

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Poliklinik für Zahnerhaltung
- Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. dent. K. Ott -

Untersuchungen zur Schneidleistung von Reamern und K-Feilen aus Edelstahl bei mehrfacher Benutzung

INAUGURAL – DISSERTATION
zur
Erlangung des doctor medicinae dentium

der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von
Hohmeier, Christiane
aus Minden

2008

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

Dekan:

Univ.-Prof. Dr. med. V. Arolt

1. Berichterstatter:

Prof. Dr. med. dent. E. Schäfer

2. Berichterstatter:

Priv.-Doz. Dr. med. dent. A. Wolowski

Tag der mündlichen Prüfung: 16. Dezember 2008

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Poliklinik für Zahnerhaltung
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. dent. K. Ott -
Referent: Prof. Dr. med. dent. E. Schäfer
Koreferent: Priv.-Doz. Dr. med. dent. A. Wolowski

Zusammenfassung

Hohmeier, Christiane

Untersuchungen zur Schneidleistung von Reamern und K-Feilen aus Edelstahl bei
mehrfacher Benutzung

Das immer größer werdende Gesundheitsbewusstsein und der kontinuierliche Anstieg des Durchschnittsalters der Bevölkerung führen dazu, dass die Endodontie in den Zahnarztpraxen immer mehr an Bedeutung gewinnt. Deshalb ist jeder Zahnarzt bemüht, eine erfolgreiche endontische Behandlung bei seinen Patienten durchzuführen. Damit dies gelingt, stehen ihm sowohl manuelle Aufbereitungs- als auch maschinelle Aufbereitungstechniken zur Verfügung.

Um Abnutzungserscheinungen und Effizienzverluste der manuell benutzten Wurzelkanalinstrumente im Vorfeld zu erkennen und die entsprechenden Instrumente frühzeitig auszusortieren, wurde diese Arbeit durchgeführt.

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob es zu einem signifikanten Verlust an Schneidleistung mehrfach benutzter Wurzelkanalinstrumente kommt. Unter standardisierten Bedingungen wurden Reamer und K-Feilen der Hersteller VDW, Micro Mega und FKG der ISO-Größen 15, 20 und 35 bezüglich der Schneidleistung bei drehend-schabender Aufbereitung untersucht. Die experimentellen Versuche erfolgten an neuwertigen, dreifach-, fünffach- und achtfachbenutzten Wurzelkanalinstrumenten.

Es stellte sich heraus, dass die Häufigkeit der Benutzung eines Wurzelkanalinstrumentes kein zuverlässiger Parameter ist, um unter Praxisbedingungen die Lebensdauer eines Wurzelkanalinstrumentes beurteilen zu können. Die Schneidleistung eines mehrfach benutzten Instrumentes nahm während der Versuche nur geringfügig ab. Somit können offensichtlich Reamer und K-Feilen mehrfach benutzt werden, ohne dass es zu einem deutlichen Schneidleistungsverlust kommt.

Dabei unterschieden sich die Wurzelkanalinstrumente der einzelnen Hersteller kaum. Es erschien offensichtlich, dass Instrumente der ISO-Größe 15 nach mehrfacher Benutzung stark beansprucht waren und es kam gehäuft zu Frakturen dieser Instrumente. Somit sollten diese Wurzelkanalinstrumente der ISO-Größe 15 in der täglichen Praxis als Einmalinstrumente verwendet werden, um ein Frakturrisiko während der Behandlung zu vermeiden.

Tag der mündlichen Prüfung: 16. Dezember 2008

Meinen Eltern in Liebe und Dankbarkeit gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Einführung in die Thematik.....	1
1.2	Historischer Überblick	2
1.3	Normierung von Wurzelkanalinstrumenten	4
1.4	Wurzelkanalinstrumente aus Edelstahl	7
1.5	Flexible Instrumente aus Edelstahl.....	11
1.6	Wurzelkanalinstrumente aus Nickel-Titan-Legierungen und Titan-Aluminium-Legierungen	13
1.7	Manuelle Aufbereitungsmethoden.....	13
1.8	Der klinische Bezug.....	16
2	Problemstellung	18
3	Material und Methode	19
3.1	Wurzelkanalinstrumente.....	19
3.2	Probekörper	21
3.3	Prüfgerät und Prüfmethode	21
4	Ergebnisse	26

4.1	Erfassung der Schneidleistung bei drehend-schabender Arbeitsweise von Reamern und K-Feilen nach mehrfacher Aufbereitung	26
4.1.1.a	Serie A: VDW Schneidleistung Reamer	26
4.1.1.b	Serie A: VDW Schneidleistung K-Feilen.....	29
4.1.2.a	Serie B: FKG Schneidleistung Reamer	33
4.1.2.b	Serie B: FKG Schneidleistung K-Feilen.....	36
4.1.3.a	Serie C: Micro Méga Schneidleistung Reamer.....	38
4.1.3.b	Serie C: Micro Méga Schneidleistung K-Feilen	40
4.2	Vergleich der Schneidleistung von Reamern und K-Feilen VDW, FKG und Micro Méga nach mehrfacher Wurzelkanalaufbereitung	42
4.2.1	Vergleich der Schneidleistung von Reamern VDW, FKG und Micro Méga	42
4.2.2	Vergleich der Schneidleistung von K-Feilen VDW, FKG und Micro Méga	45
4.3	Vergleich der maximalen Eindringtiefen von Reamern und K-Feilen nach mehrmaliger Wurzelkanalaufbereitung	49
4.3.1	Vergleich der maximalen Eindringtiefen fabrikneuer Instrumente der Hersteller Mani, Kerr, VDW, FKG und Micro Méga Reamer	49
4.3.2	Vergleich der maximalen Eindringtiefen fabrikneuer Instrumente der Hersteller Mani, Kerr, VDW, FKG und Micro Méga K-Feilen.....	51
4.4	Maximale Eindringtiefen von Reamern und K-Feilen der Hersteller VDW, FKG und Micro Méga nach mehrmaliger Wurzelkanalaufbereitung	53

5	Diskussion	57
5.1	Bewertung der Schneidleistung.....	57
5.1.1	Schneidleistung der VDW Reamer.....	57
5.1.2	Schneidleistung der VDW K-Feilen	58
5.1.3	Schneidleistung der FKG Reamer.....	58
5.1.4	Schneidleistung der FKG K-Feilen	59
5.1.5	Schneidleistung der Micro Méga Reamer	59
5.1.6	Schneidleistung der Micro Méga K-Feilen.....	60
5.2	Vergleichende Betrachtung der Schneidleistung der Hersteller VDW, Micro Méga und FKG nach mehrfacher Benutzung der Wurzelkanalinstrumente.....	61
6	Zusammenfassung.....	63
7	Literaturverzeichnis	64
8	Lebenslauf	69
9	Danksagung.....	70

1 Einleitung

1.1 Einführung in die Thematik

Die Endodontie gewinnt seit einigen Jahren als Teilgebiet der konservierenden Zahnerhaltung immer mehr an Bedeutung. Während früher die Extraktion als Therapiemöglichkeit der ersten Wahl für schmerzende und tief zerstörte Zähne galt, bemüht sich heute der Zahnarzt jeden Zahn möglichst lange zu erhalten. Auch bei den Patienten lässt sich ein verändertes Gesundheitsbewusstsein erkennen. Viele zeigen ein vermehrtes Interesse, die eigenen Zähne zu erhalten, auch wenn hierfür ein größerer Behandlungsaufwand und damit auch ein höherer Zeit- und Kostenaufwand verbunden ist.

Daraus ergibt sich, dass der Zahnarzt ständig bemüht ist, der zunehmenden endodontischen Behandlungsbedürftigkeit nachzukommen. Dies wird auch noch in Zukunft der Fall sein, wenn man bedenkt, dass der Anteil der älteren Menschen in der Bevölkerung stetig zunimmt, und so auf den Zahnarzt ein erhöhter endodontischer Behandlungsaufwand zukommt (Schulte et al. 1998).

Da eine korrekte Wurzelkanalbehandlung sehr zeitaufwendig ist, wurde vielfach versucht, die Behandlungszeit durch innovative Entwicklungen zu verkürzen und die Behandlung selbst für den Zahnarzt angenehmer zu gestalten. So wurden z. B. Wurzelkanalinstrumente in ihrer geometrischen Form, in ihrer Materialzusammensetzung und Schneidengeometrie verändert, es wurden maschinell betriebene Wurzelkanalinstrumente entwickelt und auch bei den Wurzelkanalfüllmethoden und Wurzelkanalfüllmaterialien kam es in den letzten Jahrzehnten zu einer Vielzahl von Neuerungen. Dennoch hat sich an den eigentlichen, grundlegenden Anforderungen und Zielen einer Wurzelkanalbehandlung kaum etwas geändert.

Das vornehmliche Ziel der endodontischen Behandlung ist die Entfernung von nekrotischem oder aber auch vitalem Pulpagewebe und die Eliminierung von Mikroorganismen aus dem Wurzelkanal. Dazu bedarf es einer effizienten

Aufbereitung, Spülung und somit Desinfizierung des Wurzelkanals. Die Erweiterung des Kanals in seinem ursprünglichen Verlauf stellt sich meist als schwierigster Behandlungsschritt dar. Der bearbeitete Kanal soll von apikal nach koronal konisch gestaltet sein, wobei die apikale Konstriktion erhalten bleiben soll. Die Entfernung von Mikroorganismen aus dem Kanal erfolgt zum einen mechanisch, durch den Abtrag von infiziertem Wanddentin mit Wurzelkanalinstrumenten und zum anderen chemisch, durch den Einsatz von verschiedenen, antimikrobiell wirkenden Spüllösungen. Nach erfolgreicher Reinigung, Erweiterung, Schmerz- und Symptombefreiung des Zahnes erfolgt die Füllung des Wurzelkanalsystems und die anschließende definitive Versorgung des Zahnes (Konsenspapier der europäischen Gesellschaft für Endodontologie, 1994).

Da die manuelle Wurzelkanalaufbereitung ein entscheidender Schritt bei der endodontischen Therapie ist und einen hohen Anspruch an den Zahnarzt stellt, wird in dieser Arbeit näher auf das hierfür notwendige Instrumentarium eingegangen.

1.2 Historischer Überblick

Bereits in alten ägyptischen Schriften wurde der „Zahnschmerz“ beschrieben (zit. n. Milas 1979). Dabei handelt es sich, wie wir heutzutage wissen, um eine Erkrankung der Zahnpulpa ausgelöst durch Karies oder durch Zahntrauma. Das erste uns bekannte „endodontische Instrument“ ist das von Hippokrates (460 – 370 vor Christus) beschriebene Brenneisen, welches zur Ausbrennung schmerzender Zähne eingesetzt wurde (zit. n. Lilley 1979). Zur Behandlung schmerzhafter Zähne empfahl Galen (131 – 201 nach Christus) die Eröffnung des Pulpakavums im Sinne einer Trepanation mit Hilfe eines gedrehten Instrumentes (zit. n. Lilley 1976). Zeichnungen dieses Instrumentes liegen jedoch nicht vor. Erst einige Jahrhunderte später, im 17. Jahrhundert, zeichnete Schultetus (1595-1645) ein endodontisches Instrument, einen manuell einzusetzenden Trepan-Bohrer (zit. n. Lilley 1976). Pierre Fauchard (1678 – 1761), der Begründer der modernen Zahnheilkunde, wie er oft genannt wurde,

beschrieb in seinem im Jahre 1728 veröffentlichten Buch „Le chirurgien dentiste“ die Trepanation eines schmerzenden Zahnes bei anhaltendem Zahnschmerz (zit. n. Cruse und Bellizzi 1980). Er vermutete als Ursache des Zahnschmerzes den „Zahnwurm“, der nach seiner Meinung durch eine Trepanation und eine Exstirpation mit einem dünnen Metallstift entfernt werden musste (zit. n. Milas 1976).



Abbildung 1: (entn. aus Zahnärztliche Mitteilungen, 3/2001, Seite 64): Die Abbildung zeigt eine Elfenbeinschnitzerei „Der Zahnwurm als Quälgeist der Hölle“ aus Südfrankreich, 17. Jahrhundert. Sie ist in einem 10,5 cm hohen Molaren untergebracht, der in zwei Hälften zerlegt werden kann.

Das erste endodontische Instrument, die Exstirpationsnadel, wird dem Erfinder Edward Maynard (1813 – 1891) zugeschrieben. Er erfand die Reibahle zur Pulpaentfernung. Er feilte aus ungetempertem Stahl von Uhrenfedern Instrumente, welche einseitig gezackt waren. Mit diesen Instrumenten - dünne Instrumente wiesen einen quadratischen Querschnitt auf, dickerer einen dreieckigen Querschnitt - war es nun möglich, auch in engere Wurzelkanäle zu gelangen und diese endodontisch zu behandeln (zit. n. Ostrander 1967; Cruse und Bellizzi 1980). Nach erfolgter Trepanation des Zahnes empfahl Fauchard eine Füllung der Wurzeln mit Blei (zit. n. Cruse und Bellizzi 1980). Einige Jahre später benutzten Bourdet (1757) sowie Hudson (1802) Gold zur Füllung der Wurzelkanäle (zit. n. Milas 1976; Cruse und Bellizzi 1980). Gold wurde nicht nur zur Füllung der Wurzelkanäle benutzt, Phillip Pfaff (1713 – 1766), von Friedrich

Wilhelm dem Großen zum Hofzahnarzt und Hofrat ernannt, beschrieb die Pulpaüberkappung mittels Goldfolie im Jahre 1756 (zit. n. Baumann 2002)

Erst im Jahre 1847 wurde Guttapercha als Wurzelkanalfüllmaterial in die Zahnheilkunde eingeführt und gilt bis heute als „Goldstandard“.

Die Mär vom Zahnwurm wurde 1878 widerlegt, als Roger pathogene Keime für das Entstehen von Pulpaerkrankungen verantwortlich machte (zit. nach Cruse und Bellizzi 1980). Schon einige Jahre zuvor, im Jahre 1864, beschrieb Barnum die Anwendung von Kofferdam. Dadurch war es möglich, endodontische Behandlungen unter aseptischen Bedingungen durchzuführen (zit. n. Winkler 1991). Der Kofferdam gilt auch heutzutage als Standard bei der endodontischen Therapie.

Ende des 19. Jahrhunderts bis 1927 wurden ausschließlich Wurzelkanalborer und Rattenschwanzfeilen für die manuelle Aufbereitung der Wurzelkanäle benutzt (Grossmann 1971). Diese wurden durch die Entwicklung der Kanalraspel nach Hedström und dem so genannten Walkhoff-Auftreiber erweitert (Hedström 1927; Stitzel 1950). Zur gleichen Zeit, in den 30er Jahren, wurden Kerrborer sowie Kerrfeilen entwickelt (Luks 1959 a und b; Tschamer 1961). Mit der Weiterentwicklung der Instrumente kam es zu kontroversen Diskussionen bezüglich der Arbeitsweise und der Handhabung dieser verschiedenen Instrumente (Schäfer 1998).

1.3 Normierung von Wurzelkanalinstrumenten

Die ersten Wurzelkanalinstrumente wurden ohne einheitliche Normierung hergestellt. Erst durch Arbeiten von Ingle und Levine (Ingle 1955; Ingle und Levine 1958; Ingle 1961) sowie von Green (1957) entstand die heute international anerkannte Normierung der Wurzelkanalinstrumente. Auf der Basis ihrer Arbeiten wurden unter Einbeziehung der American Dental Association (ADA), der Fédération Dentaire Internationale (FDI) und der World Health Organisation (WHO) die Normen für Wurzelkanalinstrumente festgelegt. Allerdings dauerte es noch einige Jahre bis 1976 im Journal of the American

Dental Association die erste anerkannte Norm für Wurzelkanalinstrumente als ADA-Spezifikation-Nummer 28 veröffentlicht wurde (Schäfer 1998). Es folgten weitere vom American National Standards Institute und American Dental Association veröffentlichte Spezifikationen, die nun auch die Normierung von Wurzelkanalfüllstiften enthielten. Heute gilt die ISO-Norm 3630-1, welche nach den Übereinkünften mit der International Organisation for Standardization 1992 vom technischen Komitee ISO TC 106 veröffentlicht wurde.

Diese ISO-Norm 3630-1 enthält verbindliche Angaben über die Farbkodierung der Instrumentgrößen (der so genannte „Münchner Farbcode“), die Instrumentenlängen, die verschiedenen Identifikationssymbole der Instrumententypen, die Mindestanforderungen an die mechanische Belastbarkeit sowie zur Kenn- und Auszeichnung der Instrumentverpackungen. Auch die Dimensionen der Instrumente und die Anforderung, dass Wurzelkanalinstrumente aus rostfreiem Stahl oder aus Kohlenstoffstahl gefertigt werden müssen, sind vorgeschrieben. Seit 1979 sind die Instrumentengriffe zusätzlich mit der entsprechenden ISO-Nummer versehen (zit. n. Guldner und Langeland 1987).

Daraus ergibt sich folgender Aufbau eines Wurzelkanalinstrumentes:

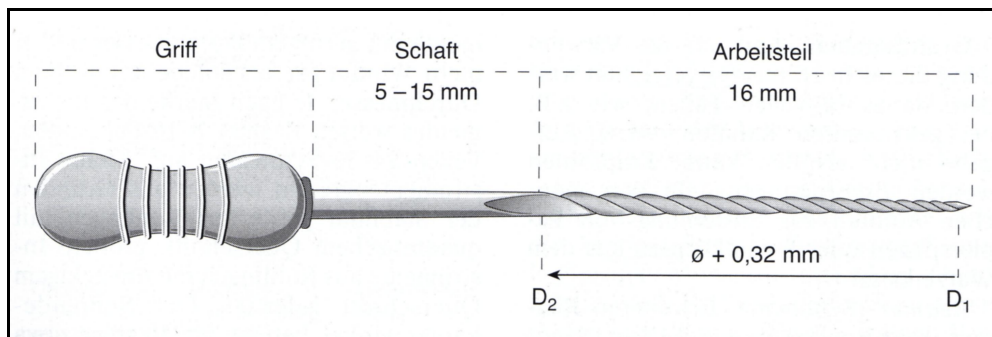


Abbildung 2: (entn. aus: Einführung in die Zahnerhaltung. Hellwig, Klimek und Attin. Urban & Fischer Verlag 1999) Die Maße für Wurzelkanalinstrumente entsprechen der ISO-Norm.

D₁ = Durchmesser des theoretisch bis zur Spitze verlängerten Kegels des Arbeitsteils. Der Durchmesser D₁ entspricht der ISO-Stärke des Instrumentes in 1/100 mm.

D₂ = Durchmesser am Ende des 16 mm langen Arbeitsteils. $D_2 = D_1 + 0,32 \text{ mm}$.

Ein Wurzelkanalinstrument wird eingeteilt in das Arbeitsteil, den Schaft und den Instrumentengriff. Das Arbeitsteil und der Schaft zusammen ergeben das „operative Ende“, welches 21 mm, 25 mm, 28 mm oder aber auch 31 mm lang sein kann, mit einer Toleranz von jeweils $\pm 0,5 \text{ mm}$. Das Arbeitsteil ist immer 16 mm lang. Wichtig ist der Durchmesser am Messpunkt D₁ und D₂. D₁ gibt den Durchmesser des Instrumentes an der Spitze an. Dieser in Hundertstel Millimeter gemessene Durchmesser bestimmt die Größenangabe eines Instrumentes. Der Durchmesser des Instrumentenarbeitsteiles nimmt von der Spitze (D₁-Wert) kontinuierlich zu, so dass an D₂, am Ende des Arbeitsteils, bei jedem Instrument ein um 0,32 mm größerer Wert gemessen werden kann. Pro Millimeter Instrumentenlänge ergibt sich daraus eine Durchmesserergrößerung von 0,02 mm. Diese Werte sind durch die ISO-Norm festgelegt, der Instrumentendurchmesser kann jedoch mit einer Toleranz von $\pm 0,02 \text{ mm}$ abweichen. Somit darf z. B. ein Instrument der ISO-Größe 15 an der Instrumentenspitze einen Durchmesser von 0,17 mm aufweisen.

1.4 Wurzelkanalinstrumente aus Edelstahl

Ziel einer Wurzelkanalaufbereitung ist die Erweiterung des Kanals um mindestens drei bis vier ISO-Größen. Die apikale Konstriktion, wie bereits erwähnt, sollte nicht erweitert werden. Bei der Erweiterung sollte eine zirkumferente Bearbeitung ohne Formveränderung des Kanals erfolgen. Um diese Ziele erreichen zu können, steht dem Zahnarzt heutzutage ein umfassendes Sortiment unterschiedlichster Instrumente zur Verfügung. Nahezu alle Instrumente leiten sich von den drei Grundtypen aus Edelstahllegierungen ab, dem K-Reamer, der K-Feile und der Hedströmfeile. Diese drei Grundtypen unterscheiden sich in ihrem Herstellungsprozess, in ihrer Arbeitsweise, in ihrem Instrumentenquerschnitt, in der Anzahl der Windungen am Arbeitsteil und dem Schneidekantenwinkel. Diese einzelnen Instrumententypen werden im Folgenden näher beschrieben.

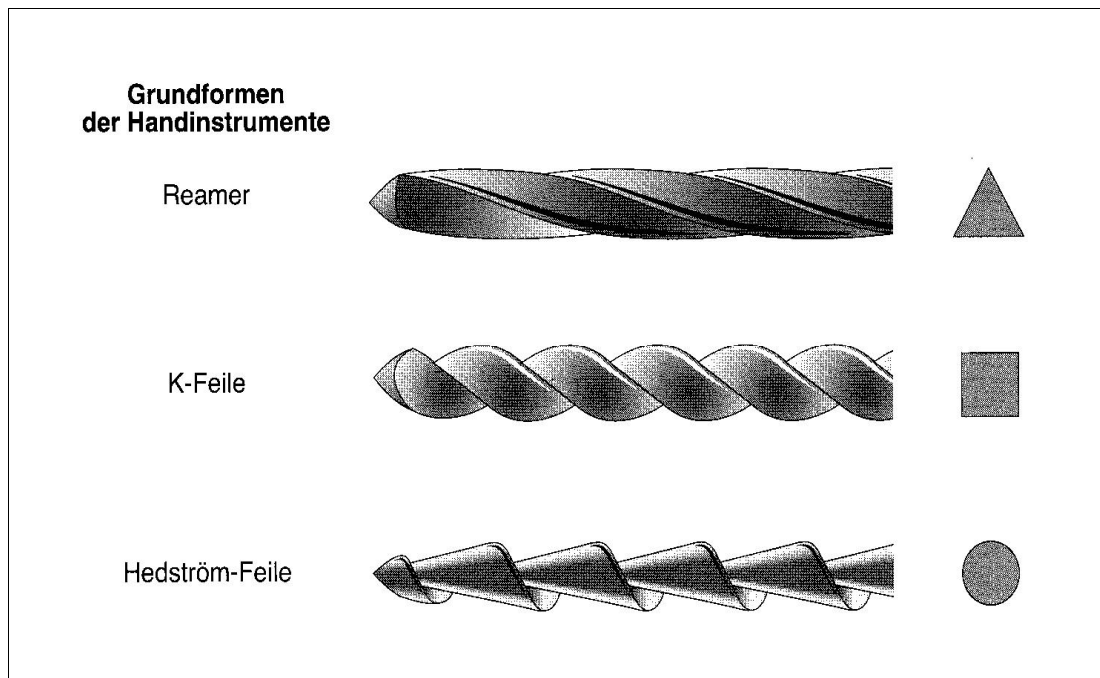
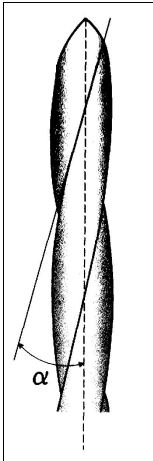


Abbildung 3: (entn. aus: Einführung in die Zahnerhaltung, Hellwig, Klimek und Attin. Urban & Fischer Verlag 1999): Grundformen der Handinstrumente zur Aufbereitung des Wurzelkanals. Die Symbole rechts sind auf dem Kopf des Handgriffes des Instruments zu finden.

Der *K-Reamer* wird aus einem dreieckigen oder quadratischen (Vierkant) Rohling aus Edelstahl durch Verdrillung hergestellt. Der Schneidekantenwinkel, d.h. der Winkel gemessen zwischen der Schneidekante und der Längsachse des Instrumentes, beträgt etwa 10° bis 30° .



**Abbildung 4 (entn. aus: Einführung in die Zahnerhaltung, Hellwig, Klimek und Attin. Urban & Fischer Verlag 1999):
Der Winkel α kennzeichnet den Schneidekantenwinkel eines K-Reamers.**

Der Schneidekantenwinkel gibt Auskunft über die Schneid- oder Schabwirkung des Instrumentes. Der Instrumentenquerschnitt ist je nach Hersteller und verwendeter ISO-Größe drei- oder viereckig. Betrachtet man den Querschnitt eines Instrumentes, so lässt sich auch der Spanraum dieses Instrumentes erkennen.

Der Spanraum gilt als Maß für die Abtragsleistung eines Instrumentes und die Fähigkeit, das abgetragene Wurzelkanalmaterial aus dem Kanal zu befördern. Ein großer Spanraum ermöglicht einen großen Materialabtransport, jedoch ist dann der Instrumentenkerndurchmesser meist sehr klein. Hieraus resultiert eine erhöhte Bruchgefahr des Instrumentes. Wird mehr Platz durch den Instrumentenkerndurchmesser im Spanraum eingenommen, so ist das Instrument weniger flexibel, weist dafür aber eine erhöhte Bruchsicherheit auf.

Bei den K-Reamern gibt es sowohl die Möglichkeit eines großen und eines kleineren Spanraumes, je nachdem, um welche ISO-Größe es sich handelt und der Instrumentenquerschnitt drei- oder viereckig ist (siehe Abb. 5). Sowohl bei dem dreieckigen als auch bei dem quadratischen Durchmesser ist das Bruchrisiko sehr gering, da das Verhältnis Spanraum/Kerndurchmesser ausgeglichen ist.

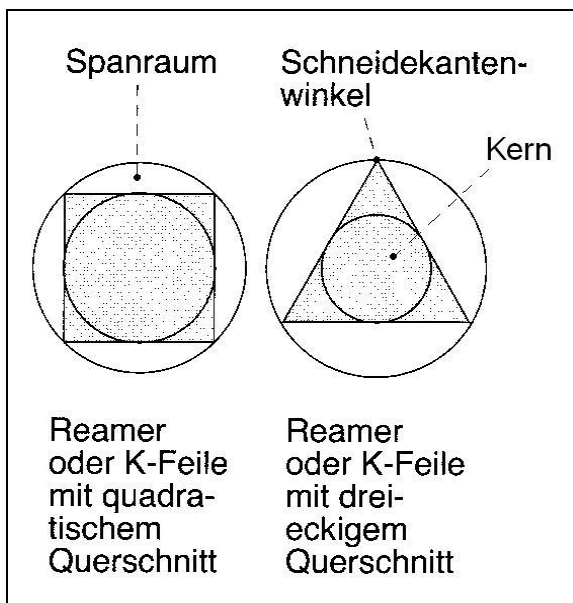
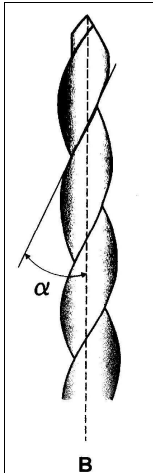


Abbildung 5 (entn. aus: Einführung in die Zahnerhaltung, Hellwig, Klimek und Attin. Urban & Fischer Verlag 1999): Spanraum, Schneidekantenwinkel und Kern eines Reamers bzw. einer K-Feile sind dargestellt.

K-Reamer weisen den größten Materialabtrag bei einer drehend-schabenden Arbeitsbewegung auf.

Die *K-Feile* wird, wie der K-Reamer, durch Verdrillung eines dreieckigen oder quadratischen Rohlings hergestellt, allerdings weist sie mehr Verwindungen pro Millimeter des Arbeitsteils auf und hat einen größeren Schneidekantenwinkel von ca. 25 bis 40°.



**Abbildung 6 (entn. aus: Einführung in die Zahnerhaltung, Hellwig, Klimek und Attin. Urban & Fischer Verlag 1999):
Der Winkel α kennzeichnet den Schneidekantenwinkel einer K-Feile.**

Am effizientesten hat sich auch hier eine drehend-schabende Arbeitsweise gezeigt. Der Instrumentenquerschnitt ist ebenso entweder drei- oder viereckig. Auch der Spanraum unterscheidet sich kaum von dem der K-Reamer.

Obwohl sich diese Arbeit nicht mit den Hedströmfeilen befasst, werden sie hier der Vollständigkeit halber kurz beschrieben.

Die *Hedströmfeile* wird aus einem runden Rohling herausgefräst. Die Schneidekante umläuft das gesamte Arbeitsteil des Instrumentes und ist, bedingt durch den Fräsungsprozess, besonders scharfkantig. Der Schneidekantenwinkel beträgt ca. 60° bis 65° , woraus sich eine lineare feilende Arbeitsweise ergibt.

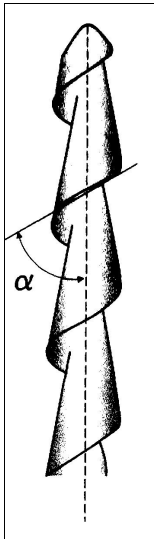


Abb. 7a

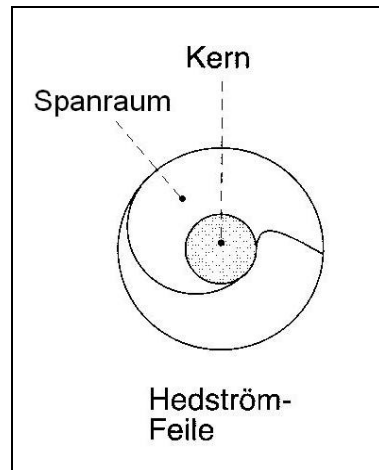


Abb. 7b

Abbildung 7a und b (entn. aus: Einführung in die Zahnerhaltung, Hellwig, Klimek und Attin. Urban & Fischer Verlag 1999):

Abb. 7a: Der Winkel α kennzeichnet den Schneidekantenwinkel einer Hedströmfeile.

Abb. 7b: Die Abbildung zeigt den Spanraum und den Kern einer Hedströmfeile.

Der Instrumentenquerschnitt einer Hedströmfeile ist annähernd rund. Der Spanraum ist verglichen mit den K-Reamern und den K-Feilen recht groß, daraus lässt sich eine hohe Effizienz bei feilender Arbeitsweise ableiten. Wegen des geringen Kerndurchmessers ist die Hedströmfeile besonders frakturanfällig.

1.5 Flexible Instrumente aus Edelstahl

Die Aufbereitung der Wurzelkanäle, besonders wenn diese stark gekrümmt sind, stellt, wie bereits erwähnt, manchmal ein Problem für den Zahnarzt dar. Gelegentlich kommt es zu einer Begradigung des Kanals oder sogar zu dessen Perforation, vor allem dann, wenn es sich um einen stark gekrümmten Kanal handelt. Durch die Rückstellkraft der Instrumente und durch den Ausschlag der Instrumentenspitze bei Drehungen kann es zur Ausbildung des so genannten Elbow-Zip-Effektes kommen.

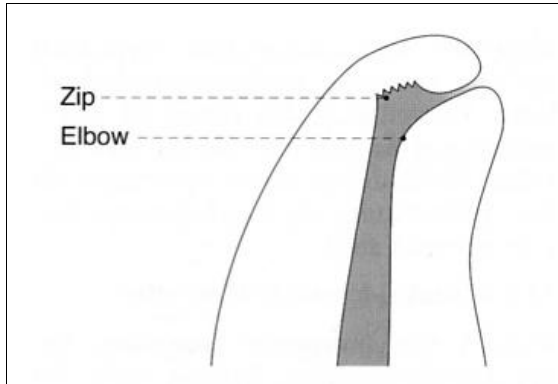


Abbildung 8 (entn. aus: Einführung in die Zahnerhaltung, Hellwig, Klimek und Attin. Urban & Fischer Verlag 1999):
Nahe dem Apex entsteht ein Trichter (Zip) und nach diesem eine Einengung (Elbow).

Dabei handelt es sich um eine sanduhrförmige Kanalform mit der Ausbildung einer Stufe und einer trichterförmigen (Zip) Aussackung.

Bei der trichterförmigen Erweiterung befindet sich die engste Stelle des Wurzelkanals (Elbow). Solche unerwünschten Kanalformen lassen sich schwierig bis nahezu unmöglich dicht abfüllen.

Um diese und andere unerwünschten Formveränderung zu umgehen, wurden im Laufe der Zeit modifizierte Instrumente auf den Markt gebracht, die sich in ihrer geometrischen Form oder aber auch in ihrer Materialzusammensetzung voneinander unterscheiden.

Es wurden flexible Instrumente aus Edelstahl hergestellt, welche ein geringeres Biegemoment (Rückstellkraft des an der Spitze eingespannten und um 45° gebogenen Wurzelkanalinstrumentes) aufwiesen als herkömmliche Edelstahlinstrumente. Zu ihnen gehören z. B. die K-Flexfeilen und Flexoreamer (Maillefer), K-Flex-Feilen (Kerr), Flexicut-Feilen (VDW, Antaeos) u. a. m. Diese Instrumente weisen einen dreieckigen, die K-Flex-Feile einen rhombischen Querschnitt auf. Beide geometrischen Formen sollen eine höhere Flexibilität ermöglichen. Bezüglich der Schneidleistung weisen flexible Wurzelkanalinstrumente eine größere Schärfe bei drehend-schabender Arbeitsweise auf als herkömmliche Edelstahlinstrumente (Schäfer 1995).

Auch die Spitzengeometrie der Instrumente wurde verändert. So wurden Instrumente mit nicht-schneidener, abgerundeter Instrumentenspitze, der so genannten Batt-Spitze entwickelt, um besonders in gekrümmten Kanälen eine zentrische Führung zu ermöglichen sowie Stufenbildung und Perforationen zu vermeiden. Diese Instrumente zeigen die beste Kanalaufbereitung in

gekrümmten Kanälen und sind den herkömmlichen Edelmetallinstrumenten weit überlegen (Tepel und Schäfer 1997).

1.6 Wurzelkanalinstrumente aus Nickel-Titan-Legierungen und Titan-Aluminium-Legierungen

Neben den Instrumenten aus Edelmetall werden seit einiger Zeit auch Instrumente aus Nickel-Titan- oder auch Titan-Aluminium-Legierungen hergestellt. Nickel-Titan-Instrumente bestehen zu etwa 55 m% aus Nickel und zu 45 m% aus Titan, dem so genannten 55-Nitinol oder zu 60 m% aus Nickel und 40 m% aus Titan, dem so genannten 60-Nitinol. Die Titan-Aluminium-Legierungen bestehen aus 95 m% Titan und 5 m% Aluminium (Gemeinsame Stellungnahme der DGZMK und der DGZ, Stand 4/00).

Der Elastizitätsmodul einer Nickel-Titan-Legierung beträgt ein Fünftel des entsprechenden Wertes für Chrom-Nickel-Stähle. Im Vergleich zu Instrumenten aus Edelmetall zeichnen sich diese Instrumente durch deutlich geringere Biegemomente und größere Torsionsfestigkeit aus. Außerdem besitzen sie ein pseudoelastisches Verhalten, d.h. sie nehmen nach Verformung selbst in stark gebogenen Wurzelkanälen die Ausgangsgestalt immer wieder an (memory effect). Nickel-Titan-Instrumente finden vor allem bei der maschinellen Wurzelkanalaufbereitung Verwendung.

1.7 Manuelle Aufbereitungsmethoden

Bei der Aufbereitung ist die Arbeitsweise eines Instrumentes in erster Linie abhängig vom Instrumententyp. Dennoch ist es jedem Zahnarzt überlassen, welche manuelle Technik er bei der Wurzelkanalbearbeitung anwendet. Hier werden nur die Geläufigsten erwähnt.

Die *Standardisierte Technik* wurde bereits 1961 von Ingle beschrieben. Bei dieser Technik werden alle Instrumente von Beginn der Präparation an bis zu der gewünschten Arbeitslänge in den Kanal eingebracht und um jeweils eine ISO-Größe nach und nach erweitert. Dabei können abwechselnd Reamer und Hedströmfeilen zum Einsatz kommen, oder es finden nur Reamer Verwendung. Diese Technik ist allerdings nur bei geraden Kanälen, wegen der möglichen Perforationsgefahr in gekrümmten Kanälen, zu empfehlen.

Eine andere Möglichkeit der Aufbereitung stellt die *Step-back-Technik* dar. Auch hier wird der Kanal von apikal nach koronal erweitert, allerdings werden die Instrumentenlängen der weiterfolgenden ISO-Größen nach dem Erreichen der angestrebten Aufbereitungslänge um 0,5-1 mm gekürzt, so dass eine stufenförmige Aufbereitung entsteht.

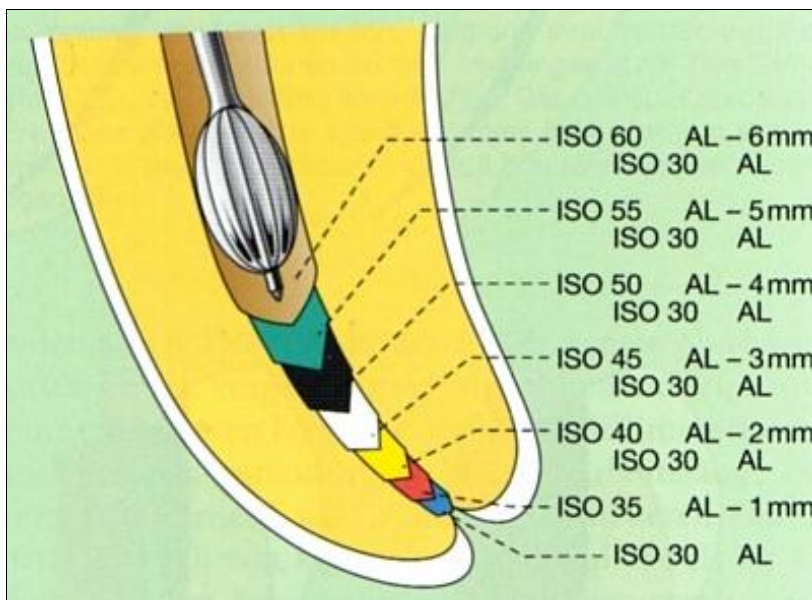


Abbildung 9 (entn. aus *Endodontie, 4. Auflage*, Hrsg. Heidemann, D. Urban & Fischer Verlag, 2001):
Schematische Darstellung der Step-back-Präparation.

Gekrümmte Kanäle lassen sich mit dieser Technik besonders gut aufbereiten, selten kommt es zu Perforationen und Begradigung des Wurzelkanalverlaufes.

Bei der *Step-Down-Technik* (Goering et al. 1982) wird der Wurzelkanal zuerst im koronalen Anteil erweitert. Dazu wird das obere Kanaldrittel mittels Hedströmfeilen bearbeitet und anschließend mit Gates-Glidden-Bohrern bis zur Kanalkrümmung weiter eröffnet. Erst danach erfolgt die Instrumentierung auf die endgültige Arbeitslänge und damit die Präparation des apikalen Bereiches, ähnlich wie bei der Step-back-Technik. Auch diese Methode ermöglicht die Aufbereitung gekrümmter Kanäle. Das Risiko der Begradigung der Kanäle ist deutlich verringert, da die Instrumente im apikalen Bereich, bedingt durch den vorherigen Abtrag im koronalen Bereich, gezielter eingesetzt werden können.

Die *Balanced-force-Technik* (Roane et al. 1985) wird mit speziellen Feilen, Instrumente mit nichtschneidender Spitze (Flex-R-Feilen), durchgeführt. Diese Feilen werden unter leichten Rotationsbewegungen in den Kanal bis auf die gewünschte Arbeitslänge eingebracht. Mit leichtem Druck werden sie im Uhrzeigersinn gedreht und anschließend im gegenläufigen Uhrzeigersinn aus dem Kanal gezogen. Hierbei bleibt der ursprüngliche Kanalverlauf weitestgehend erhalten.

Eine kombinierte Technik stellt die *Double-flare-Technik* da. Zuerst wird der Kanal mit dicken Instrumenten im koronalen Bereich erweitert und anschließend mit absteigenden ISO-Größen und zunehmender Eindringtiefe bearbeitet, bis ein dünneres ISO-Instrument die erwünschte Eindringtiefe erreicht (Step-down-Technik). Erst dann beginnt der Zahnarzt den Kanal im apikalen Bereich nach der Step-back-Technik zu bearbeiten. Die Konizität des Kanallumens nimmt mit dieser Technik zu.

1.8 Der klinische Bezug

Nachdem nun die Vielfältigkeit der Instrumente und die verschiedenen Techniken der Wurzelkanalbehandlung genannt worden sind, ergibt sich für den Zahnarzt die Fragestellung, wie er am effektivsten seine endodontischen Behandlungen in der täglichen Praxis umsetzt. In einer aktuellen Umfrage in Zahnarztpraxen (Tekyatan et al. 2006) stellte sich heraus, dass bereits 54,2% der an der Studie beteiligten Praxen die maschinelle Wurzelkanalaufbereitung bevorzugen. In einer anderen Studie (Schwarze et al. 1999) wurde ein wesentlich höherer Prozentsatz, 62,1%, für die manuelle Bearbeitung angegeben. Beide Aufbereitungsmethoden, ob nun manuell oder maschinell, oder sogar eine Kombination aus beiden, beinhalten Vor- und Nachteile. Dem Zahnarzt ist es selbst überlassen, welche Arbeitsmethode er wählt.

Anhand der Studien lässt sich ableiten, dass die manuelle Wurzelkanalaufbereitung immer noch häufig durchgeführt wird. Sie wird an allen Universitäten gelehrt, hat sich schon seit Jahrzehnten bewährt und wurde kontinuierlich verbessert. Dazu hat vor allem die stetige Weiterentwicklung der Wurzelkanalinstrumente beigetragen.

Die am häufigsten zur manuellen Aufbereitung verwendeten Instrumente sind die Edelstahlinstrumente. Sie sind recht günstig zu erwerben, besitzen gute Schneideigenschaften, ausreichende Flexibilität und Bruchsicherheit. Die mechanischen Eigenschaften wurden in vielen Studien an neuwertigen Instrumenten untersucht. Die Schneidleistung und damit die Effizienz eines Instrumentes, sei es nun der K-Reamer, die K-Feile oder die Hedströmfeile, wurde unter standardisierten Bedingungen an unbenutzten Instrumenten untersucht. Da ein Instrument in der täglichen endodontischen Behandlung mehrfach zum Einsatz kommt und dementsprechend einem Verschleiß unterliegt, stellt sich nun die Frage, ab wann ein Instrument nicht mehr die ausreichende Qualität und Schärfe verglichen mit einem neuen Instrument aufweist. Standardisierte Untersuchungen diesbezüglich liegen an K-Reamern und K-Feilen derzeit nicht vor.

Dem Zahnarzt ist es somit selbst überlassen, wann er ein Instrument aussortieren sollte. Er kann dies nach dem visuellen Erscheinungsbild des Instrumentes vornehmen und Instrumente, die Aufwendelungen aufweisen oder andersartige Beschädigungen zeigen sofort aussortieren, damit es nicht zu einer Fraktur eben eines solchen Instrumentes im Wurzelkanal kommen kann. Die Abnahme der Schneidleistung lässt sich nicht visuell beurteilen. Auch das taktile Gefühl bei der Aufbereitung lässt keinen Aufschluss zu, ob das Instrument stumpf ist, da bei manchen Wurzelkanälen die Dentinhärte sehr unterschiedlich sein kann. Momentan muss der Zahnarzt nach dem Gefühl entscheiden, nach wie vielen Einsätzen er ein Instrument, auch wenn dieses optisch noch intakt zu sein scheint, aussondert. Er könnte vielleicht pauschal jedes Instrument nur dreimal benutzen und danach verwerfen. In der Praxis ließen sich die benutzen Instrumente beispielsweise mit unterschiedlichen Farben der Gummistopper kennzeichnen. Diese Methode verhindert die zu häufige Benutzung eines Instrumentes, erlaubt jedoch keine Aussage über die noch vorhandene Qualität des Instrumentes.

Derzeit gibt es keine allgemeingültigen und sicheren Empfehlungen, wann ein Instrument wegen Qualitätsminderung in Bezug auf die Schneidleistung ausgesondert werden sollte.

2 Problemstellung

Das Angebot an Feininstrumenten für die manuelle Wurzelkanalaufbereitung ist ausgesprochen vielfältig. Standardisierte Untersuchungen von manuellen und rotierenden Instrumenten oder verschiedener Instrumententypen wurden umfangreich durchgeführt, jedoch wurden keine standardisierten Untersuchungen bezüglich der aufbereitungsbedingten Veränderung der Schneidleistung von Reamern und K-Feilen aus Edelstahl nach mehrfacher Benutzung durchgeführt.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit lag darin, Veränderungen der Schneidleistung von K-Reamern und K-Feilen nach mehrmaligen Gebrauch an extrahierten Zähnen aufzuzeigen, um dann Aussagen über die Abnutzung von bereits eingesetzten Wurzelkanalinstrumenten zu treffen.

Hierbei ergaben sich folgende Fragestellungen:

1. Gibt es einen messbaren Verlust der Schneidleistung bei drehend-schabender Arbeitsweise von Instrumenten, die mehrfach im Gebrauch waren im Vergleich zu der Schneidleistung neuwertiger Instrumente und wie groß ist dieser jeweils für die verschiedenen Instrumentengrößen und Instrumententypen?
2. Lässt sich ein Unterschied diesbezüglich bei Instrumenten verschiedener Hersteller erkennen?
3. Kann dem Zahnarzt eine zuverlässige Empfehlung gegeben werden, wann ein Instrument nicht mehr effektiv eingesetzt werden kann und somit aussortiert werden sollte?

3 Material und Methode

Untersuchungen zur aufbereitungsbedingten Abnahme der Schneidleistung von Wurzelkanalinstrumenten bei drehend-schabender Arbeitsweise.

In diesem Teil der Arbeit wurde die Schneidleistung von fabrikneuen Wurzelkanalinstrumenten verschiedener Hersteller im Vergleich zur Schneidleistung dieser Instrumente nach mehrmaligem Einsatz untersucht.

3.1 Wurzelkanalinstrumente

Zur Untersuchung der Schneidleistung von fabrikneuen Instrumenten wurden Reamer und K-Feilen in den ISO-Größen 15, 20 und 30 der Hersteller VDW, Micro Méga, FKG, Mani und Kerr herangezogen. Es wurden pro ISO-Größe jeweils zehn Instrumente verwendet. Insgesamt wurde somit die Schneidleistung von jeweils 60 Instrumenten eines Herstellers bestimmt.

In weiteren Untersuchungen wurde die Schneidleistung von Reamern und K-Feilen der Hersteller VDW, FKG und Micro Méga nach einmaliger, dreimaliger, fünfmaliger und achtmaliger Aufbereitung untersucht. Auch hierbei wurden die ISO-Größen 15, 20 und 30 verwendet, jeweils 10 Instrumente einer ISO-Größe der Herstellerfirmen VDW und Micro Méga, und jeweils 6 Instrumente des Herstellers FKG.

Insgesamt erfolgte somit die Messung der Schneidleistung an jeweils 240 Instrumenten der Hersteller VDW und Micro Méga, und an 144 Instrumenten der Firma FKG (Gesamt: 624 Instrumente).

Für die Untersuchung der Schneidleistung bei Wurzelkanalinstrumenten nach mehrmaligem Einsatz wurden K-Feilen und Reamer der Hersteller VDW, FKG und Micro Méga an extrahierten Zähnen zur Aufbereitung (eine, drei, fünf und acht Aufbereitungen eines Instrumententyps) verwendet. Die Aufbereitung fand

an natürlichen, extrahierten Zähnen (Prämolaren und Frontzähne) mit geradem Wurzelkanalverlauf statt, um eine gleichmäßige Abnutzung der Instrumente zu gewährleisten. Der Durchmesser der verwendeten Zähne musste im apikalen Abschnitt etwa der ISO-Größe 15 entsprechen.

Instrumente	ISO-Größe 15	ISO-Größe 20	ISO-Größe 35
Reamer			
FKG Dentaire	2197	2436 3043	1970 2251 2875
Kerr	61399	61400	61403
Mani	5021736800	5030078300	5022273700
Micro Méga	200134	200106	200106
VDW	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben
K-Feilen			
FKG Dentaire	1517	1970 2154 2595	1970 2154
Kerr	61383	61384	61387
Mani	5030055200	5022732700 5022501300	5022646400 5030004500
Micro Méga	200134	010703 0200134	041003 051403 0200106 0200134
VDW	keine Angaben	keine Angaben	keine Angaben

Tabelle 3.1: Instrumente für die Bestimmung der Schneidleistung bei drehend-schabender Arbeitsweise, angegeben sind die jeweiligen Hersteller sowie die Chargen-Nummern der untersuchten Instrumente.

3.2 Probekörper

Für die Untersuchung bei drehend-schabender Arbeitsweise wurden eigens hergestellte Kunststoffprobekörper verwendet. Diese wurden aus Polyesterharz (Zusammensetzung: 100 g Apolit, 1400 µl Methylethylperoxid als Härter, 200 µl C-101 als Beschleuniger) und 5 g Quarzfeinstmehl (Sikron Feinmehl F 400, Werk Frechen) hergestellt. Diese homogene Mischung wurde in Silikonformen gegeben, die mit Hilfe eines aus Plexiglas bestehenden Musterkörpers hergestellt wurden. Hierzu wurde der Musterkörper mit einem kondensationsvernetzenden Silikon (Silaplast Futur, Detax, Ettlingen) abgeformt. In diese mit der Basisseite 4x1,5 cm große Negativformen wurde sodann jeweils eine Akkupunktturnadel (Hwato, Suzhon Medical Appliance Factory, China) mit einem Durchmesser von 0,20 mm für Instrumente der ISO-Größe 15, 0,30 mm für Instrumente der ISO-Größe 25 sowie eine Injektionskanüle (Terumo, Japan, Vertrieb Hager & Werken, Duisburg) mit einem Durchmesser von 0,40 mm für Instrumente der ISO-Größe 35 ca. 16 mm tief geschoben.

Anschließend wurde in diese Formen das Polyesterharz-Quarzfeinstmehl-Gemisch gefüllt. Zur Aushärtung wurden sie für 24 Stunden in einen Ofen bei konstanten 70 °C gegeben. Nach der Härtung wurden die Nadeln entfernt und die nun entstandenen Probekörper aus den Silikonformen entnommen.

3.3 Prüfgerät und Prüfmethode

Um die drehend-schabenden Arbeitsbewegungen der Wurzelkanalinstrumente standardisieren zu können, wurde ein speziell konstruiertes Prüfgerät verwendet, welches schon mehrfach in seinem Aufbau und seiner Funktionsweise beschrieben wurde (Schäfer et al. 1993 und 1994 a, b und c).

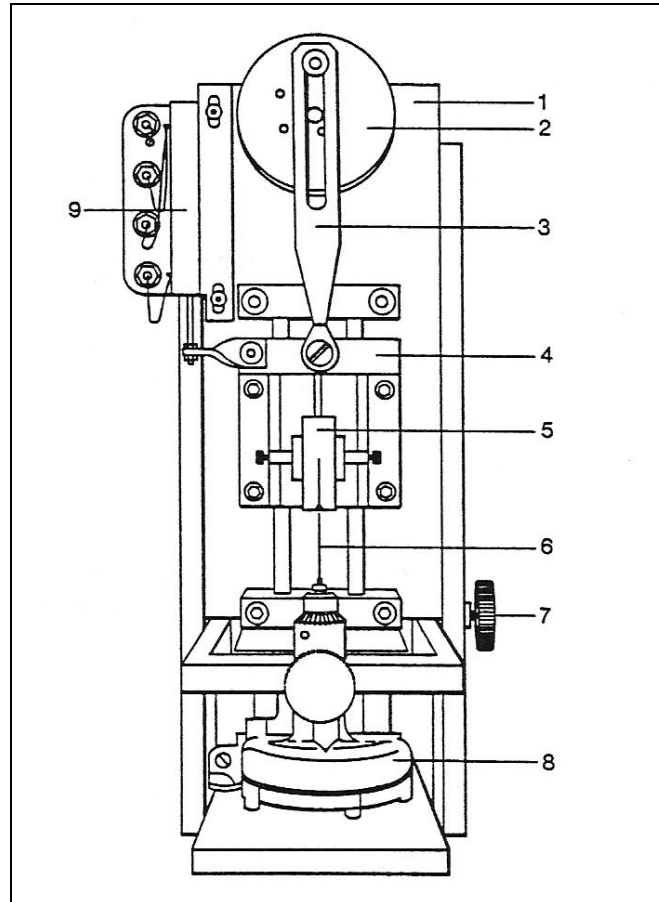


Abb.3.1 (entn. aus Schäfer, E. (1998):
Schematische Darstellung des Prüfgerätes. Der Funktionsablauf ist im Text erläutert.

Der Elektromotor [1], der sich am oberen Ende Teil des Prüfgerätes befindet, versetzt eine horizontal gelagerte Antriebswelle mit einer konstanten Umdrehungsgeschwindigkeit von 30 Umin^{-1} in Rotation. Am Ende der Welle befindet sich eine Transmissionsscheibe [2], welche via Lochstange [3] den Probeschlitten [4] linear auf und ab bewegt. Bei dieser Bewegung läuft der Stift der Transmissionsscheibe frei in dem Langloch der Lochstange. Auf dem Probeschlitten wurde der oben beschriebene Probekörper [5] mit der Öffnung des künstlichen Kanals nach unten befestigt. Das zu untersuchende Wurzelkanalinstrument [6] wurde mit der Spitze nach oben an seinem Instrumentengriff in das Spannfutter eingespannt. Mit Hilfe zweier Justierschrauben [7] wurde es derart ausgerichtet, dass es zentrisch, also ohne Abbiegung in das Lumen des Probekörpers eindringen konnte.

Durch einen zweiten Motor am unteren Ende des Prüfgerätes [8] wurde das Instrument mit einer permanenten Umdrehungsgeschwindigkeit von 12 Umin^{-1} in Rotation versetzt.

Während der Abwärtsbewegung des Probeschlittens drang das sich drehende Instrument in das Lumen des Probekörpers ein. Da sich während der Abwärtsbewegung der Stift der Transmissionsscheibe frei in der Lochstange bewegte, wirkte immer eine gleiche Kraft auf den Probekörper ein, und zwar die des Gewichtes des Probeschlittens (5 N). Erst als der Stift der Transmissionsscheibe das eine Ende der Lochstange wieder erreichte, wurde diese Kraft aufgehoben und der Probeschlitten aufwärts bewegt. Durch die Aufwärtsbewegung verlor das Instrument den Wandkontakt zum Probekörper und erlangte diesen erst wieder, sobald sich der Probeschlitten erneut senkte. Dadurch resultiert eine Rotation des Instrumentes unter Wandkontakt von maximal 110° .

Die tatsächliche Eindringtiefe der Instrumente in den Probekörper wurde über ein mit dem Probeschlitten verbundenes Linearpotentiometer (HLP 220/10/1k/S, Penny & Gilles, Norderstedt) [9] registriert und auf einem x/t-Schreiber (Servocorder SR 6221, Graphtec, Düsseldorf) aufgezeichnet. Die gezeichneten Kurven waren somit direkt lesbar. Anhand einer Originalkurve (Abb. 3.3) sei nun die Auswertung erklärt:

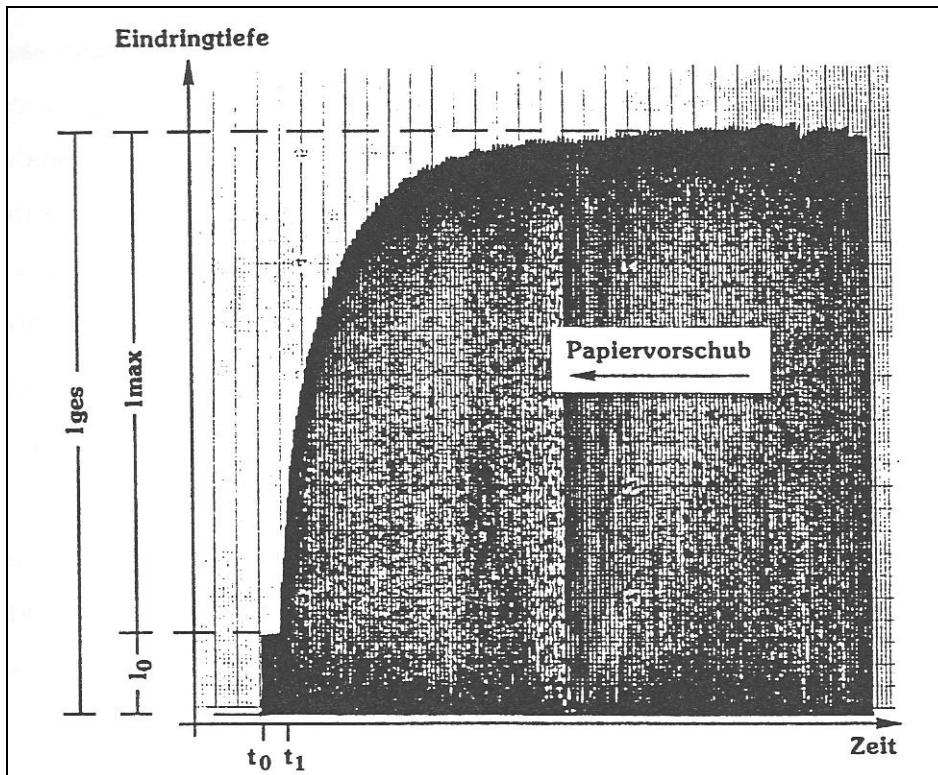


Abb.3.3 (entn. aus Schäfer, E. (1998):
Aufzeichnung der Eindringtiefen eines Wurzelkanalinstrumentes in ein zylindrisches Lumen in Abhängigkeit von der Versuchszeit. Im Text wird der Versuchsablauf näher erläutert.

Zum Zeitpunkt t_0 war das Wurzelkanalinstrument in dem Spannfutter befestigt und die Instrumentenspitze in das Lumen des Probekörpers ausgerichtet. Der obere Motor bewegte sodann den Probeschlitten mit dem daran befindlichen Probekörper auf und ab. Der untere Motor war noch nicht eingeschaltet, deshalb rotierte das zu untersuchende Instrument zu diesem Zeitpunkt noch nicht. In der Zeit von t_0 zu t_1 drang das Instrument bei jeder Auf- und Abbewegung um denselben Betrag in den Probekörper ein (passive Eindringtiefe). Die abzulesende Linie von t_0 bis t_1 ist die Nulllinie für die Bestimmung der maximalen Eindringtiefe. Ab dem Zeitpunkt t_1 wurde auch der untere Motor eingeschaltet und das Instrument begann zu rotieren. Durch die Rotation und der weiterhin stattfindenden Auf- und Abbewegung des Probekörpers drang das Instrument bei jedem weiteren Arbeitszyklus tiefer in den Probekörper ein (aktive Eindringtiefe). Sobald das Instrument stumpf war, nahm die Eindringtiefe zwischen den aufeinander folgenden Arbeitszyklen nicht mehr zu. Die maximale Eindringtiefe (l_{max}) wurde erreicht und lässt sich aus der

Gesamteindringtiefe abzüglich der Länge der passiven Eindringphase errechnen. Sie dient als Maß für die Schneidleistung eines Instrumentes und bildet somit die Grundlage für die vergleichenden Untersuchungen (Schäfer et al. 1993).

4 Ergebnisse

4.1 Erfassung der Schneidleistung bei drehend-schabender Arbeitsweise von Reamern und K-Feilen nach mehrfacher Aufbereitung

- Serie A: VDW Reamer (a) und K-Feilen (b)
- Serie B: FKG Reamer (a) und K-Feilen (b)
- Serie C: Micro Méga Reamer (a) und K-Feilen (b)

4.1.1.a Serie A: VDW Schneidleistung Reamer

VDW Reamer ISO-Größe 15					
	Neu	1 x WK	3 x WK	5 x WK	8 x WK
Maximale Eindringtiefe in mm	2,771	2,762	2,390	2,334	1,969
Standardabweichung	<i>0,275</i>	<i>0,287</i>	<i>0,417</i>	<i>0,403</i>	<i>0,399</i>
Prozentuale Abnahme von Neu	= 100%	-0,32%	-13,75%	-15,77%	-28,94%

Tabelle 4.1 : Schneidleistung von VDW Reamern der ISO-Größe 15 bei mehrfacher Wurzelkanalaufbereitung. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern, Standardabweichung (kursiv) und untenstehend die Abnahme der maximalen Eindringtiefe der benutzten Instrumente zum Neuinstrument in Prozent.

VDW Reamer ISO-Größe 20					
	Neu	1 x WK	3 x WK	5 x WK	8 x WK
Maximale Eindringtiefe in mm	2,945	2,536	2,582	2,418	2,145
Standardabweichung	<i>0,290</i>	<i>0,309</i>	<i>0,251</i>	<i>0,300</i>	<i>0,312</i>
Prozentuale Abnahme von Neu	= 100%	-13,89%	-12,33%	-17,89%	-27,16%

Tabelle 4.2: Schneidleistung von VDW Reamern der ISO-Größe 20 bei mehrfacher Wurzelkanalaufbereitung. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern, Standardabweichung (kursiv) und untenstehend die Abnahme der maximalen Eindringtiefe der benutzten Instrumente zum Neuinstrument in Prozent.

VDW Reamer ISO-Größe 35					
	Neu	1 x WK	3 x WK	5 x WK	8 x WK
Maximale Eindringtiefe in mm	4,647	3,906	4,077	3,996	3,388
Standardabweichung	<i>0,251</i>	<i>0,607</i>	<i>0,537</i>	<i>1,039</i>	<i>0,461</i>
Prozentuale Abnahme von Neu	= 100%	-15,95%	-12,27%	-14,01%	-27,09%

Tabelle 4.3: Schneidleistung von VDW Reamern der ISO-Größe 35 bei mehrfacher Wurzelkanalaufbereitung. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern, Standardabweichung (kursiv) und untenstehend die Abnahme der maximalen Eindringtiefe der benutzten Instrumente zum Neuinstrument in Prozent.

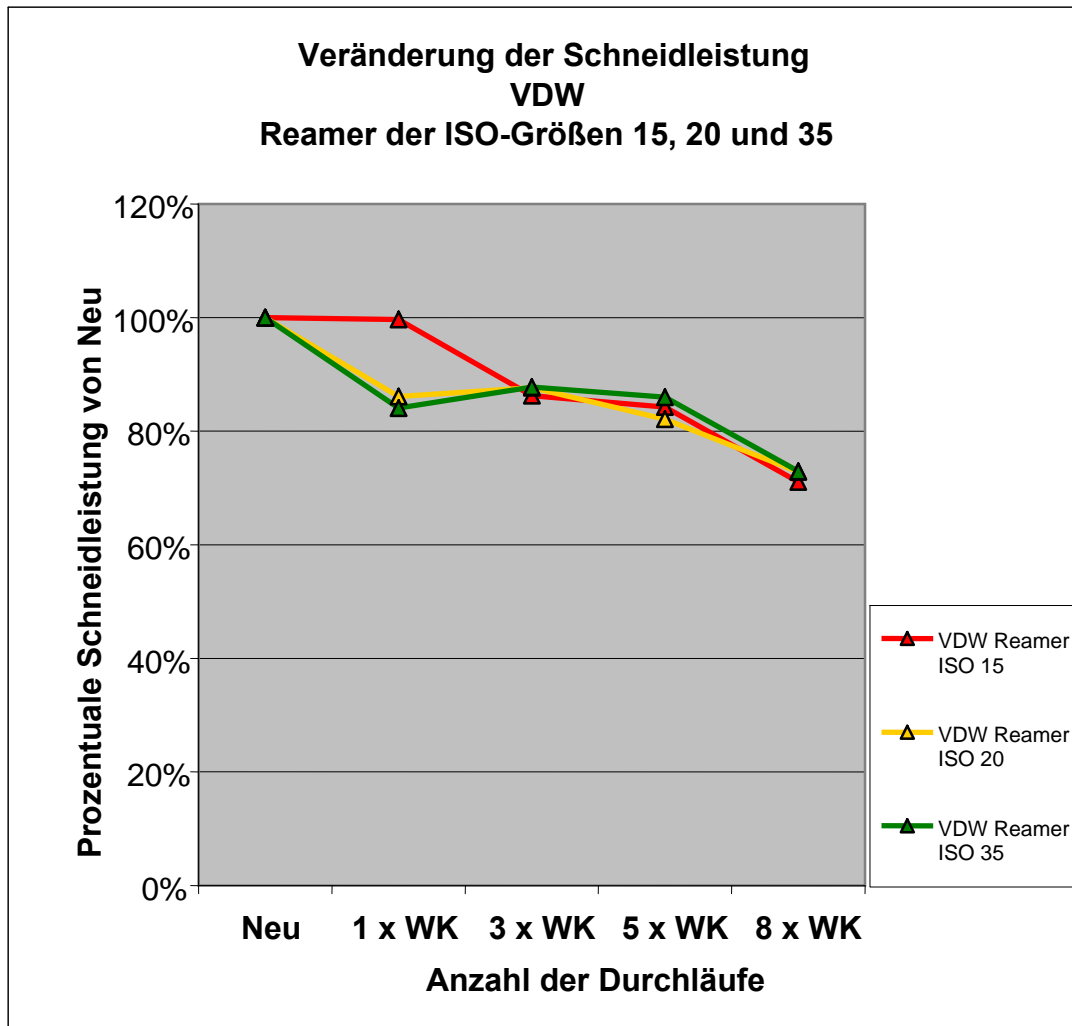


Diagramm 1: Schneidleistung VDW Reamer der ISO-Größen 15, 20 und 35. Auf der Abszisse ist die Anzahl der Wurzelkanalaufbereitungen dargestellt. Die Ordinate stellt die prozentuale Abnahme der Schneidleistung in Vergleich zu Neu = 100% dar.

Dem Diagramm 1 ist zu entnehmen, dass die Reamer der Firma VDW mit den ISO-Größen 15, 20 und 35 nach einmaligem Einsatz eine Abnahme der Schneidleistung aufweisen. Die Reamer der ISO-Größe 15 weisen eine nur sehr geringfügige Abnahme von unter einem Prozent auf, im Gegensatz zu den Reamern der ISO-Größen 20 und 35, bei denen es sich um eine Abnahme von ca. 10–15 Prozent nach einmaligem Einsatz handelt. Nach achtmaligem Einsatz betrug die Schneidleistung bei allen drei ISO-Größen ca. 70 Prozent im Vergleich zu fabrikneuen Instrumenten.

4.1.1.b Serie A: VDW Schneidleistung K-Feilen

VDW K-Feile ISO-Größe 15					
	Neu	1 x WK	3 x WK	5 x WK	8 x WK
Maximale Eindringtiefe in mm	2,926	3,023	2,687	2,426	2,029
Standardabweichung	<i>0,359</i>	<i>0,296</i>	<i>0,225</i>	<i>0,371</i>	<i>0,567</i>
Prozentuale Abnahme von Neu	= 100%	3,32%	-8,17%	-17,09%	-30,66%

Tabelle 4.4: Schneidleistung von VDW K-Feilen der ISO-Größe 15 bei mehrfacher Wurzelkanalaufbereitung. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern, Standardabweichung (kursiv) und untenstehend die Abnahme der maximalen Eindringtiefe der benutzten Instrumente zum Neuinstrument in Prozent.

VDW K-Feile ISO-Größe 20					
	Neu	1 x WK	3 x WK	5 x WK	8 x WK
Maximale Eindringtiefe in mm	3,581	2,697	2,902	2,817	2,335
Standardabweichung	<i>0,908</i>	<i>0,303</i>	<i>0,330</i>	<i>0,333</i>	<i>0,347</i>
Prozentuale Abnahme von Neu	= 100%	-24,69%	-18,96%	-21,33%	-34,79%

Tabelle 4.5: Schneidleistung von VDW K-Feilen der ISO-Größe 20 bei mehrfacher Wurzelkanalaufbereitung. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern, Standardabweichung (kursiv) und untenstehend die Abnahme der maximalen Eindringtiefe der benutzten Instrumente zum Neuinstrument in Prozent.

VDW K-Feile ISO-Größe 35					
	Neu	1 x WK	3 x WK	5 x WK	8 x WK
Maximale Eindringtiefe in mm	7,229	6,752	6,423	6,408	5,840
Standardabweichung	<i>0,585</i>	<i>0,745</i>	<i>0,831</i>	<i>0,944</i>	<i>0,645</i>
Prozentuale Abnahme von Neu	= 100%	-6,60%	-11,15%	-11,36%	-19,21%

Tabelle 4.6: Schneidleistung von VDW K-Feilen der ISO-Größe 35 bei mehrfacher Wurzelkanalaufbereitung. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern, Standardabweichung (kursiv) und untenstehend die Abnahme der maximalen Eindringtiefe der benutzten Instrumente zum Neustrument in Prozent.

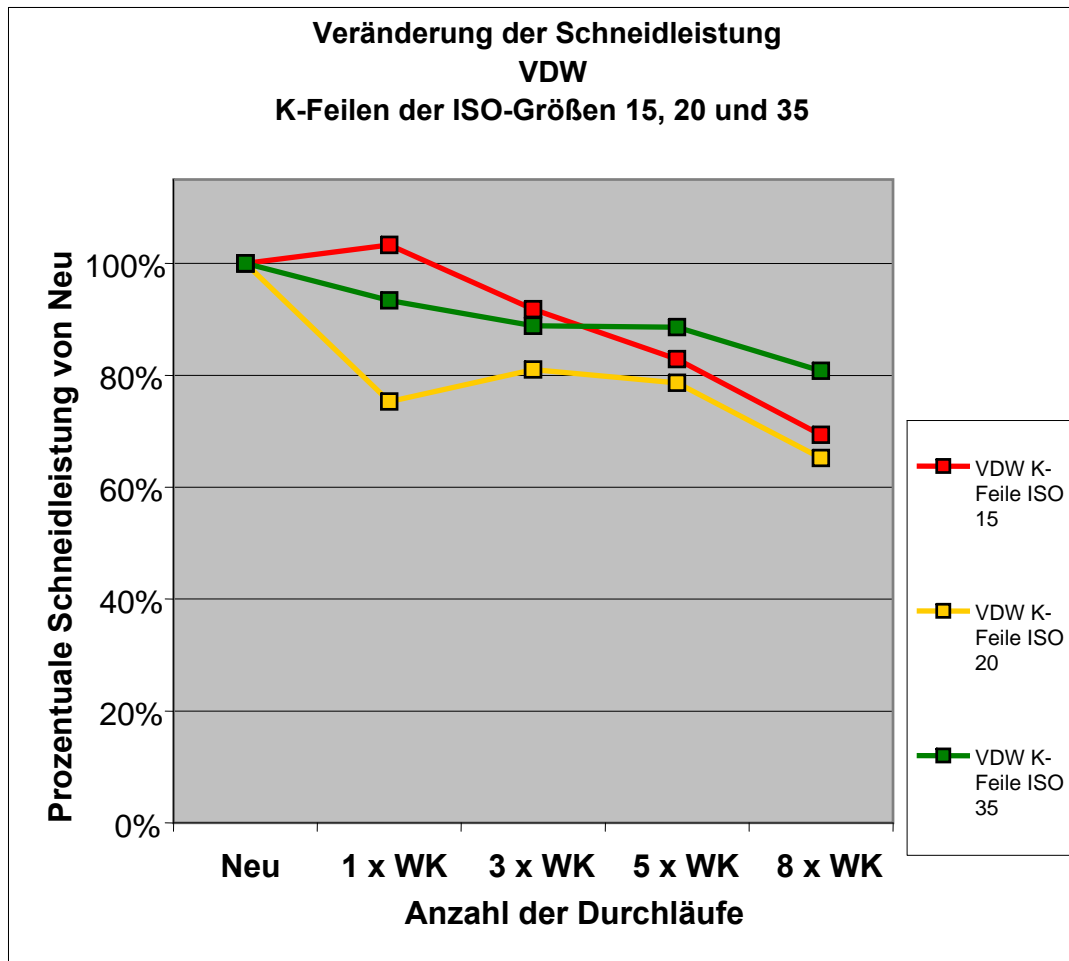


Diagramm 2: Schneidleistung der VDW K-Feilen der ISO-Größen 15, 20 und 35. Auf der Abszisse ist die Anzahl der Wurzelkanalaufbereitungen dargestellt. Die Ordinate stellt die prozentuale Abnahme der Schneidleistung im Vergleich zu Neu = 100 % dar.

Dem Diagramm 2 ist zu entnehmen, dass nach achtmaligem Einsatz die K-Feilen der Firma VDW der ISO-Größen 15, 20 und 35 eine Abnahme der Schneidleistung um ca. 20-35 Prozent im Vergleich zu fabrikneuen Instrumenten aufwiesen. K-Feilen der ISO-Größe 15 zeigten nach einmaligem Einsatz eine leichte Zunahme der Schneidleistung um ca. 3 %, dann aber eine stetige Abnahme der Schneidleistung, so dass nach achtmaliger Verwendung noch 70% der Schneidleistung im Vergleich zu neuen Instrumenten vorhanden war. K-Feilen der ISO-Größe 35 zeigten zuerst eine Abnahme der Schneidleistung nach einmaliger Benutzung, zeigten dann jedoch nach drei- und fünfmaliger Benutzung eine höhere Schneidleistung als Instrumente, die

nur einmal benutzt wurden. Nach achtmaliger Verwendung zeigten sie noch 80 % der Schärfe im Vergleich zu neuwertigen Instrumenten.

4.1.2.a Serie B: FKG Schneidleistung Reamer

FKG Reamer ISO-Größe 20					
	Neu	1 x WK	3 x WK	5 x WK	8 x WK
Maximale Eindringtiefe in mm	2,916	3,606	4,015	4,066	2,976
Standardabweichung	<i>0,549</i>	<i>0,504</i>	<i>0,468</i>	<i>0,483</i>	<i>0,915</i>
Prozentuale Abnahme von Neu	= 100%	23,66%	37,69%	39,44%	2,06%

Tabelle 4.7: Schneidleistung von FKG Reamern der ISO-Größe 20 bei mehrfacher Wurzelkanalaufbereitung. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern, Standardabweichung (kursiv) und untenstehend die Abnahme der maximalen Eindringtiefe der benutzten Instrumente zum Neuinstrument in Prozent.

FKG Reamer ISO-Größe 35					
	Neu	1 x WK	3 x WK	5 x WK	8 x WK
Maximale Eindringtiefe in mm	4,473	3,302	3,498	3,095	3,488
Standardabweichung	<i>0,470</i>	<i>0,667</i>	<i>0,659</i>	<i>0,305</i>	<i>0,339</i>
Prozentuale Abnahme von Neu	= 100%	-26,18%	-21,80%	-30,81%	-22,02%

Tabelle 4.8: Schneidleistung von FKG Reamern der ISO-Größe 35 bei mehrfacher Wurzelkanalaufbereitung. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern, Standardabweichung (kursiv) und untenstehend die Abnahme der maximalen Eindringtiefe der benutzten Instrumente zum Neuinstrument in Prozent.

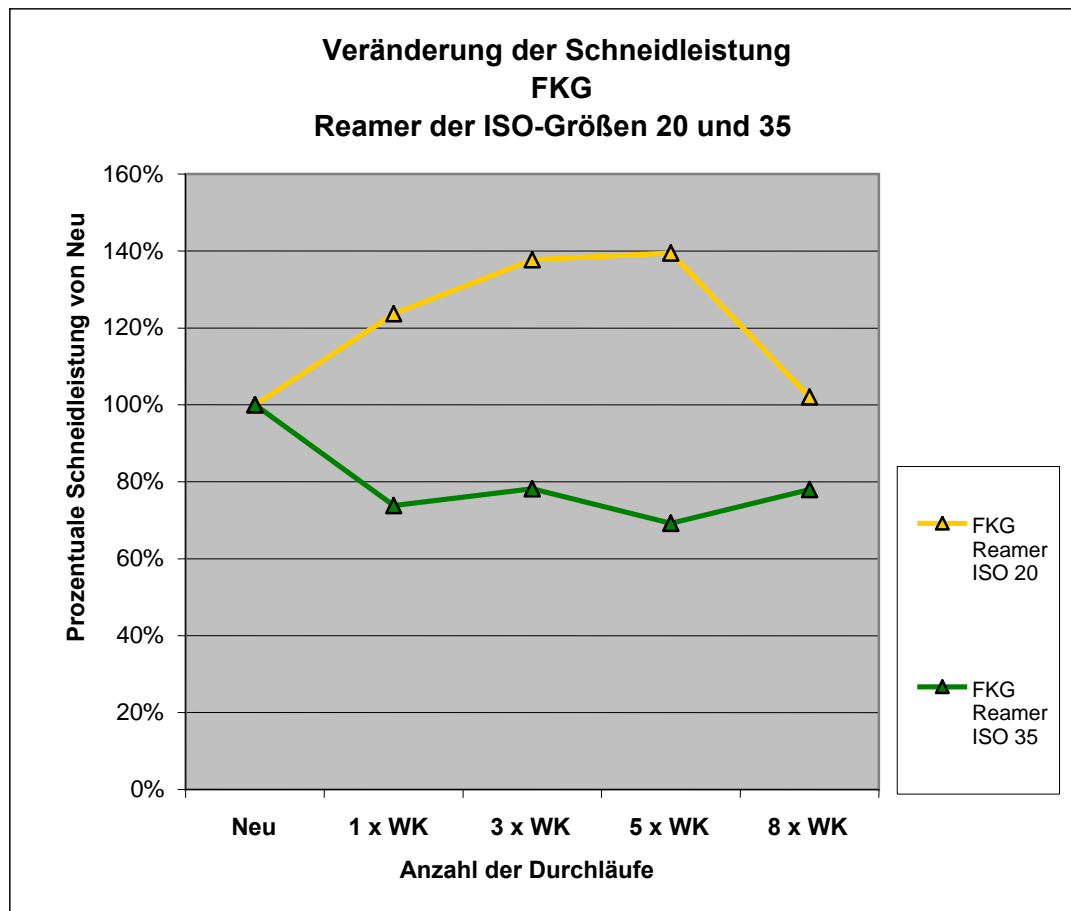


Diagramm 3: Schneidleistung der FKG Reamer der ISO-Größen 20 und 35. Auf der Abszisse ist die Anzahl der Wurzelkanalaufbereitungen dargestellt. Die Ordinate stellt die prozentuale Abnahme der Schneidleistung im Vergleich zu Neu = 100 % dar.

Dem Diagramm 3 ist zu entnehmen, dass sich Reamer der ISO-Größe 20 wesentlich von den Reamern der ISO-Größe 35 in ihrer Veränderung der Schneidleistung unterscheiden. FKG Reamer der ISO-Größe 35 weisen eine nahezu stetige Abnahme der Schneidleistung auf, nach achtmaligem Einsatz betrug die Schneidleistung noch ca. 80 % im Vergleich zu fabrikneuen Instrumenten. Der Kurvenverlauf der FKG Reamer ISO-Größe 20 hingegen ist eher kurios. Nach einmaligem Einsatz steigt die Schneidleistung auf 124%, nach dreimaligem Einsatz auf ca. 137%, zeigt dann nach fünfmaliger Benutzung keine Veränderung der Schneidleistung im Vergleich zu der Schneidleistung nach dreimaligem Einsatz, auch hier wurde eine Schneidleistung von ca. 140% ermittelt. Selbst nach achtmaligem Einsatz zeigt ein Instrument eine nahezu unveränderte Schneidleistung im Vergleich zu

neuwertigen Instrumenten dieses Typs. Somit lässt sich hier keine Abnahme der Schneidleistung erkennen.

FKG Reamer der ISO-Größe 15 wurden nicht berücksichtigt, da es bei diesen zu vielfachen Frakturen nach mehrfacher Benutzung gekommen ist und demzufolge keine verwendbaren Ergebnisse ermittelt werden konnten.

Im Folgenden wurden aus demselben Grund die K-Feilen und Reamer der ISO-Größe 15 der Firmen FKG und Micro Méga nicht berücksichtigt.

4.1.2.b Serie B: FKG Schneidleistung K-Feilen

FKG K-Feile ISO-Größe 20					
	Neu	1 x WK	3 x WK	5 x WK	8 x WK
Maximale Eindringtiefe in mm	3,351	2,852	2,853	2,888	3,095
Standardabweichung	<i>0,462</i>	<i>0,467</i>	<i>0,385</i>	<i>0,369</i>	<i>0,508</i>
Prozentuale Abnahme von Neu	= 100%	-14,89%	-14,86%	-13,82%	-7,64%

Tabelle 4.9: Schneidleistung von FKG K-Feilen der ISO-Größe 20 bei mehrfacher Wurzelkanalaufbereitung. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern, Standardabweichung (kursiv) und untenstehend die Abnahme der maximalen Eindringtiefe der benutzten Instrumente zum Neuinstrument in Prozent.

FKG K-Feile ISO-Größe 35					
	Neu	1 x WK	3 x WK	5 x WK	8 x WK
Maximale Eindringtiefe in mm	4,177	3,457	3,420	3,803	3,823
Standardabweichung	<i>1,097</i>	<i>0,313</i>	<i>0,536</i>	<i>0,642</i>	<i>0,529</i>
Prozentuale Abnahme von Neu	= 100%	-17,24%	-18,12%	-8,95%	-8,47%

Tabelle 4.10: Schneidleistung von FKG K-Feilen der ISO-Größe 35 bei mehrfacher Wurzelkanalaufbereitung. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern, Standardabweichung (kursiv) und untenstehend die Abnahme der maximalen Eindringtiefe der benutzten Instrumente zum Neuinstrument in Prozent.

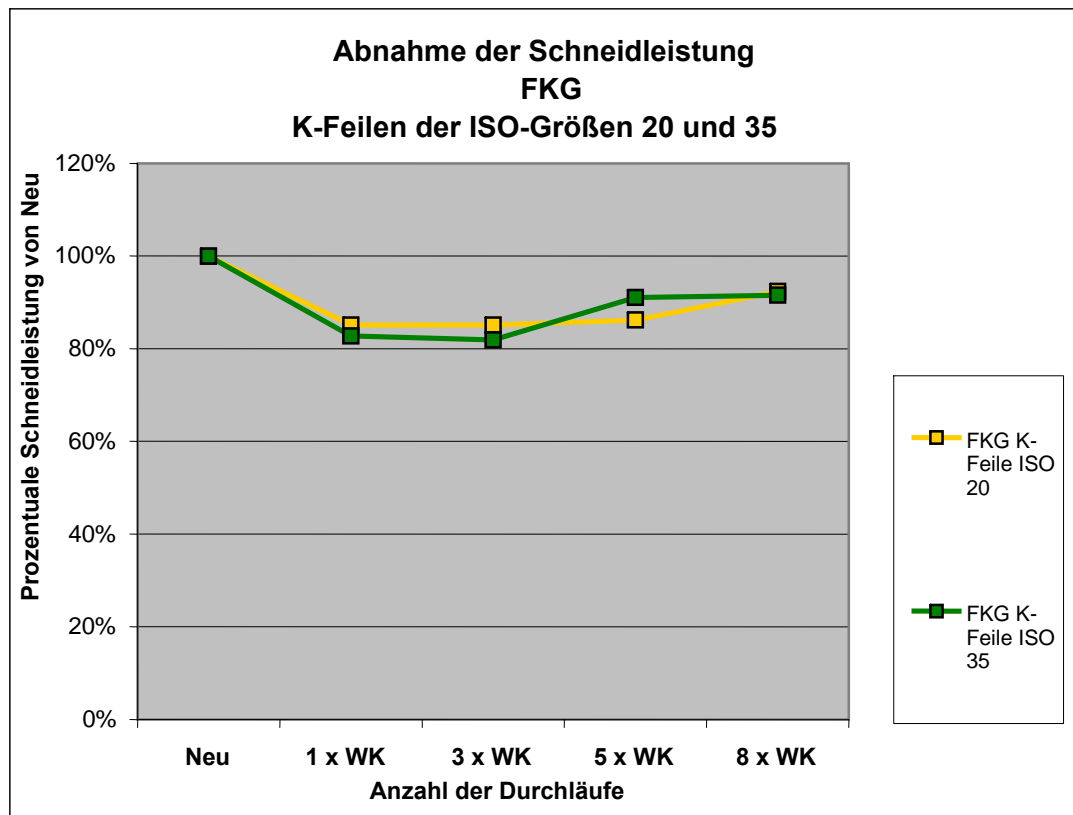


Diagramm 4: Schneidleistung der FKG K-Feilen der ISO-Größen 20 und 35. Auf der Abszisse ist die Anzahl der Wurzelkanalaufbereitungen dargestellt. Die Ordinate stellt die prozentuale Abnahme der Schneidleistung im Vergleich zu Neu = 100 % dar.

Dem Diagramm 4 lässt sich entnehmen, dass nach einmaligem und dreimaligem Einsatz der K-Feilen der ISO-Größen 20 und 35 eine Abnahme der Schneidleistung zu erkennen ist. Diese beträgt nach dreimaligem Einsatz der Instrumente ca. 20%, sowohl bei K-Feilen der ISO-Größe 20 als auch bei denen der ISO-Größe 35. Nach fünfmaligem Einsatz blieb die Schneidleistung bei der ISO-Größe 20 nahezu unverändert bei ca. 86%, die Schneidleistung der ISO-Größe 35 hingegen nahm um ca. 10% wieder zu, so dass die Schneidleistung der Instrumente der ISO-Größe 35 nach fünfmaligem Einsatz bei ca. 90% lag. Nach achtmaligem Einsatz der Instrumente nähern sich die Kurven wieder an, sowohl die K-Feilen der ISO-Größe 20 als auch die der ISO-Größe 35 zeigen eine Abnahme der Schneidleistung um ca. 10% im Vergleich zur Schneidleistung neuwertiger Instrumente.

4.1.3.a Serie C: Micro Méga Schneidleistung Reamer

Micro Méga Reamer ISO-Größe 20					
	Neu	1 x WK	3 x WK	5 x WK	8 x WK
Maximale Eindringtiefe in mm	4,424	3,729	3,475	4,578	3,325
Standardabweichung	<i>0,787</i>	<i>1,052</i>	<i>0,816</i>	<i>0,717</i>	<i>0,848</i>
Prozentuale Abnahme von Neu	= 100%	-15,71%	-21,45%	3,48%	-24,84%

Tabelle 4.11: Schneidleistung von Micro Méga Reamern der ISO-Größe 20 bei mehrfacher Wurzelkanalaufbereitung. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern, Standardabweichung (kursiv) und untenstehend die Abnahme der maximalen Eindringtiefe der benutzten Instrumente zum Neuinstrument in Prozent.

Micro Méga Reamer ISO-Größe 35					
	Neu	1 x WK	3 x WK	5 x WK	8 x WK
Maximale Eindringtiefe in mm	5,561	5,444	5,685	5,837	6,123
Standardabweichung	<i>0,596</i>	<i>1,317</i>	<i>0,682</i>	<i>1,126</i>	<i>0,882</i>
Prozentuale Abnahme von Neu	= 100%	-2,10%	2,23%	4,96%	10,11%

Tabelle 4.12: Schneidleistung von Micro Méga Reamern der ISO-Größe 35 bei mehrfacher Wurzelkanalaufbereitung. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern, Standardabweichung (kursiv) und untenstehend die Abnahme der maximalen Eindringtiefe der benutzten Instrumente zum Neuinstrument in Prozent.

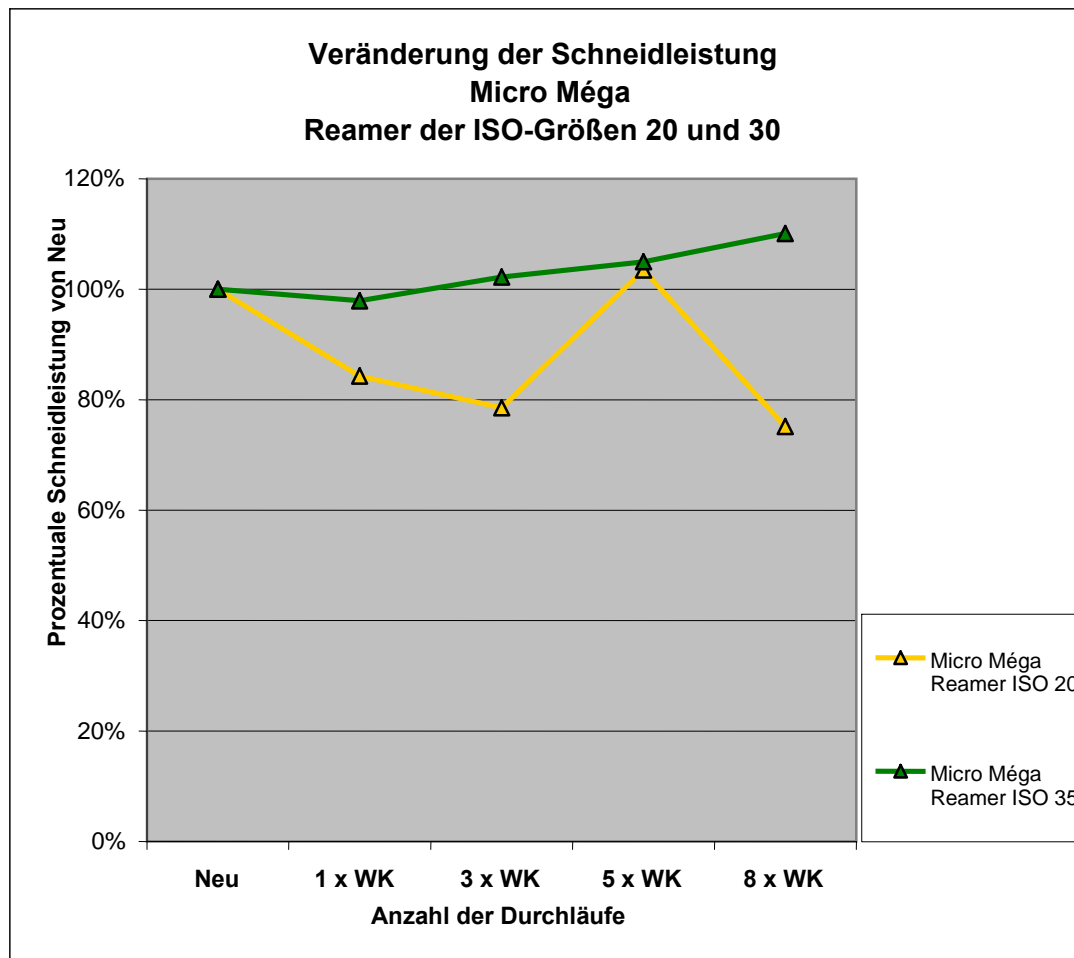


Diagramm 5: Schneidleistung der Micro Méga Reamer der ISO-Größen 20 und 35. Auf der Abszisse ist die Anzahl der Wurzelkanalaufbereitungen dargestellt. Die Ordinate stellt die prozentuale Abnahme der Schneidleistung im Vergleich zu Neu = 100 % dar.

Die Kurven der Reamer der ISO-Größen 20 und 35 zeigen beide einen kuriosen Verlauf. Die Schneidleistung der ISO-Größe 20 nahm nach ein- und dreimaliger Verwendung stetig ab und erreichte nach dreimaligem Einsatz noch ca. 79% im Vergleich zu fabrikneuen Instrumenten. Nach fünfmaligem Einsatz stieg die Schneidleistung jedoch auf einen Wert von 103% an, nach achtmaligem Einsatz war sie deutlich geringer und wies nur noch ca. 75% auf.

Die Kurve der Reamer ISO-Größe 35 zeigt eine kontinuierliche Schneidleistungszunahme, so dass nach achtmaligem Einsatz ein Instrument dieser Versuchsgruppe um ca. 10% schärfer war als fabrikneue Instrumente.

4.1.3.b Serie C: Micro Méga Schneidleistung K-Feilen

Micro Méga K-Feile ISO-Größe 20					
	Neu	1 x WK	3 x WK	5 x WK	8 x WK
Maximale Eindringtiefe in mm	4,263	4,220	3,606	3,355	3,202
Standardabweichung	<i>0,901</i>	<i>0,613</i>	<i>0,714</i>	<i>0,380</i>	<i>0,621</i>
Prozentuale Abnahme von Neu	= 100%	-1,01%	-15,41%	-21,30%	-24,89%

Tabelle 4.13: Schneidleistung von Micro Méga K-Feilen der ISO-Größe 20 bei mehrfacher Wurzelkanalaufbereitung. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern, Standardabweichung (kursiv) und untenstehend die Abnahme der maximalen Eindringtiefe der benutzten Instrumente zum Neustrument in Prozent.

Micro Méga K-Feile ISO-Größe 35					
	Neu	1 x WK	3 x WK	5 x WK	8 x WK
Maximale Eindringtiefe in mm	4,742	5,428	4,495	5,614	5,028
Standardabweichung	<i>0,776</i>	<i>0,540</i>	<i>1,011</i>	<i>0,611</i>	<i>0,974</i>
Prozentuale Abnahme von Neu	= 100%	14,47%	-5,21%	18,39%	6,03%

Tabelle 4.14: Schneidleistung von Micro Méga K-Feilen der ISO-Größe 35 bei mehrfacher Wurzelkanalaufbereitung. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern, Standardabweichung (kursiv) und untenstehend die Abnahme der maximalen Eindringtiefe der benutzten Instrumente zum Neustrument in Prozent.

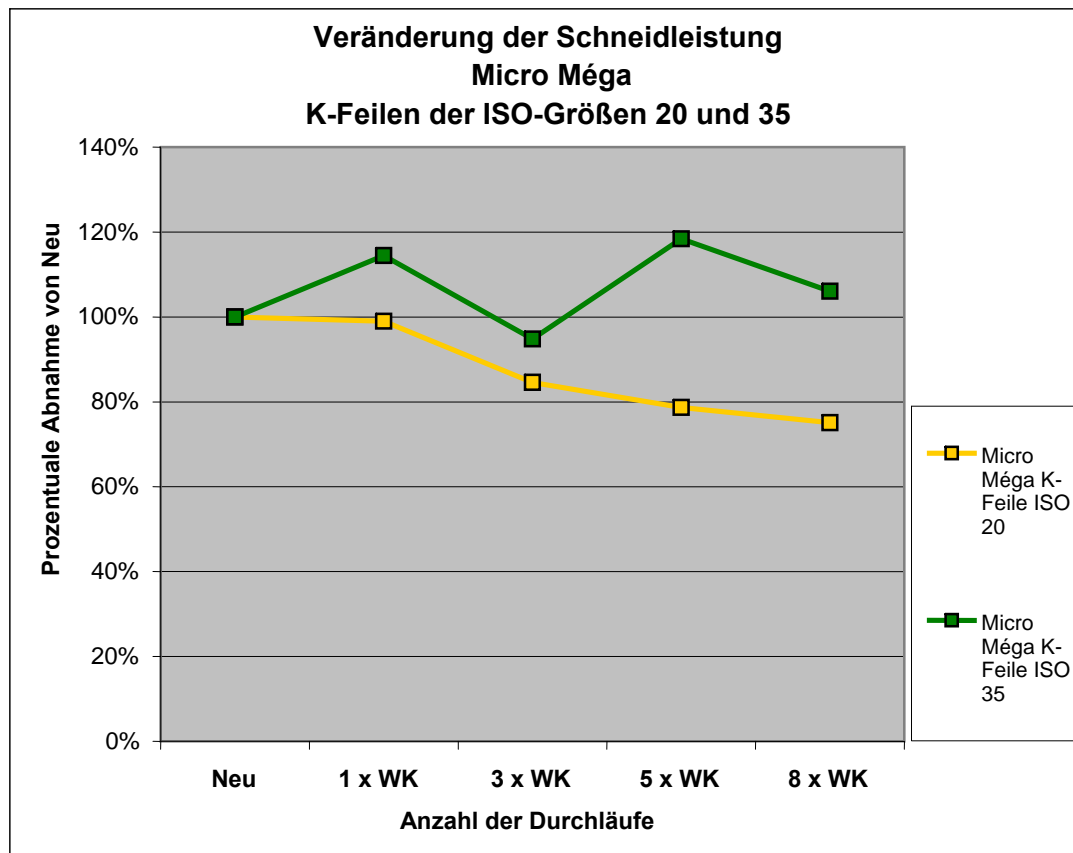


Diagramm 6: Schneidleistung der Micro Méga K-Feilen der ISO-Größen 20 und 35. Auf der Abszisse ist die Anzahl der Wurzelkanalaufbereitungen dargestellt. Die Ordinate stellt die prozentuale Abnahme der Schneidleistung im Vergleich zu Neu = 100 % dar.

Dem Diagramm 6 ist zu entnehmen, dass die Schneidleistung der K-Feilen mit der ISO-Größe 20 stetig abnahm. Nach achtmaligem Einsatz wiesen die Instrumente eine Schneidleistung von ca. 75% im Vergleich zu fabrikneuen Instrumenten auf.

Die Veränderung der Schneidleistung der K-Feilen der ISO-Größe 35 stellte sich als sehr wechselhaft da. Nach einmaligem Einsatz nahm die Schneidleistung um ca. 15% zu, nach dreimaligem Einsatz nahm die Schneidleistung um ca. 5% im Vergleich zu fabrikneuen Instrumenten ab und anschließend war wieder ein enormer Anstieg der Schneidleistung von ca. 19% im Vergleich zu der Schneidleistung fabrikneuer Instrumente zu verzeichnen. Nach achtmaligem Einsatz wiesen die K-Feilen der ISO-Größe 20 eine ca. 6% höhere Schneidleistung auf als unbenutzte, fabrikneue Instrumente.

4.2 Vergleich der Schneidleistung von Reamern VDW, FKG und Micro Méga nach mehrfacher Wurzelkanalaufbereitung

4.2.1 Vergleich der Schneidleistung von Reamern VDW, FKG und Micro Méga

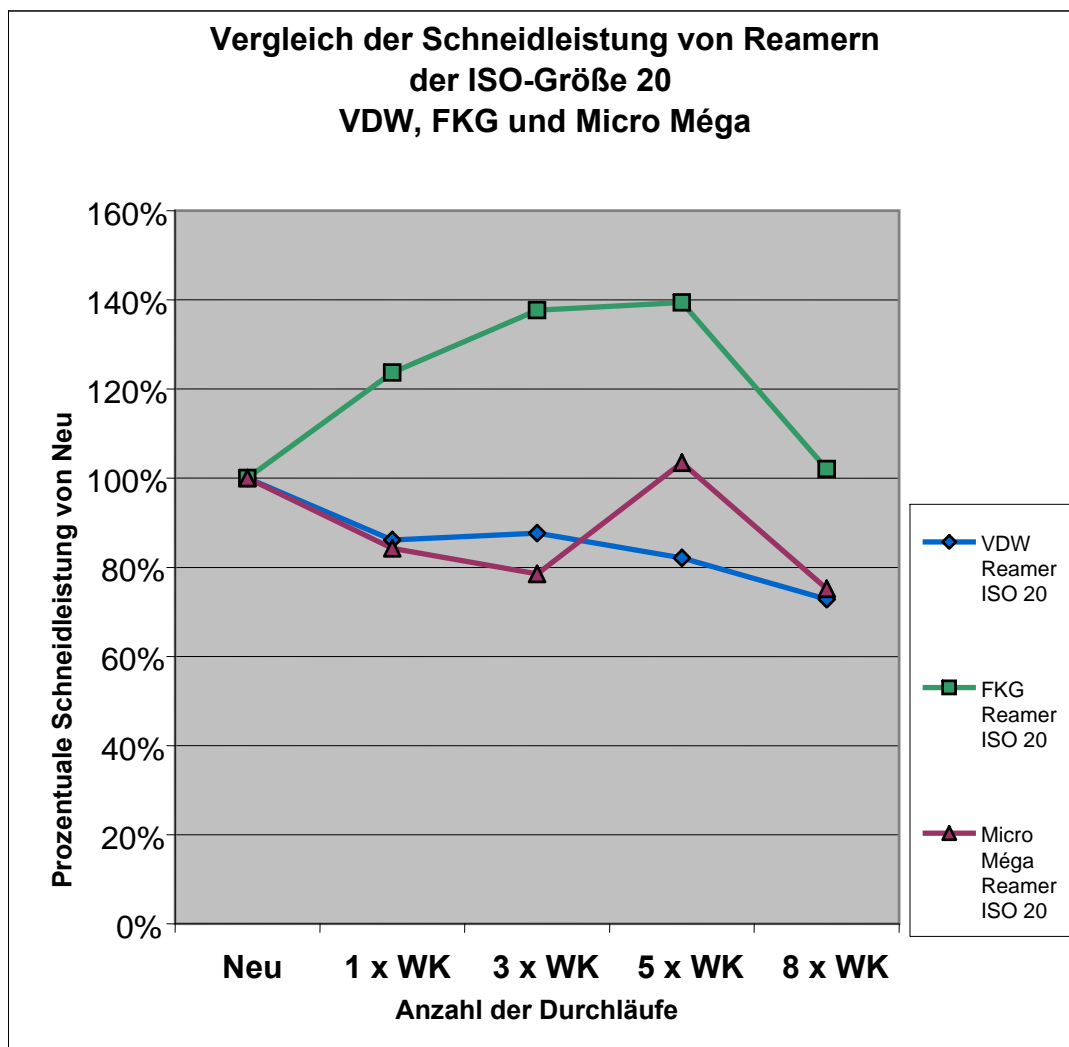


Diagramm 7: Vergleich der Schneidleistung VDW, FKG und Micro Méga Reamern der ISO-Größe 20. Auf der Abszisse ist die Anzahl der Wurzelkanalaufbereitungen dargestellt. Die Ordinate stellt die prozentuale Abnahme der Schneidleistung im Vergleich zu Neu = 100 % dar.

Bei dem Vergleich der Reamer der ISO-Größe 20 der drei Hersteller weisen die FKG-Reamer die größte Schneidleistung auf. Wie bereits im Vorfeld

beschrieben, zeigt die Kurve der FKG-Reamer einen kuriosen Verlauf, denn nach mehrmaliger Nutzung steigt die Schneidleistung an und nimmt nach achtmaligem Gebrauch wieder ab. Reamer der Hersteller Micro Méga und FKG zeigen ähnliche Abnahmen der Schneidleistung, wobei nach fünfmaligem Gebrauch die Reamer der ISO-Größe 20 des Herstellers Micro Méga stark an Schneidleistung zunehmen.

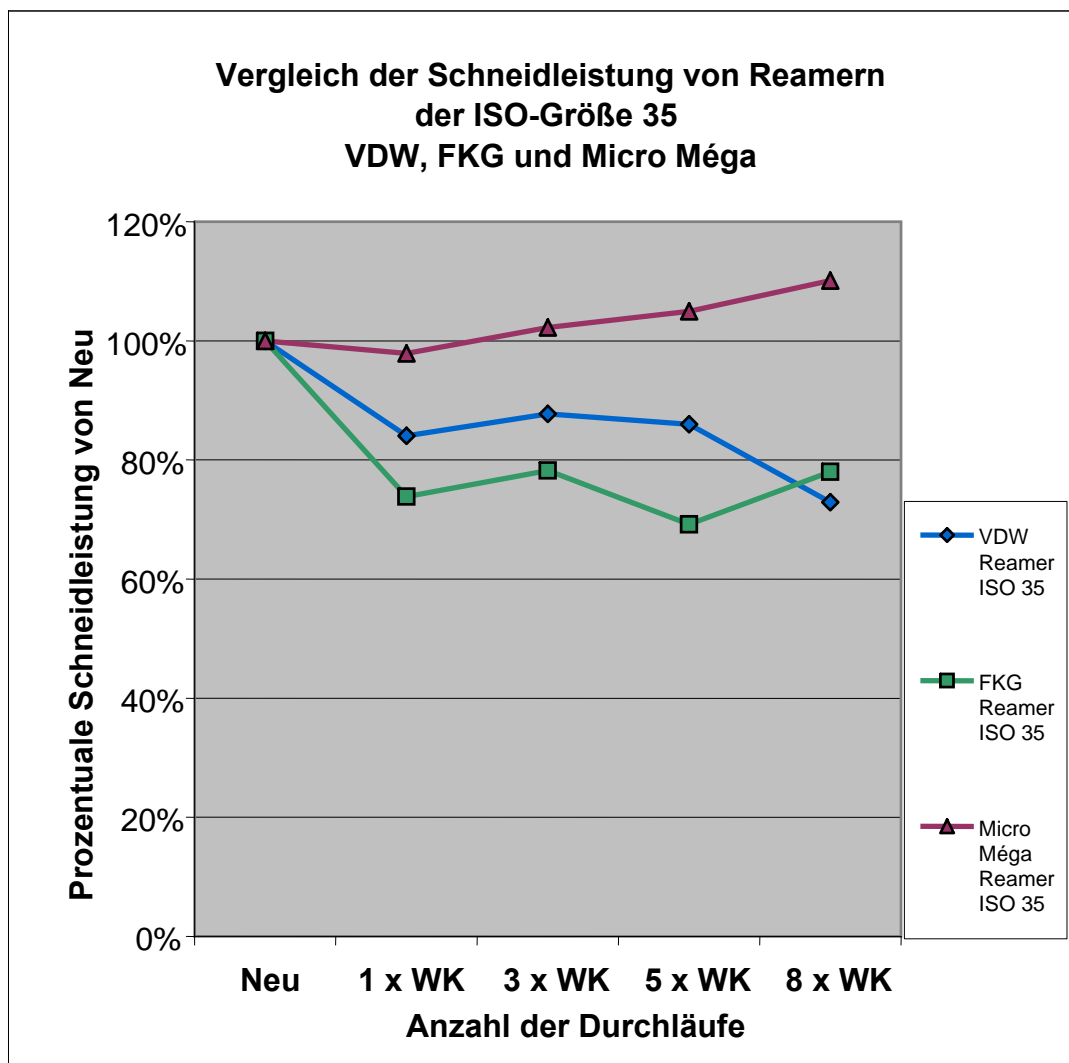


Diagramm 8: Vergleich der Schneidleistung VDW, FKG und Micro Méga Reamern der ISO-Größe 35. Auf der Abszisse ist die Anzahl der Wurzelkanalaufbereitungen dargestellt. Die Ordinate stellt die prozentuale Abnahme der Schneidleistung im Vergleich zu Neu = 100 % dar.

Bei dem Vergleich der Reamer der ISO-Größe 35 der drei Hersteller weisen die Micro Méga-Reamer die größte Schneidleistung auf. Nach mehrmaligem Gebrauch nimmt die Schneidleistung sogar eher zu. Reamer des Herstellers VDW zeigen eine größere Schneidleistung als Reamer des Herstellers FKG. Beide Kurvenverläufe nehmen stetig ab, so dass bei beiden Herstellern die Schneidleistung um etwas mehr als 20% geringer war im Vergleich zu neuwertigen Instrumenten.

4.2.2 Vergleich der Schneidleistung von K-Feilen VDW, FKG und Micro Méga

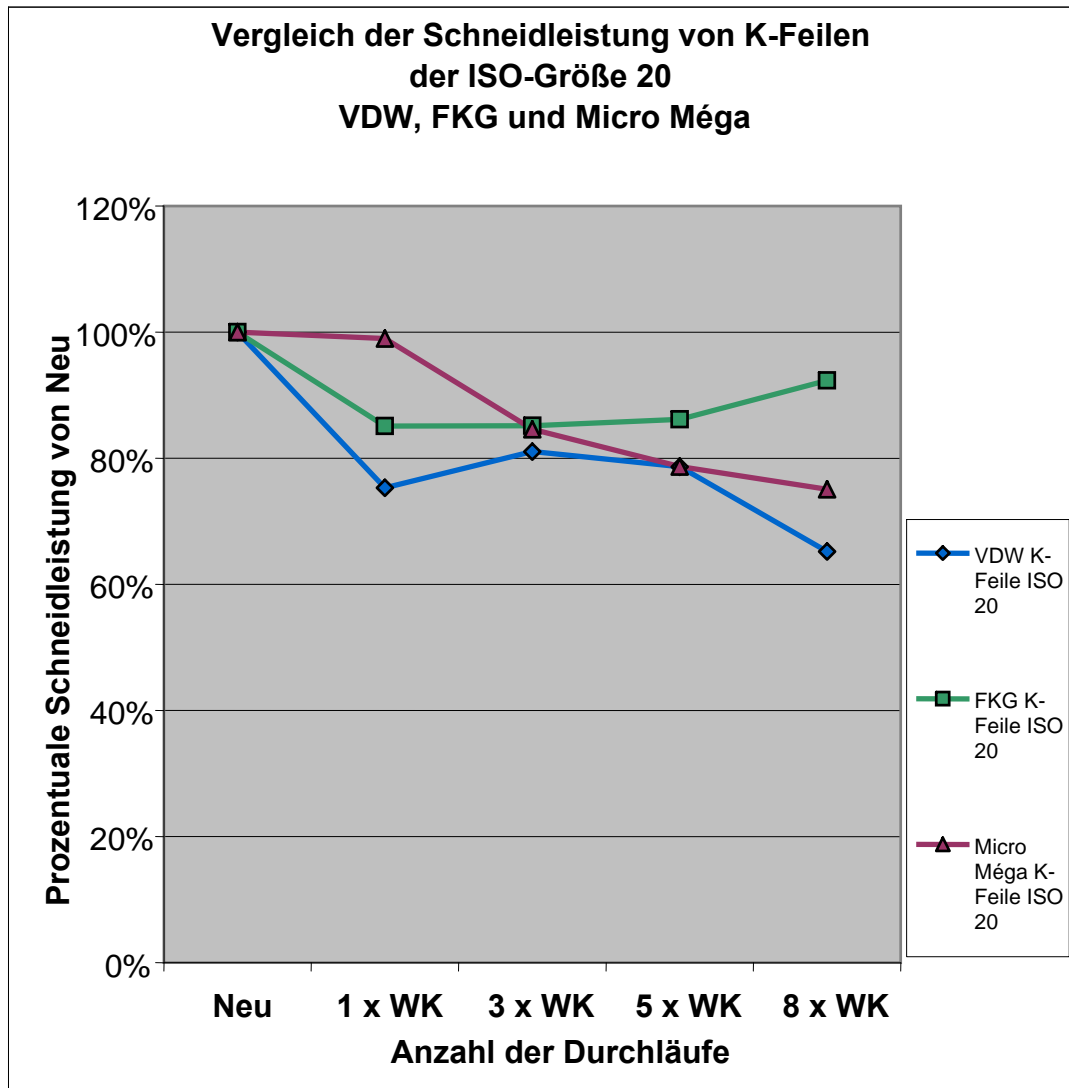


Diagramm 9: Vergleich der Schneidleistung VDW, FKG und Micro Méga K-Feilen der ISO-Größe 20. Auf der Abszisse ist die Anzahl der Wurzelkanalaufbereitungen dargestellt. Die Ordinate stellt die prozentuale Abnahme der Schneidleistung im Vergleich zu Neu = 100 % dar.

Bei dem Vergleich der Kurven der ISO-Größe 20 von K-Feilen wird ersichtlich, dass hier die FKG-Feilen und die VDW-Feilen ähnliche Abnahmen der Schneidleistung aufweisen. Bereits nach einmaliger Verwendung der Instrumente nimmt die Schneidleistung um nahezu 15-25 % im Vergleich zu den neuwertigen Instrumenten ab. Nach achtmaliger Verwendung nimmt die

Schneidleistung der FKG-Feilen wieder zu, die der VDW-Feilen hingegen weiter stark ab. Die Schneidleistung der Micro Méga-Feilen nimmt stetig ab, sodass nach achtmaliger Aufbereitung noch 75 % der Schneidleistung im Vergleich zu neuwertigen Instrumenten vorhanden ist.

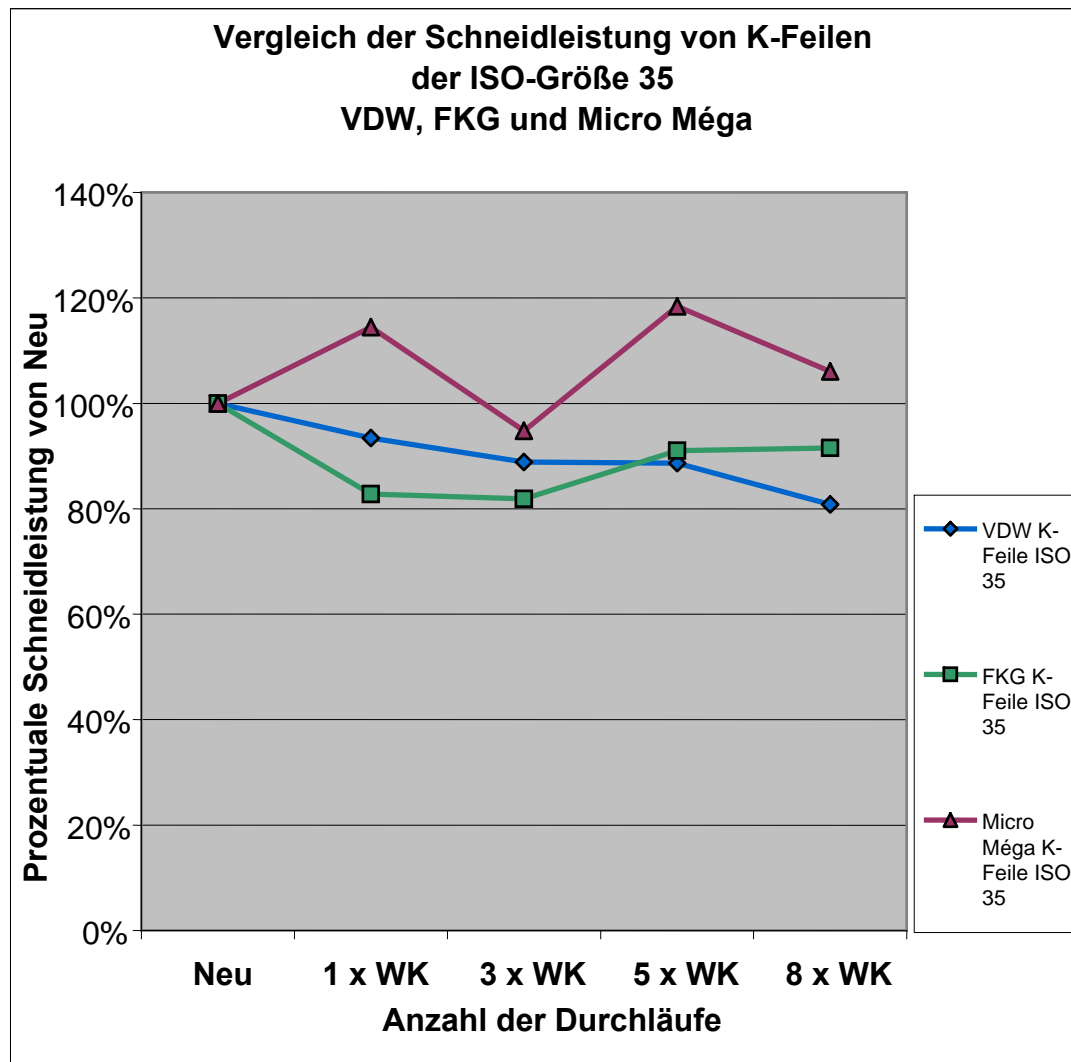


Diagramm 10: Vergleich der Schneidleistung VDW, FKG und Micro Méga K-Feilen der ISO-Größe 35. Auf der Abszisse ist die Anzahl der Wurzelkanalaufbereitungen dargestellt. Die Ordinate stellt die prozentuale Abnahme der Schneidleistung im Vergleich zu Neu = 100 % dar.

Beim Vergleich der K-Feilen der ISO-Größe 35 lässt sich erkennen, dass die Kurve der Micro Méga-Instrumente einen kuriosen Verlauf aufweist. Wechselhaft nimmt die Schneidleistung ab und anschließend wieder zu. Nach achtmaliger Verwendung zeigen die Instrumente eine enorme Zunahme der Schneidleistung. Die Kurven der FKG-Feilen und der VDW-Feilen nehmen ab, nach dreimaligem Gebrauch haben die Instrumente des Herstellers FKG bereits ca. 20% an Schneidleistung verloren, VDW-Feilen hingegen nur ca. 10%. Nach achtmaliger Benutzung zeigen die VDW-Feilen eine stetige

Schneidleistungsabnahme, die FKG-Feilen hingegen eine leichte Schneidleistungszunahme, so dass sie ca. 90 % ihrer Schneidleistung im Vergleich zu neuwertigen Instrumenten vorzuweisen haben.

4.3 Vergleich der maximalen Eindringtiefen von Reamern und K-Feilen nach mehrmaliger Wurzelkanalaufbereitung

4.3.1 Vergleich der maximalen Eindringtiefen fabrikneuer Instrumente der Hersteller Mani, Kerr, VDW, FKG und Micro Méga Reamer

Fabrikneue Instrumente Reamer ISO-Größe 15					
	VDW	FKG	Micro Méga	Mani	Kerr
Maximale Eindringtiefe in mm	2,771	2,263	-	3,047	2,504
Standardabweichung	<i>0,275</i>	<i>0,652</i>	-	<i>0,560</i>	<i>0,380</i>

Tabelle 4.15: Schneidleistung von Reamern ISO-Größe 15 der Hersteller VDW, FKG, Micro Méga, Mani und Kerr. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern und Standardabweichung (kursiv).

Fabrikneue Instrumente Reamer ISO-Größe 20					
	VDW	FKG	Micro Méga	Mani	Kerr
Maximale Eindringtiefe in mm	2,945	2,916	4,424	3,507	4,537
Standardabweichung	<i>0,290</i>	<i>0,549</i>	<i>0,787</i>	<i>0,420</i>	<i>0,751</i>

Tabelle 4.16: Schneidleistung von Reamern ISO-Größe 20 der Hersteller VDW, FKG, Micro Méga, Mani und Kerr. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern und Standardabweichung (kursiv).

Fabrikneue Instrumente Reamer ISO-Größe 35					
	VDW	FKG	Micro Méga	Mani	Kerr
Maximale Eindringtiefe in mm	4,647	4,473	5,561	6,019	6,516
Standardab- weichung	<i>0,251</i>	<i>0,470</i>	<i>0,596</i>	<i>0,567</i>	<i>1,306</i>

Tabelle 4.17: Schneidleistung von Reamern ISO-Größe 35 der Hersteller VDW, FKG, Micro Méga, Mani und Kerr. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern und Standardabweichung (kursiv).

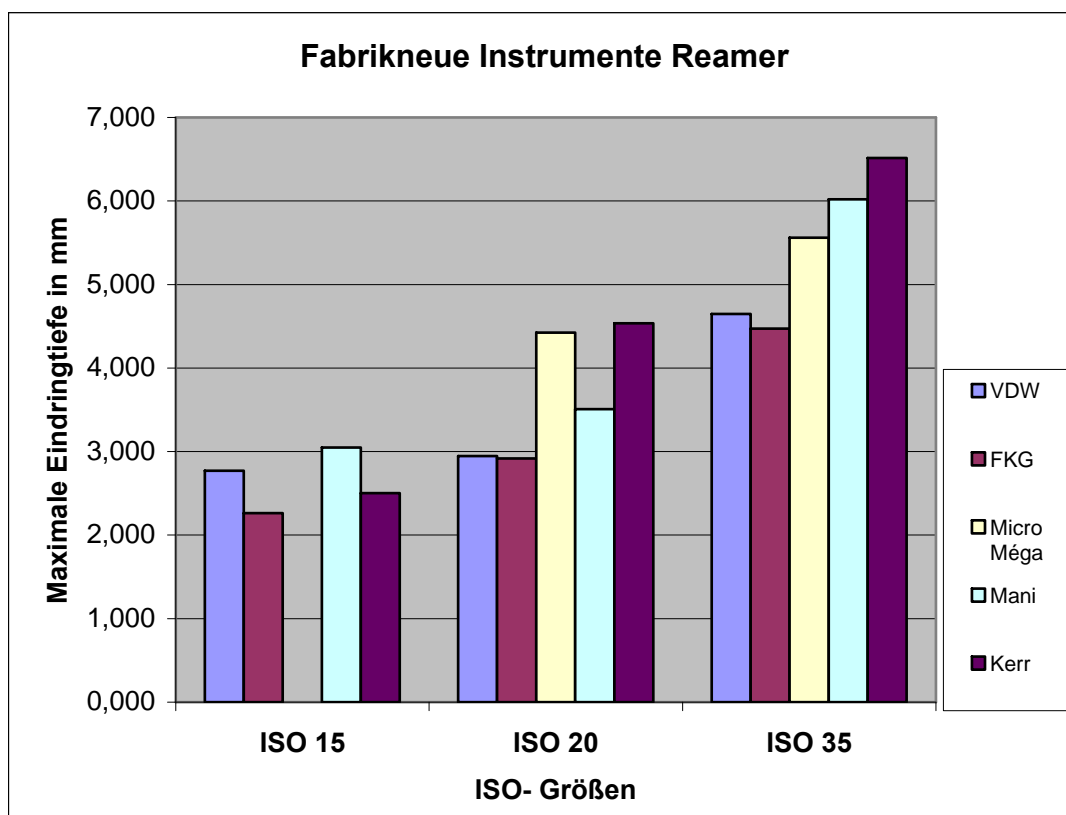


Diagramm 11: Maximale Eindringtiefe von Reamern der Hersteller VDW, FKG, Micro Méga, Mani und Kerr der ISO-Größen 15, 20 und 35. Auf der Abszisse die ISO-Größen der einzelnen Hersteller, auf der Ordinate die maximale Eindringtiefe in Millimeter. Für die ISO-Größe 15 des Herstellers Micro Méga lagen keine Werte vor.

4.3.2 Vergleich der maximalen Eindringtiefen fabrikneuer Instrumente der Hersteller Mani, Kerr, VDW, FKG und Micro Méga K-Feilen

Fabrikneue Instrumente K-Feilen ISO-Größe 15					
	VDW	FKG	Micro Méga	Mani	Kerr
Maximale Eindringtiefe in mm	2,926	3,028	-	2,837	2,717
Standardabweichung	<i>0,359</i>	<i>0,349</i>	-	<i>0,365</i>	<i>0,591</i>

Tabelle 4.18: Schneidleistung von K-Feilen ISO-Größe 15 der Hersteller VDW, FKG, Micro Méga, Mani und Kerr. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern und Standardabweichung (kursiv).

Fabrikneue Instrumente K-Feilen ISO-Größe 20					
	VDW	FKG	Micro Méga	Mani	Kerr
Maximale Eindringtiefe in mm	3,581	3,351	4,263	3,892	2,891
Standardabweichung	<i>0,908</i>	<i>0,462</i>	<i>0,901</i>	<i>0,392</i>	<i>0,362</i>

Tabelle 4.19: Schneidleistung von K-Feilen ISO-Größe 20 der Hersteller VDW, FKG, Micro Méga, Mani und Kerr. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern und Standardabweichung (kursiv).

Fabrikneue Instrumente K-Feilen ISO-Größe 35					
	VDW	FKG	Micro Méga	Mani	Kerr
Maximale Eindringtiefe in mm	7,229	4,177	4,742	5,670	4,582
Standardabweichung	<i>0,585</i>	<i>1,097</i>	<i>0,776</i>	<i>0,789</i>	<i>0,442</i>

Tabelle 4.20: Schneidleistung von K-Feilen ISO-Größe 35 der Hersteller VDW, FKG, Micro Méga, Mani und Kerr. Mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern und Standardabweichung (kursiv).

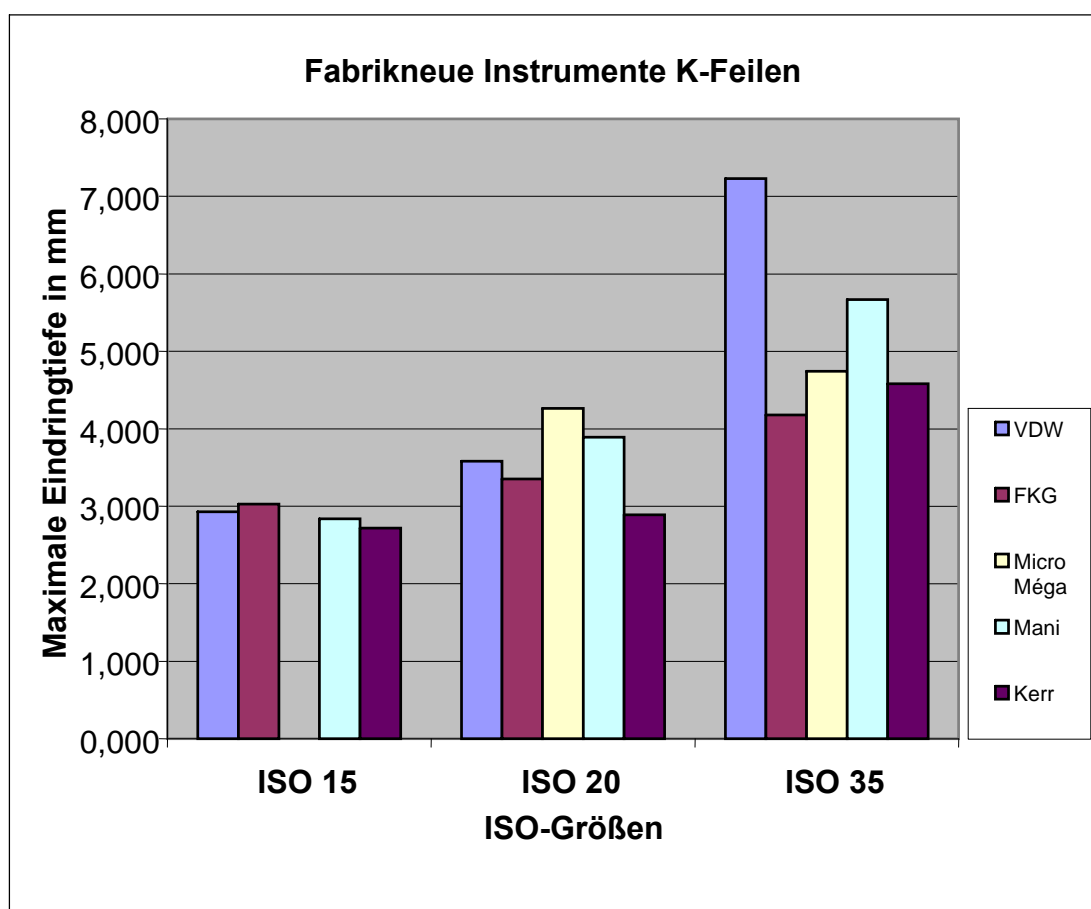


Diagramm 12: Maximale Eindringtiefe von K-Feilen der Hersteller VDW, FKG, Micro Méga, Mani und Kerr der ISO-Größen 15, 20 und 35. Auf der Abszisse die ISO-Größen der einzelnen Hersteller, auf der Ordinate die mittlere maximale Eindringtiefe in Millimeter. Für die ISO-Größe 15 des Herstellers Micro Méga lagen keine Werte vor.

4.4 Maximale Eindringtiefen von Reamern und K-Feilen der Hersteller VDW, FKG und Micro Méga nach mehrmaliger Wurzelkanalaufbereitung

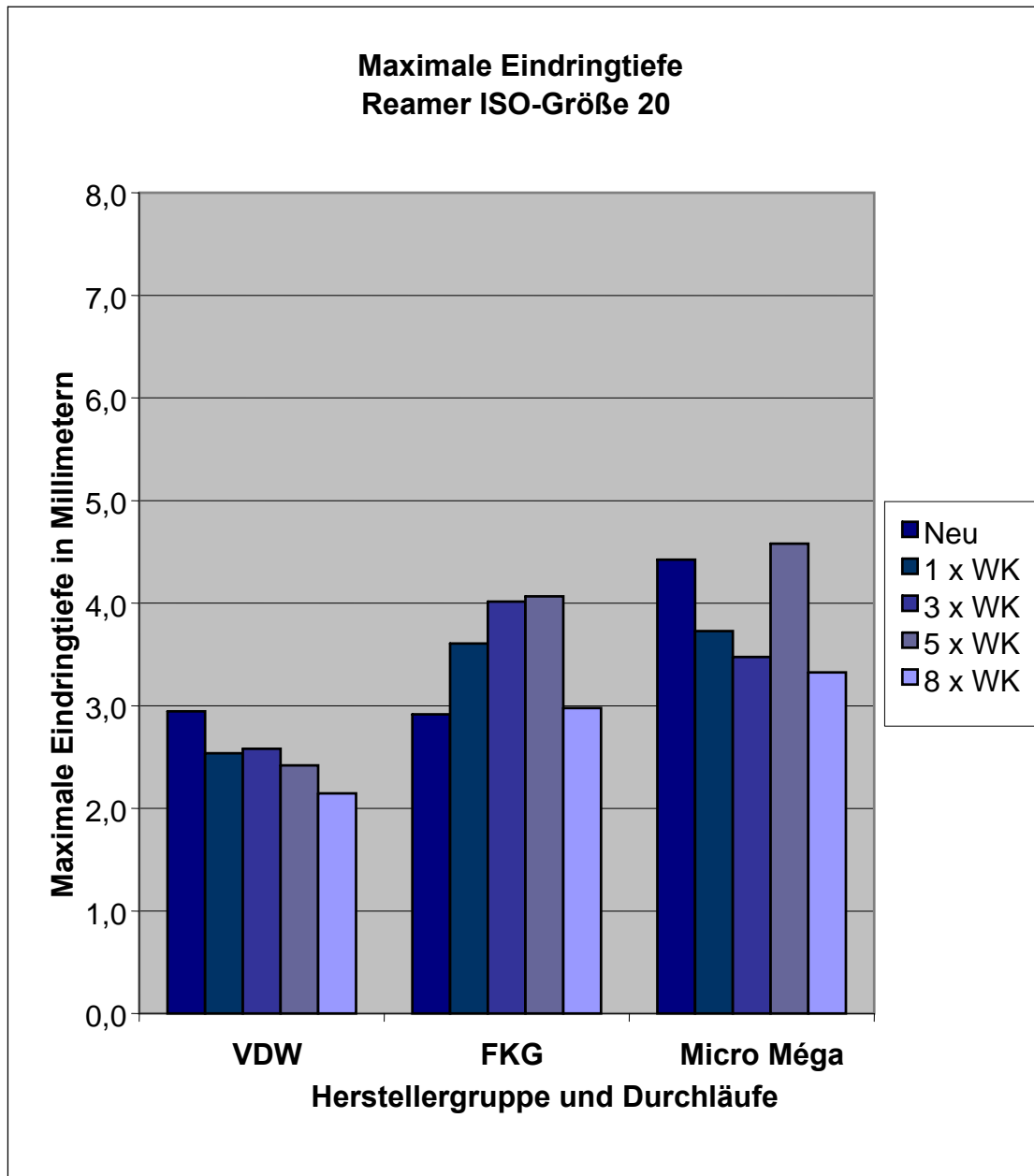


Diagramm 13: Maximale Eindringtiefe von Reamern der Hersteller VDW, FKG und Micro Méga der ISO-Größen 20. Auf der Abszisse sind die Anzahl der Durchläufe der Wurzelkanalaufbereitungen farblich und die Gruppierungen der Hersteller dargestellt, auf der Ordinate die mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern.

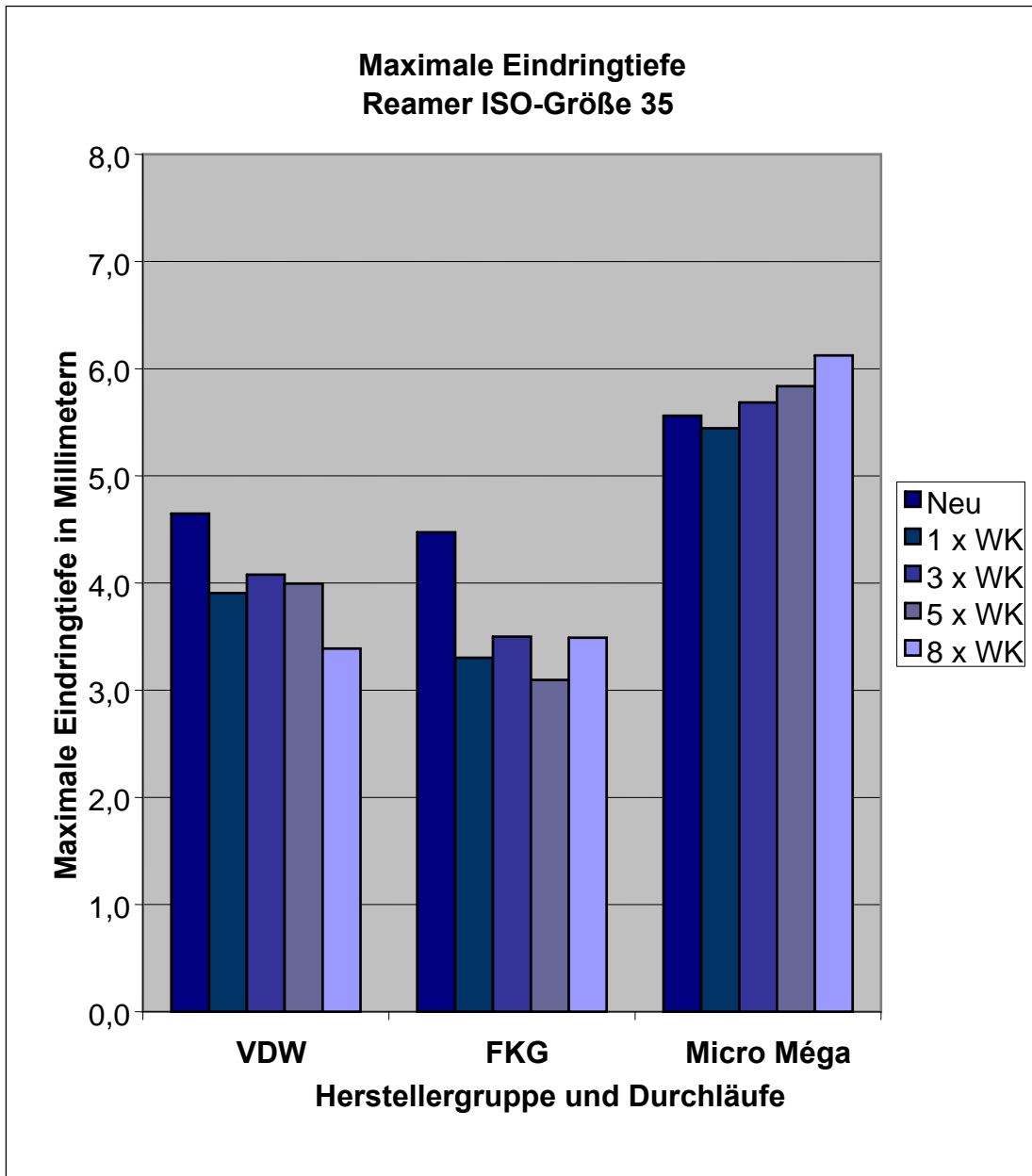


Diagramm 14: Maximale Eindringtiefe von Reamern der Hersteller VDW, FKG und Micro Méga der ISO-Größen 35. Auf der Abszisse sind die Anzahl der Durchläufe der Wurzelkanalaufbereitungen farblich und die Gruppierungen der Hersteller dargestellt, auf der Ordinate die mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern.

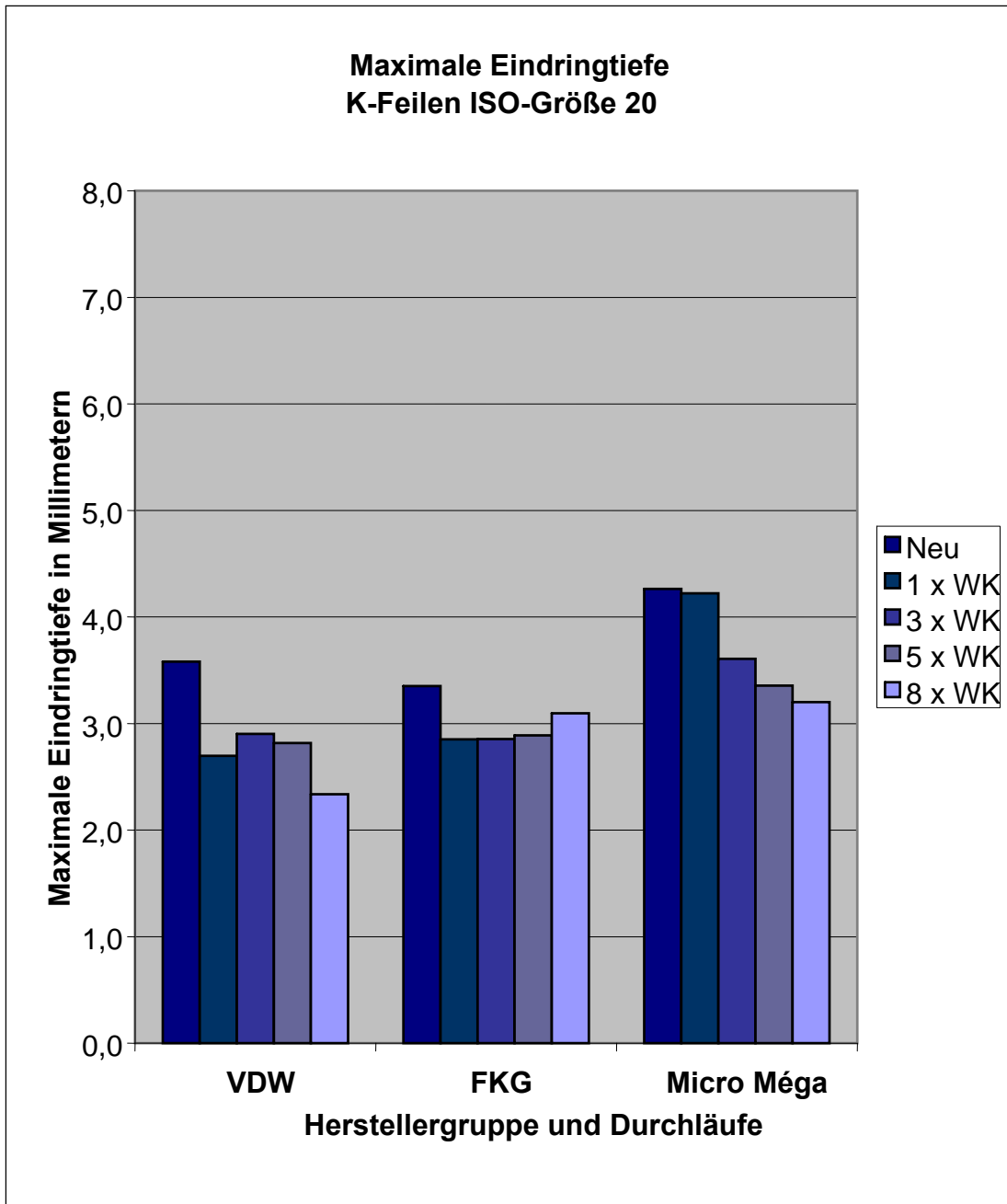


Diagramm 15: Maximale Eindringtiefe von K-Feilen der Hersteller VDW, FKG und Micro Méga der ISO-Größen 20. Auf der Abszisse sind die Anzahl der Durchläufe der Wurzelkanalaufbereitungen farblich und die Gruppierungen der Hersteller dargestellt, auf der Ordinate die mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern.

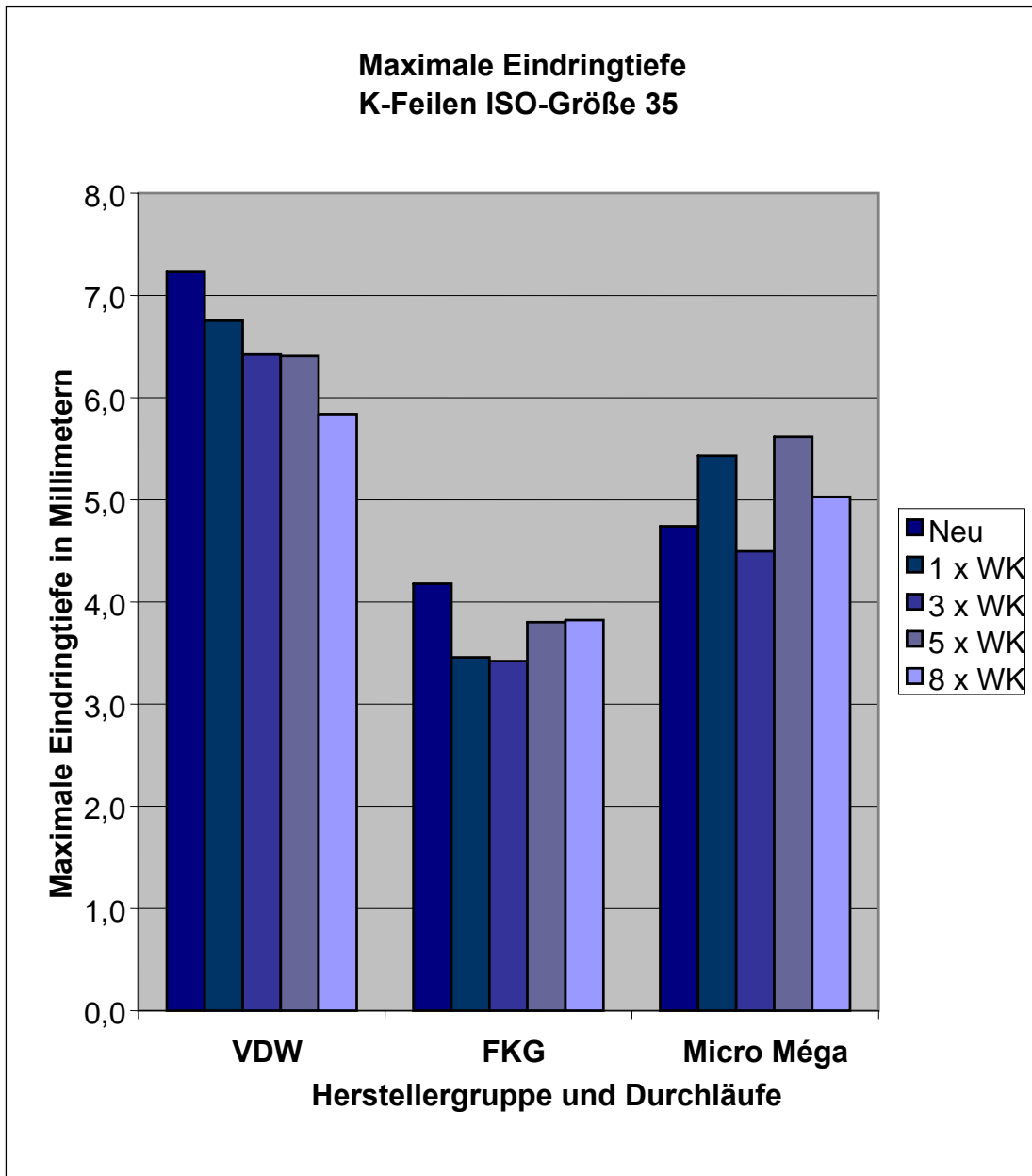


Diagramm 16: Maximale Eindringtiefe von K-Feilen der Hersteller VDW, FKG und Micro Méga der ISO-Größen 35. Auf der Abszisse sind die Anzahl der Durchläufe der Wurzelkanalaufbereitungen farblich und die Gruppierungen der Hersteller dargestellt, auf der Ordinate die mittlere maximale Eindringtiefe in Millimetern.

5 Diskussion

5.1 Bewertung der Schneidleistung

Die Schneidleistung der endodontischen Handinstrumente wurde an Reamern und K-Feilen ermittelt. Die Untersuchung an Hedströmfeilen, die zu den drei Grundtypen der endodontischen Handinstrumente zählen, wurde bereits in einer anderen Dissertation vorgestellt.

Die Schneidleistung wurde unter standardisierten Bedingungen anhand von Kunststoffblöckchen anhand der Penetrationstiefe der einzelnen Wurzelkanalinstrumente ermittelt. Dies bedeutet, dass die Eindringtiefe eines Wurzelkanalinstrumentes die Schärfe eben dieses Instrumentes darstellt. Untersucht wurden Wurzelkanalinstrumente der Hersteller VDW, Micro Mega und FKG. Bei diesen Herstellern wurde die Schneidleistung fabrikneuer Reamer und K-Feilen der ISO-Größen 20 und 35 untersucht, ebenso wurde die Schneidleistung von Wurzelkanalinstrumenten nach mehrfacher Benutzung geprüft. Ferner fanden auch Untersuchungen an neuwertigen Wurzelkanalinstrumenten der Hersteller Kerr und Mani statt.

5.1.1 Schneidleistung der VDW Reamer

Die Ergebnisse der VDW Reamer sind dem Diagramm 1 zu entnehmen. Die Schneidleistung nahm im geringen Umfang ab, wobei sich die einzelnen ISO-Größen weniger in der Abnahme der Schneidleistung unterschieden als in der Penetrationstiefe. Die Abnahme der Schneidleistung betrug ca. 30% nach achtmaliger Benutzung im Vergleich zu neuwertigen Instrumenten. Dies traf auf alle untersuchten ISO-Größen zu. Die maximale Eindringtiefe der Reamer unterscheidet sich nach ISO-Größe. Reamer der ISO-Größe 20 nahmen im Vergleich zu neuwertigen Instrumenten um ca. 1 mm an Eindringtiefe ab, Reamer der ISO-Größe 35 ebenfalls um ca. 1 mm. Reamer der ISO-Größe 35 drangen insgesamt tiefer in das Kunststoffblöckchen ein als Reamer mit der

ISO-Größe 20. Ihre Eindringtiefe lag zwischen 3,3 mm und 4,6 mm, die Eindringtiefen der ISO-Größe 20 hingegen zwischen 2,9 mm und 2,1 mm.

5.1.2 Schneidleistung der VDW K-Feilen

Die Schneidleistung VDW K-Feilen nahm nach achtmaliger Benutzung, wie dem Diagramm 2 zu entnehmen, leicht ab. Die ISO-Größe 20 zeigte eine stärkere Abnahme von ca. 35% im Gegensatz zu Instrumenten der ISO-Größe 35, welche nach achtmaliger Benutzung eine Abnahme von ca. 20% zu verzeichnen hatten. Beim Vergleich der Penetrationstiefen (Diagramm 15 und 16) lässt sich erkennen, dass K-Feilen der ISO-Größe 35 deutlich tiefer eindringen als K-Feilen der ISO-Größe 20. Bei beiden ISO-Größen betrug der Penetrationsverlust ca. 1 mm, wenn man die Penetrationstiefe von neuwertigen Instrumenten zu achtmalig benutzten Wurzelkanalinstrumenten vergleicht. Allerdings drangen, wie bereits auch schon bei den Reamern festgestellt, Instrumente der ISO-Größe 35 doppelt so tief ein als Instrumente der ISO-Größe 20.

5.1.3 Schneidleistung der FKG Reamer

Wurzelkanalinstrumente der ISO-Größe 20 zeigten einen kuriosen Verlauf bei Betrachtung der Veränderung der Schneidleistung. Diese Instrumente nahmen nach mehrmaliger Benutzung an Schneidleistung nicht ab, sondern stetig zu. Im Gegensatz hierzu nahm die Schneidleistung der ISO-Größe 35 nach achtmaliger Benutzung um ca. 20% nahezu kontinuierlich ab. Für FKG Reamer lässt sich keine genaue Aussage treffen, wann sich die Schneidleistung erheblich verringert. Ähnliche Befunde erkennt man auch an der Veränderung der Penetrationstiefe der Wurzelkanalinstrumente. Bei Reamern der ISO-Größe 20 nahm die Eindringtiefe der Wurzelkanalinstrumente nach mehrmaligem Gebrauch stetig zu. Die Penetrationstiefen schwankten um Werte zwischen 2,9 mm und 4,1 mm. Nach achtmaliger Benutzung war sie genauso tief wie bei neuwertigen Reamern. Diese Werte sind dem Diagramm 13 zu entnehmen. Bei

neuwertigen Reamern der ISO-Größe 35 lag die Penetrationstiefe bei 4,5 mm, nach achtmaliger Benutzung wurde ein Wert von 3,5 mm ermittelt.

5.1.4 Schneidleistung der FKG K-Feilen

Dem Diagramm 4 ist zu entnehmen, dass FKG K-Feilen der ISO-Größe 20 ähnliche Veränderungen der Schneidleistung nach mehrmaligem Gebrauch zeigten wie Feilen der ISO-Größe 35. Beide ISO-Größen wiesen einen leichten Verlust der Schneidleistung nach achtmaliger Benutzung von ca. 10% auf. Instrumente die einmalig oder auch dreimalig verwendet wurden, zeigten einen stärkeren Schneidleistungsverlust von ca. 15%. Deutliche Schneidleistungsverluste traten somit nicht auf. Dass es zu einer deutlichen Abnahme nach mehrfacher Benutzung gekommen ist, lies sich nicht feststellen. Die Penetrationstiefen der ISO-Größe 20 K-Feilen lagen zwischen 3,4 und 2,8 mm, die der ISO-Größe 35 zwischen 4,2 und 3,4 mm.

5.1.5 Schneidleistung der Micro Méga Reamer

Reamer des Herstellers Micro Méga zeigten einen äußerst ungewöhnlichen Kurvenverlauf wie dem Diagramm 5 zu entnehmen ist. Reamer der ISO-Größe 20 nahmen nach ein- und dreimaliger Benutzung stetig an Schneidleistung ab. Nach fünfmaliger Verwendung der Instrumente wurden Schneidleistungen gemessen, die eher bei neuwertigen Instrumenten zu finden sein müssten. Lediglich der Wert nach achtmaliger Benutzung entsprach dem Wert, den man aufgrund einer aufbereitungsbedingten Abnutzung erwartet hätte. Die Schneidleistung lag um 25% unterhalb jener der neuwertigen Instrumente. Bei der Betrachtung der Penetrationstiefen spiegelt sich das ähnliche Phänomen wieder. Neuwertige Instrumente zeigten eine Eindringtiefe von 4,4 mm, nach bis zu dreimaligem Gebrauch eine Penetrationstiefe von 3,5 mm, bei fünfmaliger Benutzung eine Tiefe von 4,6 mm und nach achtmaligem Gebrauch von 3,3 mm. Diese Werte lassen sich dem Diagramm 13 entnehmen.

Reamer der ISO-Größe 35 zeigten eine kontinuierliche Zunahme der Schneidleistung nach mehrmaligem Gebrauch. Nach achtmaliger Benutzung wiesen diese Instrumente eine um ca. 10% höhere Schneidleistung auf als neuwertige Instrumente. Dies lässt sich auch bei den Penetrationstiefen der benutzten Instrumente erkennen. Mehrfach benutzte Instrumente drangen tiefer ein als neuwertige. Hierbei lagen die Penetrationstiefen zwischen anfänglich 5,6 mm und nach achtmaliger Benutzung 6, mm. Instrumente der ISO-Größe 35 drangen insgesamt deutlich tiefer in die Kunststoffblöckchen ein als Instrumente der ISO-Größe 20.

5.1.6 Schneidleistung der Micro Méga K-Feilen

K-Feilen des Herstellers Micro Méga der ISO-Größe 20 zeigten eine kontinuierliche Abnahme der Schneidleistung. Bei achtmalig benutzten Instrumenten nahm die Schneidleistung in Vergleich zu neuen Instrumenten um ca. 25% ab. Die Penetrationstiefen nahmen von anfänglich 4,3 mm stetig ab, so dass achtmalig benutzte Instrumente durchschnittlich noch 3,2 mm tief eindrangen.

K-Feilen der ISO-Größe 35 erbrachten keine eindeutigen Ergebnisse. Die Schneidleistung nahm bei einmalig benutzten Instrumenten zu, nach dreimaliger Benutzung ab, nach fünfmaliger Benutzung lag die größte Schneidleistung vor und nach achtmaliger Benutzung der Instrumente zeigten diese eine um ca. 6% stärkere Schneidleistung als neuwertige Instrumente. Die Penetrationstiefen schwankten genauso und lagen zwischen 5,4 mm und 4,5 mm. Auch hier ließ sich erkennen, dass Wurzelkanalinstrumente der ISO-Größe 35 tiefer eindrangen als Instrumente der ISO-Größe 20.

5.2 Vergleichende Betrachtung der Schneidleistung der Hersteller VDW, Micro Méga und FKG nach mehrfacher Benutzung der Wurzelkanalinstrumente

Bei den Reamern der ISO-Größen 20 und 35 lässt sich keine konkrete Aussage treffen, nach wie häufiger Benutzung bei einem Instrument, unabhängig vom Hersteller, ein deutlicher Schneidleistungsverlust zu erwarten ist. Instrumente der Hersteller FKG und Micro Méga zeigten Zunahmen und Abnahmen nach mehrmaliger Benutzung. Lediglich die Reamer des Herstellers VDW wiesen eine kontinuierliche Abnahme der Schneidleistung auf, welche bei genauerer Betrachtung jedoch nicht mehr als max. 35% im Vergleich zu neuwertigen Instrumenten betrug. Auf Grund dieser vielfach unregelmäßigen Ab- und Zunahme der Schneidleistung der einzelnen Instrumente wurde in dieser Arbeit auf eine statische Auswertung der Ergebnisse verzichtet. Die Standardabweichung der einzelnen Messwerte wurde erhoben, diese lag bei den Reamern der ISO-Größe 20 und 35 der Hersteller VDW und FKG im Schnitt deutlich unter 1,0 mm nur nicht bei den Reamern des Herstellers Micro Méga. Hier lag die Standardabweichung meistens über 1,0 mm.

Wie bereits geschildert, zeigten mehrfach benutzte Reamer des Herstellers FKG mit der ISO-Größe 20 Schneidleistungszunahmen. Diese Instrumente waren ca. 20 – 40% schärfer als neuwertige. Bei FKG-Reamern der ISO-Größe 35 zeigten sich nach mehrfacher Benutzung verringerte Schneidleistungen, die ca. 20 – 30% geringer waren als neuwertige Instrumente.

Reamer der ISO-Größe 20 des Herstellers Micro Méga zeigten Schneidleistungsabnahmen zwischen 3 – 24%, wobei die geringste Abnahme der Schneidleistung bei den achtfach benutzten Instrumenten festgestellt wurde. Micro Méga Reamer der ISO-Größe 35 zeigten Schneidleistungen, welche zwischen 2 und 10% geringer waren als die der neuwertigen Instrumente.

Beim Vergleich der K-Feilen mit den ISO-Größen 20 und 35 der einzelnen Hersteller verhält sich die Änderung der Schneidleistung ähnlich wie die den Reamern. VDW-Instrumente nahmen nahezu stetig an Schneidleistung nach

mehrfacher Benutzung ab. Instrumente der Hersteller FKG und Micro Méga zeigten hingegen vielfach eine sprunghafte Zu- oder auch Abnahme der Schneidleistung. Die Abnahme der Schneidleistung der VDW K-Feilen lag nach achtmaliger Verwendung bei 35% (ISO 20) bzw. 20% (ISO 35).

Da auch bei den K-Feilen unstete Abweichungen der Schneidleistungen erkennbar waren, wurde auch hier auf eine statische Auswertung der Ergebnisse verzichtet.

Die im Kapitel Problemdarstellung gestellte Frage, ob es einen messbaren Verlust der Schneidleistung bei drehend-schabender Arbeitsweise gibt, lässt sich verneinen. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass es anscheinend von dem einzelnen Instrument abhängt, ob es nach mehrmaliger Benutzung an Schärfe deutlich verliert oder ob die Schärfe nahezu gleich bleibt.

Eine eindeutige, reproduzierbare Verminderung der Schneidleistung ließ sich somit nicht belegen. Folglich können Reamer und K-Feilen offensichtlich mehrfach benutzt werden, ohne dass es zu einem deutlichen Schneidleistungsverlust kommt. Jeder Zahnarzt sollte sich jedoch vor dem Einsatz eines mehrfach benutzten Instrumentes von dessen Unversehrtheit überzeugen. Er muss insbesondere auf Aufwendelungen oder sonstige Beschädigungen achten.

Es kann somit auf der Basis der vorhandenen Ergebnisse keine konkrete Empfehlung gegeben werden, ab wann ein Instrument nicht mehr effektiv eingesetzt werden kann.

In dieser Dissertation wurde auf die Auswertung von Reamern und K-Feilen der ISO-Größen 15 der Hersteller FKG und Micro Méga verzichtet, da es hier vielfach zu Frakturen der Instrumente nach mehrmaliger Benutzung kam. Somit sollten insbesondere Instrumente kleinerer ISO-Größen nur einmal verwendet werden, um das Frakturrisiko zu reduzieren.

6 Zusammenfassung

Das immer größer werdende Gesundheitsbewusstsein und der kontinuierliche Anstieg des Durchschnittsalters der Bevölkerung führen dazu, dass die Endodontie in den Zahnarztpraxen immer mehr an Bedeutung gewinnt. Deshalb ist jeder Zahnarzt bemüht, eine erfolgreiche endontische Behandlung bei seinen Patienten durchzuführen. Damit dies gelingt, stehen ihm sowohl manuelle Aufbereitungs- als auch maschinelle Aufbereitungstechniken zur Verfügung.

Um Abnutzungserscheinungen und Effizienzverluste der manuell benutzten Wurzelkanalinstrumente im Vorfeld zu erkennen und die entsprechenden Instrumente frühzeitig auszusortieren, wurde diese Arbeit durchgeführt.

In der vorliegenden Arbeit wurde untersucht, ob es zu einem signifikanten Verlust an Schneidleistung mehrfach benutzter Wurzelkanalinstrumente kommt. Unter standardisierten Bedingungen wurden Reamer und K-Feilen der Hersteller VDW, Micro Méga und FKG der ISO-Größen 15, 20 und 35 bezüglich der Schneidleistung bei drehend-schabender Aufbereitung untersucht. Die experimentellen Versuche erfolgten an neuwertigen, dreifach-, fünffach- und achtfachbenutzten Wurzelkanalinstrumenten.

Es stellte sich heraus, dass die Häufigkeit der Benutzung eines Wurzelkanalinstrumentes kein zuverlässiger Parameter ist, um unter Praxisbedingungen die Lebensdauer eines Wurzelkanalinstrumentes beurteilen zu können. Die Schneidleistung eines mehrfach benutzten Instrumentes nahm während der Versuche nur geringfügig ab. Somit können offensichtlich Reamer und K-Feilen mehrfach benutzt werden, ohne dass es zu einem deutlichen Schneidleistungsverlust kommt.

Dabei unterschieden sich die Wurzelkanalinstrumente der einzelnen Hersteller kaum. Es erschien offensichtlich, dass Instrumente der ISO-Größe 15 nach mehrfacher Benutzung stark beansprucht waren und es kam gehäuft zu Frakturen dieser Instrumente. Somit sollten diese Wurzelkanalinstrumente der ISO-Größe 15 in der täglichen Praxis als Einmalinstrumente verwendet werden, um ein Frakturrisiko während der Behandlung zu vermeiden.

7 Literaturverzeichnis

Baumann, M. A.

Endodontie, State of the art, Endodontie: Rückblick und Ausblick, Veröffentlichung auf der Internetseite der deutschen Gesellschaft für Endodontie .

www.dg-endo.de/de/mitglieder/156/Archiv.htm (DGEndo-Chronik)

Cruse, W. P., Bellizzi, R. (1980):

A historic review of endodontics, 1689 – 1963. Part 1. J Endod 6, 495 – 499

Europäische Gesellschaft für Endodontologie (1994):

Konsenspapier, Qualitätsrichtlinien endodontischer Behandlungen, Stand 1994

Goering, A. C., Michelich, R.J., Schultz, H.H. (1982):

Instrumentation of root canals in molars using the step-down technique. J Endod 8, 550 - 554

Green, E. N. (1957):

Microscopic investigation of root canal file and reamer widths. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 10, 532 – 540

Grossmann, L. I. (1971):

Endodontics: Then and now. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 32, 254 – 259

Guldener, P. H. A., Langeland, K. (1987):

Endodontologie. 2. Auflage Thieme, Stuttgart – New York

Hedström, G. (1927):

Die Gangrän der Zahnpulpa und ihre Behandlung, basierend auf biochemischen Untersuchungen. Englische Übersetzung aus dem Schwedischen, Isaac Marcus Boktryckeri – Aktiebolag Stockholm

Ingle, J. I. (1955):

The need for endodontic instrumentation standardization. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 8, 1211 – 1213

Ingle, J. I., Levine, M. (1958):

The need for uniformity of endodontic instruments, equipment and filling materials. In: Grossman, L. I. (Hrsg.): Transaction of the second international conference on Endodontics, Philadelphia, S. 123 – 143

Ingle, J. I. (1961):

A standardized endodontic technique utilizing newly designed instruments and filling materials. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 14, 83 – 91

Lilley, J. D. (1976):

Endodontic instrumentation before 1800. J Br Endod Soc 9, 67 – 70

Lilley, J. D. (1979):

Endodontic standards. J Br Endod Soc 12, 61 – 66

Luks, S. (1959 a):

An analysis of root canal instruments. J Am Dent Assoc 58, 85 – 92

Luks, S. (1959 b):

Eine Analyse von Wurzelkanalinstrumenten. Quintessenz 10, 25 – 30

Milas, V. B. (1976):

History. In: Cohen, S., Burns, R. C.: Pathways of the Pulp. 1sted. C. V. Mosby, St. Louis – Baltimore 1976, S. 619 – 634

Ostrander, F. D. (1967):

The practice of endodontics: past, present and future. J Dent Educ 31, 386 – 388

Roane, J. B., Sabala, C. L., Duncanson, M. G. (1985):

The “Balanced Force” concept for the instrumentation of curved canals. J Endod 11, 203 - 211

Schäfer, E., Hoppe, W. (1995):

Wurzelkanalinstrumente aus Titan-Aluminium, Nickel-Titan oder Edelstahl. Zahnärztl Welt 104, 612 - 616

Schäfer, E. (1995):

Das Instrumentarium zur manuellen Wurzelkanalaufbereitung; Teil 1: Wurzelkanalinstrumente aus Edelstahllegierungen Endodontie 3, 205 – 221

Schäfer, E. (1998):

Wurzelkanalinstrumente für den manuellen Einsatz: Schneidleistung und Formgebung gekrümmter Kanalabschnitte. Quintessenz Verlag, Berlin

Schwarze, T., Lübbe, D., Geurtsen, W. (1999):

Wurzelkanalbehandlungen in deutschen Zahnarztpraxen – Eine Umfrage unter Zahnärzten in Niedersachsen und Nordrhein – Westfalen. Dtsch Zahnärztl Z 54, 677 – 680

Tekyatan, H., Briseño, B., Kasaj, A., Mansouri, G., Willershausen, B. (2006):

Umfrage zu maschinellen Wurzelkanalpräparationssystemen in deutschen Zahnarztpraxen. Zahnärztl Welt 115, 260 – 264

Tepel, J, Schäfer, E. (1997):

Endodontic hand instruments: cutting efficiency, instrumentation of curved canals, bending and torsional properties. Endod Dent Traumatol 13, 201-210

Tschamer, H. (1961):

Experimentelle Untersuchungen über die Möglichkeiten, Grenzen und Probleme der mechanischen Wurzelkanalaufbereitung mit den gebräuchlichen Aufbereitungsinstrumenten unter besonderer Berücksichtigung der apikalen Verhältnisse. Zahnärztl Welt 70, 413 – 416, 444 – 448, 474 – 478

Schulte, A., Pieper, K., Charalabidou, O., Stoll, R. (1998):

Prevalence and quality of root canal fillings in a German adult population. Clin Oral Invest 2, 67 - 72

Stitzel, W. (1950):

Technische und medikamentöse Grundlagen der Gangränbehandlung. Zahnärztl Welt 5, 179 – 185

Winkler, R. (1991):

Sanford Christie Barnum – Der Erfinder des Kofferdam. Quintessenz
42, 483 - 486

LEBENS LAUF

9 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei Herrn Prof. Dr. Edgar Schäfer für die Überlassung des Themas, die Betreuung der Arbeit, für die Unterstützung und Anregung bei der Bearbeitung dieser Untersuchung bedanken. Zu jeder Zeit bekam ich verlässliche Hilfe und freundliche Unterstützung. Mit dem Thema meiner Inaugural-Dissertation hat er mir eine Aufgabe gestellt, die meinen beruflichen Werdegang sehr positiv beeinflusste und viele wertvolle persönliche Erfahrungen mit sich brachte.

Bedanken möchte ich mich bei Frau Sabine Nehmzow, Medizinisch Technische Assistentin des Uniklinikums Münster, die mir in meinem experimentellen Teil in vielen Fragen und Problemen freundlich zur Seite stand.

Ganz besonders danke ich meiner Familie und meinen Freunden für die moralische Unterstützung und die stetige Motivation. Ich danke meinen Eltern, dass sie immer für mich da waren und mich während meines Studiums zu jeder Zeit liebevoll unterstützten und begleitet haben.