

Aus dem Zentrum für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Westdeutsche Kieferklinik
Poliklinik für Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde
Direktor: Univ.-Prof. Dr. W. H.-M. Raab

**Untersuchung zweier neuer maschineller
Wurzelkanalaufbereitungsinstrumente mittels digitaler
computergestützter Querschnittanalyse der Wurzelkanäle**

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
Der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
vorgelegt von

Heide Grimm

2005

Die vorliegende Arbeit ist meiner Familie gewidmet, ohne deren Unterstützung ich dieses Werk nicht vollendet hätte.

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.: Univ.-Prof. Dr. W. H.-M. Raab
Dekan

Referent: Univ.-Prof. Dr. W. H.-M. Raab

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Herforth

1 Inhaltsverzeichnis--

1	INHALTSVERZEICHNIS--	3
2	Einleitung	4
2.1	HISTORISCHER ÜBERBLICK	4
2.2	ENDODONTOLOGIE	5
2.3	WURZELKANALAUFBEREITUNG	5
2.4	ARBEITSTECHNIKEN DER WURZELKANALAUFBEREITUNG	7
2.5	KOMPLIKATIONEN BEI DER WURZELKANALAUFBEREITUNG	8
2.6	WURZELKANALINSTRUMENTE AUS NICKEL-TITAN-LEGIERUNGEN	10
2.7	AUSBLICK AUF DIE IN-VITRO STUDIE: IN-VITRO UNTERSUCHUNGSMETHODEN ZUR BEWERTUNG VON WURZELKANALAUFBEREITUNGSSYSTEMEN	11
2.8	AUSGANGSLAGE DER IN-VITRO-STUDIE:	13
2.9	FRAGESTELLUNG	14
3	MATERIAL UND METHODE	15
3.1	VORBEREITUNG DER VERSUCHE	15
3.2	DURCHFÜHRUNG DER VERSUCHE	16
3.2.1	<i>Versuchsserie 1</i>	17
3.2.2	<i>Versuchsserie 2</i>	21
3.2.3	<i>Versuchsserie 3</i>	22
3.2.4	<i>Versuchsserie 4</i>	22
4	ERGEBNISSE	24
4.1	STATISTIK FÜR DIE VERSUCHE 1 UND 2	24
4.1.1	<i>Instrument-Fraktur ja/nein Kreuztabelle</i>	24
4.1.2	<i>Instrument –Überinstrumentierung ja/nein Kreuztabelle</i>	25
4.1.3	<i>T- Test: A1/A2 alle Parameter</i>	26
4.2	STATISTIK DER VERSUCHE 3 UND 4	27
4.2.1	<i>Instrumentenfrakturen</i>	27
4.2.2	<i>Überinstrumentierung</i>	28
4.2.3	<i>Mittelwerte der Flächen alle Ebenen</i>	29
4.2.4	<i>Analyse aller Parameter für alle drei Ebenen zusammengefasst</i>	31
4.2.5	<i>Mann-Whitney-U-Test: alle Ebenen und alle Parameter</i>	32
4.2.6	<i>Mittelwerte der Fläche vor/nach Aufbereitung mittels Step-back Technik für apikale Ebene</i>	33
4.2.7	<i>Mittelwerte der Fläche vor/nach Aufbereitung mittels Crown-down Technik für apikale Ebene</i>	33
4.2.8	<i>Nichtparametrische Tests: apikale Ebene alle Parameter</i>	35
4.2.9	<i>Alle Parameter für mittlere Ebene</i>	37
4.2.10	<i>Alle Parameter für die koronale Ebene</i>	38
5	DISKUSSION	39
5.1	DISKUSSION DER METHODE	39
5.2	DISKUSSION DER ERGEBNISSE	40
6	ZUSAMMENFASSUNG	45
7	LITERATURNACHWEIS	48

2 Einleitung

2.1 Historischer Überblick

Pulpitische Erkrankungen der Zähne sind typischerweise Folgen der kariösen Zerstörung.

Bereits im alten Ägypten (3000 v. Chr.) wird in Schriften von Zahnschmerz berichtet (zit. n. Milas 1976). Behandlungsmethoden aus dieser Zeit sind jedoch nicht bekannt. In Schriften des Hippokrates (460-370 v. Chr.) wird die Behandlung von Zahnschmerzen durch Ausbrennen der Pulpa mit einem Brenneisen empfohlen (zit. n. Lilley 1976). In dieser Zeit war die Zahnextraktion ein derartig dramatischer Eingriff, dass Hippokrates dem Ausbrennen des Zahnes den Vorzug gegeben hat (Rouot 1992, Hülsmann 1996).

Claudius Galenus ein Vertreter der antiken römischen Medizin des zweiten nachchristlichen Jahrhunderts empfahl den Zahn bei Dauerschmerz mit einem kleinem Bohrer aufzubohren (zit. n. Curson 1965, zit. n. Lilley 1976, Rouot 1992)

Die therapeutische Vorgehensweise bei pulpitischen Schmerzzuständen veränderte sich von der Antike durch das Mittelalter hindurch bis in die beginnende Neuzeit nicht. Im wesentlichen bestand die Behandlung in Trepanation, Kauterisation, medikamentöse Einlage und als ultima ratio die Extraktion.

Fauchard, der als Begründer der modernen Zahnheilkunde bezeichnet wird, beschrieb in seinem Buch „Le Chirurgien Dentist“ im Jahre 1728 die Trepanation eines schmerzenden Zahnes als die Behandlung der Wahl. Als Ursache für die anhaltenden Zahnschmerzen vermutete er einen Zahnwurm. Diese Theorie vom Zahnwurm blieb über Jahrhunderte bestehen. Antony van Leeuwenhoek (1632-1723) lieferte einen interessanten Erklärungsversuch und zwar nahm er an, dass es sich bei den tatsächlich in Zähnen beobachteten Würmern um Fliegenlarven handelte, die beim Verzehr wurmhaltiger Nahrung in einem hohlen Zahn retiniert wurden (Ring 1971).

Erst 150 Jahre nach Fauchard wurde die Zahnwurm-Theorie eindeutig widerlegt, indem Roger (1878) als erster nachweisen konnte, dass pathogene Keime als Ursache von Pulpaerkrankungen anzusehen sind (zit. n. Cruse & Bezelli 1980).

Bereits 1839 beschrieb Baker als erster das Prinzip der schrittweisen Wurzelkanalbehandlung im Sinne einer Exstirpation der Pulpa, gefolgt von einer

Reinigung des Wurzelkanals mit speziellen Instrumenten sowie einer abschließenden Füllung des Wurzelkanals (zit. nach Cruse & Bellizzi 1980).

Das von Baker beschriebene Grundprinzip hat bis heute seine Gültigkeit behalten.

Der immense Fortschritt in Technik und Forschung ermöglichten eine bis heute andauernde Perfektionierung der endodontischen Maßnahmen.

2.2 Endodontologie

Der Begriff Endodontie steht für die Lehre des Aufbaus, der Biologie, Pathologie, Diagnostik und Therapie der Pulpa. Die Wurzelkanalbehandlung dient der Therapie der irreversiblen Pulpaerkrankungen mit dem Ziel der langfristigen Zahnerhaltung.

Wichtige Voraussetzung für den Behandlungserfolg sind dabei die Reinigung und Formgebung des Wurzelkanals und die anschließende vollständige Obturation des Wurzelkanallumens.

2.3 Wurzelkanalaufbereitung

Der mechanischen Wurzelkanalaufbereitung kommt eine Schlüsselrolle hinsichtlich des langfristigen Therapieerfolges zu (Allison 1979).

Aufgaben der Wurzelkanalaufbereitung sind Erweiterung des Kanallumens und Formgebung, mit dem Ziel, eine optimale Voraussetzung für die anschließende Wurzelfüllung zu schaffen.

Es ist eine Präparationsform angestrebt, die sich von apikal nach koronal konisch verbreitert, ohne den ursprünglichen Kanalverlauf zu begradigen (Ingle 1961, Weine et al. 1970, 1975, 1976, Schilder 1974, Walton 1976, Tidmarsch 1982, Nehammer & Stock 1985, Geurtsen 1990, Voß 1995). Der ursprüngliche Kanalverlauf wird beibehalten, sofern der Materialabtrag zirkulär gleichmäßig erfolgt, so dass das ursprüngliche Kanallumen abschließend zentral im erweiterten Kanal gelegen ist (Lim & Storck 1987).

Desweiteren soll das zirkumpulpale Praedentin abgetragen werden (Schilder 1974, Tidmarsch 1982, Von Velzen et al. 1988, Petschelt 1989, Guertsen 1990, Meyer & Hülsmann 1991, Ingle et al. 1994, Voß 1995). Dabei sei anzumerken, dass das zirkumpulpale Dentin der Wurzelkanalwand bis zu 1,2 mm tief mit Mikroorganismen und Endotoxinen kontaminiert sein kann (Poertzel 1985, Ando 1990, Horiba 1990, Nair 1990, Perez 1993, Peters 1993). Trotz dieser in die Tiefe eindringenden Infektion ist unter Beachtung bestimmter Kautelen und in Verbindung mit chemisch-

physikalischen medikamentösen Maßnahmen eine ausreichende Keimreduzierung zu erreichen. In der Literatur werden die Erfolgssausichten bei korrekter Wurzelkanalaufbereitung mit 80% und mehr angegeben (Schmalz 1990, Friedmann 1995).

Die chemische Aufbereitung dient dem Herausschwemmen der abgetragenen Dentinspäne und der nekrotischen Pulparesten und wirkt durch die Schmierwirkung des feuchten Milieus der Gefahr des Instrumentenbruchs entgegen.

Gewebsauflösende Substanzen in den Spüllösungen zersetzen Pulparesten in Haupt- und Seitenkanälen, die durch die mechanische Aufbereitung nicht abgetragen wurden.

Einige Spüllösungen besitzen desinfizierende Eigenschaften, indem sie bakteriostatisch bzw. bakterizid wirken.

Eine Spüllösung, die diese Eigenschaften weitestgehend erfüllt, ist Natriumhypochlorit, was auf die denaturierenden Eigenschaften durch Chlorierung organischer Substanzen zurückzuführen ist (The 1979, Bertrand 1996, Gomes 2001, Spratt 2001).

Zusätzlich findet der Komplexbildner EDTA (rc-prep®) Anwendung, der eine ausgezeichnete Gleit- und Reinigungswirkung aufweist, wie Cohen et al 1970 nachweisen konnten. Dies wird durch eine erhöhte Dentinpermeabilität noch verstärkt (Goldberg 1977; Byström 1985). Diese ist auf eine begrenzte Demineralisation des Dentins durch das Di- oder Tetranatriumsalz des EDTA zurückzuführen. Das verhältnismäßig große Molekül des Komplexbildners ist in der Lage ein Ca-Ion zu binden. Sind alle Moleküle mit Kalzium gebunden, kommt auch die Demineralisation zum Stillstand (Hampson et al., 1964; Cohen et al., 1970; Goldberg et al., 1977; Stewart et al., 1969).

Das Präparat rc-prep® setzt sich zu 15% aus dem Komplexbildner Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA) und zu 10% Harnstoffperoxid in einem Polyäthylenglykol-träger zusammen.

Die Kombination der mechanischen und chemischen Aufbereitung strebt folgende Ziele an (Grossmann, 1989):

1. vollständige Entfernung von nekrotischem und vitalem Pulpagewebe
2. mechanische Entfernung von Mikroorganismen aus dem Wurzelkanal und des infizierten Dentins der Wurzelkanalwand
3. Erhöhung der desinfizierenden Wirkung von Spüllösungen durch Vergrößerung des Wurzelkanallumens

4. Formgebung des Wurzelkanals zur Ermöglichung der vollständigen Obturation des Wurzelkanalsystems

2.4 Arbeitstechniken der Wurzelkanalaufbereitung

Die Wurzelkanalpräparation setzt sich aus drei Arbeitsschritten zusammen:

1. Die Entfernung des Pulpagewebes
2. Die Reinigung des Wurzelkanals und
3. Die Formgebung des Wurzelkanals

Man unterscheidet verschiedene Techniken, die durch ihre individuelle Aufbereitungsweise zu unterschiedlichen Formen der zu verschließenden Wurzelkanäle führen. Als klassische und älteste Technik sei an dieser Stelle die konische Präparation erwähnt (Ingle, 1961). Sie hat zum Ziel, eine Wurzelkanalform zu schaffen, die dieselbe Größe, Form und Konizität wie das präparierende standardisierte Wurzelkanalinstrument aufweist. Die Technik ist das Ergebnis der in den 50er Jahren eingeführten iso-normierten Wurzelkanalinstrumente. Bei dieser klassischen Technik werden nach Erreichen der Arbeitslänge immer größere Instrumente benutzt, bis die gewünschte Reinigung und Formgebung des Kanals erreicht wird. In ihren Berichten weisen Schneider (1971) und Jungmann (1975) auf die Schwierigkeiten hin, die diese Form der Kanalpräparation bei geraden, als auch bei gekrümmten Kanälen zeigt. Durch die konische Präparation haben größere Instrumente die Tendenz, den ursprünglichen Kanal nicht beizubehalten und somit zu einer Begradigung des Wurzelkanals zu führen.

Diese Problematik war Anlass zur Entwicklung weiterer Aufbereitungsmethoden. Die wohl bekannteste hierbei ist die Step-back-Technik. Diese hat zum Ziel, die apikale Präparation so schmal wie möglich zu gestalten, und sich von apikal nach koronal in einer größeren Konizität zu erstrecken. Diese Formgestaltung soll zum Erhalt des ursprünglichen Kanalverlaufs beitragen. Clem (1969) erwähnte sie erstmals in seinen Veröffentlichungen, zahlreiche anschließende Untersuchungen zeigten sie als überlegen gegenüber der konventionellen Aufbereitung (Coffae, 1975; Bolanos, 1980). Sie gehört heute zu den am weitesten verbreiteten Aufbereitungsmethoden. Hierbei wird, wie bei der konischen Präparation, nach Erreichen der korrekten Arbeitslänge mit aufsteigenden ISO-Größen der Kanal konisch erweitert. Der Unterschied liegt in der apikalen Aufbereitung. Zur Schonung des apikalen Parodonts wird nun in bezug auf den natürlichen Kanaldurchmesser ab einer bestimmten ISO-

Größe jede anschließende Feile um einen Millimeter nach koronal verkürzt. Dadurch entsteht eine zusätzliche Konusform.

Eine weitere Alternative zu den bereits oben aufgeführten Techniken ist die crown-down-Technik (Goerig 1982; Morgan & Montgomery 1984). Ziel dieser Technik ist es, einen ungehinderten Zugang für die apikale Präparation zu schaffen. Dieses Vorgehen hat folgende Vorteile: Zum Einen wird die Gefahr einer Bakterienverschleppung nach apikal verringert, da die größten Pulpabestandteile bereits zu Beginn der Präparation entfernt werden, zum Zweiten wird die Wirkung der Spüllösungen durch das vergrößerte Wurzelkanallumen verbessert und zum Dritten wird die ansonsten in den Wurzelkanalinstrumenten auftretende Spannung herabgesetzt (Blum 1999a, Blum 1999b), was ein Problem der maschinellen Aufbereitung ist (Bergmann 2001).

Bei der Crown-Down-Technik wird zunächst der koronale Anteil des Wurzelkanals erweitert.

Hiernach wird mit absteigender ISO-Größe bis zum Erreichen der Arbeitslänge der Kanal aufbereitet. Im Anschluss daran kann von apikal nach koronal mittels Step-back-Technik die apikale Präparationsform präpariert werden.

2.5 Komplikationen bei der Wurzelkanalaufbereitung

Ziel der Wurzelkanalaufbereitung ist es, den Wurzelkanal für die anschließende Wurzelfüllung vorzubereiten. Die ideale Aufbereitung ist ein sich nach apikal verjüngender Wurzelkanal, der sich bis zum Foramen physiologicum ausdehnt. Der ursprüngliche Kanalverlauf soll beibehalten werden.

Schilder fasste 1974 die vier Anforderungen an die Präparation eines Wurzelkanals zusammen:

1. Der präparierte Wurzelkanal soll als konischer Trichter mit möglichst rundem Querschnitt gestaltet werden.
2. Der Durchmesser des Kanals soll sich apikalwärts verjüngen.
3. Der ursprüngliche Wurzelkanalverlauf soll beibehalten werden.
4. Das Foramen apikale soll in Form und Ausdehnung nicht verändert werden.

Ein großes Problem bei der Kanalpräparation ist die Tendenz der Wurzelkanalinstrumente die Kanäle zu begradigen (Weine 1976, Weine 1989). Die Abweichung von der ursprünglichen Kanalform führt im apikalen Bereich leicht zu Perforationen

(Briseno 1992, Weine 1975). Diese nimmt mit zunehmender Instrumentenstärke zu, was mit der abnehmenden Flexibilität der Instrumente zusammenhängt.

Die maschinelle Aufbereitung des Kanals stellt in den Fällen, bei denen es zu einer Begradigung des Kanals gekommen ist, ein besonders großes Risiko für eine Perforation dar. Dies lässt sich auf die starke Rotation der Wurzelkanalfeile und die beeinträchtigte Taktilität des Behandlers bei der Kanalaufbereitung zurückführen (Esposito 1995).

Bei stark gekrümmten Kanälen führt dies sogar zu einer Perforation seitlich des Foramen apikale. Durch diese apikale Perforation kommt es zu einer Schädigung des periapikalen Gewebes. In seinen Studien beschreibt Weine (1975 und 1976) ein weiteres weit verbreitetes Problem der Wurzelkanalaufbereitung, das apikale „Zipping“. Bei der Aufbereitung stark gekrümmter Wurzelkanäle erfolgt an der apikalen konvexen Kanalwand ein verstärkter Materialabtrag, wodurch der apikale Zip entsteht. Gleichzeitig erfolgt oberhalb des „Zip“ eine Einschnürung, dort wo die Krümmung in den geraden mittleren Wurzelkanalbereich übergeht. Oberhalb dieser Einschnürung kommt es zu einem vermehrten Materialabtrag auf der konkaven Wurzelkanalwand. Diesen Bereich des vermehrten Abtrages bezeichnet man als „Elbow“. Demgegenüber bedeutet die Verlegung des ursprünglichen Wurzelkanalverlaufs in diesem Bereich, dass es zu einer verminderten bzw. unzureichenden Bearbeitung der konvexen Kanalwand kommt. Das heißt, dass Gewebsreste und/oder Bakterien in kleinen oder größeren Mengen an der konvexen Wand des Wurzelkanals zurückbleiben und als röntgenologisch nicht erkennbare Ursachen von Misserfolgen wirken können.

Das Gesamtbild des vermehrten Kanalabtrages an den erwähnten Stellen zeigt eine Sanduhrform.

Daraus resultiert, dass die Stelle des kleinsten Kanaldurchmessers nicht, wie gefordert, in Höhe der apikalen Konstriktion des Wurzelkanals liegt, sondern nach koronal verlagert wurde. Im Bereich der apikalen Präparation ist somit ein nach apikal geöffneter Trichter entstanden, der sich nur außerordentlich schwer dicht abfüllen lässt.

Diese Form der Kanalabweichung ist auf die mangelnde Flexibilität der Wurzelkanalinstrumente zurückzuführen und nimmt mit steigender ISO-Größe und stärkerer Wurzelkrümmung zu.

Die Instrumentenfraktur stellt ein weiteres Problem der Wurzelkanalbehandlung dar. Dieses findet seine Ursache oft in Material- und Sterilisationsfehlern oder ist auf falsche Anwendungstechnik und unflexible Instrumente zurückzuführen. Die Entfernung eines im Wurzelkanal verbliebenen Segmentes eines frakturierten Instrumentes stellt hohe Anforderungen an den Behandler und ist in manchen Fällen unmöglich; dann bleibt nur der chirurgische Eingriff im Sinne einer Wurzelspitzenresektion, Wurzelamputation oder Extraktion des Zahnes.

2.6 Wurzelkanalinstrumente aus Nickel-Titan-Legierungen

Bis etwa Mitte des 20. Jahrhunderts wurden Wurzelkanalinstrumente aus Kohlenstoffstählen und nachfolgend aus Edeltählen angefertigt. Die derzeitige Entwicklung stellen nun Instrumente aus verschiedenen Titan-Legierungen dar.

Die Nickel-Titan-Legierungen wurden 1960 von William F. Buehler, einem Fachmann bezüglich Hüttenwesen und Materialkunde, in einem Forschungslabor der Kriegsmarine in Silver Springs, Maryland entwickelt. Seine Ergebnisse führten zu einem vielseitigen Einsatz der Legierung.

In wissenschaftlichen Berichten werden die Nickel-Titan-Legierungen häufig durch das Akronym NiTinol bezeichnet. Dieses setzt sich aus den chemischen Elementen der Legierung und einem Kürzel des Forschungslabors wie folgt zusammen (Andreason 1978 und Civijan 1975):

Ni	Nickel
Ti	Titan
N	Naval
O	Ordnance
L	Laboratory

Die Legierung dieser Instrumente besteht zu 55 Masseprozent aus Nickel sowie 45 Masseprozent Titan (Lautenschläger & Monaghan 1993). Feinste Spuren anderer Elemente, wie zum Beispiel Kohlenstoff (C), Sauerstoff (O), Eisen (Fe), Stickstoff (N) und Wasserstoff (H), können hinzugesetzt werden, um bestimmte Eigenschaften der Legierung zu optimieren (Heisterkamp 1969).

Der Elastizitätsmodul der Legierung beträgt lediglich 1/5 des entsprechenden Wertes für Chrom-Nickel-Stahl-Instrumente (Walia et al. 1988; Serene et al. 1995). Darüber hinaus weisen Instrumente aus Nickel-Titan im Vergleich zu Instrumenten aus

Edelstahl deutlich geringere Biegemomente auf (Brankin & Wenckus 1993; Camps & Petrot 1994; Serene et al. 1995; Tepel 1995). Nach Tepel (1994) und Walia et al. (1988) besitzen Instrumente aus Nickel-Titan eine größere Torsionsfestigkeit als Instrumente aus Edelstahl. Dies bedeutet, dass die Instrumente aus Nickel-Titan in Bezug auf ihre Frakturnrate durch Verdrehungsbrüche den Instrumenten aus Edelstahl überlegen sind. Desweiteren zeigen neuere Studien, dass die NiTiInol-Feilen den Chrom-Nickel-Stahl-Instrumenten in Bezug auf Erhalt des originären Kanalverlaufs überlegen sind (Coleman 1996, Zmener 1995).

2.7 Ausblick auf die in-vitro Studie: In-vitro Untersuchungsmethoden zur Bewertung von Wurzelkanalaufbereitungssystemen

Für die Beurteilung endodontischer Aufbereitungssysteme wird häufig die vertikale Äquivalenz von aufbereitetem und ursprünglichem Kanalverlauf herangezogen. Dies geschieht zumeist mit Hilfe von Röntgenauswertungen unter Zuhilfenahme von Röntgenkontrastmitteln (Jardine 2000, Esposito P.T. 1995) oder unter Verwendung der Aufbereitungsinstrumente (Schneider 1971, Southard 1987, Brauner et al. 1997, Detzer 1988, Hudson 1992, Blitzkow 1991). Dabei werden die Röntgenbilder mittels Überlagerungstechnik ausgewertet (Hülsmann 1999, Versümer 2002, Dobo-Nagy 2002).

Bei dieser Technik bleiben geometrische Besonderheiten, wie zum Beispiel Einziehungen bei im Querschnitt hantelförmigen Wurzelkanälen, aufgrund von Überlagerungen häufig unerkant.

Eine angewandte Methode ist die Überprüfung der Aufbereitung an künstlichen aus Kunststoff hergestellten simulierten Wurzelkanälen (Thompson SA 1997, Thompson SA 1998, Griffiths 2001, Schäfer 1994, Kum 2000, Szep 2001). Der Vorteil dieser Technik liegt in dem standardisierten Kanalverlauf, der unter standardisierten Bedingungen einen exakten Vergleich unterschiedlicher Aufbereitungsmethoden und Instrumente zulässt. Allerdings sind die Ergebnisse nicht mit der realen Situation zu vergleichen: Zum einen lässt sich die Komplexität des Wurzelkanallumens an Plastikmodellen nicht ausreichend simulieren, zum anderen ist das Abriebverhalten der verwendeten Kunststoffmaterialien nicht mit dem des menschlichen Dentins in den pulpenahen Bereichen vergleichbar. Die Mikrohärtigkeit von Dentin pulpenah wird mit 35-40 kg/mm², die von Kunststoffmaterialien mit 20-22 kg/mm² angegeben (Weine et al. 1975, ElDeeb 1985, Spyropoulos 1987, Miserendino et al. 1988). Für

den Abtrag des pulpenahen Dentins wird doppelt soviel Kraft benötigt wie für den Abtrag bei Kunststoffmodellen (Lim 1985).

Währenddessen sind rasterelektronen-mikroskopische Untersuchungen sehr detailliert, geben allerdings jeweils nur über einen kleinen Ausschnitt des bearbeiteten Dentins und in der Summe auch keine quantitative Auskunft wieder (Hülsmann M. 1997, Peters O. 1997). Diese Untersuchungsmethode ist für die Beurteilung der Oberflächenbeschaffenheit der bearbeiteten Wurzelkanalwand (z.B. smear layers) sehr geeignet (Schaller 1987, Bertrand 1999, Bechelli 1999, Peters 2001).

Neuere Studien untersuchten horizontale Querschnitte vor und nach Aufbereitung (Glossen 1995, Cheung 1996, Harlan 1996, Samyn 1996, Coleman 1997, Kosa 1999, Imura 2001, Deplazes 2001) und bedienten sich dabei meist einer modifizierten Technik nach Bramante (Bramante 1987). Bramante entwickelte ein Muffel- und Einbettungssystem, mit dem es möglich war, vor der Aufbereitung horizontale Sägeschnitte von dem Wurzelkanal anzufertigen und nach der primären fotografischen Dokumentation die Aufbereitung des Wurzelkanals durchzuführen. Die Auswertung der Fotografien (vor und nach) erfolgte von Hand, wobei die Konturen des Wurzelkanals auf Folie abgezeichnet und so zur Deckung gebracht und später die Flächendifferenz mittels Planimeter ausgewertet wurden.

Diese sehr aufwendige Auswertungsmethode wurde mittlerweile durch spezielle Bildverarbeitungssoftware ersetzt (Cheung 1996).

2.8 Ausgangslage der in-vitro-Studie: Untersuchung neuer maschineller NiTiInol-Wurzelkanalinstrumente mittels horizontaler Wurzelquerschnitte zur Bewertung von Wurzelkanalaufbereitungssystemen unter Anwendung verschiedener Aufbereitungsmethoden

Das Angebot der maschinellen Aufbereitungssysteme auf dem Dental-Markt wächst kontinuierlich, und hier ist ein großer Bedarf, die auf den Markt kommenden Instrumente auf ihre Eigenschaften zu überprüfen. Weiterhin ist es wichtig, dass vorab durch in vitro Studien die Aufbereitungsmethode ausgewählt wird.

In der folgenden in-vitro-Studie sollen maschinelle NiTiInol-Wurzelkanalinstrumente der Firma Vereinte Dentalwerke München untersucht werden.

Aus den oben aufgeführten Überlegungen und aus der Literatur kamen wir zu der Entscheidung, bei der Auswahl der Untersuchungsmethode eine Modifikation der Bramante-Technik anzuwenden. Diese angewandte Untersuchungsmethode sollte leicht reproduzierbar und kostengünstig sowie präzise sein.

Die Untersuchungen sollten an zwei Prototypen der Firma Vereinte Dentalwerke München (in dieser Arbeit als A1 und A2 bezeichnet) durchgeführt und anhand folgender Parameter beurteilt werden:

1. Abgetragene Dentinanteile
2. nicht erfasste Dentinanteile, Kanalanteile
3. Erhalt des Kanalverlaufs (Schwerpunktabweichung)
4. Überinstrumentierung
5. Frakturnrate

Desweiteren wurden für das Instrument A1 der Firma Vereinte Dentalwerke München die beiden Aufbereitungsmethoden Crown-down und Step-back mittels der oben aufgeführten Parameter verglichen.

Ziel dieser Untersuchung ist es, den geometrischen Vergleich des ursprünglichen und instrumentierten Kanallumens durch digitale Fotografie bei mikroskopischer Vergrößerung und anschließender digitaler Auswertung von Wurzelkanalquerschnitten quantitativ möglichst detailgenau zu erfassen. Vor allen Dingen soll die Präzision der Aufbereitung in der apikalen Region überprüft werden.

2.9 Fragestellung

Bei der Untersuchung der beiden Prototypen (A1 und A2) der Firma Vereinte Dentalwerke München war zum Zeitpunkt der Versuche nicht bekannt, in welcher Weise sich diese beiden Prototypen voneinander unterscheiden. Daher konnte keine gerichtete Hypothese aufgestellt werden.

Im zweiten Teil dieser Arbeit sollte untersucht werden inwieweit die Aufbereitungsmethode einen Einfluss auf das Ergebnis hat.

Bei dem Vergleich von Step-back versus Crown-down erwarteten wir, dass:

1. bei der Crown-down Methode sowohl die Rate der Überinstrumentierungen, als auch die der Instrumentenfraktur geringer ist, da zunächst der koronale, dann der mittlere Anteil des Wurzelkanals erweitert werden und erst dann auf die Arbeitslänge aufbereitet wird und dadurch die Gefahr erhöhter Friktion und Zug des Instrumentes nach apikal vermindert wird.
2. bei der Crown-down Methode im apikalen Bereich eine präzisere und schonendere Aufbereitung erfolgen würde, d. h. wir nahmen an, dass es zu geringeren Abweichungen vom ursprünglichen Kanalverlauf käme.

3 Material und Methode

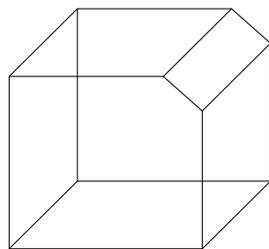
3.1 Vorbereitung der Versuche

Die in dem Versuch verwendeten menschlichen Zähne wurden nach der Extraktion in Natriumhypochlorit eingelegt, welches eine gewebssauflösende Wirkung besitzt, um die Überreste des Desmodonts zu entfernen. Sofern erforderlich, wurde auch Zahnstein mittels Ultraschall entfernt. Nachfolgend wurden die Zähne für die Dauer der Versuchsreihe in physiologischer NaCl-Lösung gelagert. Da jeder Zahn in Polyacrylat eingebettet werden sollte, musste zunächst eine Gussform hergestellt werden.

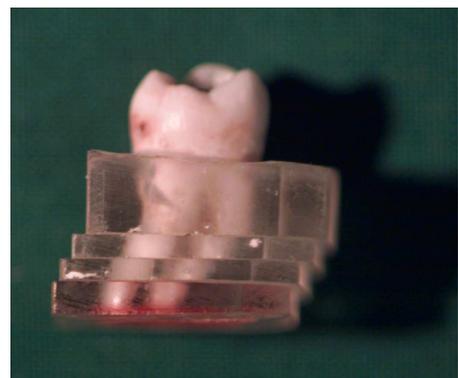
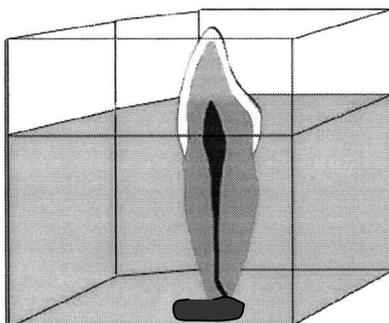
Nachdem ein geeigneter Prototyp entwickelt worden war, der durch seine Form eine einwandfreie Repositionierung ermöglichte, wurden unter Zuhilfenahme eines Tiefziehgerätes die Gussformen aus weichbleibender Copyplastfolie hergestellt.

So wurde für jeden Zahn eine eigene Gussform hergestellt, die die spätere exakte Repositionierung der Zähne ermöglichte. Gleichzeitig diente die Gussform auch als Aufbewahrungsbehältnis.

Schematische dreidimensionale Darstellung der Gussform:



Die Zähne wurden an den Wurzelspitzen in den Gussformen mit Weichwachs fixiert. So wurde der Apex gleichzeitig gegen das Eindringen von Kunststoff in den Wurzelkanal versiegelt.



Anschließend wurden die so vorbereiteten Zähne in Polyacrylat (Technovit 7200 VLC der Firma Heraeus) eingebettet und von den Polyacrylatblöcken je drei horizontale Schnitte (2 / 4 / 6 mm vom Apex) angefertigt (ähnlich der Technik von Bramante). Dabei wurde eine Exact Diamantsäge verwendet, deren Sägeblattstärke 0,2 d betrug.

Vor der Wurzelkanalaufbereitung wurden alle Wurzelkanalquerschnitte mittels digitaler Fotografie (Kodak DCS 410) und unter dreifacher mikroskopischer Vergrößerung (OP-Mikroskop , Fa. Zeiss) aufgezeichnet. Nachdem unter Zuhilfenahme des Mikroskops in den Kunststoff kleine Kreuze eingraviert worden waren, die als Orientierungspunkte dienten.

Darauffolgend wurden die Acrylblöcke in ihren Formen wieder exakt repositioniert, und an jedem Zahn wurde die endodontische Zugangskavität präpariert und die Kanäleingänge der aufzubereitenden Wurzelkanäle dargestellt. Das koronale Drittel jedes Kanals wurde zunächst mit Gates Glidden Bohrern erweitert. Diesen Vorbereitungen konnte nun die Wurzelkanalaufbereitung folgen.

3.2 Durchführung der Versuche

Die Beurteilung erfolgte bei dieser Studie nach Durchführung von vier verschiedenen Versuchsserien:

1. Aufbereitung der Wurzelkanäle mit dem Prototyp A1 bis ISO 60 mittels Step-back-Technik (n= 30)
2. Aufbereitung der Wurzelkanäle mit dem Prototyp A2 bis ISO 60 mittels Step-back-Technik (n=19)
3. Aufbereitung der Wurzelkanäle mit dem Prototyp A1 mittels der Crown-Down-Technik (n=18)
4. Aufbereitung der Wurzelkanäle mit dem Prototyp A1 bis ISO 40 und anschließender Step-back-Technik (n=17)

3.2.1 Versuchsserie 1

In der ersten Versuchsserie wurden n=30 Wurzelkanäle mit dem Prototyp A1 der Firma Vereinte Dentalwerke, München, maschinell aufbereitet. Bei diesem Prototyp handelt es sich um ein NiTiInol Wurzelkanalinstrument mit dem Taper 0,4. Die Aufbereitung erfolgte bis ISO 60.

Die maschinelle Aufbereitung erfolgte mit einem Motor (TCM-Endo), welcher die Drehzahl (1600 U/min) elektronisch reguliert, kombiniert mit einem Endo-Winkelstück (Reduktion 8:1) der Firma Nouwag. Die resultierende Drehzahl betrug demzufolge 200 U/min.

Zunächst wurde bei jedem Kanal die korrekte Arbeitslänge ermittelt und anschließend wurde jeder Kanal mit fabrikneuen Wurzelkanalinstrumenten aufbereitet. Dies erfolgte nach Erreichen der Arbeitslänge mit aufsteigenden Instrumentengrößen. Es wurde mit ISO-Größe 15 begonnen und in folgender Reihe weiter aufbereitet: ISO 20, 25, 30, 35 usw. Die Aufbereitung in dieser Versuchsserie erfolgte bis ISO 60.

Dies geschah bei 200 U/min und regelmäßigen Spülungen mit Natriumhypochloritlösung (NaOCl) nach jedem Instrument- und unter Anwendung von EDTA (rc-präp). Bei der Spüllösung entschieden wir uns für eine 3%ige NaOCl-Lösung zur Auflösung des nekrotischen Gewebes (Thé 1979) im Wurzelkanal und zur Entfernung des Smear-layers (Behrend 1996). Desweiteren ist NaOCl in der klinischen Anwendung auf Grund seiner desinfizierenden Wirkung sehr etabliert (Gomes 2001). Nachfolgend wurde nochmals die fotografische Dokumentation in der oben beschriebenen Weise durchgeführt. Unter Anwendung der Bildverarbeitungs- und Bildanalyse-Software KS 300 (Fa. Zeiss) wurden die vorher / nachher Fotografien mit Hilfe der eingravierten Orientierungskreuze zur Deckung gebracht.

Die Fotografien wurden mit Hilfe der oben genannten Software in Binärbilder umgewandelt, zur Deckung gebracht, d.h. voneinander subtrahiert, und folgende Parameter interaktiv gemessen:

1. Positive Abweichung der Schnittflächen
2. Negative Abweichungen der Schnittflächen
3. Differenz der Schwerpunktkoordinaten

Sowohl die Versuchsserie 1 als auch die Versuchsserie 2 wurden nach dieser Vorgehensweise durchgeführt.

Mit dieser Methode sollten zwei unterschiedliche Prototypen (gleicher Taper: 0,04;

Prototyp A1: Gebürstete Oberfläche abgerundete Kanten (Versuchsserie 1)

Prototyp A2 : unbehandelte Oberfläche und somit scharfe Kanten (Versuchsserie 2)

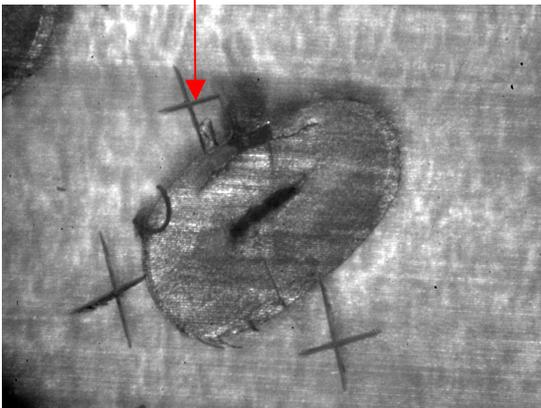
an Hand folgender Kriterien untersucht werden:

1. Abgetragene Dentinanteile
2. nicht erfasste Dentinanteile, Kanalanteile
3. Erhalt des Kanalverlaufs
4. Überinstrumentierung
5. Frakturrate

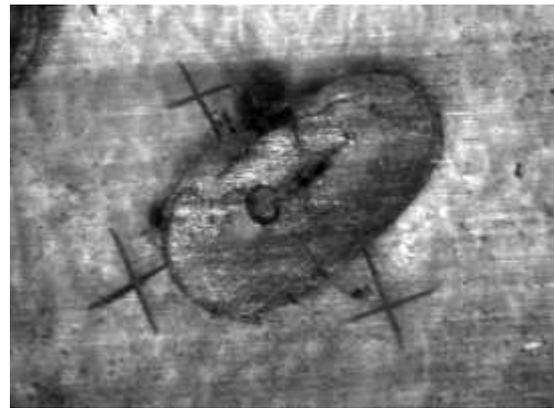
3.2.1.1 Darstellung der Bildverarbeitung und Bildanalyse beispielhaft an einem Wurzelkanalquerschnitt

Digitale Fotografie (Kodak DCS 410) unter dreifacher mikroskopischer Vergrößerung (OP-Mikroskop, Fa. Zeiss)

Orientierungskreuze



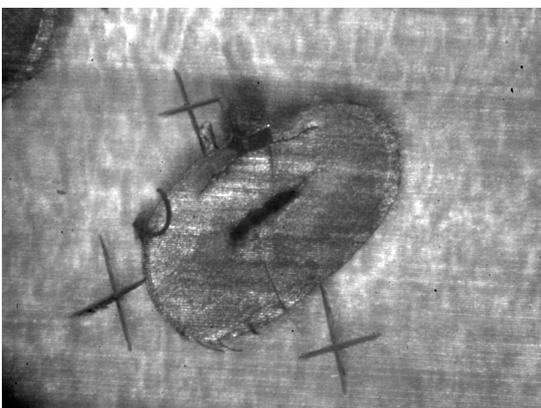
Wurzelquerschnitt vor Aufbereitung



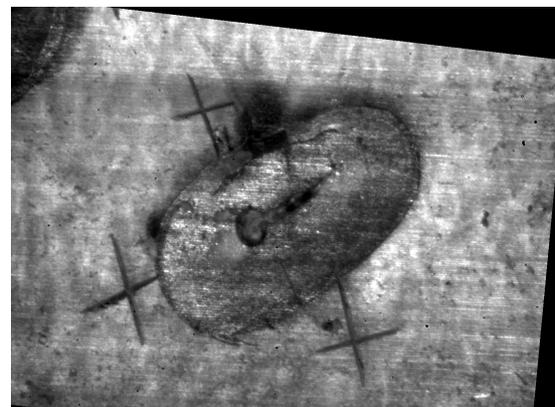
Wurzelquerschnitt nach Aufbereitung



Vorher und nachher Bilder werden mittels der Orientierungskreuze zur Deckung gebracht



Vor Aufbereitung

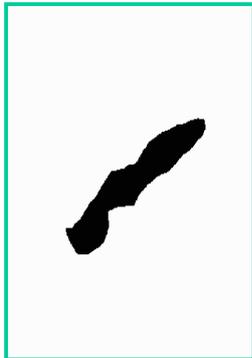


Nach Aufbereitung

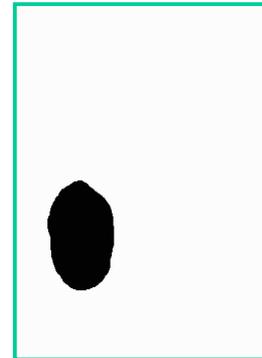


Zunächst wird dafür die Ausdehnung des Wurzelkanals in dem Bild „vor Aufbereitung“ markiert und in dem Bild „nach Aufbereitung“ die bearbeitete Fläche. Anschließend werden die Bilder in binäre Bilder überführt!

Die so markierten Bilder werden mittels des Computerbildbearbeitungsprogramms in binäre Bilder überführt



Ausdehnung des Wurzelkanals vor der Bearbeitung



Bearbeitete Fläche nach Wurzelkanal-aufbereitung



Die so entstandenen binären Bilder des Wurzelkanals und der bearbeiteten Fläche wurden schließlich zur Deckung gebracht und wie folgt dargestellt:



Bildauswertung 1:
Weiß dargestellt ist hier die Fläche von Dentin, die über die ursprüngliche Fläche des Wurzelkanals hinaus abgetragen wurde



Bildauswertung 2:
Hier ist die unbehandelte Fläche nach Aufbereitung weiß dargestellt

Mittels dieser Bilddaten und der Bildbearbeitungssoftware KS 300 konnten folgende Aussagen gemacht werden:

1. Fläche, die über den ursprünglichen Kanalverlauf hinaus aufbereitet wurde (Angabe in mm^2)
2. Nicht erfasste Fläche (Angabe in mm^2)
3. Abweichung des Schwerpunktes

Zu 1. Die Größe der in Bildauswertung 1 dargestellten weißen Fläche wurde mittels der Bildanalyse Software berechnet und in mm^2 angegeben und entspricht der Fläche, die über den ursprünglichen Kanalverlauf hinaus aufbereitet wurde.

Zu 2. Die Größe der in Bildauswertung 2 dargestellten weißen Fläche stellt die Anteile des Wurzelkanals dar, die bei der Aufbereitung nicht erfasst wurden und wird in mm^2 berechnet.

zu 3. Die Abweichung des Schwerpunktes wurde ermittelt, indem jeweils der Schwerpunkt der markierten Flächen als x und y Koordinaten angegeben wurde (Schwerpunkt des Wurzelkanals vor Aufbereitung, Schwerpunkt der bearbeiteten Fläche nach Aufbereitung). Die Differenz dieser Koordinaten stellte damit die Abweichung des Schwerpunktes nach Bearbeitung gegenüber der Ausgangsposition dar.

3.2.2 Versuchserie 2

In der zweiten Serie wurden $n= 19$ Wurzelkanäle mit dem Prototypen A2 der NiTiInol-Wurzelkanalinstrumente der Firma Vereinigte Dentalwerke, München, mit dem Taper 0,04 maschinell bis ISO- Größe 60 aufbereitet. Der Prototyp A2 besitzt, wie bereits im ersten Versuch berichtet, keine abgerundeten Schneidenoberflächen über das gesamte Arbeitsteil.

Die Aufbereitung erfolgt in diesem Versuch auf die gleiche Weise, wie sie schon ausführlich im ersten Versuch geschildert wurde. Es handelt sich hierbei um den gleichen Versuchsaufbau wie im ersten Versuch unter Verwendung des Prototypen A2.

Die Dokumentation der Aufbereitungsergebnisse erfolgt wie in Versuch 1 geschildert.

3.2.3 Versuchsserie 3

Aufgrund der in den ersten beiden Versuchen ermittelten Ergebnisse, hohen Frakturnrate und Überinstrumentierung bei Prototyp A2 (s. Ergebnisteil 4.1.1), haben wir die Versuche 3 und 4 mit dem Prototypen A1 durchgeführt.

In der dritten Versuchsreihe wurden n= 18 Wurzelkanäle mit dem Prototyp A1 der NiTiInol-Wurzelkanalinstrumente der Firma Vereinigte Dentalwerke, München, mit dem Taper 0,04 mit der Crown-Down-Technik maschinell aufbereitet. Die koronalen Kanalanteile werden, wie auch in den vorherigen Versuchsserien, zunächst mittels rotierender Instrumente (Gates-Glidden-Bohrer) aufbereitet.

Nach Erreichen der Arbeitslänge wird mit der Step-Down-Technik nach Goerig et al. (1982) mit abnehmenden Instrumentengrößen nach apikal aufbereitet.

In diesem Versuch folgten wir folgender Reihenfolge: ISO 40, 35, 30, 25, 20 und abschließend 15. Im Anschluss daran wurde bis zur apikalen Masterfeile, in den meisten Fällen ISO-Größe 40, aufbereitet. Nun folgte, in Richtungsumkehrung von apikal nach koronal, eine stufenförmige Aufbereitung (Step-back-Technik). Hierbei wurden nach Erreichen der Arbeitslänge die darauffolgenden Instrumentengrößen um einen Millimeter nach koronal verkürzt. Wir haben bei jedem Wurzelkanal jeweils drei Step-back Schritte durchgeführt.

Auch in diesem Versuch wurden für jeden Wurzelkanal fabrikneue Instrumente benutzt, die die Kanäle unter regelmäßigen Spülungen mit 3%iger Natriumhypochloritlösung und dem Gebrauch von EDTA (rc-prep®) bei 200 U/min aufbereiteten. Die anschließende Dokumentation der Aufbereitungsergebnisse erfolgte wie in Versuch 1 geschildert.

3.2.4 Versuchsserie 4

In der letzten durchgeführten Versuchsreihe wurden n= 17 Wurzelkanäle mit dem Prototyp A1 der NiTiInol-Wurzelkanalinstrumente der Firma Vereinigte Dentalwerke, München, mit dem Taper 0,04 mit der Step-back-Technik maschinell aufbereitet. Auch in diesem Versuch wurden wieder für jeden Wurzelkanal fabrikneue Instrumente unter regelmäßigen Spülungen mit 3%iger Natriumhypochloritlösung und EDTA (rc-prep®) angewendet.

Die koronalen Kanalanteile wurden, wie in den Versuchsserien 1- 3 beschrieben, mit Gates-Glidden-Bohrern erweitert. Die Aufbereitung der Wurzelkanäle erfolgte mittels Step-back-Technik. Bei der Step-back-Technik wurde nach Erreichen der Arbeits-

länge mit aufsteigenden Instrumentengrößen gearbeitet. Es wurde mit ISO-Größe 15 begonnen und in folgender Reihe weiter aufbereitet: ISO 20, 25, 30, 35 und 40. Die apikale Masterfeile war in dieser vierten Versuchsserie in den meisten Fällen ISO 40. Im Anschluss daran wurden, wie in der 1. Versuchsserie beschrieben, 3 Step-back-Schritte durchgeführt.

Im Gegensatz zur Crown-Down-Technik erfolgte diese Aufbereitung von apikal nach koronal. Im Anschluss daran wurden, wie in der 1. Versuchsserie beschrieben, 3 Step-back Schritte durchgeführt.

Die Dokumentation erfolgte in der gewohnten Weise.

4 Ergebnisse

4.1 Statistik für die Versuche 1 und 2

4.1.1 Instrument-Fraktur ja/nein Kreuztabelle

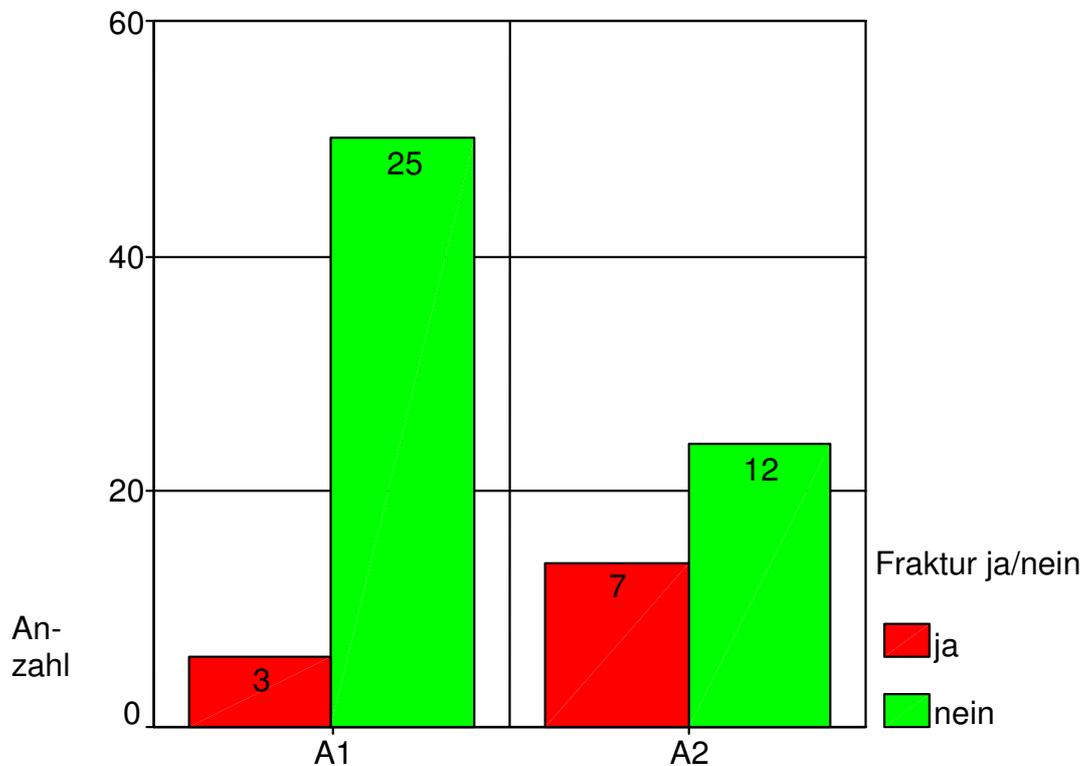
		Fraktur ja/nein		Gesamt
		ja	nein	
INSTRU	A1	3	25	28
	A2	7	12	19
Gesamt		10	37	47

Tabelle 1

Verarbeitete Fälle

	Fälle					
	Gültig		Fehlend		Gesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
TECHNIK * Fraktur ja/nein	35	100,0%	0	,0%	35	100,0%

Tabelle 2

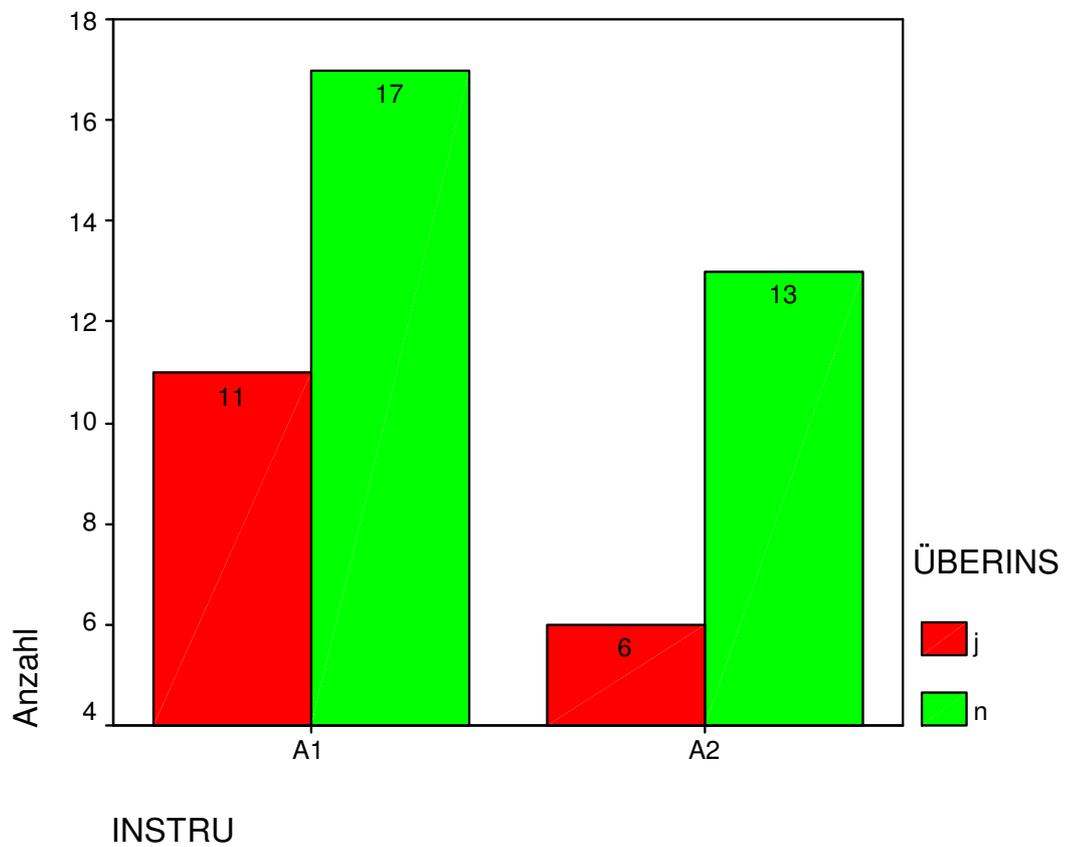


Grafik 1

4.1.2 Instrument –Überinstrumentierung ja/nein Kreuztabelle

Anzahl		ÜBERINS		Gesamt
		j	n	
INSTRU	A1	11	17	28
	A2	6	13	19
Gesamt		17	30	47

Tabelle 3



Grafik 2 Grafische Darstellung der Ergebnisse Überinstrumentierung ja/nein

4.1.3 T- Test: A1/A2 alle Parameter

Gruppenstatistiken

	SYSTEM	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Schwerpunktabweichung der x-Koordinate/mm	A1	64	7,33E-02	8,239E-02	1,030E-02
	A2	37	4,38E-02	3,854E-02	6,336E-03
Schwerpunktabweichung y-Koordinate/mm	A1	64	7,22E-02	9,105E-02	1,138E-02
	A2	37	7,66E-02	,121031	1,990E-02
nicht erfasste Fläche/mm ²	A1	64	4,50E-02	8,058E-02	1,007E-02
	A2	37	4,44E-02	6,398E-02	1,052E-02
Fläche über ursprüngliche Fläche	A1	64	,341542	,286966	3,587E-02
	A2	37	,191318	,152986	2,515E-02

Tabelle 4

4.2 Statistik der Versuche 3 und 4

4.2.1 Instrumentenfrakturen

TECHNIK * Fraktur ja/nein

Anzah		Fraktur		Gesamt
		ja	nein	
TECHNI	SB	2	15	17
	crow	1	17	18
Gesa		3	32	35

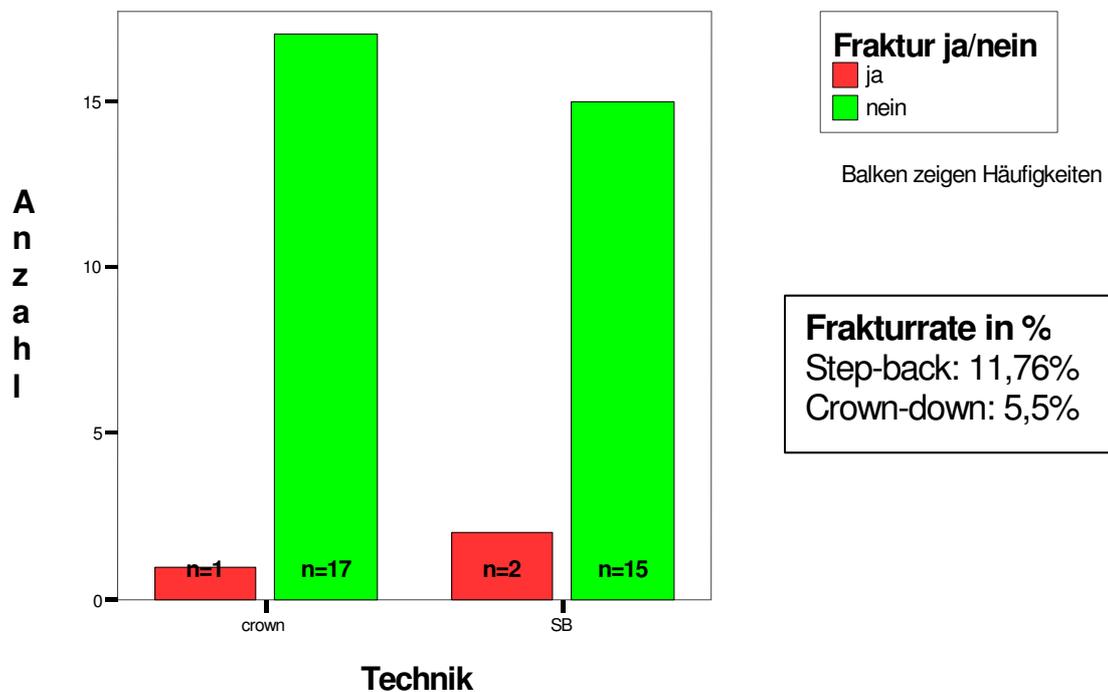
Tabelle 5

Verarbeitete Fälle

	Fälle					
	Gültig		Fehlend		Gesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
TECHNIK * Fraktur ja/nein	35	100,0%	0	,0%	35	100,0%

Tabelle 6

Frakturrate Vergleich Step-back/ Crown-down



Grafik 3

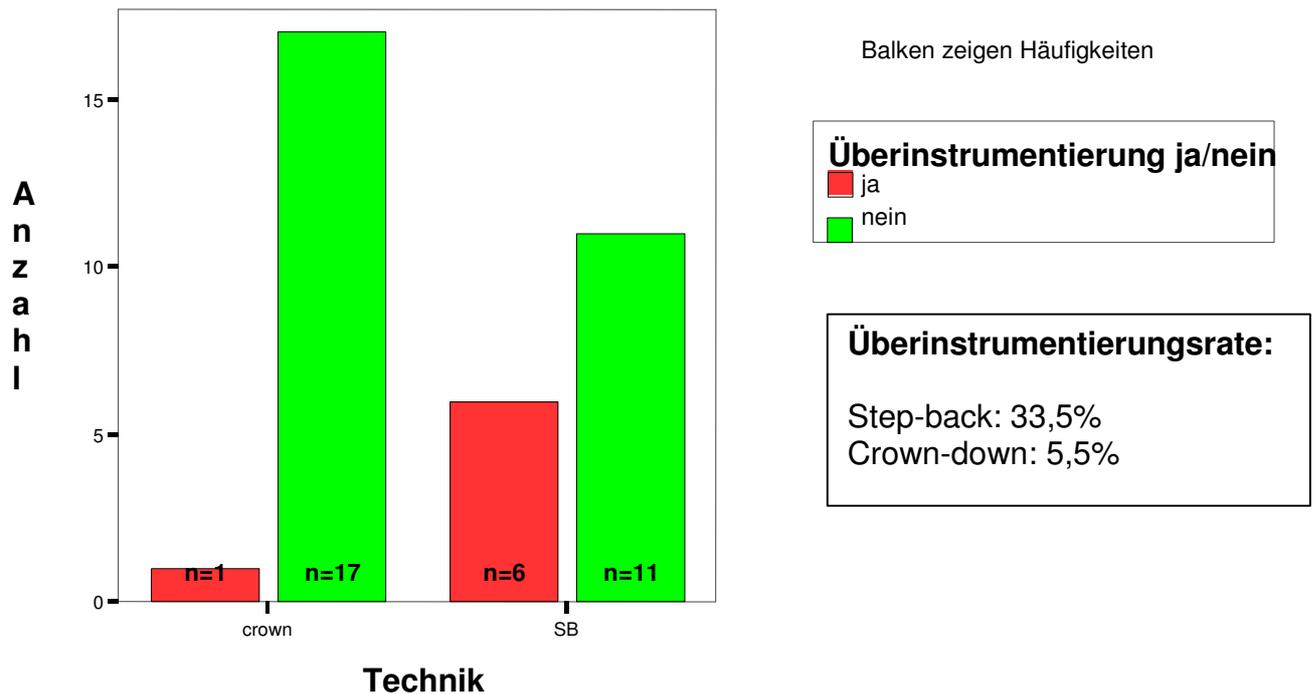
4.2.2 Überinstrumentierung

TECHNIK * Überinstrumentierung ja/nein Kreuztabelle

Anzahl		Überinstrumentierung ja/nein		Gesamt
		ja	nein	
TECHNIK	SB	6	11	17
	crown	1	17	18
Gesamt		7	28	35

Tabelle 7

Überinstrumentierung ja/nein



Grafik4

Tabelle 7 und Grafik 4 zeigt deutlich, dass die Rate der Überinstrumentierung bei der Crown-down Technik deutlich geringer ist (5,5%) als bei der Step-back Technik (35%).

Dies spricht deutlich für die Crown-down Technik als Methode der Wahl bei der maschinellen Aufbereitung.

4.2.3 Mittelwerte der Flächen alle Ebenen

4.2.3.1 Mittelwert der Flächen vor und nach Aufbereitung mittels Step-back Technik

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
ursprüngliche Fläche /mm ²	51	,0029	1,3561	,279181	,283666
aufbereitete Fläche /mm ²	51	,0955	3,0149	,499160	,460033
Gültige Werte (Listenweise)	51				

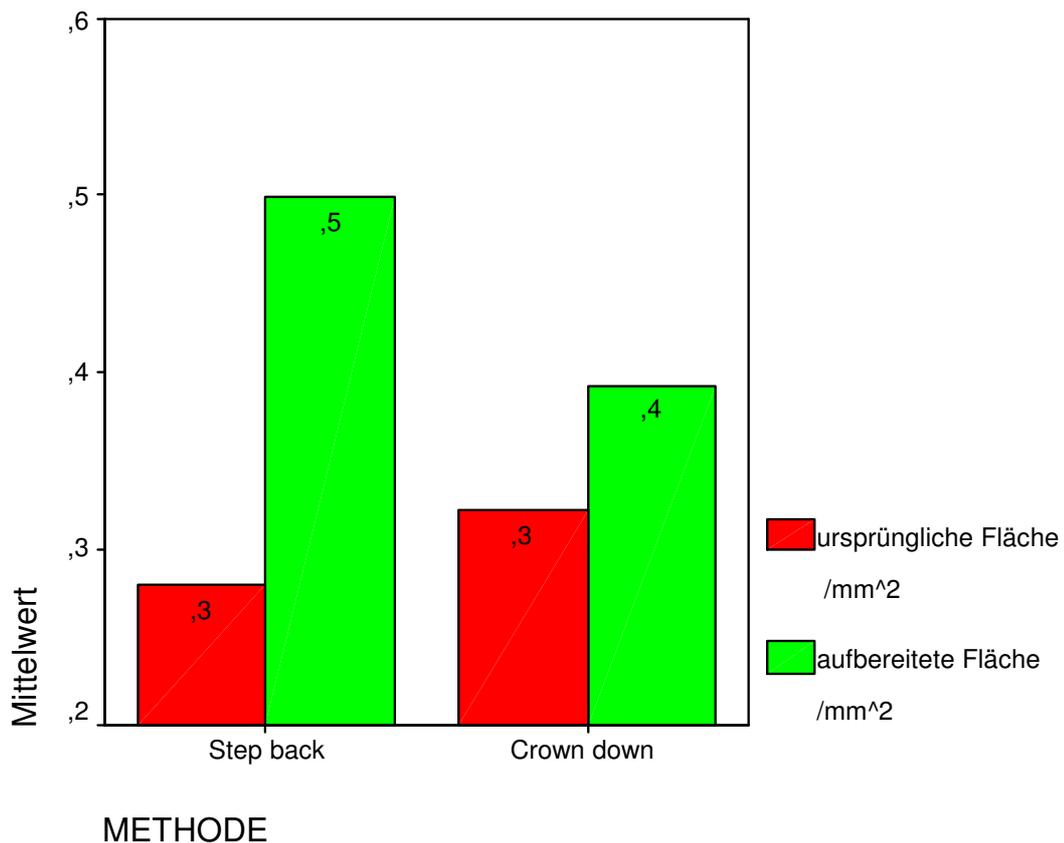
Tabelle 8

4.2.3.2 Mittelwert der Flächen vor und nach Aufbereitung mittels Crown-down Technik

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
ursprüngliche Fläche /mm ²	61	,0170	2,2340	,321562	,365151
aufbereitete Fläche /mm ²	61	,0145	2,4923	,392241	,398669
Gültige Werte (Listenweise)	61				

Tabelle 9

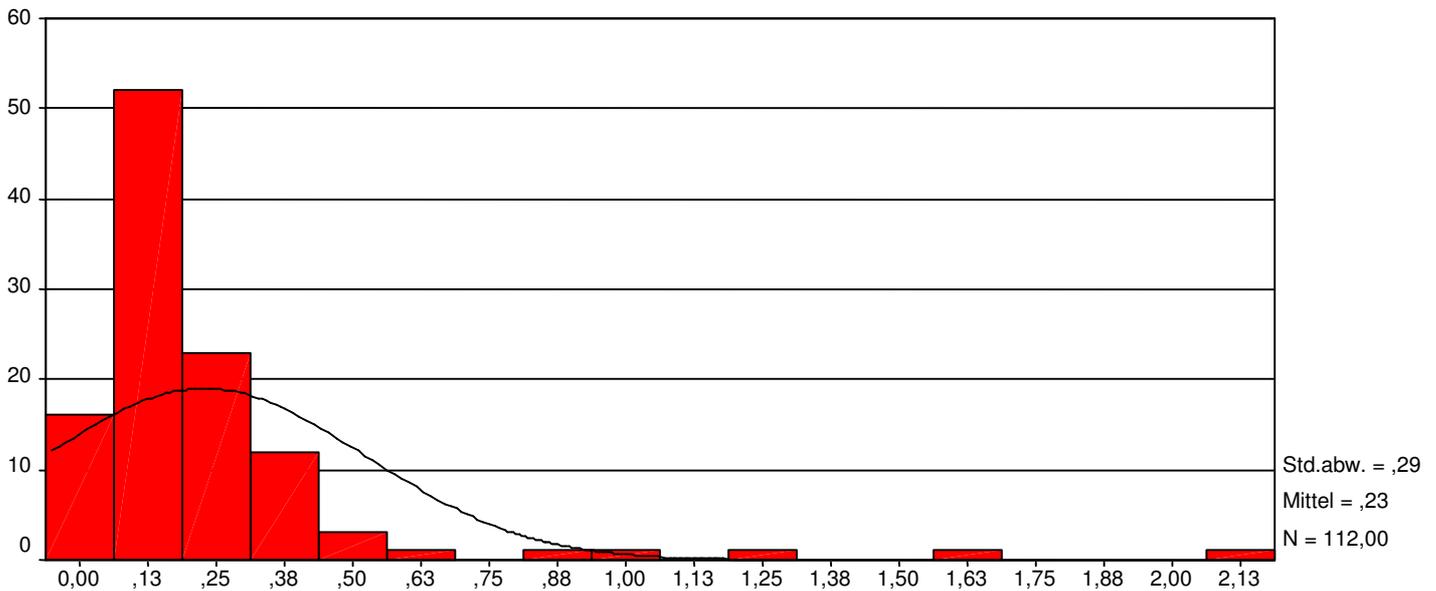


Grafik5 Grafische Darstellung der Flächen vor und nach Aufbereitung mittels Crown-down versus Step-back

Im Vergleich der Mittelwerte vor und nach Aufbereitung mittels Crown-down Methode zeigt sich, dass das durchschnittliche Kanallumen nach Aufbereitung lediglich um **25 %** zugenommen hat.

Im Vergleich der Mittelwerte vor und nach Aufbereitung zeigt sich, dass sich das ursprüngliche Kanallumen nach Aufbereitung mittels Step-back Technik annähernd verdoppelt hat (**81% Flächenzunahme im Mittel!**)

4.2.4 Analyse aller Parameter für alle drei Ebenen zusammengefasst



Fläche über ursprüngliche Fläche hinaus/mm²

Grafik6 Histogramm der Fallverteilung für alle Ebenen beispielhaft für das Parameter Fläche über ursprüngliche Fläche hinaus

Da die Anwendung des T-Testes eine Gauß'sche Normalverteilung der Werte voraussetzt, darf er in dieser Statistik keine Anwendung finden. Die Verteilung der Werte entspricht nicht der Normalverteilung wie in der Grafik 7 dargestellt.

In diesem Fall wird der Mann-Whitney-U-Test verwendet.

Der Mann-Whitney-U-Test ist der am häufigsten verwendete Test bei zwei unabhängigen Stichproben.

4.2.5 Mann-Whitney-U-Test: alle Ebenen und alle Parameter

Ränge

	METHODE	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Fläche über ursprüngliche Fläche hinaus/mm ²	1	51	64,48	3288,50
	2	61	49,83	3039,50
	Gesamt	112		
nicht erfasste Fläche/mm ²	1	51	52,64	2684,50
	2	61	59,73	3643,50
	Gesamt	112		
Schwerpunktabweichung y-Koordinate/mm	1	51	52,89	2697,50
	2	57	55,94	3188,50
	Gesamt	108		
Schwerpunktabweichung der x-Koordinate/mm	1	51	51,46	2624,50
	2	57	57,22	3261,50
	Gesamt	108		

Tabelle 10

Statistik für Test^a

	Fläche über ursprüngliche Fläche hinaus/mm ²	nicht erfasste Fläche/mm ²	Schwerpunkt abweichung y-Koordinate/mm	Schwerpunkt abweichung der x-Koordinate/mm
Mann-Whitney-U	1148,500	1358,500	1371,500	1298,500
Wilcoxon-W	3039,500	2684,500	2697,500	2624,500
Z	-2,378	-1,159	-,505	-,954
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,017 / 0,005*	,246	,614	,340

a. Gruppenvariable: METHODE

Tabelle 11

* Da es sich um eine gerichtete Hypothese handelt, wird der Wert der 2-seitigen asymptotischen Signifikanz durch zwei dividiert. So erhält man den hier relevanten und hochsignifikanten Wert von $p/2 = 0,005$.

4.2.5.1 Mittelwerte für apikale Ebene alle Parameter

Gruppenstatistiken

	METHODE	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Fläche über ursprüngliche Fläche hinaus/mm ²	1	17	,141599	,1075696	,0260895
	2	19	,079442	,0546981	,0125486
nicht erfasste Fläche/mm ²	1	17	,022373	,0332291	,0080592
	2	19	,034947	,0502307	,0115237
Schwerpunktabweichung der x-Koordinate/mm	1	17	,066908	,0604004	,0146493
	2	19	,102452	,1276927	,0292947
Schwerpunktabweichung y-Koordinate/mm	1	17	,091121	,0878409	,0213046
	2	19	,116919	,1852493	,0424991

Tabelle 12

4.2.6 Mittelwerte der Fläche vor/nach Aufbereitung mittels Step-back Technik für apikale Ebene

Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
ursprüngliche Fläche /mm ²	17	,0215	,5615	,152294	,133356
aufbereitete Fläche /mm ²	17	,0955	,6117	,271520	,160210
Gültige Werte (Listenweise)	17				

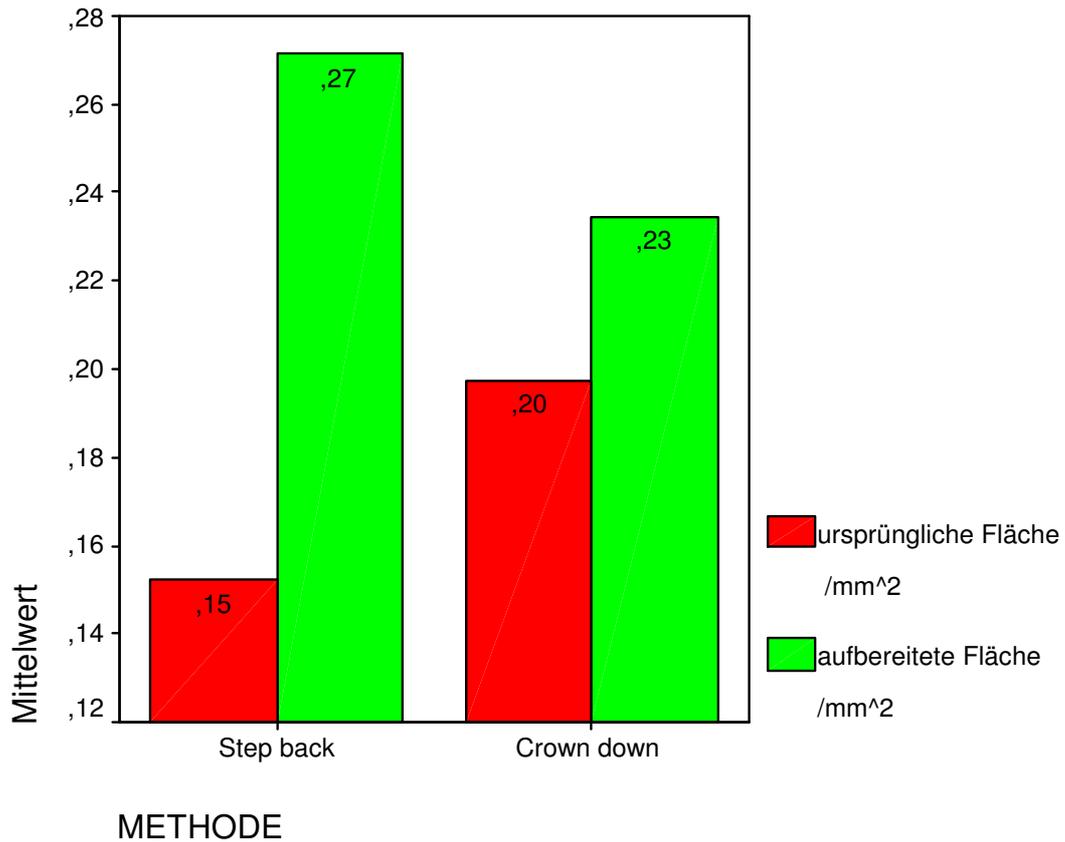
Tabelle 13

4.2.7 Mittelwerte der Fläche vor/nach Aufbereitung mittels Crown-down Technik für apikale Ebene

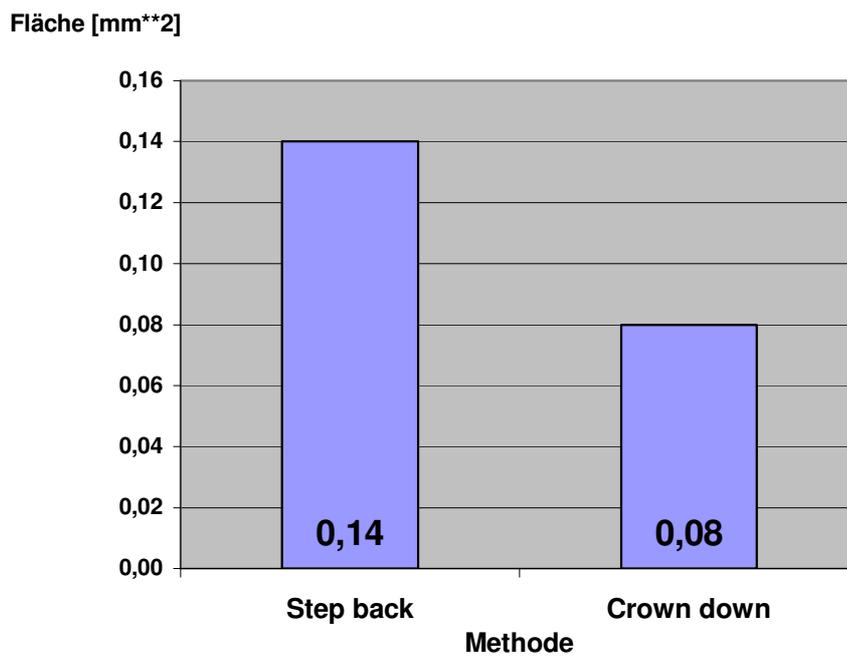
Deskriptive Statistik

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
ursprüngliche Fläche /mm ²	19	,0170	,6624	,197515	,174002
aufbereitete Fläche /mm ²	19	,0145	,7631	,234494	,190324
Gültige Werte (Listenweise)	19				

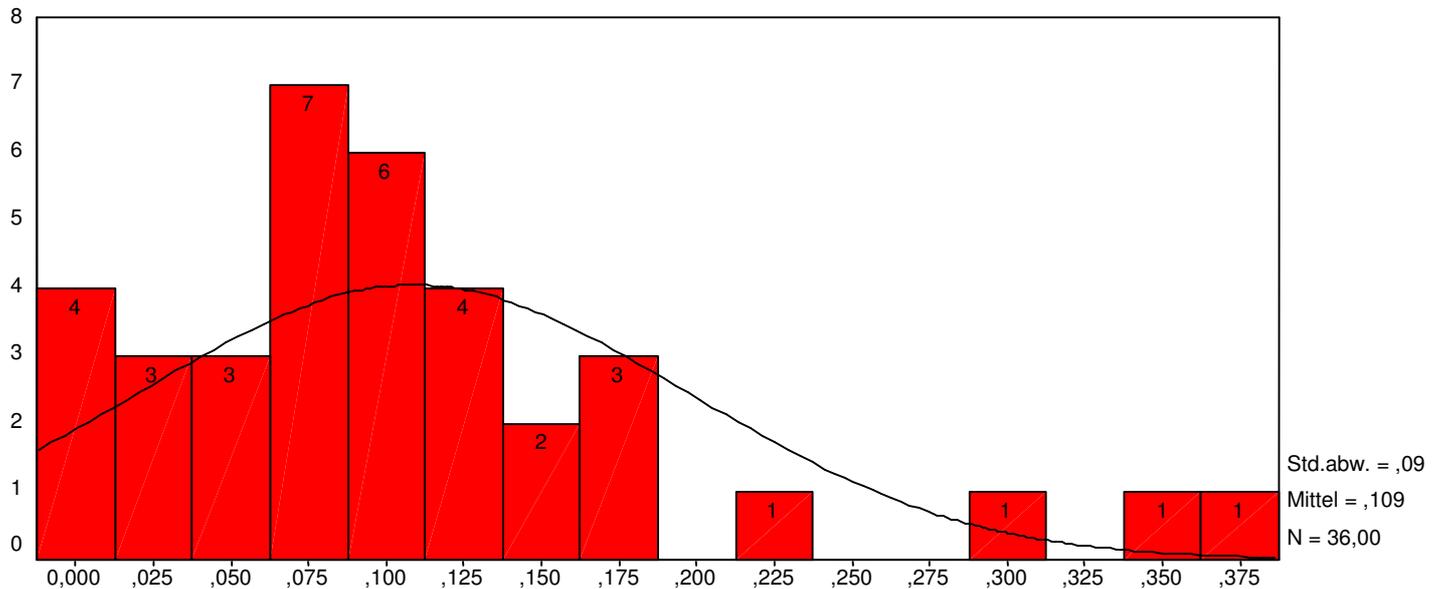
Tabelle 14



Grafik7 Grafische Darstellung der Mittelwerte ursprüngliche und aufbereitete Fläche im Vergleich: Step-back versus Crown-down



Grafik 8 Fläche über ursprüngliche Fläche hinaus bei den beiden Methoden für apikale Ebene



Fläche über ursprüngliche Fläche hinaus/mm²

Grafik9 Histogramm Fallverteilung apikale Ebene beispielhaft dargestellt für den Parameter „ Fläche über ursprüngliche Fläche hinaus/mm²“

4.2.8 Nichtparametrische Tests: apikale Ebene alle Parameter

Ränge

	METHODE	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Fläche über ursprüngliche Fläche hinaus/mm ²	1	17	21,71	369,00
	2	19	15,63	297,00
	Gesamt	36		
nicht erfasste Fläche/mm ²	1	17	16,65	283,00
	2	19	20,16	383,00
	Gesamt	36		
Schwerpunktabweichung y-Koordinate/mm	1	17	19,12	325,00
	2	19	17,95	341,00
	Gesamt	36		
Schwerpunktabweichung der x-Koordinate/mm	1	17	18,44	313,50
	2	19	18,55	352,50
	Gesamt	36		

Tabelle 15

Statistik für Test^b

	Fläche über ursprüngliche Fläche hinaus/mm ²	nicht erfasste Fläche/mm ²	Schwerpunktabweichung y-Koordinate/mm	Schwerpunktabweichung der x-Koordinate/mm
Mann-Whitney-U	107,000	130,000	151,000	160,500
Wilcoxon-W	297,000	283,000	341,000	313,500
Z	-1,727	-1,002	-,333	-,032
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,084 / 0,042 [*]	,316	,739	,975
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	0,087 / 0,044 ^a	,330 ^a	,754 ^a	,975 ^a

a. Nicht für Bindungen korrigiert.

b. Gruppenvariable: METHODE

Tabelle 16 Mann-Whitney-U-Test alle Parameter für die apikale Ebene

*Da es sich auch hier um eine gerichtete Hypothese handelt, wird der Wert der 2-seitigen asymptotischen Signifikanz durch zwei dividiert. Daraus ergibt sich der hochsignifikante Wert von $p/2 = 0,042$. Ebenso wird mit dem Wert der exakten Signifikanz verfahren. Daraus ergibt sich ein signifikantes $p/2$ von 0,044.

4.2.9 Alle Parameter für mittlere Ebene

Mann-Whitney-U-Test

Ränge

	METHODE	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Schwerpunktabweichung der x-Koordinate/mm	1	17	16,65	283,00
	2	19	20,16	383,00
	Gesamt	36		
Schwerpunktabweichung y-Koordinate/mm	1	17	17,47	297,00
	2	19	19,42	369,00
	Gesamt	36		
Fläche über ursprüngliche Fläche hinaus/mm ²	1	17	21,76	370,00
	2	21	17,67	371,00
	Gesamt	38		
nicht erfasste Fläche/mm ²	1	17	17,76	302,00
	2	21	20,90	439,00
	Gesamt	38		

Tabelle 17

Statistik für Test^b

	Schwerpunktabweichung der x-Koordinate/mm	Schwerpunktabweichung y-Koordinate/mm	Fläche über ursprüngliche Fläche hinaus/mm ²	nicht erfasste Fläche/mm ²
Mann-Whitney-U	130,000	144,000	140,000	149,000
Wilcoxon-W	283,000	297,000	371,000	302,000
Z	-,998	-,555	-1,130	-,874
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,318	,579	,258	,382
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,330 ^a	,594 ^a	,268 ^a	,399 ^a

a. Nicht für Bindungen korrigiert.

b. Gruppenvariable: METHODE

Tabelle 18

4.2.10 Alle Parameter für die koronale Ebene
 Man-Whitney-Test

Ränge

	METHODE	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Schwerpunktabweichung der x-Koordinate/mm	1	17	16,82	286,00
	2	19	20,00	380,00
	Gesamt	36		
Schwerpunktabweichung y-Koordinate/mm	1	17	17,88	304,00
	2	19	19,05	362,00
	Gesamt	36		
Fläche über ursprüngliche Fläche hinaus/mm ²	1	17	22,47	382,00
	2	21	17,10	359,00
	Gesamt	38		
nicht erfasste Fläche/mm ²	1	17	18,97	322,50
	2	21	19,93	418,50
	Gesamt	38		

Tabelle 19

Statistik für Test^b

	Schwerpunkt abweichung der x- Koordinate/ mm	Schwerpunkt abweichung y-Koordinate/ mm	Fläche über ursprüngliche Fläche hinaus/mm ²	nicht erfasste Fläche/mm ²
Mann-Whitney-U	133,000	151,000	128,000	169,500
Wilcoxon-W	286,000	304,000	359,000	322,500
Z	-,903	-,333	-1,483	-,267
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,366	,739	,138	,790
Exakte Signifikanz [2*(1-seitig Sig.)]	,379 ^a	,754 ^a	,144 ^a	,794 ^a

a. Nicht für Bindungen korrigiert.

b. Gruppenvariable: METHODE

Tabelle 20

5 Diskussion

5.1 Diskussion der Methode

Ziel dieser computergestützten Technik war es, ein einfaches Modell zur standardisierten Untersuchung der wesentlichen Parameter der Wurzelkanalaufbereitung zu entwickeln, welches in der Herstellung kostengünstig und in der Anwendung unkompliziert ist. Zu diesen wesentlichen Parametern zählen: Erhalt des ursprünglichen Kanalverlaufs und Effizienz der Aufbereitung, sowie Vermeidung von Überinstrumentierung und Instrumentenbruch.

Ziel dieser Methode ist es, den geometrischen Vergleich des ursprünglichen und des instrumentierten Kanallumens durch digitale Fotografie bei mikroskopischer Vergrößerung und anschließender digitaler Auswertung von Wurzelkanalquerschnitten quantitativ möglichst detailgenau zu erfassen. Durch die Erfassung der Schwerpunkte des Wurzelkanals und des bearbeiteten Wurzelkanals ist auch eine Beurteilung der Kanalverlagerung qualitativ und quantitativ möglich.

Zugleich kann die Querschnittsform im Hinblick auf die Erfassung aller Kanalwandareale präzise ausgewertet werden.

Die Querschnittstechnik weist jedoch auch Limitationen auf. Zur umfassenden Bestimmung des Materialabtrages wäre eine große Anzahl von Querschnitten notwendig, die deutlich über der hier verwendeten Anzahl von drei Schnitten liegt. Diese geringe Anzahl schließt nicht aus, dass bei den angefertigten Schnitten im Hinblick auf die Krümmungsgeometrie die relevanten Bezirke nicht erfasst wurden. Eine größere Anzahl präoperativ angefertigter Schnitte könnte aber wiederum die Aufbereitung beeinträchtigen, da der Bewegungsablauf der Instrumente durch Auftreffen auf die schnittbedingten Stufen in der Kanalwand beeinflusst werden kann. Leichte Differenzen in der benötigten Aufbereitungszeit, wie sie Bahr (1997) und Gambal (1997) ermittelten, stützen diese Befürchtung.

Desweiteren eignet sich diese Methode nicht für die Ermittlung des nach apikal extrudierten Debris, da an gesägten Präparaten ein Teil des abgetragenen Dentins nicht nach apikal, sondern in die Sägeschnitte hineingepresst würde (Hülsmann, 1999).

Bei der Anfertigung einer größeren Anzahl von Querschnittspräparaten mit reduzierter Schichtdicke wäre mit mehreren Nachteilen zu rechnen: deutlich erhöhter

Arbeitsaufwand bei der Herstellung der Schnitte, größerer Sägeverlust und eine höhere Fragilität der einzelnen Querschnittspräparate.

Im nachhinein kritisch zu bewerten ist in dieser Studie die Längenbestimmung. Es wäre sicherlich von Vorteil gewesen, die Längenbestimmung mittels Röntgenmessaufnahme durchzuführen.

Der Vorteil dieser computergestützten Methode liegt darin, dass ein Vergleich des ursprünglichen und instrumentierten Kanallumens möglich ist, wobei die Kanalform im Querschnitt betrachtet wird.

Für die Beurteilung endodontischer Aufbereitungssysteme wird häufig die vertikale Äquivalenz von aufbereitetem und ursprünglichem Kanalverlauf herangezogen. Dies geschieht zumeist mit Hilfe von Röntgenauswertungen unter Zuhilfenahme von Röntgenkontrastmitteln (Jardine 2000) oder unter Verwendung der Aufbereitungsinstrumente (Southard 1987, Brauner et al. 1997, Schneider 1971, Detzer 1988, Hudson 1992, Blitzkow 1991).

Dabei bleiben geometrische Besonderheiten der Wurzelkanäle aufgrund von Überlagerungen häufig unerkant.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

Ziel dieser Studie war es, anhand der beschriebenen Methode die Effizienz und operative Sicherheit zweier unterschiedlicher maschineller Aufbereitungsinstrumente zu untersuchen. Desweiteren sollte untersucht werden, inwieweit die Effektivität und Sicherheit eines Aufbereitungsinstrumentes durch die Methode beeinflusst werden kann.

Erst nach Abschluss und Auswertung der Studie erfuhren wir von der Firma Vereinte Dentalwerke München, in welchen Eigenschaften sich die Instrumente A1 und A2 unterschieden.

Beim Prototypen A1 ist die Schneidenoberfläche über das gesamte Arbeitsteil gebürstet (leicht abgerundet) und sollte somit eine erwartete geringere Schneidleistung als A2 besitzen.

Die untersuchten Instrumente (A1 und A2) der Firma Vereinte Dentalwerke München unterschieden sich lediglich hinsichtlich dieser Oberflächenbeschaffenheit.

In den weiteren Eigenschaften Taper, Anzahl der Windungen des Arbeitsteils sowie Schneidenwinkel wiesen die Instrumente A1 und A2 keine Unterschiede auf.

Die Bezeichnung Taper bezieht sich auf die Konizität des Instruments (Kegelsteigung) und beträgt 4%.

Die Prototypen A1 und A2 sind geometrisch nahezu identisch. Die Anzahl der Windungen auf die Arbeitslänge von 16 mm und die Schneidenwinkel sind beim Prototyp A1 wie folgt festgelegt:

Iso Stärke	Windungen	Schneidenwinkel
15-20	21	15°
25-30	19	20°
35-45	15	25°
50-60	13	30°

Somit sind die unterschiedlichen Ergebnisse in der ersten und zweiten Versuchsreihe (siehe Ergebnisse Tab. 1 und Grafik 1) ausschließlich auf die unterschiedliche Oberflächenbeschaffenheit zurückzuführen. Wir gehen davon aus, dass es durch die scharfen Kanten und somit erhöhte Schneidleistung der Instrumente des Typs A2 bei diesen leichter zu Verkantungen in dem Kanal kam, was zu starken Torsionskräften auf das Instrument führte. Dies wiederum führte zu der erhöhten Frakturrate dieser Instrumente im Vergleich zu den Instrumenten des Typs A1.

Da die in den Versuchen aufgetretenen Instrumentenfrakturen in allen Fällen bei \leq ISO 30 auftraten und die Instrumentenentfernung eine zu große Schädigung des Kanals bedeutet hätte, konnte nicht weiter aufbereitet werden. Somit mussten diese Kanäle von der endgültigen Auswertung ausgeschlossen werden.

Es ist die Tendenz eines Unterschiedes sichtbar. Da aber während der Versuche zu viele Überinstrumentierungen und Frakturen mit den Instrumenten A2 auftraten (zu stark reduzierte Anzahl der durchgeführten Versuche siehe N in Tab. 4), ist eine vergleichende, klinisch relevante und statistisch aussagekräftige Auswertung nicht zulässig (siehe Tab. 1 und Grafik 1).

In den folgenden zwei Versuchsserien 3 und 4 wurde die Effektivität und Sicherheit des Instrumentes Typ A1 der Firma Vereinigte Dentalwerke München unter dem Einfluss unterschiedlicher Methoden untersucht.

Die Frakturrate lag bei der Crown-down Methode bei 5,5% und bei der Step-back Methode bei 11,76%. Hier zeigt sich bereits die Überlegenheit der Crown-down

Methode gegenüber der Step-back Methode. Dadurch, dass bei der Crown-down Methode zunächst von koronal nach apikal aufbereitet wird (siehe Methode des Versuchsserie 3 Punkt 3.2.3) wird die ansonsten auftretende Spannung in den Wurzelkanalinstrumenten herabgesetzt, was die geringere Frakturrate erklärt.

Eine Frakturrate von 11,76% bei Anwendung der Step-back Methode liegt deutlich über dem in der Literatur genannten Werte von 2-6%, und ist somit nicht akzeptabel. Noch deutlicher zeigt sich die Überlegenheit der Crown-down Methode gegenüber der Step-back Methode bei der Betrachtung der Überinstrumentierungsrate (s. Tab. 7 und Grafik 4): Crown-down 5,5%, Step-back 35,5%.

Die klinischen Folgen einer Überinstrumentierung können neben dem Überstopfen von Wurzelkanalfüllungsmaterial, eine direkte Schädigung des periapikalen Bereiches sein, was durch eine zusätzliche Keimverschleppung zu apikalen Abszessen führen kann.

Dies spricht eindeutig für die Crown-down Technik und verdeutlicht, dass die Verwendung der Step-back Methode bei Verwendung dieser Instrumente zu schlechteren Ergebnissen führt. Auf Grund dieser häufigen Überinstrumentierungen bei der Verwendung der Step-back Methode sollten die maschinellen Aufbereitungsinstrumente der Firma Vereinigte Dentalwerke München nur unter Anwendung der Crown-down Methode klinisch eingesetzt werden.

Während der Aufbereitung kam es häufig zu einem unkontrollierten Zug des verwendeten Instrumentes Richtung apikal, was die Überinstrumentierung zur Folge hatte.

Vermutlich lässt sich dies durch eine starke Translationsbewegung des Instrumentes A1 bei permanent rotierendem Einsatz im Kanal erklären, der die Instrumentenführung nach apikal begünstigt. Hier lassen unsere Beobachtungen die Vermutung zu, dass die Step-back Methode diese Translationsbewegung in dem Kanal in seinem negativen Effekt noch verstärkt.

Die Effizienz der Aufbereitung wurde anhand der Wurzelkanalquerschnitte vor und nach Aufbereitung überprüft.

Im Vergleich der Flächen vor und nach Aufbereitung (siehe Tab. 8;9 und Grafik 5) zeigt sich im Mittel, dass das durchschnittliche Kanallumen bei Anwendung der Crown-down Methode lediglich um 25% zugenommen hat, wobei sich hingegen bei der Verwendung der Step-back Methode das Kanallumen nahezu verdoppelt hat (81% Flächenzunahme im Mittel).

Dieser Vergleich ist allerdings in seiner Aussagekraft eingeschränkt, da zum einen alle Ebenen der Aufbereitung zusammengefasst werden und zum zweiten ein Vergleich der Mittelwerte sowie die Anwendung des T-Tests eine Normalverteilung voraussetzt. Diese Voraussetzung ist allerdings nicht gegeben (siehe Grafik 6).

Ist eine Normalverteilung der Werte nicht gegeben, findet der Mann-Whitney-U-Test Anwendung.

Bei dem Vergleich der Methoden Crown-down versus Step-back aller Ebenen und aller Parameter zeigte sich eine hohe Signifikanz der Abweichung der Fläche, die über die ursprüngliche Fläche hinaus/mm² aufbereitet wurde $p/2 = 0,005$ (siehe Tab.10 und 11). Daraus folgt, dass die Crown-down Methode der Step-back Methode auch hinsichtlich der Effizienz und schonenden Aufbereitung des Wurzelkanals überlegen ist.

Die Zusammenfassung aller Schnittebenen (apikale, mittlere und koronale Ebene) in einer Statistik ergibt allerdings eine klinisch nicht übertragbare Aussage. Auch wenn sich hier eine Signifikanz der Abweichung des Parameters: „Fläche, die über die ursprüngliche Fläche hinaus/mm²“ zeigt, kann diese nicht so hoch gewertet werden. Die klinisch relevante Ebene ist die apikale Ebene (2mm vor dem Apex), weil hier eine möglichst schonende Präparation des Wurzelkanals angestrebt wird.

Betrachtung der apikalen Ebene:

In der Grafik 7 ist grafisch dargestellt, dass mittels Step-back-Technik in der apikalen Ebene eine deutlich größere Erweiterung des Kanals bei der Aufbereitung erfolgt.

Dahingegen wird der Kanal bei der Aufbereitung mittels Crown-down Technik substanzschonender aufbereitet.

Bei der Betrachtung des Parameters „Fläche über ursprüngliche Fläche hinaus“ zeigt sich ebenfalls, dass die Crown-down Methode ein schonenderes Ergebnis erzielt. Während bei der Step-back Methode diese Fläche im Mittel 0,14 mm² beträgt, liegt der entsprechende Wert bei der Crown-down Methode bei 0,08 mm², wie in der Grafik 8 dargestellt ist.

Bei genauerer Betrachtung der Ergebnisse zeigt sich auch hier, dass es sich bei der Fallverteilung nicht um eine Normalverteilung handelt und somit die statistische Bewertung mittels Mann-Whitney-U-Test erfolgen muß (siehe Grafik 9).

In Tabelle 16 wird deutlich, dass die Crown-down Methode auch im apikalen Bereich der Step-back Methode überlegen ist, da diese eine schonendere Aufbereitung (Fläche über ursprüngliche Fläche hinaus) in dieser Ebene aufweist. Das heißt, der

Materialabtrag ist deutlich geringer (asymptotische Signifikanz $p/2 = 0,042$; exakte Signifikanz $p/2 = 0,044$).

Bei allen weiteren Parametern (nicht erfasste Fläche, Schwerpunktabweichung) findet sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Aufbereitungsmethoden.

Ebenso bei der vergleichenden Betrachtung der Crown-down versus Step-back Methode bezogen auf die koronale und mittlere Ebenen lassen sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich der verwendeten Parameter (siehe Tab.17,18,19,20) ermitteln.

Durch diese Versuchreihe konnte gezeigt werden, dass allein durch die Wahl der Aufbereitungsmethode der Erfolg und die Sicherheit einer maschinellen Wurzelkanalbehandlung signifikant beeinflusst werden kann.

Abschließend läßt sich sagen, dass die Instrumente Typ A1 für die maschinelle Wurzelkanalaufbereitung nur unter Verwendung der Crown-down Methode in vivo Verwendung finden sollten.

Desweiteren sollte überlegt werden, ob nicht Instrumente mit höherer Kegelsteigung (6%) für die Aufbereitung des koronalen und mittleren Wurzelkanaldrittels sinnvoll wären. Eine weite Aufbereitung des koronalen und mittleren Drittels würde die Gefahr der Instrumentenfraktur und Überinstrumentierung durch eine möglichst geringe Friktion der apikal verwendeten Instrumente in diesen Bereichen noch weiter herabsetzen. In weiterführenden Studien sollte dies mit berücksichtigt werden.

6 Zusammenfassung

Durch die zunehmende Neuentwicklung maschineller endodontischer Aufbereitungssysteme bei Nickel-Titan-Instrumenten wird es notwendig, diese Systeme und ihre klinische Effektivität hinreichend zu beurteilen.

Weiterhin ist es wichtig, dass vorab durch in-vitro Studien die Aufbereitungsmethode ausgewählt wird.

In dieser Studie wurden zwei maschinelle Nickel-Titan Wurzelkanalinstrumente der Firma Vereinigte Dentalwerke München miteinander verglichen.

Beide wiesen eine Kegelsteigung von 4% auf und unterschieden sich bezüglich ihrer Oberflächenbeschaffenheit, was uns zum Zeitpunkt der Studie nicht bekannt war.

Der Prototyp A1 zeichnete sich durch seine gebürstete Schneidenoberfläche und somit abgerundete Kanten gegenüber den unbehandelten Schneiden des Prototypen A2 aus.

Bei der Untersuchungsmethode entschieden wir uns für eine Modifikation der Bramante-Technik. Die Instrumente wurden hinsichtlich folgender Parameter beurteilt:

1. abgetragene Dentinanteile
2. nicht erfasste Kanalanteile
3. Erhalt des Kanalverlaufs (Schwerpunktabweichung)
4. Überinstrumentierung
5. Frakturnrate

Desweiteren wurden für das Instrument A1 die beiden Aufbereitungsmethoden Crown-down und Step-back mittels der oben aufgeführten Parameter verglichen.

Ziel dieser Untersuchung war es, den geometrischen Vergleich des ursprünglichen und des instrumentierten Kanallumens durch digitale Fotografie bei mikroskopischer Vergrößerung und anschließender digitaler Auswertung von Wurzelkanalquerschnitten quantitativ möglichst detailgenau zu erfassen. Vor allen Dingen sollte die Präzision der Aufbereitung in der apikalen Region überprüft werden. Die in den Versuchen verwendeten menschlichen Zähne wurden nach Reinigung mit Natrium-Hypochlorit und Ultraschall in eigens hergestellte Gussformen aus Copyplast mittels Weichwachs an der Wurzelspitze fixiert und in Polyacrylat eingebettet. Von den Polyacrylat-blöcken wurden je drei horizontale Schnitte (2/ 4/ 6 mm vom Apex) angefertigt, ähnlich der Technik von Bramante. Vor und nach der

Wurzelkanalaufbereitung wurden alle Wurzelkanalquerschnitte mittels digitaler Fotografie (Kodak DCS 410) und unter dreifacher mikroskopischer Vergrößerung (OP-Mikroskop, Fa. Zeiss) aufgezeichnet.

In der Versuchsserie 1 wurden n=30 Kanäle mit dem Prototypen A1 aufbereitet, die anschließend mit den n=19 Kanälen der Versuchsserie 2 unter Verwendung des Prototypen A2 verglichen wurden. Wir gingen davon aus, dass es durch die scharfen Kanten und somit erhöhte Schneidleistung der Instrumente des Typs A2 bei diesen leichter zu Verkantungen in dem Kanal kam, was zu starken Torsionskräften auf das Instrument führte. Dies wiederum führte zu der erhöhten Frakturrate von 63,2% dieser Instrumente im Vergleich zu den Instrumenten des Typs A1 mit einer Frakturrate von 10,71%.

Die Auswertung bezüglich des Erhaltes des Kanalverlaufs ergab einen tendenziellen Unterschied zwischen den beiden Prototypen. Da aber während der Versuche zu viele Überinstrumentierungen und Frakturen bei Anwendung des Instruments A2 auftraten, ist eine vergleichende, klinisch relevante und statistisch aussagekräftige Auswertung nicht zulässig.

In den folgenden zwei Versuchsserien 3 und 4 wurde die Effektivität und Sicherheit des Instrumentes Typ A1 der Firma Vereinigte Dentalwerke München unter dem Einfluss unterschiedlicher Methoden untersucht.

Die Frakturrate lag bei der Crown-down Methode bei 5,5% und bei der Step-back Methode bei 11,76%. Hier zeigt sich bereits die Überlegenheit der Crown-down Methode gegenüber der Step-back Methode.

Eine Frakturrate von 11,76% bei Anwendung der Step-back Methode liegt deutlich über dem in der Literatur genannten Wert von 2-6%, und ist somit nicht akzeptabel.

Noch deutlicher zeigt sich die Überlegenheit der Crown-down Methode gegenüber der Step-back Methode bei der Betrachtung der Überinstrumentierungsrate (Crown-down 5,5%, Step-back 35,5%).

Auf Grund dieser häufigen Überinstrumentierungen bei der Verwendung der Step-back Methode sollten die untersuchten maschinellen Aufbereitungsinstrumente der Firma Vereinigte Dentalwerke München nur unter Anwendung der Crown-down Methode klinisch eingesetzt werden.

Die Effizienz der Aufbereitung wurde anhand der Wurzelkanalquerschnitte vor und nach Aufbereitung überprüft.

Die klinisch relevante Ebene ist die apikale Ebene (2mm vor dem Apex), weil hier eine möglichst schonende Präparation des Wurzelkanals angestrebt wird.

Bei der Betrachtung des Parameters „erfasste Dentinanteile“ zeigt sich ebenfalls, dass die Crown-down Methode ein schonenderes Ergebnis erzielt. Während bei der Step-back Methode diese Fläche im Mittel $0,14 \text{ mm}^2$ beträgt, liegt der entsprechende Wert bei der Crown-down Methode bei $0,08 \text{ mm}^2$, wie in der Grafik 8 dargestellt ist. Abschließend läßt sich sagen, dass die Instrumente Typ A1 für die maschinelle Wurzelkanalaufbereitung nur unter Verwendung der Crown-down Methode in-vivo Verwendung finden sollten.

Desweiteren sollte überlegt werden, ob nicht Instrumente mit höherer Kegelsteigung (6%) für die Aufbereitung des koronalen und mittleren Wurzelkanaldrittels sinnvoll wären. Eine weite Aufbereitung des koronalen und mittleren Drittels würde die Gefahr der Instrumentenfraktur und Überinstrumentierung durch eine möglichst geringe Friktion der apikal verwendeten Instrumente in diesen Bereichen noch weiter herabsetzen. In weiterführenden Studien sollte dies mit berücksichtigt werden.

7 Literaturnachweis

1. Allison D. A., Weber C. R., Walton R. E. : The influence of canal preparation on the quality of apical and coronal obturation. J Endod 1979; 5: 298-304
2. Ando N., Hoshino E.: Predominant obligate anaerobes invading deep layers of root canal dentine. International Endodontic Journal 23: 20-27 (1990)
3. Andreason G.F., Morrow R.E.: Laboratory and clinical analyses of nitinol wire. American Journal of orthodontics 1978; 73: 142-51
4. Bahr R.: Vergleichende Untersuchungen über die Effektivität der manuellen Wurzelkanalaufbereitung und der maschinellen Wurzelkanalaufbereitung mit dem Endoplaner-Winkelstück. Med. Diss., Göttingen 1997
5. Bechelli C., Zecchi-Orlandini S., Colafranceschi M.: Scannino electron microscope study on the efficacy of root canal wall debridement of hand versus Lightspeed instrumentation. International Endodontic Journal 32 : 484-93 (1999)
6. Bergmanns L, Von Cleynenbreugel J, Wevers M., Lambrechts P.: Mechanical root canal preparation with NiTi rotary instruments: rationale, performance and safety. Status report for the American Journal of dentistry. American Journal of dentistry 14: 324-33 (2001)
7. Bertrand M. F., Pizzardini P., Muller M., Mediani E., Rocca J. P.: The removal of the smear layer using the Quantec system. A study using the Scanning electron microscope. International Endodontic Journal 32 :217-24 (1999)
8. Blitzkow Sydney G., Batista A., de Melo L. L.: The radiographic platform: A new method to evaluate root canal preparation in vitro. J Endodont 17: 570-72 (1991)
9. Blum JY, Cohen A., Machtou P., Micallef JP: Analysis of forces developed during mechanical preparation of extracted teeth using Profile NiTi rotary instruments. International Endodontic Journal 32: 24-31 (1999 b)

10. Blum JY, Machtou P., Micallef JP: Location of contact areas on rotary profile instruments in relationship to the forces developed during mechanical preparation on extracted teeth. International Endodontic Journal 32: 108-14 (1999a)
11. Bolanos O. R., Jensen J.R.: Scanning electron microscope comparison of the efficiency of various methods of root canal preparation. Journal of Endodontics 6: 815, 1980
12. Bramante C.M., Berbert A., Borges R.P.: A Methodology for Evaluation of Root Canal Instrumentation. J Endodont 13:243-245 (1987)
13. Brankin G. W., Wenckus C. S.: Flexibility/ torsional properties of nickel titanium and stainless steel files. Abstract # 33, J Endod 19, 193 (1993)
14. Brauner A., Hassan A., Lampert F.: Aufbereitung gekrümmter Wurzelkanäle mit Wurzelkanalinstrumenten aus Nickel-Titan-Legierung. ZWR 7-8, 733-39 (1997)
15. Briseno B. M. : Einfluß verschiedener Wurzelkanalinstrumente bzw. Aufbereitungssysteme auf die Präparation gekrümmter Wurzelkanäle. Endodontie 4: 279-290 (1992)
16. Byström A., Sundquist G.: The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. International Endodontic Journal 19: 35 (1985)
17. Camps J., Petrot W.-J.: Torsional and stiffness properties of Canal Master U stainless steel and nitinol instruments. J Endod 20, 395-398 (1994)
18. Cheung G.S.P., Chan A.W.K.: An In Vitro Comparison Of Excalibur Handpiece And Hand Instrumentation In Curved Root Canals. J Endodont 22:131-134 (1996)
19. Civjan S., Huget E. F., DeSimon L. B.: Potential application of certain Nickel-Titanium (Nitinol) alloys. J Dent Res 54, 89-96 (1975)

20. Clem W. H.: Endodontics: the adolescent patient. *Dent Clin North Am* 13, 483-493 (1969)
21. Coffae K. P, Brillant J.D.: The effects of serial preparation versus nonserial preparation on tissue removal in the root canal of extracted mandibular human molars. *J Endod* 1 , 211-214 (1975)
22. Cohen St., Stewart G. G, Laster L. L.: The effect of acids, alkalies and chelating agents on dentine permeability. *Oral Surgery* 29: 631-634 (1970)
23. Coleman C.L., Svec T.A., Rieger M.R., Suchina J.A., Wang M.M., Glickman G.N.: Analyses Of NiTi Versus Stainless Steel Instrumentation By Means Of Direct Digital Imaging. *J Endodont* 22:603-607 (1996)
24. Coleman C.L., Svec T.A.: Analyses Of NiTi Versus Stainless Steel Instrumentation In Resin Stimulated Canals. *J Endodont* 23:232-235 (1997)
25. Cruse W.P., Bezelli R.: A historic review of endodontics 1689-1989. Part 1. *J Endod* 6, 495-499 (1980)
26. Curson I.: History and Endodontics. *Dent prac*15: 435-439 (1965)
27. Deplazes P., Peters O., Barbakow F.: Comparing apical preparation of root canals shaped by nickel-titanium rotary instruments and nickel-titanium hand-instruments. *Journal of Endodontics* 27: 196-202 (2001).
28. Detzer F.: Untersuchungen zu Schneidetendenzen von sechs verschiedenen handinstrumenten bei Wurzelkanalaufbereitung in vitro. *Med Diss, München* (1988)
29. Dobo-Nagy C., Serban T. Szabo J., Nagy G., Madlena M.: A comparison of the shaping characteristics of two nickel-titanium endodontic hand instruments. *International Journal of Endodontics* 35: 283-8 (2002)
30. ElDeeb ME, Boraas JC : The effect of different files on the preparation shape of severely curved canals. *International Endodontic Journal* 18: 1-7 (1985)

31. Esposito P. T., Cunningham C. J.: A comparison of canal preparation with nickel-titanium and stainless steel instruments. *J Endod* 21, 173-176 (1995)
32. Friedmann S., Löst C., Zarrabian M., Trope M.: Evaluation of success and failure after endodontic therapy using a glass ionomer cement sealer. *Journal of Endodontics* 21: 384-90 (1995)
33. Gambal A.: Die maschinelle Aufbereitung des Wurzelkanals mit dem Excalibur-System. Eine in-vitro-Untersuchung mit Hilfe eines neuentwickelten Untersuchungsmodells
34. Geurtsen W.: Die Wurzelkanalaufbereitung . Methoden im Überblick: Mechanische, chemische und schall-/ultraschallaktivierte Verfahren Phillip *Journal* 7: 23-30 (1990)
35. Glosson C.R., Haller R.H., Dove S.B., delRio C.E.: A Comparison Of Root Canal Preparation Using NiTi Hand And NiTi Engine-driven And K-Flex Endodontics Instruments. *J Endodont* 21:146-151 (1995)
36. Goerig A. C., Michelich R. J., Schultz H. H.: Instrumentation of root canals in molar using the step down technique. *J Endod* 8, 550-554 (1982)
37. Goldberg F., Abramovich A.: Analysis of the effect of EDTA on the dentinal walls of the root canal. *Journal of Endodontics* 3: 101 (1977)
38. Gomes B. P. F. A., Ferraz C. C. R., Vianna M. E., Berber V. B. , Teixeira F. B., Souza-Filho f. J.: An in vitro antimicrobial activity of several concentration of sodium hypochlorite and chlorhexidine gluconate in the elimination of enterococcus faecalis
39. Griffiths IT., Chassot AL, nascimento MF., Bryant ST., Dummer PM.: Canal shapes produced sequentially during instrumentation with Quantec SC rotary nickel-titanium instruments: a study in simulated canals. *International Journal of Endodontics* 34: 107-112 (2001)

40. Harlan A., Nicholls J. I., Steiner J. C.: A comparison of curved canal instrumentation using Nickel-Titanium or Stainless Steel Files with balanced-force Technique. *Journal of Endodontics* 22: 410-13 (1996)
41. Heisterkamp C. A., Buehler W. J., Wang F. E.: 55-NiTiInol: A new biomaterial, paper presented at the 8th International Conference on Medical and Biomedical Engineering (Chicago), 1969
42. Horiba N., Maekawa Y., Matsumoto T., Nakamura H.: A study of the distribution of endotoxin in the dentinal wall of infected root canals. *Journal of Endodontics* 16: 331-34 (1990)
43. Hudson D. A., Remeikis N. A., Van Cura J. E.: Instrumentation of curved root canals: A comparison Study. *J Endodont* 18: 448-50 (1992)
44. Hülsmann M., Gambal A., Bahr R.: An improved technique for the evaluation of root canal preparation. *Journal of Endodontics* 25: 599-602 (1999)
45. Hülsmann M., Rummelin C., Schäfer F.: Root canal cleanliness after preparation with different endodontic handpieces and hand instruments: A comparative SEM-investigation. *J Endodont* 23: 301-306 (1997)
46. Hülsmann M.: Zur Geschichte der Wurzelkanalaufbereitung . *Endodontie* 2: 97-112 (1996)
47. Imura N., Kato AS, Novo NF, Hata G., Uemura M., Toda T.: A comparison of mesial molar root canal preparation using two engine-driven instruments and the balanced-force technique. *Journal of Endodontics* 27: 627-31 (2001)
48. Ingle J. I.: A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 14,83-91 (1961)
49. Jardine S. J., Gulabivala K.: An in vitro comparison of canal preparation using two automated rotare nickel-titanium instrumentation technique. *Int Endod J* 2000 Jul; 33(4): 381-91

50. Jungmann C. L., Uchin R. A., Bucher J. F.: Effect of instrumentation on the shape of the root canal. *J Endod* 1, 66-69 (1975)
51. Kosa D. A., Marshall G., Baumgartner J. C.: An analysis of canal centering using mechanical instrumentation techniques. *Journal of Endodontics* 25: 441-5 (1999)
52. Kum K.Y., Spangberg L., Cha B.Y., Il-Young J., Seung-Jong L., Chan-Young L.: Shaping ability of three ProFile rotary instrumentation techniques in simulated resin root canals. *Journal of Endodontics* 26: 719-23 (2000)
53. Lautenschläger E. P., Monaghan P.: Titanium and titanium alloys as dental materials. *Int Dent J* 43,245-253 (1993)
54. Lilley J. D.: Endodontic instrumentation before 1800. *J Br Endod Soc* 9,67-70 (1976)
55. Lim K. C., Webber J.: The effect of root canal preparation on the shape of the curved root canal. *International Endodontic Journal* 19 : 233-39 (1985)
56. Meyer G., Hülsmann M.: Die Aufbereitung des Wurzelkanals. *Zahnärztliche Mitteilungen* 81: 864-870 (1991)
57. Milas V. B. History. In Cohen S., Burns R. C.: *Pathways of the pulp*. 1st ed. C.V. Mosby, St. Louis Baltimore 1976 S. 619-634
58. Miserendino LJ, Miserendino CA, Moser JB, Heuer MA, Osetek EM : Cutting efficiency of endodontic instruments. Part III : Comparison of sonic and ultrasonic instrument systems. *Journal of Endodontics* 14: 24-30 (1988)
59. Morgan L. F., Montgomery S.: An evaluation of the crown-down pressureless technique. *Journal of Endodontics* 10: 491 (1984)
60. Nair R., Sjörgren U., Krey G., Kahnberg K. E., Sundquist G.: Intraradicular bacteria and fungi in root-filled asymptomatic human teeth with therapy-resistant lesions: a long term light and electron microscopic follow-up study. *Journal of Endodontics* 16: 580-88 (1990)

61. Nehammer CF, Stock CR: Preparation and filling of the root canal. Brit Dent J 158: 285-91 (1985)
62. Perez F., Calas P., de Falguerolles A., Maurette A.: Migration of streptococcus sanguis strain through the root dentinal tubules. Journal of Endodontics 19 : 297-301 (1993)
63. Peters L. B.: Zur Frage der Infektion von Dentinkanälchen. Endodontie 2: 239-44 (1993)
64. Peters O. H., Barbakow F.: Effects of irrigation on debris and smear layer on canal walls prepared by two rotary techniques: a scanning electron microscopic study. Journal of Endodontics 26: 6-10 (2000)
65. Peters O., Eggert C., Barbakow F.: Wurzelkanaloberflächen nach Lightspeed-Präparation im REM dargestellt-eine Pilotstudie. Endodontie 3: 225-231 (1997)
66. Petschelt A.: Endodontie: Maschinell-manuell? Die Aufbereitung und Spülung des Wurzelkanals. Dtsch Zahnärztl Z 44: 407-13 (1989)
67. Poertzel E., Petschelt A.: Bakterien in der Wurzelkanalwand bei Pulpagangrän. Dtsch Zahnärztl Z 41: 772-777 (1985)
68. Ring M. E.: Anton van Leewenhoek and the tooth-worm. J Am Dent Assoc 83: 999- 1001 (1971)
69. Rouot J.: Die Zahnheilkunde in der Antike. In: Toellner R. (Hrsg.): Illustrierte Geschichte der Medizin. Karl Müller Verlag Erlangen 1992
70. Samyn J.A., Nicholls J.I., Steiner J.C.: Comparison of Stainless Steel And NiTi Instruments In Molar Root Canal Preparation. J Endodont 22:177-181 (1996)
71. Schäfer E., Tepel J., Hoppe W.: Experimentelle Untersuchungen zur Aufbereitung gekrümmter Wurzelkanäle mit neuartigen Wurzelkanalinstrumenten. Dtsch Zahnärztl Z 49: 311-15 (1994)

72. Schäfer E., Tepel J.: Formveränderung gekrümmter Wurzelkanäle nach standardisierter Aufbereitung. Dtsch Zahnärztl Z 48: 653-58 (1993)
73. Schaller H. G., Götze W., Schommer G.: Vergleichende Untersuchungen über den Dentinabrieb und die Dentinoberfläche nach Bearbeitung mit maschinell angetriebenen Systemen zur Wurzelkanalaufbereitung. Dtsch Zahnärztl Z 42: 784-88 (1987)
74. Schilder H.: Cleaning and shaping the root canal. Dent Clin North Am 18, 269-296 (1974)
75. Schmalz G.: Die Wurzelkanalbehandlung - Klinische Erfolge. Dtsch Zahnärztl.Z 45, 251-256 (1990)
76. Schneider S.: A comparison of Canal Preparation in straight and curved root canals. Oral Surgery 32: 271 (1971)
77. Schneider S.W.: A comparison of canal preparation in straight and curved canals. Oral Surg 32,271 (1971)
78. Schroeder A. : Fundamental of root canal therapy. Quintessenz 28: 89-97 (1977)
79. Serene T. P., Adams J. D., Saxena A.: Nickel-titanium instruments. Application in endodontics. Ishiyaku EuroAmerica Inc., St. Louis 1995
80. Southard D. W., Oswald R. J., Natkin E.: Instrumentation of curved Molar Root Canals with the Roane Technique. Journal of Endodontics 13: 479-89 (1987)
81. Spratt D. A., Pratten J., Wilson M., Gulabivala K.: An in vitro evaluation of the antimicrobial efficacy of irrigants on biofilms of root canal isolates. International Endodontic Journal 34: 300
82. Spyropoulos S., ElDeeb ME, Messer HH : The effect of Giromatic files on the preparation shape of severely curved canals. International Endodontic Journal 20: 133-142 (1987)

83. Szep S., Gerhardt T., Leitzbach C., Luder W., Heidemann D.: Preparation of severely curved simulated root canals using engine-driven rotary and conventional hand instruments. Clin Oral Investig 5: 17-25 (2001)
84. Tepel J.: Biegeverhalten von Wurzelkanalinstrumenten. Dtsch Zahnärztl Z 50: 146-49 1995
85. Tepel J.: Frakturanfälligkeit von Wurzelkanalinstrumenten. Dtsch Zahnärztl Z 49: 837-40 (1994)
86. Thompson SA, Dummer P.M.H.: Shaping ability of ProFile .04 taper series 29 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Int Endodont J 30: 1-7 und 8-15 (1997)
87. Thompson SA, Dummer P.M.H.: Shaping ability of Quantec Series 2000 rotary nickel-titanium instruments in simulated root canals. Int Endodont J 31: 259-267 und 268-274 (1998)
88. Tidmarsch B.: Preparation of the root canal. International Endodontic Journal 15 : 53-61 (1982)
89. Tucker D.M., Wenckus C.S., Bentkover S.K.: Canal Wall Planning By Engine-driven NiTi-Instruments Compared With Stainless Steel Hand Instrumentation. J Endodont 23:170-173 (1997)
90. Van Velzen TSK, Genet JM, Kersten HW, Moorer WR, Wesselink PR: Endodontie. Dt. Ärzte-Verlag, Köln (1988)
91. Versümer J., Hülsmann M., Schäfer F.: A comparative study of root canal preparation using ProFile .04 and Lightspeed rotary Ni-Ti instruments. International Endodontic Journal 35 : 37-46 (2002)
92. Voß A.: Die Aufbereitung des gekrümmten Wurzelkanals. Dtsch Zahnärztekalendar 1995, Hanser-Verlag, München 1995, 79-114

93. Walia H., Brantley W. A., Gerstein H.: An Initial Investigation of the Bending and Torsional Properties of Nitinol Root Canal Files. *Journal of endodontics* 14:346 (1988)
94. Walton RE: Histologic evaluation of different methods of enlarging the pulp canal space. *Journal of Endodontic* 2: 304-11 (1976)
95. Weine F. S., Kelly R. F., Bray K. E.: The effect of preparation with endodontic handpieces on original canal shape. *Journal of Endodontics* 2: 298 (1976)
96. Weine F. S., Kelly R. F., Lio P. J.: The effect of Preparation Procedures on original canal shape and on apical foramen shape. *Journal of Endodontics* 1: 255 (1975)
97. Weine F. S.: *Endodontic therapy*. 4th ed. Mosby, St. Louis 1989
98. Weine F., Healey, Gerstein H., Evanson L.: Pre-curved files and incremental instrumentation for root canal enlargement. *J Can Dent Ass* 36: 155-157 (1970)
99. Zmener O., Balbachan L.: Effectiveness of nickel-titanium files for preparing curved root canals. *Endod Dent Traumatol* 11: 121-23 (1995)

Untersuchung zweier neuer maschineller NiTiInol-Wurzelkanalaufbereitungsinstrumente mittels digitaler computergestützter Querschnittsanalyse der Wurzelkanäle

H.Grimm, Poliklinik für Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Durch die zunehmende Neuentwicklung maschineller endodontischer Aufbereitungssysteme bei Nickel-Titan-Instrumenten wird es notwendig, diese Systeme auf ihre klinische Effektivität hinreichend zu beurteilen.

In dieser Studie wurden zwei maschinelle Nickel-Titan Wurzelkanalinstrumente der Firma Vereinigte Dentalwerke München miteinander verglichen.

Der Prototyp A1 zeichnete sich durch seine gebürstete Schneidenoberfläche und somit abgerundete Kanten gegenüber den unbehandelten Schneiden des Prototypen A2 aus.

Bei der Untersuchungsmethode entschieden wir uns für eine Modifikation der Bramante-Technik. Desweiteren wurden für das Instrument A1 die beiden Aufbereitungsmethoden Crown-down und Step-back verglichen.

Ziel dieser Untersuchung war es, den geometrischen Vergleich des ursprünglichen und des instrumentierten Kanallumens durch digitale Fotografie bei mikroskopischer Vergrößerung und anschließender digitaler Auswertung von Wurzelkanalquerschnitten quantitativ möglichst detailgenau zu erfassen. Vor allen Dingen sollte die Präzision der Aufbereitung in der apikalen Region überprüft werden. Von den in Polyacrylatblöcken fixierten Zähne wurden je drei horizontale Schnitte (2/ 4/ 6 mm vom Apex) angefertigt, ähnlich der Technik von Bramante. Vor und nach der Wurzelkanalaufbereitung wurden alle Wurzelkanalquerschnitte mittels digitaler Fotografie (Kodak DCS 410) und unter dreifacher mikroskopischer Vergrößerung (OP-Mikroskop, Fa. Zeiss) aufgezeichnet.

In der Versuchsserie 1 wurden n=30 Kanäle mit dem Prototypen A1 aufbereitet, die anschließend mit den n=19 Kanälen der Versuchsserie 2 unter Verwendung des Prototypen A2 verglichen wurden. Wir gehen davon aus, dass es durch die scharfen Kanten und somit erhöhte Schneidleistung der Instrumente des Typs A2 bei diesen leichter zu Verkantungen in dem Kanal kam, was zu starken Torsionskräften auf das Instrument führte (Frakturrate: 63.2% im Vergleich Frakturrate A1:10,71%).

In den folgenden zwei Versuchsserien 3 und 4 wurde die Effektivität und Sicherheit des Instrumentes Typ A1 unter dem Einfluss unterschiedlicher Methoden untersucht. Die Frakturrate lag bei der Crown-down Methode bei 5,5% und bei der Step-back Methode bei 11,76%.

Bei der Betrachtung der Crown-down Methode gegenüber der Step-back Methode lag die Überinstrumentierungsrate bei Crown-down 5,5%, im Vergleich dazu bei Step-back 35,5%.

Die Effizienz der Aufbereitung wurde anhand der Wurzelkanalquerschnitte vor und nach Aufbereitung überprüft.

Bei der Betrachtung des Parameters „erfasste Dentinanteile“ in der apikalen Ebene zeigt sich ebenfalls, dass die Crown-down Methode ein schonenderes Ergebnis erzielt. Während bei der Step-back Methode diese Fläche im Mittel $0,14 \text{ mm}^2$ beträgt, liegt der entsprechende Wert bei der Crown-down Methode bei $0,08 \text{ mm}^2$.

Abschließend läßt sich sagen, dass die Instrumente Typ A1 für die maschinelle Wurzelkanalaufbereitung nur unter Verwendung der Crown-down Methode in-vivo Verwendung finden sollten.

Danksagung

Zunächst möchte ich mich bei Herrn Professor Raab für die Überlassung dieses Themas und für seine Geduld mit mir bedanken.

Ich möchte mich bei all meinen Kolleginnen und Kollegen für die gute Zusammenarbeit über all die Jahre bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Oberarzt Dr. Stefan Rüttermann, der mich bei der Durchführung der Versuche sehr unterstützt hat. Ohne ihn wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen!

Lebenslauf

Name: Grimm geb. Wellings
Vorname: Heide
Wohnhaft: Mainstr. 27, 42117 Wuppertal
Geboren: 16.03.1968 in Wuppertal-Elberfeld
Familienstand: verheiratet
Kinder: Sohn Lennard Grimm geb. 22.01.2003

Schulbildung und beruflicher Werdegang

1975-1979 Grundschule Gevelsberg Vogelsang
1979-1989 Carl-Duisberg-Gymnasium
18.05.1989 Erlangung der Allgemeinen Hochschulreife
07.1989-07.1990 Au Pair in den USA
WS 90/91-SS 91 Studium Englisch und Chemie auf Lehramt an der Ruhr-Universität Bochum
August 1991 Ausbildung zur MTA an der MTA-Lehranstalt für Labor des Klinikums Barmen in Wuppertal
07.07.1993 Staatsexamen zur medizinisch-technischen Laboratoriums-assistentin
30.08.1993-15.04.1997 Anstellung im Krankenhaus Bethesda Wuppertal als MTLA für den Nacht- und Bereitschaftsdienst
WS 1993/94-SS 1999 Studium der Zahnheilkunde
31.05.1999 Staatsexamen Zahnmedizin
01.04.1998-31.05.1999 Stud. Hilfskraft in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde an der Heinrich Heine Universität Düsseldorf
01.08.1999-01.04.2003 Wissenschaftliche Mitarbeiterin der Poliklinik für Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde an der Heinrich Heine Universität Düsseldorf
22.01.2003 Geburt meines Sohnes Lennard Grimm
01.04.2003-01.04.2004 Erziehungsurlaub
01.04.2004 Teilzeitbeschäftigt als wissenschaftliche Mitarbeiterin der Poliklinik für Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde an der Heinrich Heine Universität Düsseldorf