signifikanter Unterschied mit einer Fehlerrate von  $\alpha = 0,05$  besteht.  $H_0$  konnte hier für diese Verfahren abgelehnt werden. Lediglich zwischen lateraler Kondensation und Einstiftmethode konnte  $H_0$  nicht abgelehnt werden:

	<b>Vert. Kond. mit lat. Kond.</b>	<b>Lat. Kond. mit Einstiftmethode</b>	<b>Einstiftmethode mit vert. Kond.</b>
q	7,40	1,30	5,91
k	3	3	3
df(total)	43	43	43
q(0,05;df;3)	3,44	3,44	3,44
	Ho abgelehnt!	<b>H0 nicht abgelehnt!</b>	Ho abgelehnt!

Tabelle 11: „Ergebnisse des Tukey-Test für Gruppe 1“

In Gruppe 2 ergab sich ebenfalls zwischen vertikaler und lateraler Kondensation, sowie zwischen Einstiftmethode und vertikaler Kondensation ein signifikanter Unterschied mit einer Fehlerrate von  $\alpha = 0,05$  besteht. Auch hier konnte  $H_0$  hier für diese Verfahren abgelehnt werden. Zwischen lateraler Kondensation und Einstiftmethode besteht, wie in Gruppe 1, kein signifikanter Unterschied:

	<b>Vert. Kond. mit lat. Kond.</b>	<b>Lat. Kond. mit Einstiftmethode</b>	<b>Einstiftmethode mit vert. Kond.</b>
q	10,0	1,92	13,45
k	3	3	3
df(total)	61	61	61
q(0,05;df;3)	3,40	3,40	3,40
	Ho abgelehnt!	<b>H0 nicht abgelehnt!</b>	Ho abgelehnt!

Tabelle 12: „Ergebnisse des Tukey-Test für Gruppe 2“

In der Gruppe 3 konnte mit dem Tukey-Test für alle Vergleiche unter den Methoden  $H_0$  abgelehnt werden. Hier unterscheiden sich alle drei Methoden signifikant mit  $\alpha = 0,05$ :

	<b>Vert. Kond. mit lat. Kond.</b>	<b>Lat. Kond. mit Einstiftmethode</b>	<b>Einstiftmethode mit vert. Kond.</b>
q	10,76	3,46	15,49
k	3	3	3
df(total)	56	56	56
q(0,05;df;3)	3,41	3,41	3,41
	Ho abgelehnt!	Ho abgelehnt!	Ho abgelehnt!

Tabelle 13: „Ergebnisse des Tukey-Test für Gruppe 3“

## 5. Diskussion

Mit einer endodontischen Behandlung verfolgt die Zahnmedizin das Ziel, den Wurzelkanal vollständig von infiziertem und infizierbarem Gewebe zu säubern. Das Wurzelkanalsystem soll hermetisch, dreidimensional und dauerhaft verschlossen werden. So fordert es die DGZMK und die ESE in Ihren Therapieempfehlungen (DGZKM 1999; ESE 1994). Für den Praktiker stellt sich die Frage, ob dieses Ergebnis mit jedem der drei untersuchten Wurzelfüllverfahren auch bei schwierigen anatomischen Verhältnissen, wie gekrümmten oder ovalen Kanälen, zu erreichen ist. Mit dem zunehmenden Kostendruck auf die Ärzteschaft wünscht sich jeder ein optimales Ergebnis mit möglichst geringem Aufwand zu erzielen.

Als Parameter für die Qualität der Wurzelfüllung wurde in dieser Arbeit das prozentuale Verhältnis zwischen Guttapercha und Sealer im Wurzelkanal verwendet. Ein möglichst hoher Anteil Guttapercha in der Wurzelfüllung ist wünschenswert, da alle Sealer in Wasser und in noch größerem Maße in Speichel einen Substanzverlust von bis zu 7% durch Löslichkeit und Resorption aufweisen (Schäfer u. Zandbiglari 2003). Die entstehenden Hohlräume begünstigen ein erneutes Bakterienwachstum im Wurzelkanal.

Einen äquivalenten negativen Effekt auf die Qualität haben Lufteinschlüsse innerhalb der Wurzelkanalfüllung. Auch hier begünstigt die so entstehende Feuchtekkammer ein erneutes Bakterienwachstum. Da die Entstehung von Lufteinschlüssen aber auch eng mit den Fähigkeiten des Behandlers verknüpft ist, wurden in dieser Arbeit alle Zähne mit Lufteinschlüssen in den Schnittsegmenten aussortiert, um das Ergebnis der Studie nicht zu verfälschen. Ansonsten hätten die Flächenanteile der Einschlüsse dem prozentualen Anteil des Sealers zugerechnet werden müssen.

Im Gegensatz zu vielen anderen Studien, die endodontische Untersuchungen mit standardisierten Acrylklötzchen durchgeführt haben, wurden in dieser Arbeit extrahierte Zähne mit geraden, bzw. leicht gekrümmten Wurzelkanälen von maximal 5° verwendet. Es ergeben sich dabei zwar Einflüsse durch Kanalquerschnitt, Kanallänge und Kanalkonfiguration, diese wurden jedoch sowohl durch eine Präselektion der verwendeten Zähne -es wurden die oberen mittleren Inzisiven, Canini, einwurzelige Prämolaren und gerade Molarenwurzeln ausgewählt- als auch durch eine entsprechend

weitgehende Aufbereitung aller Wurzelkanäle minimiert. Die Entscheidung für ausschließlich gerade Wurzelkanäle wurde getroffen, da bei gekrümmten Wurzelkanälen keine standardisierte Aufbereitung und Abfüllung möglich ist (Rice u. Weine 1986).

In den neueren vergleichenden Studien aus den Jahren 2002 bis 2006, die im folgenden zitiert werden und deren Inhalt sich mit verschiedenen Abfüllmethoden und dem Verhältnis Guttapercha zum Sealer im Wurzelkanal beschäftigen, werden ebenfalls ausnahmslos extrahierte Zähne verwendet.

Die Schnittbereiche von zwei, drei und vier Millimeter Abstand vom Apex wurden entsprechend den Versuchsprotokollen ähnlicher Arbeiten gewählt (De-Deus et al. 2006; Gencoglu 2003; Jarrett et al. 2004; Wuet al. 2001). Die Schnitte wurden jedoch nicht mit einer Säge oder einer rotierenden Trennscheibe vorgenommen, da wir bei unseren Vorversuchen feststellen mussten, dass die Gefahr der Entstehung von Artefakten am thermoplastischen Material Guttapercha durch die Wärmeentwicklung beim Schneiden auch durch Wasserkühlung nicht auszuschließen ist. Aus diesem Grund bearbeitet DE DEUS seine Schnitte auch mit Schleifpapier nach, um beschädigte oder verschmierte Areale zu entfernen. Einzig bei entkalkten Zähnen ist das Anfertigen von Schnitten ohne Wärmeentwicklung möglich. JARRETT schneidet die Zähne mit einer Skalpellklinge Nr.15. GANI hat in einer Studie festgestellt, dass Rasierklingen sauberere Schnittflächen erzeugen, als Skalpellklingen (Gani et al. 2000). Aus diesem Grund wurden die Schnitte mit einer Rasierklinge angefertigt.

Die ermittelten Werte wurden mit einer One-Way-Anova und dem Tukey-Test statistisch ausgewertet und überprüft. Dabei ergibt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Werten der warm-vertikalen Kondensation mit den Werten der lateralen Kondensation und ebenfalls zwischen der warm-vertikalen Kondensation und der Einstifttechnik. Dieser signifikante Unterschied besteht in allen drei Schnittabständen vom Apex. Beim Vergleich der lateralen Kondensation mit der Einstiftmethode zeigt sich ein signifikanter Unterschied nur im 4 mm Schnittsegment. Bei 2 mm und 3 mm Abstand vom Apex ist kein klarer Unterschied zwischen den Werten zu ermitteln. Der Tukey-Test wurde für eine Fehlerrate  $\alpha = 0,05$  durchgeführt.

Wie die Abbildung 39 und die Ergebnistabellen zeigen, haben in den durchgeführten Untersuchungen die laterale Kondensation und die Einzelstifttechnik der Firma VDW im Schnittsegment 2 mm vom Apex einen nahezu gleichen prozentualen Guttapercha – Anteil (laterale Kondensation 77,1 %, Einzelstift 79,0 %). Die Gruppe mit der warm-vertikalen Kondensation weist einen erheblich höheren Guttaperchagehalt von 88,30 % auf. Die Standardabweichungen liegen bei allen Methoden bei  $\pm 5-7$  % (siehe Tabellen 1-9). Ein ähnliches Bild zeigt sich im 3mm Segment. Auch dort ist die warm-vertikale Kondensation mit einem Guttaperchaanteil von 99,2 % SD =  $\pm 4$  % den beiden anderen Techniken deutlich überlegen. Der Vergleich zwischen lateraler Kondensation und Einstifttechnik zeigt mit 82,0 % / SD =  $\pm 5$  % zu 79,3 % / SD =  $\pm 8$  % einen etwas höheren Guttaperchagehalt bei der lateralen Kondensation. Diese Beobachtungen decken sich mit der Untersuchung von GENCOGLU (Gencoglu 2003). Auch hier ist der Guttaperchaanteil im apikalen Bereich bei der warm-vertikalen Kondensation nach SCHILDER erheblich höher als bei der lateralen Kondensation. Da GENCOGLU in seiner Studie erwärmte Single-Cone Methoden mit Kunststoffträger verwendet, ist ein direkter Vergleich mit der Einzelstifttechnik von VDW nicht möglich. Die Überlegenheit der warm-vertikalen Kondensation lässt sich auch aus einer Studie von WU & WESSELINK (Wu u. Wesselink 2001) erklären. Danach werden Wurzelkanäle im apikalen Bereich zu über 50 % oval. Weder mit der lateralen Kondensation, noch mit der Einzelstiftmethode können ovale Kanalbereiche mit entsprechend hohem Guttaperchagehalt abgefüllt werden, wie mit einer Wurzelfüllmethode mit erwärmter Guttapercha. Der bei der Einstiftmethode verwendete runde Guttaperchastift kann technisch kein ovales Lumen ausfüllen, hier obturiert der Sealer die restlichen Areale. Bei der lateralen Kondensation lässt die Verformung der kalten Guttaperchastifte mittels der Fingerspreader nur eine begrenzte Anpassung an ovale Kanalformen zu. Auch hierbei werden verbleibende Areale mit dem Sealer ausgefüllt (Jarrett et al. 2004; Wu et al. 2001; Wu u. Wesselink 2001).

Im Abstand von vier Millimetern vom Apex ist eine eindeutige Überlegenheit der warm-vertikalen Kondensation mit 97,6 % Guttapercha bei einer Standardabweichung von  $\pm 2$  % zu verzeichnen. Auch SILVER kommt in einer vergleichenden Studie aus dem Jahr 1999 zu dem Ergebnis, dass mit der warm-vertikalen Kondensation unter der Verwendung von System B<sup>®</sup> und Obtura II<sup>®</sup> Wurzelfüllungen mit einem



Guttaperchagehalt von über 90 % zu erzielen sind (Silver et al. 1999). Die laterale Kondensation weist 84,1 % / SD =  $\pm 4$  %, die Einzelstiftmethode 79,4 % / SD =  $\pm 8$  % Guttaperchavolumen auf. GENCOGLU kommt bei seiner Untersuchung aus dem Jahr 2003 gleichfalls zu der Aussage, dass Techniken mit erwärmter Guttapercha einen höheren Guttaperchagehalt aufweisen als Techniken, die mit kalter Guttapercha obturieren (Gencoglu 2003).

Bei allen Studien der letzten Jahre sind, wie bereits erwähnt, natürliche Zähne mit geraden Wurzelkanälen verwendet worden. Unter diesen Versuchsbedingungen ist das überlegene Ergebnis der Wurzelfüllmethoden mit erwärmter Guttapercha und Kunststoffträger auch im Vergleich zur warm-vertikalen Kondensation plausibel. Es wäre jedoch interessant zu untersuchen, ob Wurzelfüllverfahren wie Thermafill, JS Quick-Fill oder Soft Core bei Kanalkrümmungen von Grad 2 oder Grad 3 (s. Abb. 9) ebenfalls einen prozentualen Anteil an Guttapercha / Corematerial von über 99 % erreichen, da diese Methoden in der Anwendung einen erheblich geringeren Aufwand darstellen, als die „continuous wave obturation“, die ein solches Ergebnis liefert (Gencoglu 2003; Gencoglu et al. 2002).

Da jedoch im apikalen Bereich bei geraden Kanälen keine signifikanten Unterschiede zwischen der lateralen Kondensation, die von den meisten praktizierenden Zahnärzten angewendet wird, und der Einzelstifttechnik, die deutlich einfacher in der Handhabung und geringer vom Zeitaufwand ist, auftreten, kann die Einzelstiftmethode für gerade Kanäle mit rundem Querschnitt ihre Anwendung finden. Ein runder Guttaperchapoint kann sich dem Kanallumen und -verlauf nicht anpassen, wenn der Wurzelkanal einen ovalen Querschnitt hat oder anatomische Unregelmäßigkeiten, wie Seitenkanäle oder Lakunen, aufweist. Daher ist bei anspruchsvoller oder unregelmäßiger Kanal Anatomie eine Wurzelkanalfüllmethode mit erwärmter Guttapercha das Mittel der Wahl, um die Forderungen der DGZMK zu erfüllen.

Vergleicht man die ermittelten prozentualen Guttaperchaanteile bei den verschiedenen Wurzelfüllmethoden mit den Ergebnissen des Tukey-Tests, so werden die aufgestellten Interpretationen der Werte statistisch bestätigt. Insbesondere der fehlende signifikante Unterschied zwischen den Werten der lateralen Kondensation und denen der

---

Einstiftmethode bestätigen die Anwendbarkeit unter den oben genannten Voraussetzungen.

Am Ende der Diskussion muss die Frage gestellt werden, ob die ermittelten Differenzen zwischen den Wurzelkanalfüllmethoden klinisch relevant sind. JARRETT und FRIEDMAN kommen zu dem Schluss, dass die Ergebnisse ihrer in vitro Studien aufgrund der geringen statistischen Abweichungen innerhalb der Gruppen relevant sind (Friedman et al. 2003; Jarrett et al. 2004). Sie vertreten außerdem die Auffassung, dass diese Untersuchungen in vivo schwer durchzuführen sind. Zu dem gleichen Konsens kommt auch GENCOGLU. Da die statistischen Abweichungen und die Varianzanalyse dieser Arbeit sich mit den Aussagen der Arbeiten von JARRETT, FRIEDMAN und GENCOGLU decken, ist sie von ihrer klinischen Relevanz zwischen diesen zitierten Arbeiten einzuordnen.

Es bleibt trotzdem die Forderung nach weiteren, auch klinischen, Studien, um die Ergebnisse aller bisherigen Untersuchungen zu untermauern und die Verbesserung bestehender Verfahren zu unterstützen (Gencoglu 2003; Jarrett et al. 2004).

## 6. Zusammenfassung

In dieser Studie wurden drei Wurzelfüllmethoden in fast geraden Wurzelkanälen natürlicher, extrahierter Zähne verglichen. Es wurden 75 Zähne standardisiert maschinell mit dem Flexmaster<sup>®</sup>-System der Firma VDW / München aufbereitet. Die Zähne wurden in drei Gruppen eingeteilt und mittels lateraler Kondensation, warm-vertikaler Kondensation („continuous wave obturation“) und der Einzelstiftmethode der Firma VDW / München obturiert. Anschließend wurden die Zähne decalzifiziert und in zwei, drei und vier Millimeter Abstand vom Apex horizontal geschnitten. Die Schnitte wurden unter dem Mikroskop mit fünffacher Vergrößerung fotografiert und die Flächenanteile von Guttapercha und Sealer mit dem Programm Sigma Scan Pro 5 vermessen.

Die Werte der drei Methoden wurden nach der One-way-Anova und dem darauf folgenden Tukey-Test statistisch ausgewertet. Hierbei ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen der vertikalen Kondensation und den Methoden laterale Kondensation und Einstifttechnik in allen drei Abständen vom Apex. Zwischen der lateralen Kondensation und der Einstiftmethode ergibt sich nur zwischen den Werten für 4 mm Apexabstand ein signifikanter Unterschied. Bei 2 mm und 3 mm Schnittabstand ist kein klarer Unterschied nachzuweisen. Der Tukey-Test wurde für  $\alpha = 0,05$  durchgeführt.

Die warm-vertikale Abfülltechnik weist mit einem Guttaperchaanteil von 88,3 % (SD  $\pm 7$  %) bei 2 mm Abstand vom Apex im Gegensatz zur Lateralen Kondensation mit 77,1 % (SD  $\pm 5$  %) und der Einzelstiftmethode mit 79,0 % (SD  $\pm 6$  %) das beste Verhältnis von Guttapercha zum Sealer auf.

Entsprechend ist das Bild im 3mm Segment. Die warm-vertikalen Wurzelfüllungen weisen mit 99,2 % (SD  $\pm 4$  %) Guttaperchaanteil einen erheblich höheren Guttaperchagehalt auf, als die laterale Kondensation mit 82,0 % (SD  $\pm 5$  %) und die Einstiftmethode mit 79,3 % (SD  $\pm 8$  %).

Auch bei einem Abstand von 4 mm vom Apex zeigt sich die vertikale Kondensation mit 97,6 % (SD  $\pm 2$  %) Guttapercha der lateralen Kondensation mit 84,1 % (SD  $\pm 4$  %) und der Einzelstiftmethode mit 79,4 % (SD  $\pm 8$  %) überlegen.

In Bezug auf den Guttaperchagehalt einer Wurzelfüllung ist die warm-vertikale Abfüllmethode den Wurzelfüllmethoden die mit kalter Guttapercha obturieren überlegen. Dieses Ergebnis deckt sich mit der aktuellen Literatur und den aktuellen Studien (De-Deus et al. 2006; Gencoglu 2003; Gencoglu et al. 2002).

Vergleicht man jedoch die Ergebnisse der lateralen Kondensation mit denen der Einstiftmethode, so kann die Einstiftmethode als probate Alternative zur lateralen Kondensation angesehen werden. Voraussetzung ist jedoch, dass der zu obturierende Wurzelkanal eine Krümmung Grad I aufweist und ein rundes Wurzelkanallumen vorliegt. Bei anspruchsvoller Kanalanatomie ist jedoch eine Obturationsmethode mit erwärmter Guttapercha wie die „continuous wave obturation“ nach Buchanan das Mittel der Wahl, um die Forderungen der DGZMK und der ESE zu erfüllen (DGZMK 1999; ESE 1994)

Abschließend ist jedoch zu bemerken, dass die Ergebnisse dieser Studie auf in vitro Untersuchungen basieren und damit nur eine Tendenz für die Praxis bieten. Eine vollständige Übertragung der Ergebnisse in vivo ist bei den vielen hinzukommenden Faktoren, wie zum Beispiel erschwerter Zugang im Patientenmund im Seitenzahnbereich, Bestimmung der Arbeitslänge nicht visuell, Mitarbeit des Patienten bei längerer Behandlung, kritisch zu betrachten (Gencoglu 2003).

## 7. Literaturverzeichnis

- Abou-Rass M, Frank AL, Glick DH (1980): The anticurvature filling methode to prepare the curved root canal. J Am Dent Assoc 101:779-92
- Aneet SB, Hicks ML, Barnett F (2001): Comparison of lateral condensed.06 an.02 tapered gutta-percha and sealer in vitro. J Endod 27(12):786-9
- Baumann MA (2002): Trend: Maschinelle Aufbereitung. Dentalzeitung(4):24-8
- Beer R (1991): Wurzelkanalfüllung mit Guttapercha. Dental Magazin(4):13-6
- Beer R, Baumann MA (1994): Praktische Endodontie. Urban & Schwarzenberg, München
- Beer R, Baumann MA (1997): Endodontie. Rateitschak K.H., Wolf H.F., Stuttgart, New York
- Bergenholtz G, Nyman S (1984): Endodontic complications following periodontal and prosthetic treatment of patients with advanced periodontal disease. Journal of periodontology 55(2):63-8
- Briseno BM (1992): Einfluß verschiedener Wurzelkanalinstrumente bzw. Aufbereitungssysteme auf die Präparation gekrümmter Wurzelkanäle. Endodontie 1:279 - 90
- Buchanan LS (1994): The continuous wave of condensation technique: a convergence of conceptual and procedural advances in obturation. Dentistry Today 13:80-5
- Buchanan LS (1996): The continuous wave of obturation technique: "centered" condensation of warm gutta-percha in 12 seconds. Dentistry Today 15:60-7
- Buchanan LS (2004): Filling root canal systems with centered condensation: concepts, instruments and techniques. Dentistry Today 23:102-6
- Cruse WP, Bellizzi R (1980): A historic review of endodontics, 1689-1963, part 2. J Endod(6):532 - 5
- Curson I (1965): History and Endodontics. Dent Pract Dent Rec 15(12):435-9
- De-Deus G, Gurgel Filho ED, Magalhaes KM, et al. (2006) A laboratory analysis of gutta-percha-filled area obtained using Thermafil, System B and lateral condensation. Int Endod J (England)(39(5)):378-83
- De Moor RJ, De Boever JG (2000): The sealing ability of an epoxy resin root canal sealer used with five gutta-percha obturation techniques. Endodontics and dental traumatology 16(6):291-7

- DGZMK (1999): Stellungnahme der DGZMK zu Wurzelkanalfüllpasten und -Füllstiften
- Donath K (1988): Die Trenn-Dünnschliff-Technik zur Herstellung histologischer Präparate von nicht schneidbaren Geweben und Materialien. EXAKT-Kulzer-Druckschrift, Hamburg / Norderstedt
- Europäische Gesellschaft für Endodontie (1994): Qualitätsrichtlinien endodontischer Behandlung. Endodontie 3:263
- Friedman CM, Sandrik JL, Heuer MA, Rapp GW (1975): Composition and mechanical properties of gutta-percha endodontic points. J Dent Res 54(5):921-5
- Friedman S, Abitbol S, Lawrence HP (2003): Treatment outcomes in endodontics: The Toronto Study Phase 1: Initial treatment. J Endod 29:787-93
- Gani O, Visvisian C, de Caso C (2000): Quality of apical seal in curved canals using three types of spreaders. J Endod 26(10):581-5
- Gencoglu N (2003): Comparison of 6 different gutta-percha techniques (part II): Thermafil, JS Quick-Fill, Soft Core, Microseal, System B, and lateral condensation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 96(1):91-5
- Gencoglu N, Garip Y, Bas M, Samani S (2002): Comparison of different gutta-percha root filling techniques: Thermafil, Quick-fill, System B, and lateral condensation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 93(3):333-6
- Goerig AC, Michelich RJ, Schultz HH (1992): Instrumentation of root canals in molar using the step-down technique. J Endod 8:550-4
- Greve HC (1952): Entwicklungsgeschichte der Wurzelbehandlung. Dtsch Zahnärztl Z 7:1174+6
- Guldener PHA (1992): Der endodontische Arbeitsplatz und Behandlungsablauf. Endodontie 1:65-75
- Guldener PHA, Langeland K (1993): Endodontologie (Vol. 3.; neubearb.Aufl.), S. 93-115. Thieme 1993, Stuttgart; New York
- Hoffmann-Axthelm W (1985): Die Geschichte der Zahnheilkunde, S. 352-6. Quintessenz Verlag, Berlin-Chicago-Tokio
- Hollaender L (1896): Das Füllen der Zähne, S. 156. Verlag von Athur Felix, Leipzig
- Hülsmann M (1996): Die Geschichte der Wurzelkanalaufbereitung. Endodontie 5:97-112

- Jarrett IS, Marx D, Covey D, et al. (2004): Percentage of canals filled in apical cross sections - an in vitro study of seven obturation techniques. *Int Endod J* (England)(37(6)):392-8
- Karlsson S (1986): A clinical evaluation of fixed bridges, 10 years following insertion. *Journal of oral rehabilitation* 13(5):423-32
- Keller O. (1928): Untersuchungen zur Anatomie der Wurzelkanäle des menschlichen Gebisses nach dem Aufhellungsverfahren. Unveröffentlichtes Manuskript, Zürich
- Kröncke A (1981): Die Aufbereitung des Wurzelkanalsystems als Voraussetzung für die Applikation des Füllungsmaterials. *Dtsch Zahnärztl Z* 36:201 - 7
- Kurze K, Rözel M, Brand N (2002): Von der Aufbereitung bis zur Revision. *Dentalzeitung* 4 / 2002:36-7
- Lindner M S; Hannig MG; Albers K.-H. (1995): Die Kanalmorphologie nach manueller Wurzelkanalaufbereitung. Ein Vergleich zweier Methoden. *Dtschl Zahnärztl Z* 50:913-6
- Meyer W (1959): Die Anatomie der Wurzelkanäle. *Dtsch Zahnärztl Z*(14):1239 - 49
- Meyer W (1962): Die konservative Zahnheilkunde im Laufe der letzten hundert Jahre. *Dtsch Zahnärztl Z*(17):1446 - 53
- Meyer W (1970): Die Anatomie der Wurzelkanäle dargestellt an mikroskopischen Rekonstruktionsmodellen. *Dtsch Zahnärztl Z* (35):1064
- Morgan LF, Montgomery ST (1984): An Evaluation of the Crown-Down-Pressureless Technique. *J Endod* 10:491-8
- Mundorf S (1998): Untersuchung der Fingerspreaderkraft bei der lateralen Kondensation - ein in vitro Versuch. Hamburg
- Orstavik D, Mjör IA (1988): Histopathology and x-ray microanalysis of the subcutaneous tissue response to endodontic sealers. *J Endodont* 14:13ff
- Pascon EA (1991): Tissue reaktion to endodontic materials: methods, criteria, assessment and observations. *Oral surg* 72:222ff
- Peters L (1992a): Präparation der endodontischen Zugangskavität und Darstellung der Kanäle. Teil 2: Prämolaren. *Endodontie* 1:141-9
- Peters L (1992b): Präparation der endodontischen Zugangskavität und Darstellung der Kanäle. Teil 3: Obere Molaren. *Endodontie* 1:225-33
- Peters L (1992c): Präparation der endodontischen Zugangskavität und Darstellung der Kanäle. Teil 4: Untere Molaren. *Endodontie* 1:291-300
- Petschelt A (1989): Endodontie: Maschinell-manuell? *Dtsch Zahnärztl Z* 44:406-13
- Pommel L (2001): In vitro apical leakage of System B compared with other filling techniques. *J Endod* 27(7):449-51

Rice TR, Weine FS (1986): The position of finger spreaders during lateral condensation. *The Compendium* (7):451-6

Roane JB, Sabala CL, Duncanson MG (1985): The balanced-force concept for instrumentation of curved canals. *J Endod* 11:203-11

Schaefer E, Telpel J, Hoppe W (1994): Experimentelle Untersuchungen zur Aufbereitung gekrümmter Wurzelkanäle mit neuartigen Wurzelkanalinstrumenten. *Dtsch Zahnärztl Z* 49:311 - 5

Schäfer E (1995): Das Instrumentarium zur manuellen Wurzelkanalaufbereitung. Teil 1: Wurzelkanalinstrumente aus Edelstahl. *Endodontie* 4:205-21

Schäfer E (2003): Bewertung aktueller Wurzelkanalfüllmaterialien. *ZM Zahnärztliche Mitteilungen* 2003(1)

Schäfer E, Zandbiglari T (2003): Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. *Int Endod J* 38: 660-669

Schilder H (1967): Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am* 9:724-44

Schilder H, Goodman A, Aldrich W (1974): The thermomechanical properties of gutta percha Part 2. *Oral surg* 37:954-61

Silver GK, Love RM, Purton DG (1999): Comparison of two vertical condensation obturation techniques: Touch 'n Heat modified and System B. *Int Endod J (England)*(32(4)):287-95

Stock B (1992): Derzeitiger Stand der Ultraschallanwendung in der Endodontie. *Endodontie* 1:34-44

Strübig W (1989): Geschichte der Zahnheilkunde, S. 106-8. Deutscher Ärzteverlag, Köln

Tagger M, Tagger E, Hoppe W (2002): Measurement of adhesion of endodontic sealers to dentin. *J Endodont* 2002(28):351

Thoden Van Velzen SK, Genet JM, Kersten HW, Moorer WR, Wesselink PR (1988): *Endodontie*, S. 114-57. Deutscher Ärzteverlag, Köln

Tran-Janusz T (2000): Größenauswahl von Hilfsstiften bei der Wurzelkanalfüllung mit lateraler Kondensationstechnik. *Wissenschaft in Dissertationen* 533:59

Wu MK, Kast'akova A, Wesselink PR (2001): Quality of cold and warm gutta-percha fillings in oval canals in mandibular premolars. *Int Endod J (England)*(34(6)):485-91

Wu MK, Özok AR, Wesselink PR (2000): Sealer distribution in root canals obturated by three techniques. *Int Endod J (England)* 33:340-5

Wu MK, Wesselink PR (2001): A primary observation on the preparation and obturation of oval canals. *Int Endod J (England)*(34):137-41





## 8. Danksagung

Bei Frau Prof. Dr. Ursula Platzer, Herrn Priv. Doz. M. Oliver Ahlers und Herrn Dr. Andreas Schult bedanke ich mich für Ihre Anregungen und Ihre Unterstützung bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Für Ihre tatkräftige und fachliche Hilfe bei der labortechnischen Aufarbeitung der Zahnpräparate danke ich der medizinisch-technischen Assistentin des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des UKE Frau Monika Schmersahl ganz herzlich.

Herrn Daniel Jarr danke ich für seine unendliche und stundenlange Geduld mit einem Zahnarzt statistische Auswertungen durchzuführen.

Vielen Dank dem Thieme Verlag für die freundliche Genehmigung zur Verwendung der Abbildungen 1,2,3-8,10 und 14.

Der Firma VDW / München danke ich für die Bereitstellung der für diese Arbeit notwendigen Instrumente und Materialien.

Abschließend bin ich meiner Familie sehr dankbar, dass sie ihren Ehemann und Vater neben der normalen Arbeitszeit auch noch an Abenden und Wochenenden zur Anfertigung dieser Arbeit entbehrt hat.

## 9. Lebenslauf

<b>Name:</b>	<u>Dirk</u> Karl Ludwig Hoffmann	
<b>geboren:</b>	am 09.April 1968 in Hamburg-Harburg	
<b>Schulbildung:</b>	1974 - 1978	Grundschule Weusthoffstraße
	1978 - 1987	Friedrich-Ebert-Gymnasium
	10.06.1987	Abitur
<b>Ausbildung:</b>	8/1987 – 10/1988	Ausbildung zum Zahntechniker
<b>Studium:</b>	Wintersemester 1988	Beginn des Studiums der Zahnheilkunde an der Universität Hamburg
	23.01.1994	Abschluss der zahnärztlichen Prüfung
	04.02.1994	Approbation als Zahnarzt
<b>Zahnärztliche Tätigkeit:</b>	4/1994 – 5/1996	Ausbildungsassistent
	6/1996	Tätigkeit als niedergelassener Zahnarzt
	Seit 1/2001	In Gemeinschaftspraxis

**EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG:**

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter in einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Hamburg im Juni 2007