

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
Poliklinik für Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde
Direktorin: Prof. Dr. Ursula Platzer

**Vergleichende Untersuchung der
Wurzeloberflächenbearbeitung mit
schwingenden, rotierenden und manuellen
Instrumenten**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin dem
Fachbereich Medizin der Universität Hamburg

vorgelegt von
Yvonne Schultz
aus Osterburg

Hamburg 2005

Angenommen von dem Fachbereich Medizin
der Universität Hamburg am:

Veröffentlicht mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität
Hamburg

Prüfungsausschuss, die/der Vorsitzende/r:

Prüfungsausschuss, 2. Gutachter/in:

Prüfungsausschuss, 3. Gutachter/in:

| INHALTSVERZEICHNIS | Seite |
|--|-------|
| 1. Einleitung | 1 |
| 2. Literatur | 3 |
| 2.1. Geschichte | 3 |
| 2.2. Methoden zur Wurzeloberflächenreinigung | 5 |
| 2.2.1. Rotierende Instrumente..... | 6 |
| 2.2.2. Schwingende Instrumente..... | 6 |
| a) Funktionsweise der Schallinstrumente | 6 |
| b) Funktionsweise der Ultraschallinstrumente | 8 |
| I. <i>Wirkungsweise magnetostriktiver Systeme</i> | 9 |
| II. <i>Wirkungsweise piezoelektrischer Systeme</i> | 10 |
| III. <i>Wirkungsweise des Vector-Systems</i> | 12 |
| 2.2.3. Manuelle Instrumente..... | 13 |
| 2.3. Einfluss der Wurzeloberflächenbearbeitung auf die Reinigungseffizienz..... | 15 |
| 3. Zielsetzung | 21 |
| 4. Material und Methode | 22 |
| 4.1. Geräte | 22 |
| 4.1.1. Rotierende Instrumente..... | 23 |
| a) Desmo-Clean® | 23 |
| b) Perio Set® | 24 |
| 4.1.2. Schwingende Instrumente..... | 25 |
| a) Cavitron™ JET | 25 |
| b) Piezon® Master 400..... | 26 |
| c) SONICflex® 2000 L/N | 27 |
| d) Suprasson P-Max™ | 28 |
| e) Vector® | 30 |
| 4.1.3. Manuelle Instrumente..... | 31 |
| a) Gracey-Küretten | 31 |
| 4.2. Versuchsablauf..... | 32 |
| 4.2.1. Versuchskomplex I..... | 34 |
| a) Herstellung der Versuchsklötzchen | 34 |

| | |
|--|------------|
| b) Herstellung der Wurzelreplika | 36 |
| c) Anfertigen der REM-Bilder | 36 |
| d) Reinigung und Zeitmessung | 36 |
| e) Messung der Reinigungseffizienz..... | 37 |
| f) Rautiefenmessung | 39 |
| 4.2.2. Versuchskomplex II | 40 |
| a) Herstellung der Objektträger | 40 |
| b) Substanzabtragsmessung | 40 |
| 4.3. Statistische Auswertung | 41 |
| 5. Ergebnisse | 42 |
| 5.1. Strukturänderung der Wurzeloberfläche | 42 |
| 5.2. Rauigkeit bezogen auf die einzelnen Wurzeloberflächen | 49 |
| 5.3. Substanzabtrag | 63 |
| 5.4. Reinigungseffizienz | 66 |
| 5.5. Zeit | 87 |
| 6. Diskussion | 93 |
| 6.1. Methodenkritik | 93 |
| 6.2. Ergebniskritik | 95 |
| 7. Schlussfolgerung | 100 |
| 8. Zusammenfassung | 101 |
| 9. Literaturverzeichnis | 104 |
| 10. Danksagung | 113 |
| 11. Lebenslauf | 114 |
| 12. Erklärung | 115 |

1. Einleitung

Die Ursachen der marginalen Parodontitis sind oralpathogene Keime in den Zahnfleischtaschen und Ablagerungen von Zahnstein und Konkrementen auf den Wurzeloberflächen. Daraus resultieren Entzündungen der marginalen Gingiva sowie Knochenabbau. Die Folgen sind Vertiefungen der Zahnfleischtaschen über eine physiologische Sulcustiefe von 3,5 mm, sodass diese Taschen der Mundhygiene nicht mehr zugänglich sind [RATEITSCHAK et al 1989, KOCHER 1995 und 1998, KLINGER 2000].

Das Ziel der Parodontalbehandlung ist die Schaffung einer biologisch akzeptablen Wurzeloberfläche und die Eliminierung bakteriellen Biofilms, d.h. die vollständige Entfernung der infizierten harten und weichen Auflagerungen auf der Wurzel. Dadurch soll eine Reduktion der Taschentiefe, Entzündungsfreiheit des Sulcusgewebes und ein Reattachment des Bindegewebes bzw. die Anlagerung des langen Saumepithels bewirkt werden. Als Zahnstein werden die supragingivalen Auflagerungen bezeichnet, die durch den Speichel mineralisiert werden. Konkremente sind subgingivale Auflagerungen auf der Wurzel, die durch die Sulcusflüssigkeit mineralisiert werden. Eine gründliche Plaque-, Zahnstein- und Konkremententfernung und deren regelmäßige Kontrolle durch das zahnärztliche Team sowie gezielte Mundhygienemaßnahmen durch den Patienten selbst sind notwendig, um die marginale Parodontitis zu behandeln und anschließend die parodontale Gesundheit aufrecht zu erhalten [KOCHER 1995, KLINGER 2000, HORODKA 2003]. Die Behandlung soll das Weichgewebe und die Wurzeloberfläche so wenig wie möglich traumatisieren bzw. abtragen. Eine glatte Oberfläche wird bevorzugt, weil sie die erneute Anlagerung von Biofilmen reduziert. Sie ist aber zum Reattachment nicht erforderlich. Dies ist insbesondere bei wiederholten Eingriffen wie zum Beispiel der Reinigung im Rahmen des Recall wichtig. Sonst treten als Nebeneffekte von zu viel Substanzabtrag Hypersensibilitäten bis hin zur Pulpitis, starke Rezessionen, die das Risiko

der Wurzelkaries erhöhen und Defekte der Wurzeloberfläche auf. Die Effizienz der Reinigung wird durch anatomische Strukturen erschwert. So ist zum Beispiel der Zugang zu bestimmten Bereichen wie Approximalräumen und Furkationen schwierig [STELZEL et al. 1993, KOCHER 1995, PETERSILKA et al. 1999].

Traditionell wurden zur subgingivalen Taschenreinigung Handküretten eingesetzt, wobei die Handhabung grundsätzlich sehr ermüdend für den Behandler war. Auf dem Markt wird eine Vielzahl von Instrumenten angeboten, welche die Durchführung der Parodontaltherapie erleichtern sollen [KLINGER 2000, MEYER 2000]. Es stehen heutzutage neben manuellen Küretten auch Schall- und Ultraschallgeräte sowie rotierende Instrumente zur Verfügung, die mit glatten, scalenden oder diamantierten Arbeitsenden angeboten werden. Verschiedene Instrumente sind u.a. durch Winkelungen der Arbeitsenden auf die bessere Reinigung schwer zugänglicher Bereiche abgestimmt. Demzufolge ist das Ziel mit den zur Verfügung stehenden Instrumenten und Geräten eine optimale Reinigung aller Bereiche der Wurzel durchzuführen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die verschiedenen Instrumente bzw. Geräte unterschiedliche Effekte auf die verschiedenen Bereiche der Wurzel ausüben. Aufgrund zahlreicher Neu- und Weiterentwicklungen auf diesem Gebiet ist es für den Kliniker kaum zu überblicken, welche Instrumente für eine effiziente Parodontaltherapie in den verschiedenen Regionen der Wurzel bei den jeweiligen Indikationen am geeignetsten sind [MEYER 2000]. Der Effekt der verschiedenen Instrumente auf die Wurzeloberfläche ist u.a. von der Arbeitsdauer, dem Anpressdruck, dem Anstellwinkel und der Geschwindigkeit bei den maschinellen Geräten abhängig.

In der vorliegenden Arbeit wurden neun verschiedene maschinelle Methoden zur Wurzeloberflächenreinigung hinsichtlich unterschiedlicher Parameter untersucht und mit der konventionellen Methode, der Reinigung mit den Gracey-Küretten, verglichen.

2. Literatur

2.1 Geschichte

Schon um 1930 erkannte der praktizierende Zahnarzt C.H. Gracey, dass zum subgingivalen Scaling und zur Wurzelglättung Instrumente notwendig sind, die den unterschiedlichen Wurzelformen angepasst sind. In Zusammenarbeit mit dem Instrumentenmacher H. Friedmann entwickelte er daraufhin den ersten Instrumentensatz, der diesen Anforderungen gerecht werden sollte. Diese sollten mit geringem Aufwand auch die schwer zugänglichen Parodontaltaschen erreichen. Seither konnte der subgingivale Zahnstein vollständig von der Wurzeloberfläche entfernt und die gesamte Oberfläche geglättet werden, um eine Gewebsadaptation und ein Reattachment zu ermöglichen. Sie dienten zudem auch der Weichgewebeskürettage [RATEITSCHAK 1989]. Handinstrumente stellten lange Zeit den Goldstandard in der Parodontologie dar. Da die Bearbeitung mit Handinstrumenten wegen der komplizierten Wurzelmorphologie oft schwierig und zeitraubend war, führte die weitere Entwicklung zu maschinengetriebenen Instrumenten [KOCHER 1995]. Bei diesen mussten diverse Probleme gelöst werden, bevor sie routinemäßig erfolgreich zur subgingivalen Parodontalbehandlung eingesetzt werden konnten.

Erstmals wurde 1847 von James P. Joule der magnetostruktive Effekt beschrieben [CLARK 1969, IFF et al. 1998]. Er konnte Längenveränderungen an ferromagnetischen Metallstäben in einem wechselnden Magnetfeld nachweisen. 1880 wurden dann von Pierre Curie elektrische Ströme bei Kristallen erzeugt, die er unter Druck setzte [CLARK 1969, IFF et al. 1998]. Die heutigen piezoelektrischen Geräte arbeiten nach dem umgekehrten Prinzip. Eine kristalline Struktur erfährt eine Längenveränderung aufgrund eines wechselnden elektrischen Stromes.

Ursprünglich erfolgte die Entwicklung der Ultraschallgeräte für den Bereich der Kavitätenpräparation. 1955 beschrieb ZINNER erstmals die Anwendung in der Parodontologie [IFF et al. 1998, WITTE et al. 1978].

Anfänglich waren die Schall- und Ultraschallgeräte den Handinstrumenten unterlegen, da die groben Arbeitsenden wegen ihrer großen Auflagefläche und in Abhängigkeit von der Frequenz, der Amplitude, der Zeit und des Anpressdruckes zu Schäden an der Wurzeloberfläche führten. Außerdem verfügten sie nicht über eine ausreichende Kühlung. Ihre Anwendung beschränkte sich deshalb auf den supragingivalen Bereich. In den 80er Jahren zeigten wissenschaftliche Studien, dass bei einwurzeligen Zähnen die Ultraschallgeräte den Handinstrumenten aus klinischer Sicht ebenbürtig waren [IFF et al. 1998]. Im Zuge dessen wurden grazilere Arbeitsspitzen entwickelt, die den Einsatz im subgingivalen Bereich ermöglichten.

Heute stehen grazile Arbeitsenden zur Verfügung, die in Form und Größe den Parodontalsonden angepasst sind und über eine Innenkühlung verfügen [DRAGOO 1992, IFF et al. 1998, JOTIKASHIRA et al. 1992]. Die Gerätehersteller versprechen eine bessere Erreichbarkeit der schwer zugänglichen Bereiche, eine ausreichende Kühlung und ermüdungsfreies, zeitsparendes Arbeiten für den Behandler [FRIEDMANN 1997].

Mit der Entwicklung und Einführung von fein- und feinstkörnigen Diamanten zur Bearbeitung von Kompositrestaurationen und restaurierten Approximalflächen durch LUTZ 1980 kam die Idee, mit rotierenden Diamantschleifkörpern eine Bearbeitung und Glättung von Wurzeloberflächen im Rahmen einer Parodontitisbehandlung zu ermöglichen. Heute haben auch rotierende Instrumente insbesondere in schwer zugänglichen Bereichen, z.B. Furkationen und Einziehungen, an Bedeutung gewonnen [SCHWARZ et al. 1984].

2.2 Methoden zur Wurzeloberflächenreinigung

Für die Durchführung einer erfolgreichen Parodontaltherapie ist die vollständige Entfernung von Plaque, Zahnstein und Konkrementen entscheidend. Das Ziel jeder Instrumentierung ist die Entfernung des Biofilmes, die Schaffung einer glatten Wurzeloberfläche, das Herstellen der Reinigungsfähigkeit besonders in schwer zugänglichen Bereichen wie z.B. den Furkationseingängen und ein ermüdungsfreies Arbeiten. Die vorherrschenden klassischen Behandlungsmaßnahmen sind dabei „scaling“ (das Entfernen von Zahnstein und Konkrementen) und „root planing“ (die Wurzelglättung). Diese wurden konventionell manuell mit Handinstrumenten, seit Mitte der 50er Jahre mit schwingenden Schall- und Ultraschallinstrumenten und seit Beginn der 80er Jahre auch mit rotierenden Instrumenten durchgeführt [STELZEL et al. 1993]. Die heutigen Ultraschallgeräte arbeiten in Frequenzbereichen zwischen 18.000 – 50.000 Schwingungen pro Sekunde. Die hochfrequente elektrische Energie wird in mechanische Schwingungen umgewandelt. Prinzipiell werden zwei Typen unterschieden, die magnetostriktiven und piezoelektrischen Ultraschallgeräte [IFF et al. 1998].

Vorteil der maschinellen Methoden sind die integrierte, teilweise desinfizierende Spülung, die graziler gestalteten Arbeitsenden sowie ein ermüdungsärmeres Arbeiten für den Behandler. Nachteilig hingegen sind die mangelnde Taktilität, wodurch u.U. die Reinigung unvollständig ist, weil fest anhaftende Konkremente nicht erkannt wurden und möglicherweise unkontrolliert zu viel Wurzelentin abgetragen wird. Des Weiteren kann es bei unzureichender Kühlung zur Überhitzung kommen, die eine Schädigung der Zähne zur Folge hätte [KOCHER 1995].

Die einzelnen Methoden sind nachfolgend näher beschrieben.

2.2.1 Rotierende Instrumente

Angeboten werden rotierende Schleifkörper, die eine diamantierte Oberfläche besitzen. Neben den üblichen Körnungen für Präparierdiamanten (75 µm) kommen in der Parodontaltherapie feinere Körnungen von 40 µm und 15 µm zur Anwendung, z.B. Periodiamanten (Intensiv SA, Viganello-Lugano, Schweiz). Sie arbeiten schleifend. Ebenso gibt es rotierende Wurzelglättungsinstrumente mit Sechskantkopf ohne Schneiden, z.B. Desmo-Clean® (Komet, Lemgo), deren Arbeitsweise eine eher schlagende ist. Alle Schleifkörper werden im Winkelstück der zahnärztlichen Einheit bei max. 10.000 U/min unter ständiger Wasserkühlung betrieben. Es stehen unterschiedliche Formen zur Verfügung, z.B. kegelförmige, flammenförmige oder knospenförmige. Aufgrund ihrer Form eignen sie sich besonders zur Furkationsplastik, da sie zur Gestaltung einer günstigen anatomischen Wurzelmorphologie beitragen [STELZEL et al. 1993]. Der Nachteil der rotierenden Instrumente besteht darin, dass ein Bearbeiten nur in der Verlängerung der Instrumentenachse oder im rechten Winkel dazu möglich ist, weil ihnen die notwendigen Schaftwinkelungen fehlen [KOCHER 1995].

2.2.2 Schwingende Instrumente

a) Funktionsprinzip der Schallinstrumente

Die Schallgeräte werden mit Druckluft angetrieben. Der sich im Handstück befindende, drehbare Hohlzylinder wird durch den Luftstrom in Rotation versetzt. Dadurch werden hochfrequente Schwingungen von 6-8 kHz erzeugt, die sich auf die Arbeitsspitze übertragen. Diese schwingt mit einer Amplitude von 60-1000 µm auf einer ellipsenähnlichen Bahn. Dabei sind alle Flächen der Arbeitsspitze gleich aktiv. So wird Substanz unabhängig von der Lokalisation der Arbeitsspitze zum Zahn durch kleinflächig hämmernde Bewegung abgetragen [EWEN et al. 1968, 1976,

FRIEDMANN 1997, MENNE et al. 1994, PETERSILKA et al. 1999]. Dies wird als Vorteil der Schallinstrumente gegenüber den Ultraschallgeräten gesehen [PETERSILKA et al. 1999]. Des Weiteren sind sie eine kostengünstigere Alternative zu Ultraschallinstrumenten, weil zum Antrieb bereits die Druckluft in der zahnärztlichen Turbine genutzt werden kann [KOCHER 1995].

Aufgrund der niedrigen Frequenzen besitzen die Ansätze ein zierliches Design. Die Arbeitsspitze wird tangential an der Zahnoberfläche entlanggeführt. Beim Kontakt entsteht Reibung, die in Form von Wärme an die Umgebung abgegeben wird. Um eine Gewebeschädigung zu vermeiden, werden die Schallinstrumente nur unter Zufuhr von Kühlwasser betrieben [PLAGMANN et al. 1988, JOTIKASTHIRA et al. 1992, KOCHER 1995].

Ein Beispiel für ein Schallinstrument ist der SONICflex® 2000 L/N (KaVo, Biberach). Der sogenannte Airscaler wird auf die Multiflex-Kupplung des Turbinenansatzes aufgesteckt. Es werden sowohl glatte als auch diamantierte Instrumentenansätze genutzt. Alle Spitzen verfügen über eine interne Kühlung. Das Kühlmittel wird bis kurz vor dem Ende der Arbeitsspitze innen geführt, nach dem Austritt fein zerstäubt und durch die Schwingungen der Spitze auf deren gesamte Arbeitsoberfläche verteilt. Über ein Zwischenstück für das SONICflex kann sterile Kühlflüssigkeit zugeführt werden. Die diamantierten SONICparo-Spitzen besitzen die Form einer Knospe. Zur Glattflächenbearbeitung werden SONICparo-Spitzen mit einer 4,0 mm langen und 1,5 mm dicken Knospe angeboten. Zur Bearbeitung der Furkationsbereiche stehen zwei Spitzen mit jeweils einer 2,0 mm langen und 1,0 mm dicken diamantierten Knospe zur Verfügung. Der Schaft der diamantierten Ansätze ist kontrawinkelig. Um eine möglichst glatte Oberfläche zu erzielen, besitzen sie eine Diamantierung von 15 µm. Die glatten, spitzen SONICrecall-Spitzen besitzen unterschiedliche Schaftwinkelungen, die eine einfache und effiziente Bearbeitung von schwer zugänglichen Bereichen und engen Furkationen ermöglichen sollen [KOCHER 1995].

b) Funktionsprinzip der Ultraschallinstrumente

Die reinigende Wirkung der Ultraschallgeräte beruht auf dem Zusammenspiel einer mechanischen Schwingung der Arbeitsspitze und dem Prinzip der Kavitation [WALMSLEY et al. 1984, 1990].

Ultraschallwellen geben die Energie von Teilchen zu Teilchen weiter. In Flüssigkeiten geschieht dies radial, in festen Stoffen hingegen nur linear. Trifft eine solche Welle auf ein anderes Medium auf, so wird ein Teil reflektiert und ein anderer läuft weiter. So entstehen in Flüssigkeiten durch die linearen, longitudinalen Wellen feine Gasblasen, sog. Kavitationsblasen, die durch die nichtlinearen Wellen beim Kontakt implodieren und somit kurze Energiestöße freisetzen [SUSLICK 1989, WALMSLEY et al. 1990]. Die Kavitationseffekte sind in Richtung der Spülflüssigkeit wirksam und führen zum Absprengen der Konkreme von der Wurzeloberfläche [BRAY 1996, PETERSILKA et al. 1999, SUSLICK 1989, WALMSLEY et al. 1990]. Bei Berührung der Wurzeloberfläche mit der Ultraschallspitze werden somit die Biofilme und harten Beläge zerstört und entfernt. Eine „scalende“ Arbeitsweise ist bei Ultraschallinstrumenten nicht notwendig. Die Arbeitsspitze wird tangential entlang der Wurzeloberfläche geführt, ansonsten hätte sie eine präparierende Wirkung und würde die Wurzeloberfläche beschädigen.

Der Kavitationseffekt und die Größe der Schwingung sind sowohl von der Frequenz und der Amplitude als auch von der Form und Länge der Arbeitsspitze abhängig. Die Amplitude der Schwingung kann zwischen 10 und 100 μm variieren und hängt von der Geräteeinstellung ab [IFF et al. 1998].

Es stehen glatte Ansätze sowohl in gerader Form als auch mit links und rechts abgewinkelten Krümmungen zur Verfügung, wodurch ein optimaler Kontakt zur komplexen Wurzelmorphologie hergestellt werden soll. Dadurch, dass die gesamte Krümmung des Ansatzes aktiv ist, wird eine größere Erreichbarkeit der Flächen geschaffen, was zu einer Minimierung des iatrogenen Gewebeschadens führen soll. Zusätzlich enthalten die

Geräte eine interne Zufuhr der Spülflüssigkeit bis auf 3 mm vor der Instrumentenspitze. Dadurch kommt es zu einer Reduktion des Sprühnebels bei optimierter Durchspülungstiefe. Ebenso besteht die Möglichkeit der Verwendung verschiedener desinfizierender Spüllösungen, z.B. Chlorhexamed (CHX). So kann Leitungswasser der Praxis verwendet werden oder über ein Spender-System eines geschlossenen Spülflüssigkeitskreislaufes auch eine medikamentös wirksame Spüllösung zur Unterstützung der Therapie parodontaler Erkrankungen.

Auf Grund der Mehrfachwinkelung und der hohen Frequenzen benötigen die Ultraschallansätze einen dicken Schaft, weil er sonst bruchanfällig wäre. Dadurch ist die Bewegungsmöglichkeit besonders im Bereich der Furkation eingeschränkt. Dies wird als Nachteil gegenüber den Schallinstrumenten gesehen [KOCHER 1995].

Die Ultraschallgeräte werden je nach Antriebsart in unterschiedliche Systeme eingeteilt:

- magnetostriktive Systeme
- piezoelektrische Systeme
- Vector-System als Sonderform der Ultraschallgeräte.

I. Wirkungsweise magnetostriktiver Systeme

Bei magnetostriktiven Systemen wird die Schwingung durch ein mit der Arbeitsspitze fest verbundenes Bündel aus Metalllamellen oder einem Ferritstab erzeugt. Durch Anlegen eines elektrischen Stromes entsteht ein magnetisches Feld. Es kommt abwechselnd zur Ausdehnung und Kontraktion des Metallbündels oder Ferritstabes, wodurch an der Arbeitsspitze hochfrequente Schwingungen von 20-45 kHz erzeugt werden. Diese bewegt sich mit einer Amplitude von 13 bis 72 µm auf einer ellipsenähnlichen Bahn. Aufgrund dieser Bewegung ist die Arbeitsspitze nicht in allen Richtungen gleich aktiv am Abtrag beteiligt [EWEN et al.

1976, MENNE et al. 1994, PETERSILKA et al. 1999]. Je nach Anlagerungsrichtung trifft die Spitze des Arbeitsendes gerichtet auf die Zahnoberfläche auf oder gleitet an ihr vorbei. Dies muss beim Handling beachtet werden [PETERSILKA et al. 1999].

Ein Beispiel für ein magnetostruktiv arbeitendes Ultraschallgerät ist der Cavitron™JET (Dentsply® DeTrey, Konstanz). Die 30K™-Ultraschall-Einsatzstücke sind für unterschiedliche Verfahren und Anwendungen, u.a. für die Parodontologie, austauschbar. Dafür stehen gerade und gebogene glatte Ansätze zur Verfügung. Das Gerät verfügt über eine interne Zufuhr von Spülflüssigkeit bis auf 3 mm vor die Instrumentenspitze. Es kann sowohl Leitungswasser als auch eine medikamentös wirksame Spüllösung über ein Spender-System verwendet werden.

Klinische Studien mit Cavitron® haben ergeben, dass bei 86% der 3-6 mm tiefen Taschen eine vollständige Durchspülung erfolgte [SHILOAH et al. 1993].

II. Wirkungsweise piezoelektrischer Systeme

Die piezoelektrischen Ultraschallinstrumente werden mit Hilfe von Dimensionsveränderungen von Kristallen innerhalb des Handstücks angetrieben. An den Enden des Quarzes wird eine hochfrequente Wechsellspannung angelegt. Da es sich um eine bipolare Struktur handelt, kommt es folglich zu einem Wechsel von Ausdehnung und Kontraktion. Es werden Schwingungen von 20-35 kHz an der Arbeitsspitze erzeugt. Diese bewegt sich linear mit einer Amplitude von 12 bis 72 µm. Da somit nur zwei Flächen der Spitze gleichzeitig aktiv sind, ist die Möglichkeit der Adaptation eingeschränkt. Je nach Anlagerung des Arbeitsendes an die Wurzeloberfläche kommt es zu einem rein hämmernden oder rein schabenden Abtragsmuster [PETERSILKA et al. 1999].

Beispiele für piezoelektrisch arbeitende Ultraschallgeräte sind der Piezon® Master 400 (EMS, München) und der Suprasson P-Max™ (Satelec, Mettmann).

Der Piezon® Master 400 (EMS, München) bietet unterschiedliche Formen von Arbeitsspitzen an. Die Perio Probe fein (PPS) ist in der Länge und Form einer 15 mm langen Parodontalsonde nachempfunden, soll einen guten approximalen und subgingivalen Zugang bieten und somit eine gute Voraussetzung für ein schonendes Scaling schaffen. Die Perio Pro Line (PPL3) ist eine gerundete Instrumentenspitze und dient als Ergänzung zur PPS. Das Instrument wird zur unterstützenden Parodontalbehandlung sowie bei Recall-Patienten angeboten. Des Weiteren gibt es die Perio Pro Line (PPL1 und PPL2). Diese links und rechts gebogenen Instrumente sind mit einer Universalkürette vergleichbar. Sie sollen die atraumatische Reinigung bei gleichzeitiger Spülung der Parodontaltasche ermöglichen. Ebenso eignen sie sich zur Behandlung von Furkationen. Zusätzlich steht die Perio Pro Line (PPL4 und PPL5) zur Verfügung. Diese links und rechts gebogenen Instrumente besitzen an der Instrumentenspitze eine kleine Kugel mit einem Durchmesser von 0.6 mm. Der Einsatz dieser Instrumente wird bei der Behandlung von Bi- und Trifurkationen sowie von Konkavitäten empfohlen.

Bei dem Suprasson P-Max™ (Satelec, Mettmann) kommt es zu Schwingungen in einer Ebene bei einer Frequenz von 27-33 kHz. Es stehen Periohard-, Periosoft- und Periofine-Arbeitsspitzen zur Verfügung. Die Periohard- und Periofine-Arbeitsspitzen aus Metall werden mit glatten oder diamantbeschichtetem Arbeitsteil angeboten. Die Periosoft-Arbeitsspitzen bestehen aus Verbundstoffen unter Einsatz von Kohlenstofffasern und sind für die Bearbeitung von Implantaten vorgesehen. Angeboten werden sowohl gerade als auch abgewinkelte Formen für rechte und linke Krümmungen, die der Glättung schwer zugänglicher Zonen dienen. Der Einsatz einer antiseptisch wirksamen Spüllösung ist möglich.

III. Vector[®]-System

Das Vector[®]-Gerät (Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen) nimmt eine Sonderstellung unter den Ultraschallinstrumenten ein, weil es oszillierend arbeitet. Bei einer Frequenz von 25.000 Hz wird ein schwingungsaktiver Ring in der Horizontalen gestaucht und bewegt sich dann mit 90°-Auslenkung in der Vertikalen. Somit kommt es zu einer exakt linearen Oszillation parallel zur Zahnoberfläche. Die am schwingungsaktiven Ring haftende Wasserhülle soll die entstehende Energie in die Zahnfleischtasche übertragen. Das Wasser wird nicht versprüht, sondern kontinuierlich um das Instrument herumgespült. Harte Ablagerungen werden nicht wie bei herkömmlichen Ultraschallinstrumenten durch mechanische Schlageinwirkung abgetragen, sondern allein durch eine Ankopplung der Ultraschallenergie auf die Zahnoberfläche zerkleinert. Die Funktionsweise wird mit der eines Ultraschallbades verglichen. Dazu wird eine Schleif- oder Poliersuspension der Kühlflüssigkeit beigemischt. Durch das Zuschalten der Schleifsuspension (VECTOR[®] Fluid abrasiv), welche Siliziumkarbid-Partikel mittlerer Korngröße (ca. 50 µm) enthält, sollen harte Ablagerungen schneller entfernt werden. Die Verwendung der mit feinstdispersen Hydroxylapatit-Partikeln (Korngröße ca. 10 µm) angereicherten VECTOR[®] Fluid-polish-Suspension verspricht eine schonend polierende Wirkung, d.h. es werden Zahnreinigung und Politur in einem Arbeitsgang durchgeführt. Das Instrument regt durch die Ultraschallschwingungen die Schleifsuspension an. Dazu ist es notwendig, dass die Schleifsuspension einen umschlossenen Bereich ausfüllt. Nicht die Wirkung des Instrumentes reinigt die Zahnoberfläche, sondern die der Suspension. Demzufolge wird das Instrument nur in das Medium gehalten, ohne die Zahnoberfläche berühren zu müssen [HAHN 2000, KLINGER et al. 2000, HORODKA et al. 2003]. Die Wirksamkeit dieser Methode gilt als bewiesen, erfordert jedoch mehr Zeit als die Instrumentierung mit Handküretten [JEPSEN DGP-Tagung Dresden 2004].

Für die Taschenreinigung stehen unterschiedliche Instrumentenformen zur Verfügung: Sonde, Kürette, Plättchen und Knospe. Des Weiteren werden Instrumentensets zur supragingivalen Zahnreinigung und zur Kavitätenpräparation angeboten.

2.2.3 Manuelle Instrumente

Die zahnärztlichen Handinstrumente zur subgingivalen Wurzelreinigung sind die Küretten. Diese Bezeichnung leitet sich von der ursprünglichen Verwendung zur Kürettage der Weichteile ab und entspricht strenggenommen nicht mehr der heutigen Nutzung. Da sich die Ursache der Zahnfleischentzündung auf der Wurzeloberfläche befindet, ist eine Weichteilkürettage des Zahnfleisches nur selten indiziert. Neben den Universalküretten nach Langer, nach Goldman-Fox oder Columbia stehen die diamantierten Küretten nach Marxkors, kombinierte Universal- und Finierküretten sowie die Spezialküretten nach Gracey zur Verfügung [RATEITSCHAK et al. 1989].

Die heute empfohlenen Spezialküretten nach Gracey sind daher zum Kürettieren der Weichteile nicht mehr geeignet. Statt einer Kürettage wird ein Deep-Scaling durchgeführt. Die Spezialküretten nach Gracey haben aus diesem Grund nur eine schneidende Arbeitsseite, die zur Wurzel hinzeigt, die gegenüberliegende Seite des Arbeitsendes ist stumpf.

Küretten besitzen ein Arbeitsteil, welches aus einem Arbeitsende und einem oder mehreren Schäften besteht. Die Morphologie des Arbeitsendes ist charakteristisch für das jeweilige Instrument und seinen Einsatzbereich an der Wurzel. So zeigt der Querschnitt des Arbeitsendes eine sog. Fazialfläche und zusätzlich eine oder zwei schneidende Lateralflächen. Fazialfläche und Lateralfläche bilden einen bestimmten Schneidekantenwinkel. Der gerundete Rücken und die abgerundete Spitze des Arbeitsendes schonen während der Anwendung das Weichgewebe. Die Anzahl der Schäfte und deren Abwinkelung wird durch

den Anwendungsbereich definiert. Die Lage des ersten Schaftes definiert den Arbeitswinkel. Mit diesem wird die Kürette am Zahn angelegt, um effizient und ohne Beschädigung der Wurzeloberfläche zu arbeiten. Die Arbeitswinkel betragen 90° für die Universal- und 70° für die Spezialküretten nach Gracey. Die Gracey-Küretten haben, im Gegensatz zu den Universalküretten, eine zum ersten Schaft geneigte Fazialfläche und nur eine Schneidekante. Die der Schneidekante gegenüberliegende Seite ist stumpf. Der Vorteil der geneigten Fazialfläche ist zum Einen, dass bei paralleler Führung des ersten Schaftes zur Wurzeloberfläche die Schneidekante nachgezogen und somit die Oberfläche nicht nur gereinigt, sondern auch geglättet wird und zum Anderen die stumpfe Seite von den Weichteilen abgewandt ist und diese nicht traumatisieren [DIEDRICH et al. 1975, MAYER 1982, RATEITSCHAK 1995].

Die sog. Gracey-Küretten (Hu-Friedy, USA) sind nach Dr. C. H. Gracey benannt. Sie sind aus der Erkenntnis heraus entstanden, dass es am sinnvollsten ist, jede Zahnfläche mit einem speziell angepassten Instrument zu bearbeiten. In der Praxis hat sich als klassisches Instrumentarium der reduzierte Kürettensatz nach Dr. Gracey bewährt. Er besteht aus vier Küretten, wobei der Zahlencode den jeweiligen Anwendungsbereich kennzeichnet:

- Nr. 5/6 - alle Flächen der Frontzähne
- Nr. 7/8 - bukkale und orale Flächen der Prämolaren und Molaren
- Nr. 13/14 - distale Flächen der Prämolaren und Molaren
- Nr. 15/16 - mesiale Flächen der Prämolaren und Molaren

2.3. Einfluss der Wurzeloberflächenbearbeitung auf die Reinigungseffizienz

Lange Zeit wurde außer der Taschenreinigung auch eine glatte Oberfläche der Zahnwurzel gefordert. Durch die bestmögliche Wurzelglättung sollte der Therapieerfolg sichergestellt werden. Es wurde angenommen, dass in Grübchen und Kerben der Wurzeloberfläche auch bakterielle Endotoxine zurückbleiben können. Durch die konsequente Glättung sollte die Rekolonisation verzögert oder sogar vollständig verhindert werden [KOCHER 1990, 1995, MENGEL et al. 1996].

In der Literatur bestehen heute kontroverse Meinungen darüber, wie weit bei der Wurzelreinigung neben der Entfernung von Plaque, Zahnstein und Konkrementen auch endotoxinhaltiges oder infiziertes Zement zu entfernen bzw. die Wurzeloberfläche zu glätten sei [HÄNGGI 1991]. DALY et al. (1982) wiesen in ihren Untersuchungen Bakterien im Zement nach und ADRIENS et al. (1988) sogar im Dentin. Auch andere Autoren bestätigten Endotoxine im Zement (HOTFIELD und BAMHAMMERS 1971, ALEO et al. 1974, 1973). Alle empfahlen das radikale Entfernen der befallenen Zementschichten. Unterstützt wurde diese Forderung nach konsequentem Abschaben der Wurzeloberfläche durch Untersuchungen von SCHRÖDER und RATEITSCHAK-PLÜSS (1983), die auf der Wurzeloberfläche Resorptionslakunen von 30-80 µm Tiefe fanden. Diese Lakunen enthielten Bakterien, die bei einer nur oberflächlichen Wurzelreinigung eine Reinfektion der Tasche auslösen könnten [HÄNGGI 1991].

Ergebnisse neuerer Studien zeigten, dass die Forderung nach einer sehr glatten Wurzeloberfläche für ein gutes Behandlungsergebnis nicht zwingend notwendig ist. Studien von HUGHES und SMALER (1986), HUGHES et al. (1988) und NAKIB et al. (1982) wiesen nach, dass Endotoxine nicht in das Wurzelzement eindringen, sondern oberflächlich dem Zement anhaften [HÄNGGI 1991]. Auch MOORE et al. (1986) zeigten, dass nur kleine Mengen zytotoxischen Materials tief in die

Wurzeloberflächen integriert und Endotoxine wie Lipopolysaccharide (LPS) nur relativ locker auf der Zementoberfläche aufgelagert sind und abgespült werden können. OBERHOLZER et al. (1996) konnten im Vergleich von geglätteten und künstlich aufgerauten Oberflächen keinen Unterschied im klinischen Ergebnis in Bezug auf Attachmentgewinn bzw. Sondierungstiefenverringern erkennen. Die Gingivazellen konnten sich auch auf rauen Wurzeloberflächen wieder anlagern, solange die Entzündungsfreiheit aufrecht gehalten wurde [MEYER 2000]. Obwohl die Rauigkeit der Wurzeloberfläche als Prüfcharakteristikum schon seit den 50iger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde, diente sie trotzdem lange Zeit als hauptsächliches Beurteilungskriterium bei der Untersuchung neuer Instrumente. Schon 1956 zeigte WAERHAUG in einem Tierexperiment, dass die Anlagerung des Epithels nicht durch die Oberflächenstruktur bestimmt wird. Er bearbeitete die Wurzel mit groben Diamanten und machte mittels histologischer Untersuchungen deutlich, dass die Wundheilung unabhängig von der Wurzeloberflächenmorphologie erfolgte [KOCHER 1997].

Wichtige Parameter zur Beurteilung von Instrumenten zur parodontalen Reinigung sind: Rauigkeit sowie Substanzabtrag der Wurzeloberfläche und ihre Reinigungseffizienz. Die Rauigkeit einer Oberfläche bestimmt den Grad der Anlagerung von pathogener Plaque und nimmt Einfluss auf das Reattachment. Der Substanzabtrag ist wichtig, weil er Einfluss auf die Wurzelmorphologie und das Reaktionsverhalten eines Zahnes nach der Bearbeitung nimmt. Unter Reinigungseffizienz wird der Reinigungserfolg pro Zeit verstanden bzw. die Vollständigkeit der Reinigung innerhalb einer bestimmten Zeit. Da die Handinstrumente traditionell die Instrumente für die Oberflächenbearbeitung sind, werden neuere Schall- und Ultraschallgeräte und andere Instrumente stets mit ihnen als Goldstandard verglichen [KOCHER et al. 1997]. Die Ergebnisse werden jedoch widersprüchlich beurteilt. HUNTER et al. (1984) sowie GARNICK & DENT (1989) fanden, dass mit Handinstrumenten glattere Oberflächen erzielt

wurden als mit Ultraschallgeräten. PLAGMANN et al. (1988) und SCHMAGE et al. (2000) dagegen fanden nur geringe Unterschiede bezüglich der Rauigkeit. Laut Untersuchungen von SCHMAGE et al. [2000] reduzierte sich bei allen Methoden die Rauigkeit um 30-40% unabhängig vom Ausgangswert. Auch beim Vergleich der Schallgeräte mit Ultraschallgeräten und Handinstrumenten in Bezug auf die Rauigkeit bestanden widersprüchliche Ansichten. JOTIKASTHIRA et al. (1992) erzielten mit Schallgeräten rauere, WOODRUFF et al. (1975) vergleichbare und LIE & LEKNESS (1985) sowie TOPOLL et al. (1989) glattere Oberflächen als mit Ultraschallgeräten.

Weiterhin wurde der Einfluss von Form und Beschaffenheit der Instrumentenansätze auf Rauigkeit und Substanzabtrag untersucht. PLAGMANN et al. (1989) waren der Meinung, dass scharfe Instrumentenansätze zu nicht unerheblichen Beschädigungen der Oberfläche führen können. KOCHER et al. (1988) fanden einen signifikant höheren Substanzabtrag der diamantierten Schallinstrumente, aber eine bessere Reinigungseffektivität im Vergleich zu Handinstrumenten. STELZEL et al. (1993) konnten mit den extrafeinen Diamantschleifkörpern glattere Oberflächen und mit dem groben Diamanten ähnliche Resultate wie mit Schallinstrumenten erzielen. SCHWARZ et al. (1984) verglichen Diamantschleifkörper mit Handinstrumenten und fanden für feinstkörnige Diamanten und Handinstrumente keine Unterschiede in der Oberflächenrauigkeit. Des Weiteren nahm auch die Vorgehensweise (Dauer der Bearbeitung, Anpresskraft, Anzahl der Arbeitshübe) erheblichen Einfluss auf die Ergebnisse [KOCHER 1995]. Untersuchungen von DIEDRICH et al. (1975) und KOCHER et al. (1995, 1997) ergaben, dass eine Erhöhung der Anpresskraft zu einem verstärkten Abtragen von Zahnhartsubstanz führt.

Die Reinigungseffizienz wird durch den Faktor Zeit, die Vollständigkeit der Reinigung und die Ermüdung des Behandlers bestimmt. Versuche von BADERSTEN (1984) und OOSTERWAAL et al. (1987) wiesen die klinische Gleichwertigkeit von Handinstrumenten und Ultraschallgeräten

nach. KEBIC et al. (1990) und SMART et al. (1990) fanden heraus, dass die mikrobielle Plaque von Hand- und Ultraschallinstrumenten gleichermaßen effektiv entfernt wurde. Zu denselben Ergebnissen kamen LAURELL & PETERSSON (1988) sowie LAURELL (1990) beim Vergleich für Schall- und Ultraschallgeräte gegenüber Handinstrumenten. Ein weiteres Kriterium zur Beurteilung eines Instrumentes ist das Abtragsverhalten. So besteht ein Widerspruch zwischen dem Ziel einer glatten Wurzeloberfläche nach der Bearbeitung und der Schonung der Zahnschubstanz. Im ersten Fall wird mehr, im zweiten Fall weniger Substanz abgetragen. In Untersuchungen von ZAPPA et al. (1991) führte ein deutlicher Substanzabtrag zu einer nicht erwünschten Entfernung des für die Regeneration bedeutsamen Wurzelzementes. Um eine effiziente Reinigung insbesondere an schwer zugänglichen Stellen wie Furkationen und Einkerbungen zu erzielen, ließ sich eine Verbesserung der Wurzelmorphologie nur durch einen erhöhten Substanzabtrag erreichen. Glatte und schabende Instrumente trugen weniger Substanz ab [IFF & MARINELLO 1998, KOCHER 1998]. Diamantierte Instrumente hingegen zeigten in vielen Untersuchungen einen erhöhten Substanzabtrag und verbesserten die Wurzelmorphologie in Furkationen effektiv [HÄNGGI et al. 1991, KOCHER 1995, MENGEL et al. 1996, RITZ et al. 1991, SCHMAGE et al. 2000].

Alle diese Studien ließen den Schluss zu, dass nicht die Entfernung des nekrotischen Zementes, sondern der weichen bakteriellen Beläge eine erfolgreiche Heilung versprochen. Die Anwendung von grobkörnigen Diamantschleifkörpern wird nicht empfohlen, da diese zu viel Substanz abtrugen. Die Effizienz eines Bearbeitungsinstrumentes schien weniger von der Bearbeitungsmethode, sondern mehr von der Geschicklichkeit des Behandlers abhängig zu sein. Obwohl auch das Prüfkriterium Rauigkeit mehrfach in Frage gestellt wurde, wird von einigen Autoren (RATEITSCHAK et al. 1984, LANGE 1986) empfohlen, nach der Bearbeitung mit Ultraschallgeräten mit Handinstrumenten nachzuarbeiten oder Ultraschallgeräte nur supragingival anzuwenden [KOCHER 1995].

Die Tabelle 1 zeigt eine Übersicht zum Thema: „Untersuchungsergebnisse nach Wurzeloberflächenbearbeitung mittels unterschiedlicher Methoden“ in der Übersicht.

| Jahr | Autor | getestete Parameter | Geräte | Methode | Ergebnisse |
|-------------|------------------------------|--|--|--|---|
| 1977 | Meyer,K. & Lie,T. | Rauigkeit in-vitro | Cavitron Viking-Set® Gracey-Kürette | Ultraschall (US) rotierender Diamant manuell | Kürette geringste Rauhigkeiten; Ultraschall und Diamant ausgeprägte Unebenheiten |
| 1984 | Hunter,R.K. et al. | Rauigkeit in-vitro | Kürette Cavitron | manuell Ultraschall (US) | Kürette ca. 38% glattere Oberflächen als Ultraschall |
| 1988 | Plagmann,H. C. et al. | Rauigkeit und Substanz- abtrag in-vitro | Kürette Sonicflex® glatt Sonicflex® diam. Perio Set® 15µm grober Diamant | manuell Schall Schall rotierend rotierend | bezüglich Rautiefe keine Signifikanzen; Substanzabtrag bei Sonicflex diam. geringer als bei Sonicflex glatt, sonst keine Signifikanzen |
| 1991 | Ritz,L. et al. | Substanzabtrag in-vitro | Cavitron Perio-Set® Titan-S | Ultraschall (US) rotierender Diamant Schall | US (11,6µm) geringster Substanzverlust gefolgt von Schall (93,5µm); Perio-Set® größter Verlust (118,7µm) bei 12 Arbeitshüben unter klinisch relevantem Druck |
| 1992 | Jotikasthira,N .E. et al. | Reinigungs- effizienz und Substanzab- trag in-vitro | Sonicflex 2000 Cavitron | Schall Ultraschall (US) | Sonicflex bessere Effizienz, aber rauer und mehr Substanzverlust |
| 1993 | Stelzel,M. et al. | Rauigkeit und Substanz- abtrag in-vitro | Desmo-Clean® Perio-Set® Gracey-Kürette Finierdiamant | rotierender Sechskant rotierender Diamant manuell rotierender Diamant | deutliche Überlegenheit der Küretten bezüglich der Wurzelglättung und des Substanzabtrags; beste Glättung der rot. Instrumente mit Desmo-Clean® |

| Jahr | Autor | getestete Parameter | Geräte | Methode | Ergebnisse |
|-------------|-------------------------|--|--|---|--|
| 1996 | Mengel, R. et al. | Rauigkeit und Substanzabtrag in-vitro | Perioplaner Periopolisher Gracey-Küretten | oszillierendes Hubinstr. oszillierendes Hubinstr. manuell | Kürette zeigt glatteste Oberfläche mit geringstem Substanzabtrag und ohne Restzahnstein; Abtrag der Periopolisher von Korngröße abhängig (40µm>15µm) |
| 2000 | Klinger, G. et al. | Effizienz bezügl. Zeit, Sondierungstiefe und Blutungsneigung in-vivo | Kürette Vector® | manuell® oszillierender Ultraschall (US) | bezüglich Blutungsneigung und Sondierungstiefe kaum Unterschiede; lediglich mit Vector ermüdungsfreieres Arbeiten |
| 2000 | Schmage, P. et al. | Rauigkeit, Substanzabtrag und Zeit in-vitro | Suprasson p-Max™ glatt Suprasson P-Max™ diam. SONICflex® 2000 rootplaner Desmo-Clean® Perio Set® diamantierte Kürette Gracey-Kürette | Ultraschall (US) Ultraschall (US) Schall rotierender Sechskant rotierender Diamant manuell mit Diamant. manuell | Reduktion der Rauigkeit in allen Gruppen um 30-40%; Perio-Diam. glattere Oberflächen als Gracey-Küretten; keine signifikanten Unterschiede im Substanzabtrag aller Gruppen |
| 2000 | Hahn, R. | Effizienz bezügl. Sondierungstiefe und Blutungsneigung in-vivo | Vector® | oszillierender Ultraschall (US) | signifikante Reduktion der Sondierungstiefe und Blutungsneigung nach 6 Wochen und 24 Monaten |
| 2003 | Horodko, M. et al. | Effizienz bezüglich Sondierungstiefe und Attachmentgewinn in-vivo | Universalkürette Vector® | manuell oszillierender Ultraschall (US) | signifikant höhere Reduktion der Sondierungstiefe mit Vector®, signifikanter Attachmentgewinn nur bei Vector® |
| 2003 | Petersilka, G.J. et al. | Reinigungseffizienz und Substanzabtrag in-vitro | SONICflex® 2000 glatt SONICflex® 2000 mit spatelförmiger Spitze | Schall Schall | Effizienz der spatelförmigen Spitze signifikant höher als mit konventioneller Spitze; Substanzabtrag mit spatelförmiger Spitze signifikant geringer als mit konventioneller Spitze |

Tab. 1: Literaturübersicht

3. Zielsetzung

In dieser In vitro-Studie sollte die Wirkung von neun verschiedenen maschinellen Methoden zur Reinigung der Wurzeloberflächen evaluiert und mit der Wirkung der konventionellen Methode mit Gracey-Küretten verglichen werden. Anhand der Parameter Rauigkeit, Substanzabtrag, Reinigungsintensität und erforderliche Reinigungsdauer sowie strukturelle Veränderungen nach Instrumentierung wurden die unterschiedlichen Effekte der einzelnen Methoden herausgearbeitet.

4. Material und Methode

4.1. Geräte

Die in der Untersuchung verwendeten Instrumente sind in Tabelle 2 dargestellt. Die einzelnen Geräte werden nachfolgend näher beschrieben. Alle Wurzelreinigungen wurden von demselben Untersucher durchgeführt. Die Gruppen Nr. 1 bis Nr. 9 waren die Versuchsgruppen und Nr. 10 die Kontrollgruppe.

| Nr. | Bezeichnung | Hersteller + Ort | Arbeitsweise | Form + Arbeitsende |
|-----|-----------------------------------|---|----------------------------|--|
| 1 | Desmo-Clean [®] | Komet, Lemgo | rotierend | Sechskantkopf, 2 Flammen |
| 2 | Perio Set [®] | Intensiv SA, Viganello-Lugano Schweiz | rotierend | 40µm+15µm Diamanten, Flammen |
| 3 | Cavitron [™] JET | Dentsply [®] DeTrey, Konstanz | schwingend, Ultraschall | Spitzen, glatt |
| 4 | Piezon [®] Master 400 | EMS, München | schwingend, Ultraschall | Spitzen, glatt |
| 5 | SONICflex [®] 2000 | KaVo, Biberach | schwingend, Schall | Spitzen, glatt |
| 6 | SONICflex [®] 2000 | KaVo, Biberach | schwingend, Schall | Knospe, diamantiert |
| 7 | Suprasson P- Max [™] | Satelec, Mettmann | schwingend, Ultraschall | Spitzen, glatt |
| 8 | Suprasson P- Max [™] | Satelec, Mettmann | schwingend, Ultraschall | Spitzen, diamantiert |
| 9 | Vector [®] | Dürr Dental, Bietigheim- Bissingen | oszillierend | Gerade Sonde und Hockeyschlägerform |
| 10 | Gracey- Küretten | Hu-Friedy, USA | manuell | Küretten Nr. 7/8, 13/14, 15/16 |

Tab. 2: Die Tabelle zeigt die in der Untersuchung verwendeten Geräte zur Bearbeitung der Wurzeloberflächen

4.1.1 Rotierende Instrumente

a) Desmo-Clean®

Die Wurzelglätter Desmo-Clean® (Komet, Lemgo) wurden in zwei unterschiedlichen Formen angewendet (Abb. 1). Zum einen stand eine längliche Flamme zur Verfügung, die zur Reinigung der Glattflächen empfohlen wurde, zum anderen eine kürzere und dickere Flamme, die zur Reinigung und Ausformung der Furkationen diente. Beide Flammen besaßen einen Sechskantkopf. Bei einer Umdrehung von 10000 U/min wurden diese Wurzelglätter im grünen Winkelstück der zahnärztlichen Einheit unter Wasserkühlung betrieben. Sie wurden tangential zur Wurzeloberfläche bis in den Taschenfundus eingeführt und mit einem kontrollierten Anpressdruck von ca. 0,3 N (entsprechen ca. 30 g), der mittels einer Briefwaage mehrmals kontrolliert wurde, abschnittsweise horizontal in der Tasche hin- und hergeführt, bis die gesamte Wurzeloberfläche gereinigt bzw. bearbeitet war.

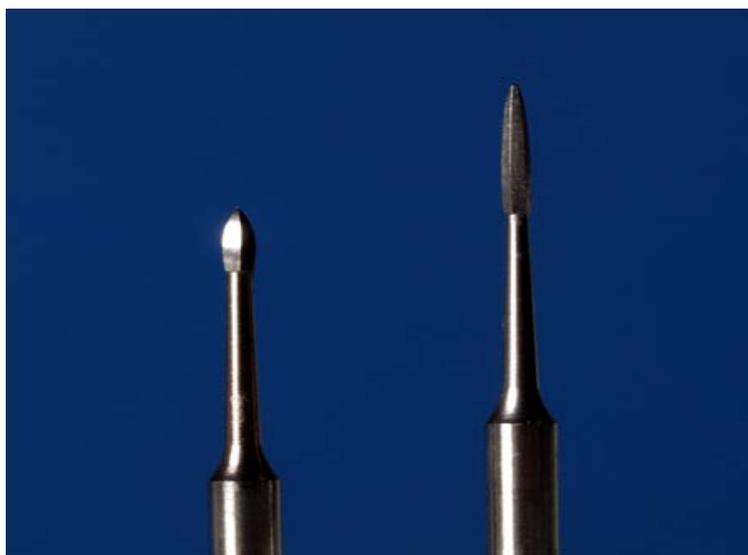


Abb. 1: Dargestellt sind die für die Untersuchung verwendeten Wurzelglätter von Desmo-Clean®, links die kleine Flamme und rechts die längliche Flamme.

b) Perio Set®

Die Finierdiamanten des Perio Set® (Intensiv SA, Viganello-Lugano, Schweiz) standen in der Körnung von 40 µm (gelber Ring) und 15 µm (roter Ring) sowie in zwei Formen, einer Knospe und einer Flamme, zur Verfügung (Abb. 2). Die länglich geformten Diamanten beider Körnungen wurden nacheinander angewendet und im Winkelstück mit einer Umdrehung von 5000 U/min unter Wasserkühlung betrieben. Sie wurden tangential in die Tasche bis zum Fundus eingeführt. Unter leichtem Anpressdruck von ca. 0,3 N (entsprechen ca. 30 g), der mehrmals mittels einer Briefwaage überprüft wurde, wurden die Finierdiamanten horizontal zur Wurzeloberfläche abschnittsweise hin- und hergeführt, bis die gesamte Fläche gereinigt bzw. bearbeitet war. Für den Furkationsbereich wurden die knospenförmigen Diamanten benutzt.



Abb. 2: Die Abbildung zeigt die verwendeten Finierdiamanten des Perio Set® in je zwei Formen und je zwei Körnungen (jeweils das linke Instrument gelb 40 µm und das rechte Instrument rot 15 µm).

4.1.2 Schwingende Instrumente

a) Cavitron™ JET

Die DENTSPLY® Cavitron™ JET - Kombinationseinheit (DENTSPLY DeTrey, Konstanz) ist ein Gerät zur Ultraschall-Zahnsteinentfernung und zum Airpolishing. In dieser Untersuchung wurden nur die magnetostriktiv erzeugten Ultraschallinstrumente genutzt, nicht das Airpolishing. Es kamen die 30K™ FSI™-Slimline™ Ansätze in der geraden Form für die Glattflächen sowie links und rechts gebogen für die Approximalflächen und Wurzelkurvaturen zur Anwendung (Abb. 3). Bei mittlerer Leistung (ca. 50%) wurden die Arbeitsspitzen mit leichtem Druck von ca. 0,3 N (entsprechen ca. 30 g) in die Tasche bis zum Fundus eingeführt und mit kurzen überlappenden horizontalen Bewegungen tangential an der Wurzeloberfläche entlanggeführt, bis die gesamte Wurzeloberfläche bearbeitet bzw. gereinigt war. Als Spülmedium wurde ausschließlich Leitungswasser verwendet. Der Anpressdruck wurde mehrmals mittels einer Briefwaage überprüft.



Abb. 3: Die Abbildung zeigt die links und rechts abgewinkelten Ansätze des Cavitron™ JET.

b) Piezon® Master 400

Der Piezon® Master 400 (EMS, München) ist ein piezoelektrisch getriebenes Ultraschallgerät. In der Untersuchung wurden für die Glattflächen die PPL3, eine der Paro-Sonde nachempfundene Instrumentenspitze, und für die approximalen Flächen sowie im Furkationsbereich die PPL1, links gebogen, und PPL2, rechts gebogen, angewendet (Abb. 4). Die Arbeitsspitzen wurden unter Verwendung von Leitungswasser als Spülflüssigkeit in die Tasche bis zum Fundus eingeführt, tangential horizontal an der Wurzeloberfläche des Zahnes mit leichtem Druck, ca. 0,3 N (entsprechen ca. 30 g), und leicht überlappenden Bewegungen entlanggeführt, bis die gesamte Wurzelfläche gereinigt bzw. bearbeitet war.

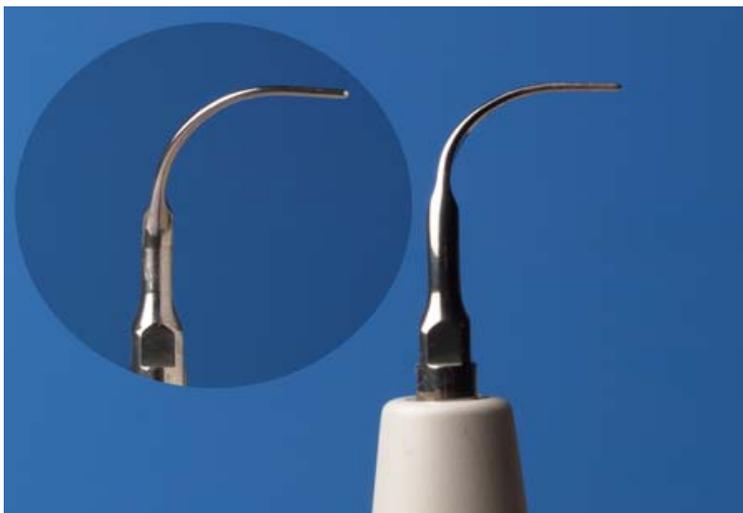


Abb. 4: Gezeigt ist der gerade Ansatz des Piezon® Master 400 und links daneben ein dazugehöriger abgewinkelter Ansatz.

c) SONICflex® 2000 L/N

In der Untersuchung wurde der schallgetriebene Airscaler SONICflex® 2000 L/N (KaVo, Biberach) auf die Multiflex-Kupplung des Turbinenansatzes der zahnärztlichen Einheit aufgesteckt. Es kamen glatte SONICrecall- (Abb.5) und diamantierte SONICparo-Ansätze (Abb. 6) zur Anwendung, die in zwei Gruppen getrennt bewertet wurden. Für die Glattflächen wurden gerade Arbeitsspitzen und für die Approximalflächen und Furkationen kontrawinklige Ansätze benutzt. Die diamantierten Spitzen besaßen eine kleine, 1,5 mm lange, knospenförmige Verdickung am Arbeitsende und eine Körnung von 15 µm. Unter interner Wasserkühlung wurden die Arbeitsspitzen in die Tasche bis zum Fundus eingeführt und mit leichtem Druck von ca. 0,3 N (entsprechen ca. 30 g) mit überlappenden Bewegungen tangential an der Wurzeloberfläche entlanggeführt, bis die gesamte Wurzelfläche gereinigt bzw. bearbeitet war. Zur Kontrolle eines gleichmäßigen Anpressdruckes wurde dieser mittels einer Briefwaage mehrfach überprüft.



Abb. 5: Die Abbildung zeigt die glatten kontrawinkligen SONICrecall-Ansätze des SONICflex® 2000.



Abb. 6: Die kleinen knospenförmigen SONICparo-Ansätze mit einer Diamantkörnung von 15 μm des SONICflex[®] 2000 wurden verwendet.

d) Suprasson P-Max™

Der Suprasson P-Max™ (Satelec, Mettmann) ist ein piezoelektrisch getriebenes Ultraschallgerät. In den Versuchen wurden glatte und diamantierte Ansätze in zwei Gruppen getrennt bewertet. Bei den glatten Arbeitsspitzen kamen die Ansätze PFU in gerader Form für Glattflächen und PFR sowie PFL in gewinkelter Form im Approximalraum zum Einsatz (Abb. 7). Als diamantierte Arbeitsenden mit einer Körnung von 15 μm wurde H1 in gerader Form für Glattflächen benutzt und in den schwer zugänglichen Bereichen, je nach Kurvatur, die H2R oder H2L in gewinkelter Form verwendet (Abb. 8). Bei mittlerer Leistungseinstellung (ca. 50%) wurde die Instrumentenspitze bis in den Taschenfundus eingeführt und mit leichtem Druck von ca. 0,3 N (entsprechen ca. 30 g) horizontal tangential an der gesamten Wurzeloberfläche hin- und hergeführt. Statt einer desinfizierenden Spüllösung wurde Leitungswasser verwendet.



Abb. 7: Die Abbildung zeigt die glatten Ansätze in gerader und gewinkelter Form des Suprasson P-Max™.



Abb. 8: Abgebildet sind die diamantierten Ansätze mit einer Körnung von 15 µm in gerader und gewinkelter Form des Suprasson P-Max™.

e) Vector®

Das Vector®-Gerät (Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen) ist ultraschallgetrieben und arbeitet mit einer Schleifsuspension. In der Untersuchung wurden für die Glattflächen eine gerade Vector-Sonde und für die approximalen Flächen eine dünne, stumpfe Vector®-Kürette benutzt, die wie ein Hockeyschläger geformt ist (Abb. 9). Zusätzlich kam die VECTOR®-Fluid-polish-Suspension zum Einsatz. Dazu war es erforderlich, dass die Tasche einen umschlossenen Bereich darstellte, so dass die Suspension darin zu Schwingungen angeregt werden konnte und so die Reinigung erfolgte. Die Ansätze wurden in den Sulcus bis zum Taschenboden eingeführt und mit leichter Berührung der Wurzeloberfläche tangential horizontal drucklos an der Fläche mit kurzen überlappenden Bewegungen entlanggeführt.



Abb. 9: Der Kopf des Bearbeitungsinstrumentes mit dem hockeyschlägerförmigen Ansatz und die Aufbewahrungsbox für weitere Ansätze des Vector®-Gerätes sind gezeigt.

4.1.3 Manuelle Instrumente

a) Gracey-Küretten

Für die Untersuchung wurden aus dem reduzierten Kürettensatz nach Gracey die Küretten Nr. 7/8, 13/14 und 15/16 verwendet, da nur Molaren bearbeitet wurden (Abb. 10). Um einen möglichst gleichbleibenden Anpressdruck zu gewährleisten, wurde dieser vor Arbeitsbeginn und während des Versuches mittels einer Briefwaage kalibriert. Die Kürette wurde bis zum Boden der Tasche eingeführt und vertikal, mit leichtem Druck auf die Wurzeloberfläche, aus der Tasche herausgezogen. Um alle Bereiche zu erfassen, mussten diese Arbeitszüge mehrfach mit kleinen, überlappenden Bewegungen wiederholt werden. Die Kürette Nr. 7/8 wurde für die bukkalen und oralen Flächen, Nr. 13/14 für die distalen Flächen und Nr. 15/16 für die mesialen Flächen verwendet.

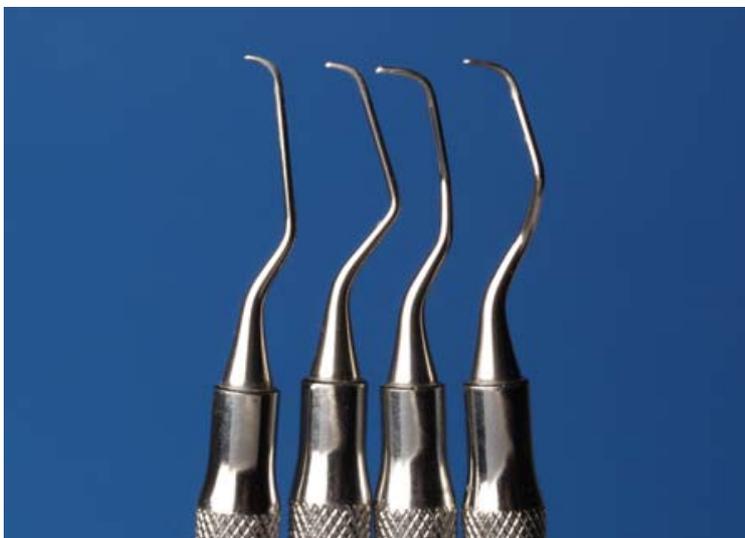


Abb. 10: Abgebildet sind die Arbeitsenden des reduzierten Kürettensatzes nach Gracey Nr. 5/6, 7/8, 13/14 und 15/16.

4.2 Versuchsablauf

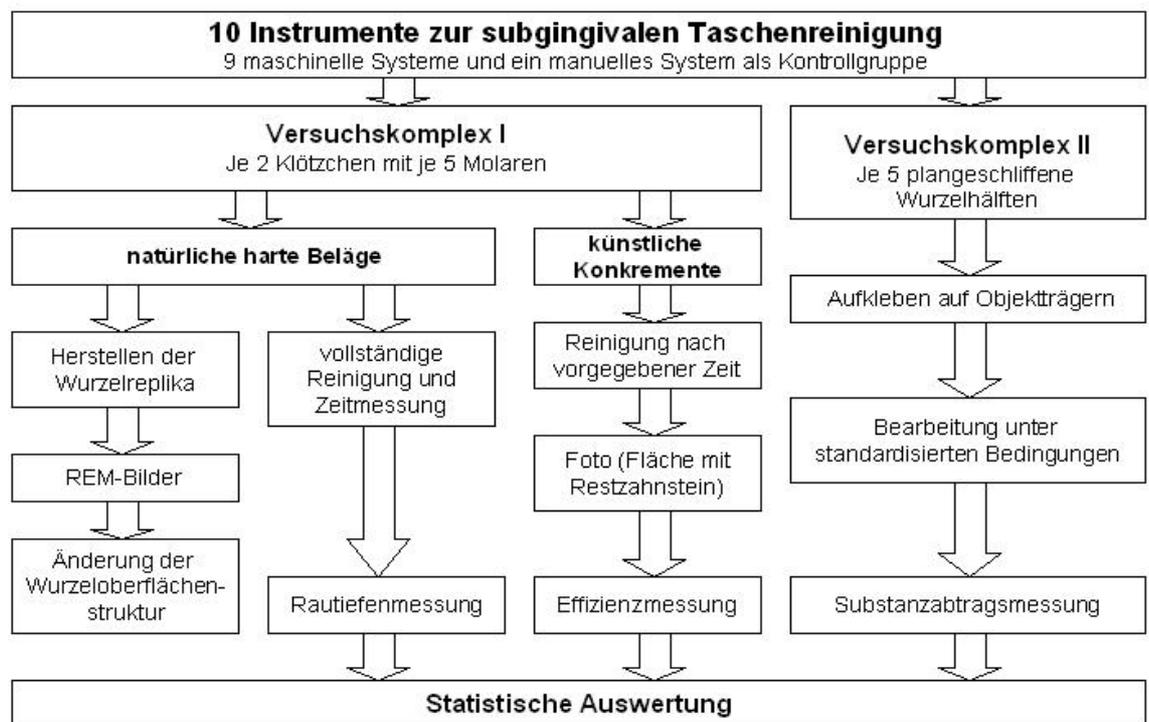
Der Ablauf der Untersuchung ist in Tabelle 3 systematisch dargestellt. Ziel der Untersuchung war die Bestimmung folgender Parameter: Änderung der Wurzeloberflächenstruktur durch die Instrumentierung, Effizienz der Reinigung, Rautiefe und Substanzabtrag der Wurzeloberfläche.

So wurden die Versuche in zwei Komplexe eingeteilt. Im *ersten Versuchskomplex* wurden zunächst je zu untersuchender Methode zwei Versuchsklötzchen mit jeweils fünf Molaren hergestellt. Dabei waren die Molaren des einen Klötzchens von natürlichen harten Belägen (Zahnstein und Konkrementen) verschmutzt und die des anderen Klötzchens wurden mit künstlichen Konkrementen bedeckt. Bei den künstlichen Konkrementen handelte es sich um industriell hergestellte Konkreme, die mittels eines Spezialklebers auf die Wurzeloberflächen aufgetragen wurden. Die Zähne mit den natürlichen harten Belägen wurden zur Untersuchung der Strukturveränderung der Wurzeloberfläche nach Reinigung und zur Messung der Rautiefe benutzt. Bei der Bearbeitung der Zähne mit natürlichen harten Belägen lag die Dauer der Bearbeitung im subjektiven Empfinden des Behandlers. Immer derselbe Behandler reinigte die Zähne im Sinne einer geschlossenen Kürettage, bis er subjektiv glaubte, eine vollständige Reinigung erzielt zu haben. Die dazu notwendige Zeit wurde gemessen und der Erfolg anschließend rasterelektronenmikroskopisch sowie profilometrisch beurteilt. Zur Bearbeitung der Zähne mit künstlichen Konkrementen wurde eine maximale Bearbeitungszeit von 8min/Zahn vorgegeben, die Reinigung der Wurzeloberflächen erfolgte entsprechend als geschlossene Kürettage, anschließend wurde die Effizienz der Reinigung bewertet. Dazu wurden von jedem Zahn vier Fotos (jeweils mesial, distal, vestibulär und oral) vor und nach der Bearbeitung angefertigt. Die mit Konkrementen bedeckten Wurzeloberflächen wurden auf Klarsichtfolie übertragen und der

prozentual verbliebene Anteil an Konkrementen rechnerisch ermittelt und computergestützt berechnet.

Der *zweite Versuchskomplex* beschäftigte sich mit der Messung des Substanzabtrages, wozu je zu untersuchender Methode fünf plangeschliffene Wurzelhälften hergestellt wurden. Diese wurden unter standardisierten Bedingungen bearbeitet und anschließend ausgewertet.

Die genaue Durchführung der einzelnen Versuchsabschnitte wird in den nachfolgenden Kapiteln detailliert erläutert.



Tab. 3: Systematische Darstellung des Versuchsablaufes

4.2.1 Versuchskomplex I

a) Herstellung der Versuchsklötzchen

In der Untersuchung wurden 100 extrahierte, menschliche Ober- und Unterkiefermolaren gleicher Anzahl verwendet. Diese wurden in physiologischer Kochsalzlösung gelagert. Es wurden 50 Zähne mit natürlichen harten Belägen herausgesucht. Die anderen 50 Zähne besaßen eine saubere Wurzeloberfläche und wurden mit künstlichen Konkrementen (Fa. KaVo, Biberach) beschickt, so dass die Wurzeln zu 100% bedeckt waren.

Da die bisherigen Untersuchungen an extrahierten Zähnen ohne Fixierung erfolgten, wurde eigens ein Klötzchen entwickelt, welches die Situation im Mund nachahmte. Es wurde Wert darauf gelegt, dass die Zähne im approximalen Kontakt standen, im apikalen Drittel fixiert waren und der Sulcus für die Reinigung zugänglich war.

Für die Wurzelreinigung wurden je fünf Zähne in Klötzchen fixiert. Dazu erfolgte die Aufteilung in der Art, dass jedes Klötzchen die gleiche Anzahl an OK- und UK-Molaren enthielt. Die jeweils zehn Klötzchen mit den natürlichen harten Belägen und den künstlichen Konkrementen wurden den zehn Versuchsgruppen zufällig zugeordnet.

Je Versuchsklötzchen wurden fünf Zähne zunächst in approximalen Kontakt gestellt, indem sie mittels Plattenwachs im koronalen und mittleren Drittel miteinander fixiert wurden. Anschließend wurde dieser Block mit einem festen Silikon (Optosil, Fa. Heraeus Kulzer, Hanau) von koronal bis zu 2/3 der Wurzeln abgeformt. Aus dieser Negativform wurde nun das Wachs ausgebrüht und in den entstandenen Hohlräumen ein elastisches Silikon (Adisil, Fa. Siladent) eingefüllt. Nach dem Abbinden des Silikons wurde die Negativform entfernt. Um Stabilität zu erhalten und die apikalen Wurzelspitzen zu fixieren, wurde alles mit festem Silikon (Optosil, Fa. Heraeus Kulzer, Hanau) bis zur klinischen Krone

umschlossen. Das fertige Klötzchen hatte eine Größe von ca. 8cm x 3cm x 3cm (Abb. 11).



Abb. 11: Dargestellt ist ein Versuchsklötzchen, wie es zur Bearbeitung benutzt wurde.

In dieser Art und Weise wurden insgesamt 20 Versuchsklötzchen zu je fünf Molaren angefertigt. Für jedes Bearbeitungsinstrument wurden zwei Versuchsklötzchen hergestellt. Eines enthielt fünf extrahierte menschliche Molaren mit natürlichen harten Belägen und das zweite fünf extrahierte menschliche Molaren mit künstlichen Konkrementen (Fa. KaVo, Biberach), so dass insgesamt zehn Molaren je Instrument bearbeitet wurden. Um die Zähne unter möglichst natürlichen Bedingungen zu bearbeiten, wurden die Versuchsklötzchen während der gesamten Zeit feucht gelagert. Die Zähne waren einzeln herausnehmbar. Die Bearbeitung der Wurzeloberfläche erfolgte ohne Sicht. Das elastische Silikon simulierte eine tiefe Tasche, in der eine instrumentelle Bearbeitung möglich war.

b) Herstellung der Wurzelreplika

Um Veränderungen in der Wurzelmorphologie sichtbar zu machen, wurden vor Behandlungsbeginn und nach erfolgter Reinigung von den Zähnen mit natürlichen harten Belägen Wurzelreplika aus Araldit M[®] (Fa. Merck) hergestellt [SEICHTER & HERFORTH 1980]. Dazu wurden zunächst diese 50 Wurzeln vor der Bearbeitung mit Silikon (Optosil/Xantopren, Fa. Heraeus Kulzer, Hanau) mittels Zwei-Phasen-Abformtechnik abgeformt, um eine möglichst genaue Darstellung der Wurzeloberfläche zu erhalten. In gleicher Art und Weise wurde mit den bearbeiteten Molaren verfahren. In die Negative wurde nun das Araldit blasenfrei eingebracht. Die fertigen Replika konnten für die REM-Aufnahmen genutzt werden.

c) Anfertigung der REM-Bilder

Die aus Araldit hergestellten Wurzelreplika wurden mit dem Sputter Coater (Bio-Rad Microscience Division, Watford Hertfordshire, GB) mit einer Goldschicht überzogen. Jedes Aralditreplika wurde durchgemustert und die Bereiche mit typischen Bearbeitungsspuren fotografiert. Die Anfertigung der REM-Bilder erfolgte in 50facher Vergrößerung mittels des Rasterelektronenmikroskops Digital Scanning Microscope DSM 940 (Zeiss, Oberkochen).

d) Reinigung und Zeitmessung

Die fünf Zähne jeder Gruppe mit natürlichen harten Belägen wurden mit den verschiedenen Methoden gereinigt. Je Zahn wurde die Zeit gemessen, die zur vollständigen Reinigung benötigt wurde. Entscheidend war der subjektive Eindruck des Behandlers durch Tasten mit der

Parodontalsonde. Anschließend wurde jeder Zahn aus dem Klötzchen entnommen, um zu überprüfen, ob die vollständige Reinigung gelungen war. Die Zeiten aller fünf Zähne wurden jeweils gemittelt.

e) Messung der Reinigungseffizienz

Die Reinigungseffizienz wurde an den 50 Zähnen mit künstlichen Konkrementen bewertet, da diese einheitlich vor der Bearbeitung zu 100% mit Konkrementen bedeckt waren. Um die Reinigung unter klinisch übertragbaren Bedingungen zu bewerten, wurde eine Maximalzeit von 8 min/Zahn vorgegeben. Die Zeit, die der Behandler benötigte, bis er den subjektiven Eindruck der vollständigen Reinigung hatte und unter klinischen Bedingungen die Behandlung beendet hätte, wurde pro Zahn zusätzlich gemessen. Anschließend wurde der tatsächliche Grad der Reinigung der verschiedenen Zahnflächen beurteilt, der in dieser Zeit erreicht wurde. Die Effizienz wurde für die Zähne einzeln und an den verschiedenen Zahnflächen getrennt beurteilt, um somit die Effektivität der einzelnen Bearbeitungsmethoden zu beurteilen [TAKACS et al. 1993, HAHNE et al. 2000]. Um die Reinigungseffizienz darzustellen, wurde jeder Zahn sowohl vor als auch nach der Bearbeitung fotografisch in identischer Position und mit gleichem Abstand von ca. 10 cm festgehalten. Pro Zahn wurden vier Flächen (mesial, distal, vestibulär und oral) beurteilt. Dazu wurden zunächst pro Zahn vier Silikonschlüssel (je abzulichtende Fläche: mesial, distal, vestibulär, oral) hergestellt, die es ermöglichten, den jeweiligen Zahn auch nach der Bearbeitung wieder exakt in die gleiche Position zurückzusetzen. Von jedem Zahn wurden dann je vier Aufnahmen vor und nach der Reinigung mittels Spiegelreflexkamera mit Medical-Objektiv und Stativ angefertigt. An der Wurzel wurde der Taschenfundus markiert, da die Wurzelspitzen fixiert und nicht der Reinigung zugänglich waren.

Die auf den Fotos sichtbaren, mit Konkrementen bedeckten Wurzeloberflächen, die der Reinigung zugänglich waren, wurden mittels eines wasserfesten schwarzen Stiftes auf eine Klarsichtfolie durchgezeichnet. Auf diese Weise entstand eine Folie mit der Wurzelfläche, die zu 100% mit Konkrementen bedeckt war, wie es in Abb. 12 gezeigt ist und eine weitere Folie mit den nach der Reinigung verbliebenen Restkonkrementen, wie in Abb. 13 zu sehen. Diese Folien wurden gescannt (Bear Paw 2400CU, Mustek), und im Photoshop-Programm (Version 5.5) wurde im Graustufenmodus die entsprechende Anzahl der jeweils schwarzen Pixel ermittelt. Danach wurden die Pixel der jeweiligen Fläche nach der Bearbeitung von denen vor der Bearbeitung computergestützt subtrahiert und prozentual berechnet. Jeweils die mesiale und distale Fläche eines Zahnes wurde als Approximalfläche zusammengefasst, sowie die bukkale und orale Fläche als Glattfläche. Der Furkationseingang wurde in die dazugehörige Fläche mit einbezogen. Die Werte der jeweiligen Flächen wurden für die entsprechende Bearbeitungsmethode zusammengefasst und gemittelt. Die Angabe des verbliebenen Anteils an Konkrementen erfolgte für die Approximalflächen, die Glattflächen sowie die Gesamtflächen in Prozent.

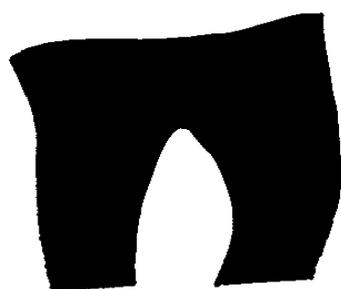


Abb. 12: Dargestellt ist eine Wurzelfläche vor der Bearbeitung, die zu 100% mit Konkrementen bedeckt ist.



Abb. 13: Die gleiche Fläche zeigt nun den Anteil an verbliebenen Restkonkrementen nach der Bearbeitung.

f) Rautiefenmessung

Die Oberflächenveränderungen nach der instrumentellen Bearbeitung der Zähne mit natürlichem Zahnstein wurden mittels eines mechanischen Profilometers (Perthometer S8P der Fa. Perthen) ausgewertet. Gemessen wurde die mittlere Rautiefe (R_z), die den Mittelwert aus den Einzelrautiefen drei aufeinanderfolgender Einzelmessstrecken im Rauheitsprofil angibt. Um die einzelnen Bearbeitungsmethoden besser beurteilen zu können, erfolgten die Messungen an wiederum sechs verschiedenen Flächen der Wurzel. Anschließend wurden die mesialen und distalen Flächen als Approximalflächen und die bukkalen und oralen Flächen als Glattflächen zusammengefasst. Die gemittelte Rautiefe R_z wurde somit für die Glattflächen, die Approximalflächen, die Furkationseingänge und die Wurzelinnenseiten bestimmt. Für die Messung an der Innenseite der Wurzel wurde zuvor der Zahn im Furkationsbereich aufgesägt. Je Methode wurde ein zufällig ausgewählter Zahn aus der Versuchsreihe gemessen. Die Messungen wurden je Messstrecke dreimal wiederholt und daraus ein Mittelwert gebildet.

4.2.2 Versuchskomplex II

a) Herstellung der Objektträger

Um den Substanzabtrag messen zu können, wurden in einem zweiten Versuchsteil je zu untersuchender Methode fünf plangeschliffene Wurzelhälften hergestellt. Dazu erfolgte eine Trennung der Molaren in der Furkation mit der EXAKT-Bandsäge (Norderstedt) in Anlehnung an das von DONATH (1985) beschriebene Verfahren. Danach wurden die einzelnen Wurzelhälften auf Objektträger mit Sekundenkleber aufgeklebt, auf einem EXAKT-Schleifteller planparallel geschliffen und anschließend poliert.

b) Substanzabtragsmessung

Mittels einer Mikrometerschraube wurde die Dicke jeder planparallel geschliffenen Wurzelhälfte inklusive dem Objektträger sechsmal an verschiedenen Stellen vor dem Bearbeitungsbeginn ausgemessen. Dann erfolgte die Bearbeitung mit den zehn Methoden mit einer konstanten Anzahl von Arbeitshüben (20 Hübe je Wurzelhälfte) und konstantem Anpressdruck, der mit Hilfe einer Briefwaage mehrmals überprüft wurde. Anschließend wurden die bearbeiteten Wurzelhälften erneut sechsmal ausgemessen und die Differenz aus beiden Messungen ermittelt. Somit konnte der Substanzabtrag der einzelnen Bearbeitungsmethoden miteinander verglichen werden. Da für die Untersuchung nur die Höhenabnahme interessant war, wurden die Messungen in μm angegeben.

4.3 Statistische Auswertung

Alle Messdaten wurden mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogramms MICROSOFT EXEL 2000 dokumentiert und einer Plausibilitätskontrolle unterzogen.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS / PC+ (Version 10.1.3) auf einem Signifikanzniveau von $\alpha < 0,05$. Messwertunterschiede wurden durch parametrische Verfahren differenziert. Zum Vergleich der Gruppen gegeneinander kam der einfaktorielle ANOVA-Test für mehrere unverbundene Stichproben zum Einsatz. Die berechneten Ergebnisse wurden einer Messwertkorrektur nach BONFERRONI unterzogen.

5. Ergebnisse

5.1 Strukturänderung der Wurzeloberfläche

Die REM-Aufnahmen verdeutlichten Strukturunterschiede zwischen den einzelnen Verfahren. Alle Bearbeitungsinstrumente zeigten eine weitestgehende Glättung der zuvor groben und scholligen Struktur der unbehandelten Wurzeloberfläche. Auf der Abb. 14 ist diese zu erkennen.

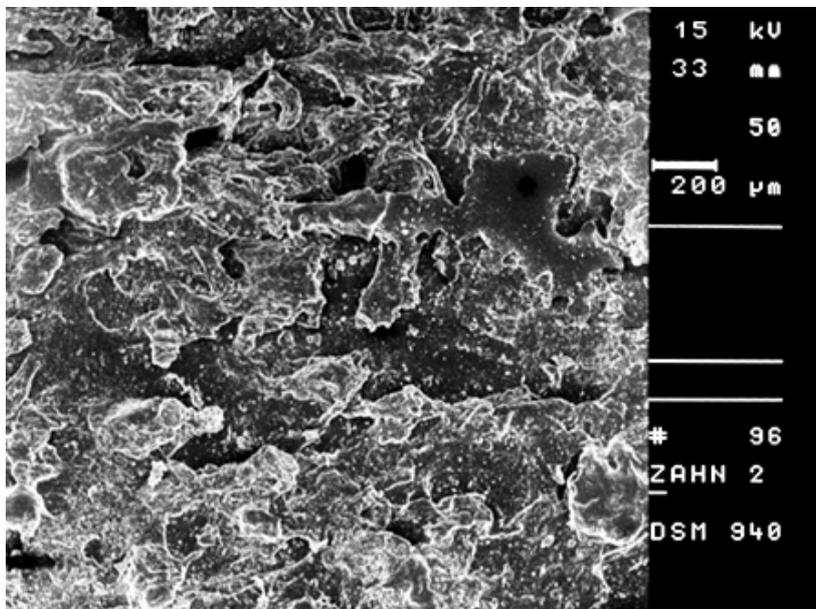


Abb. 14: Rasterelektronenmikroskopische Darstellung einer unbehandelten Wurzeloberfläche bei 50facher Vergrößerung.

Die rotierenden Instrumente hinterließen eine glatte Oberfläche. Es wurden zum Teil in Arbeitsrichtung verlaufende Rillen sichtbar, die beim Perio Set[®] (Abb. 16) deutlicher ausgeprägt sind als beim Desmo-Clean[®] (Abb. 15). Stellenweise zeigten sich kleine Löcher.

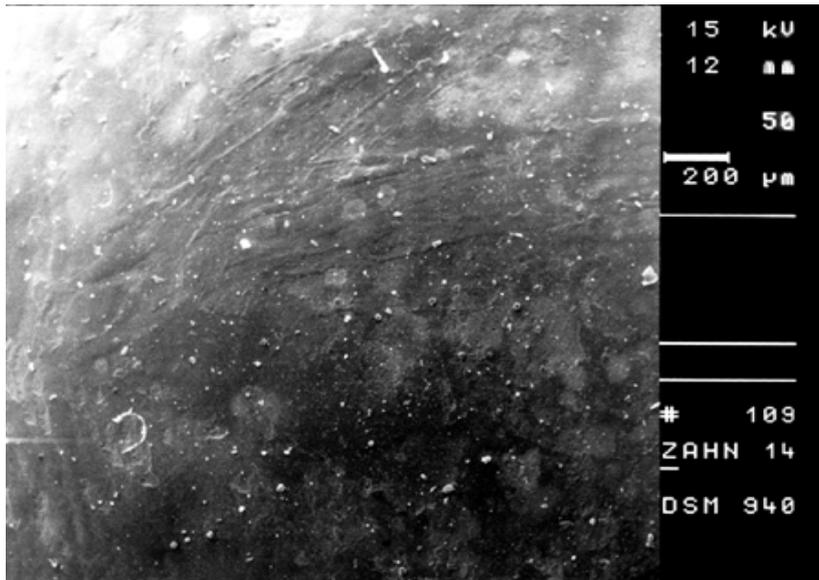


Abb. 15: REM-Aufnahme der mit den Desmo-Clean® bearbeiteten Wurzeloberfläche (50fache Vergrößerung).

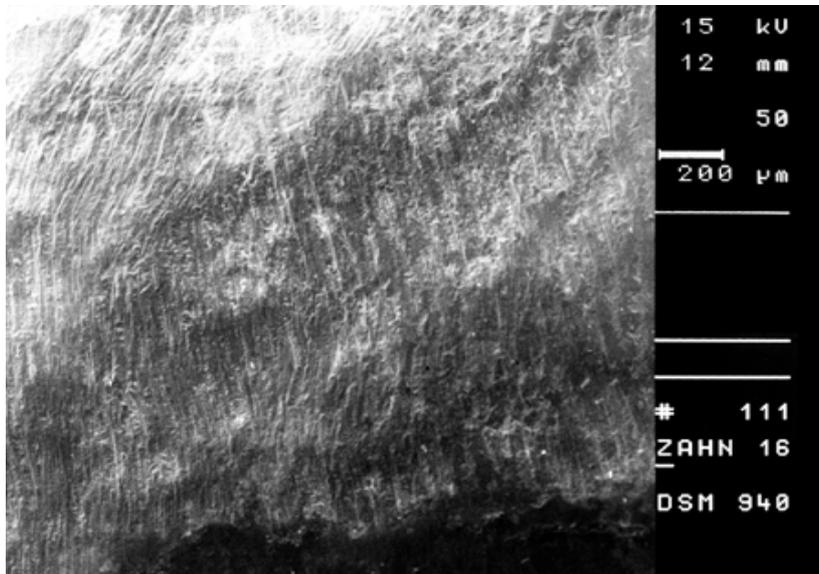


Abb. 16: REM-Aufnahme der mit dem Perio Set® bearbeiteten Wurzeloberfläche (50fache Vergrößerung).

Die Ultraschallgeräte verursachten meist eine leicht gestippte Oberfläche, welche teilweise Beschädigungen aufwies. Beim Cavitron™ JET (Abb. 17) erschien die Oberfläche etwas gestipelt mit zum Teil ungeordnet verlaufenden Rillen. Der Piezon® Master 400 (Abb. 18) zeigte eine relativ glatte Oberfläche mit einigen wellenförmigen Rillen und kleinen Löchern. Der Suprasson P-Max™ mit glatten Ansätzen (Abb.19) wies eine regelmäßiger gestippte Oberfläche auf. Im Gegensatz dazu zeigte der Suprasson P-Max™ mit diamantierten Ansätzen (Abb. 20) teilweise kleine Mulden und Löcher in der Oberfläche.

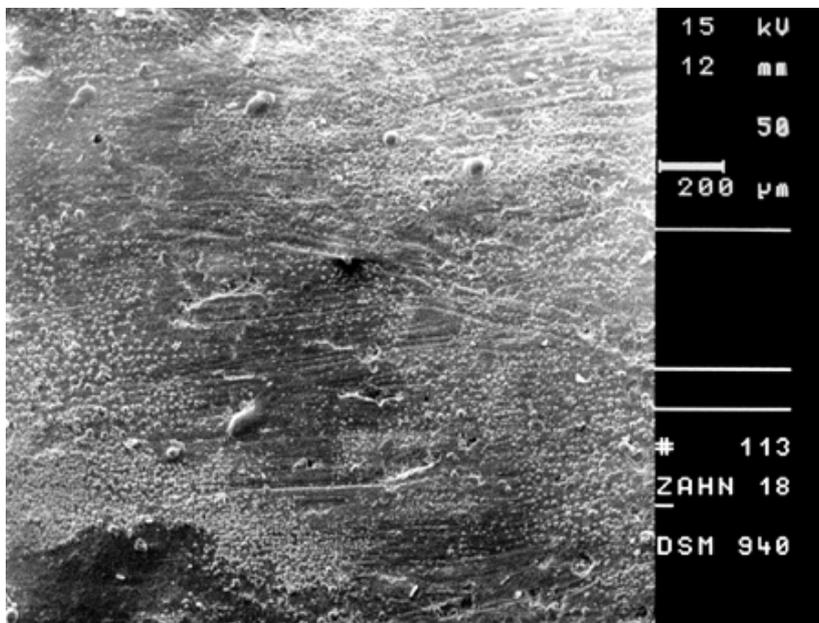


Abb. 17: REM-Aufnahme der mit dem Cavitron™ JET bearbeiteten Wurzeloberfläche (50fache Vergrößerung).

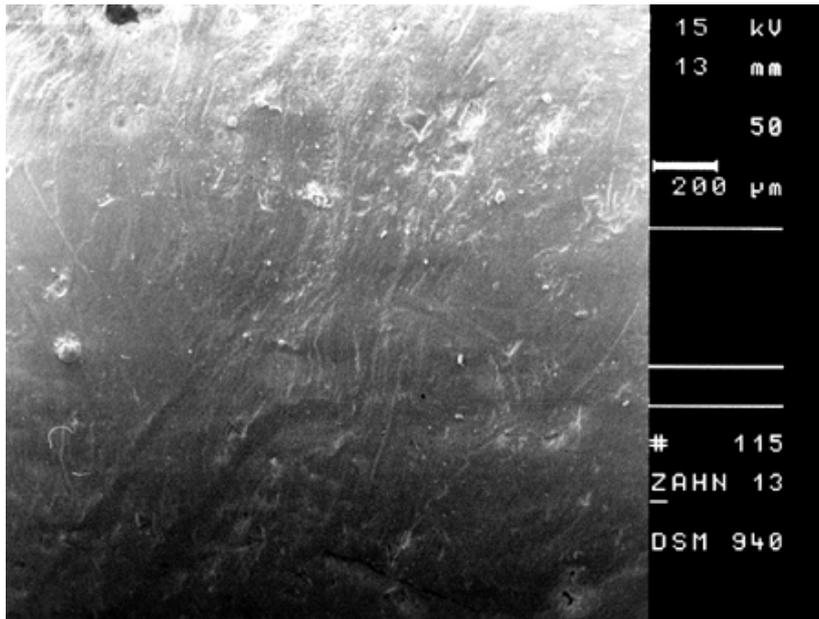


Abb. 18: REM-Aufnahmen der mit dem Piezon® Master 400 bearbeiteten Wurzeloberfläche (50fache Vergrößerung).

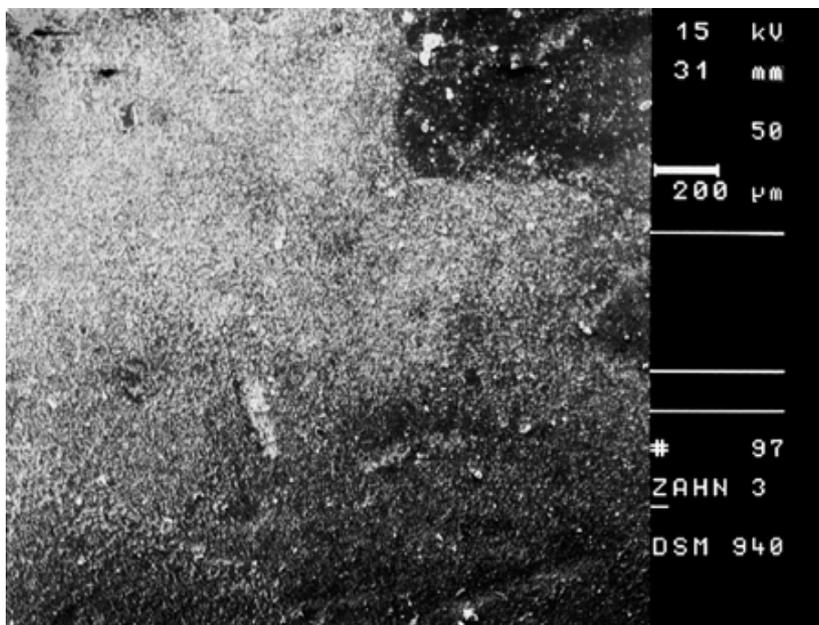


Abb. 19: REM-Aufnahme der mit dem Suprasson P-Max™ mit glatten Ansätzen bearbeiteten Wurzeloberfläche (50fache Vergrößerung).

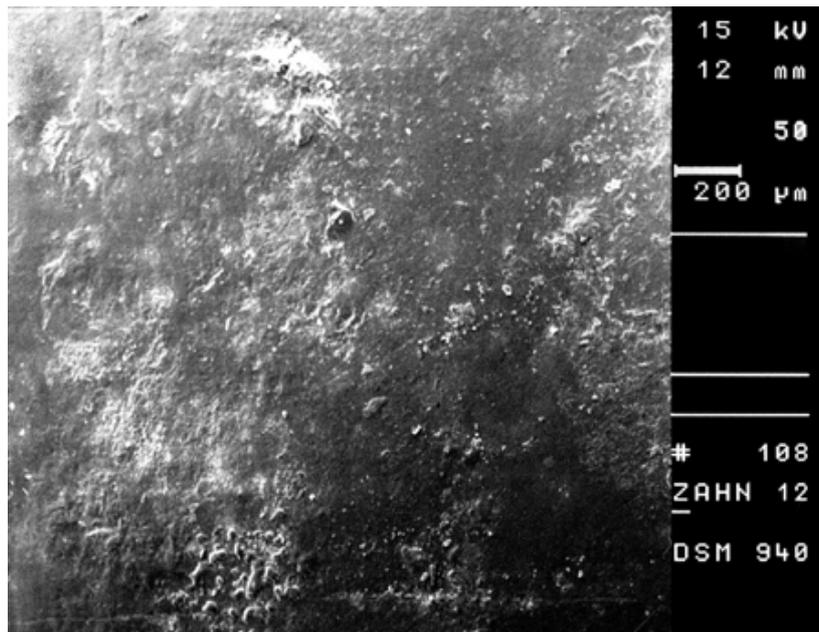


Abb. 20: REM-Aufnahme der mit dem Suprasson P-Max™ mit diamantierten Ansätzen bearbeiteten Wurzeloberfläche (50fache Vergrößerung).

Die Schallinstrumente erzeugten tiefe Arbeitsspuren auf der Wurzeloberfläche. So zeigte der SONICflex® 2000 mit glatten Ansätzen (Abb. 21) ungerichtete Kratzer und stellenweise Mulden und Löcher. Deutlicher wurden die Arbeitsspuren beim SONICflex® 2000 mit diamantierten Ansätzen (Abb. 22). Hier zeigten sich tiefe wellenförmig und unregelmäßig verlaufende Rillen in Arbeitsrichtung. Das Vector®-Gerät hinterließ eine grobe Struktur mit tiefen, breiten in Längsrichtung verlaufenden Kratzern und Mulden (Abb. 23).

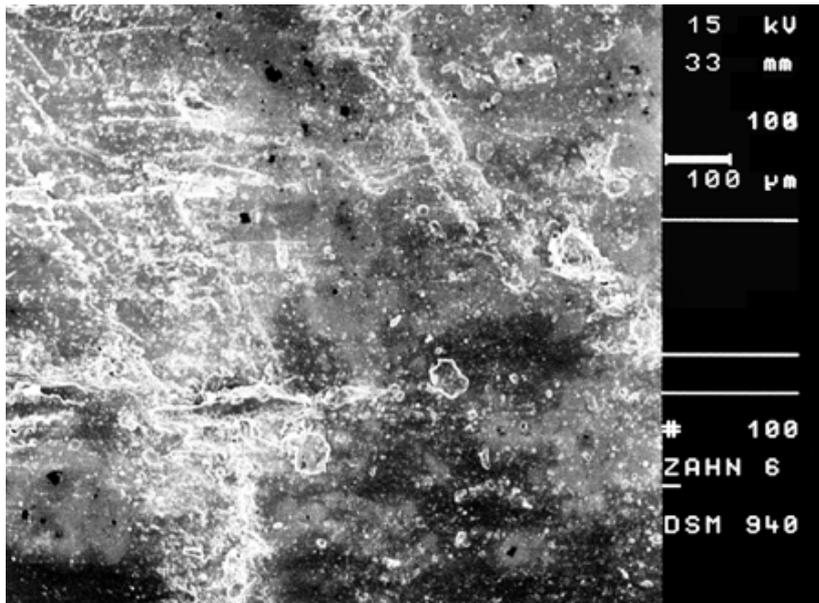


Abb. 21: REM-Aufnahme der mit dem SONICflex® 2000 mit glatten Ansätzen bearbeiteten Wurzeloberfläche (50fache Vergrößerung).

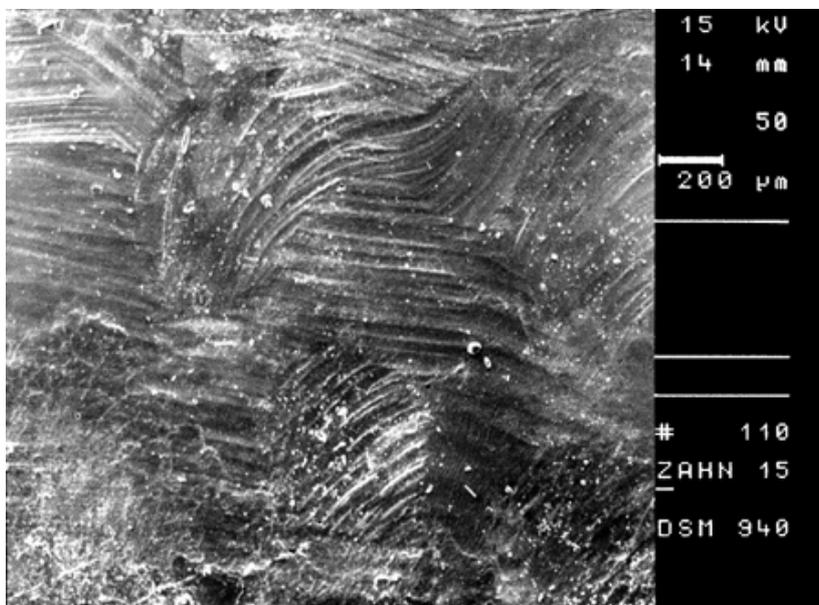


Abb. 22: REM-Aufnahme der mit dem SONICflex® 2000 mit diamantierten Ansätzen bearbeiteten Wurzeloberfläche (50fache Vergrößerung).

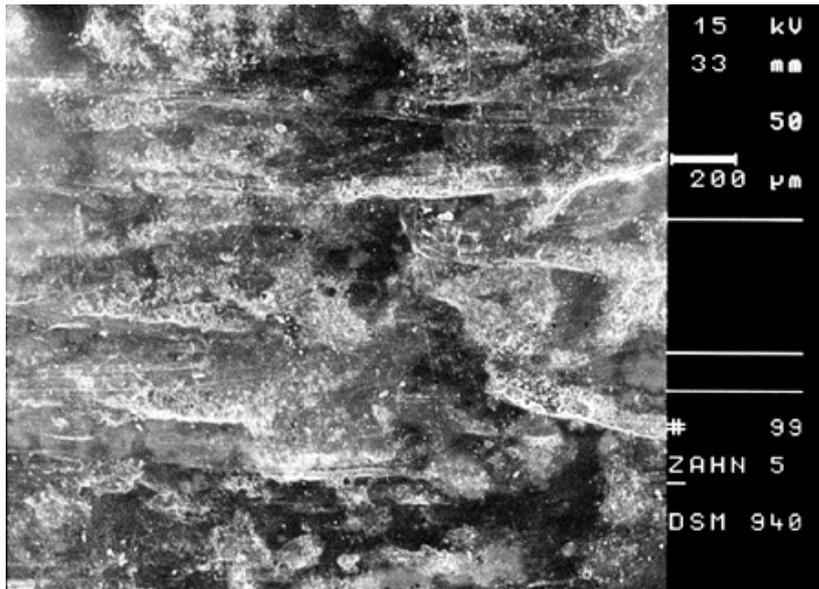


Abb. 23: REM-Aufnahme der mit dem Vector® bearbeiteten Wurzeloberfläche (50fache Vergrößerung).

Die Gracey-Küretten hinterließen auf der Wurzeloberfläche Kratzer, die in Arbeitsrichtung verlaufen (Abb. 24).

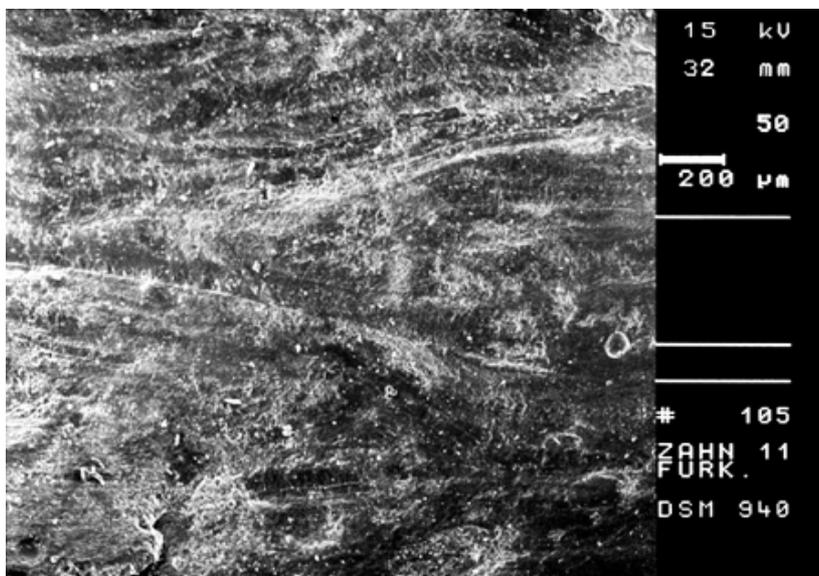


Abb. 24: REM-Aufnahme der mit den Gracey-Küretten bearbeiteten Wurzeloberfläche (50fache Vergrößerung).

5.2 Rauigkeit bezogen auf die einzelnen Wurzeloberflächen

Im approximalen Bereich wiesen die meisten Bearbeitungsmethoden mit einer mittleren Rautiefe von ca. 5 μm keine signifikanten Unterschiede auf. Nur für den Vector mit durchschnittlich 20 μm zeichneten sich leicht signifikante Abweichungen im R_z -Wert zum Perio Set[®], zum Piezon[®] Master 400 und zum SONICflex[®] 2000 L/N mit glatten und diamantierten Ansätzen ab. Cavitron[™]JET mit durchschnittlich 15 μm und Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen mit ca. 7 μm unterschieden sich nicht signifikant von den anderen Gruppen (Abb. 25 und Tab. 4).

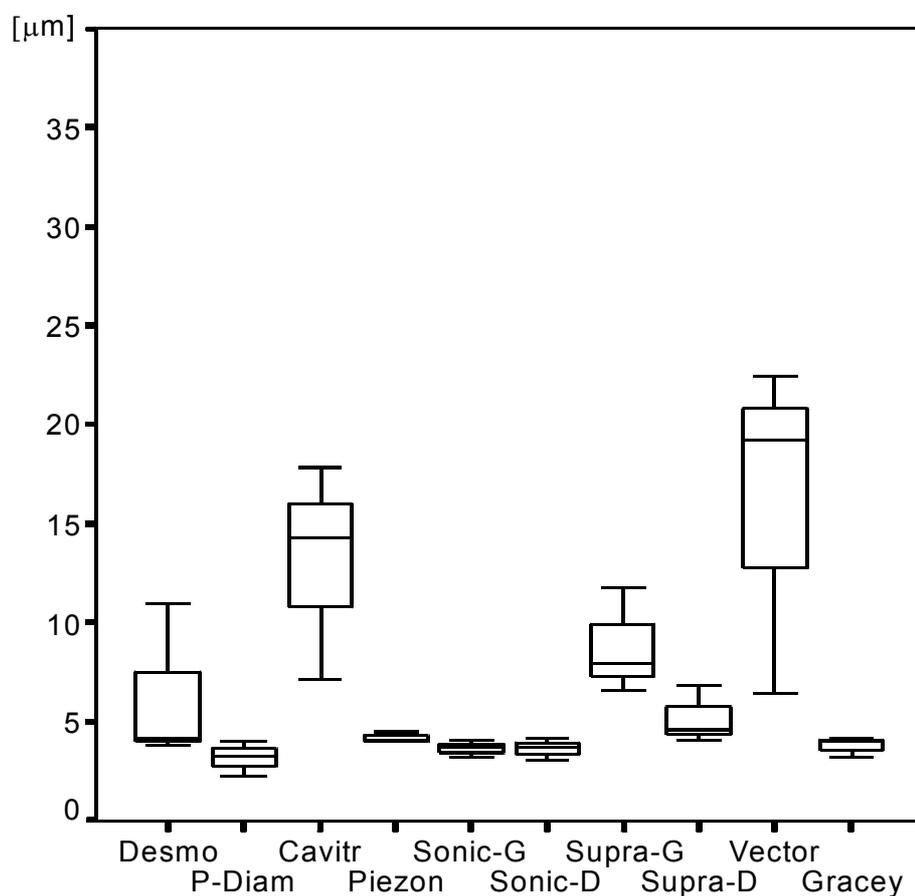


Abb. 25: Rauigkeit der einzelnen Bearbeitungsmethoden im Approximalbereich, (Desmo=Desmo-Clean[®], P-Diam=Perio Set[®], Cavit=Cavitron[™]JET, Piezon=Piezon[®] Master 400, Sonic-G=SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen, Sonic-D=SONICflex[®] 2000 mit diamantierten Ansätzen, Supra-G=Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen, Supra-D=Suprasson P-Max[™] mit diamantierten Ansätzen, Vector=Vector[®], Gracey=Gracey-Küretten).

Im Folgenden ist die Signifikanztabelle für die Rauigkeit im Approximalbereich aufgeführt.

| | Desmo | Perio | Cavitron | Piezon | Sonic-G | Sonic-D | Supra-G | Supra-D | Vector | Gracey |
|--------------------|-------|-------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Desmo | | | | | | | | | | |
| Clean | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Perio Set | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | * | n.s. |
| Cavitron | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Piezon | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | * | n.s. |
| Sonicflex glatt | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | * | n.s. |
| Sonicflex diam. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | * | n.s. |
| Supra glatt | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. |
| Supra diam. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. |
| Vector | n.s. | * | n.s. | * | * | * | n.s. | n.s. | | n.s. |
| Gracey | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | |

Tab. 4: Die signifikanten Unterschiede zwischen den Rauigkeiten, die die verschiedenen Reinigungsmethoden im Approximalbereich erzeugten, sind aufgelistet (n.s. $p > 0,05$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

Im Bereich der Glattflächen zeigten das Perio Set[®] und das Vector[®]-Gerät eine leicht signifikante Abweichung zum SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen. Dabei schwankten die Ergebnisse der Rauigkeiten zwischen durchschnittlich 4 µm für den SONICflex[®] 2000 mit glattem Ansatz und 17 µm bzw. 18 µm für das Perio Set[®] bzw. das Vector[®]-Gerät. Alle anderen Bearbeitungsmethoden unterschieden sich im R_z-Wert nicht signifikant voneinander (Abb. 26 und Tab. 5).

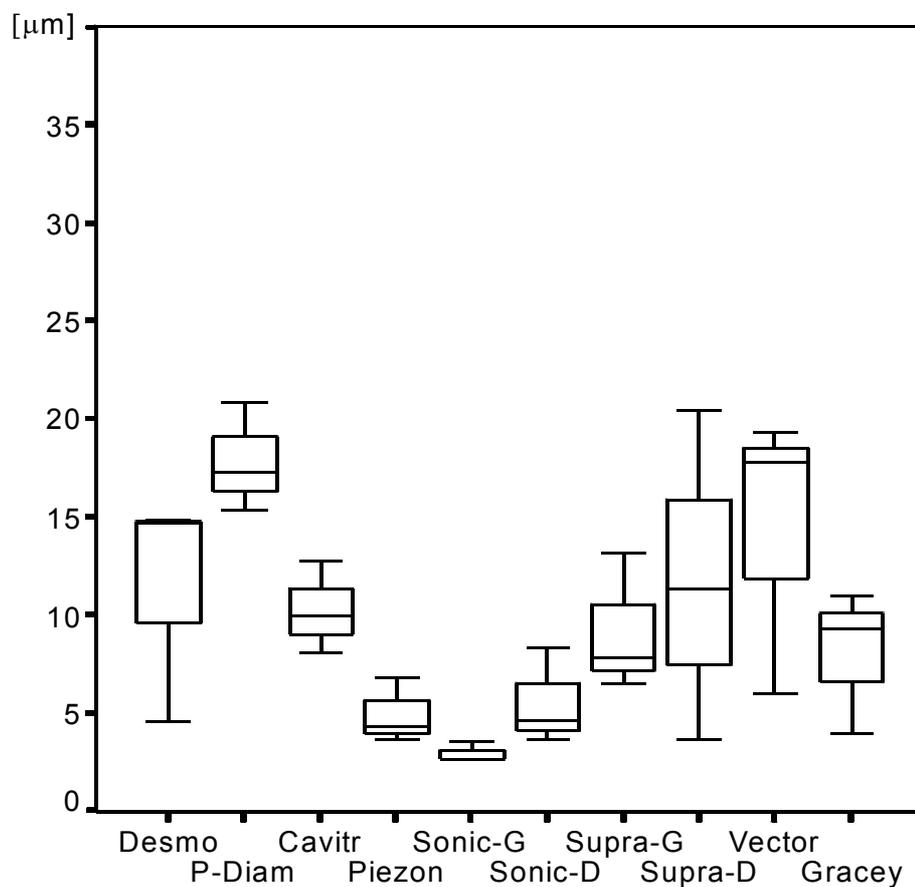


Abb. 26: Rauigkeit der einzelnen Bearbeitungsmethoden im Bereich der Glattflächen, (Desmo=Desmo-Clean[®], P-Diam=Perio Set[®], Cavitron=Cavitron[™] JET, Piezon=Piezon[®] Master 400, Sonic-G=SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen, Sonic-D=SONICflex[®] 2000 mit diamantierten Ansätzen, Supra-G=Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen, Supra-D=Suprasson P-Max[™] mit diamantierten Ansätzen, Vector=Vector[®], Gracey=Gracey-Küretten).

Nachfolgend sind die Signifikanzen im Glattflächenbereich tabellarisch aufgeführt.

| | Desmo | Perio | Cavitron | Piezon | Sonic-G | Sonic-D | Supra-G | Supra-D | Vector | Gracey |
|-------------|-------|-------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Desmo | | | | | | | | | | |
| Clean | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Perio Set | n.s. | | n.s. | n.s. | * | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Cavitron | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Piezon | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Sonicflex | | | | | | | | | | |
| glatt | n.s. | * | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Sonicflex | | | | | | | | | | |
| diam. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Supra glatt | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. |
| Supra diam. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. |
| Vector | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. |
| Gracey | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | |

Tab. 5: Die signifikanten Unterschiede zwischen den Rauigkeiten, die die verschiedenen Reinigungsmethoden im Glattflächenbereich erzeugten, sind aufgelistet (n.s. $p > 0,05$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

Nach der Bearbeitung der Wurzelinnenseite zeichneten sich leichte Signifikanzen für das Perio Set[®] zum Desmo-Clean[®], zum SONICflex[®] 2000 sowohl mit glatten als auch mit diamantierten Ansätzen und zum Suprasson P-Max[™] mit diamantierten Ansätzen ab. Die größten Rauigkeiten verblieben nach der Bearbeitung mit den Perio Set[®]-Diamanten, 26 μm , dem Cavitron[™]Jet, 14 μm , und den Gracey-Küretten, 10 μm . Alle übrigen Verfahren erzielten Rauigkeiten zwischen 4 μm und 8 μm und unterschieden sich nicht signifikant voneinander (Abb. 27 und Tab. 6).

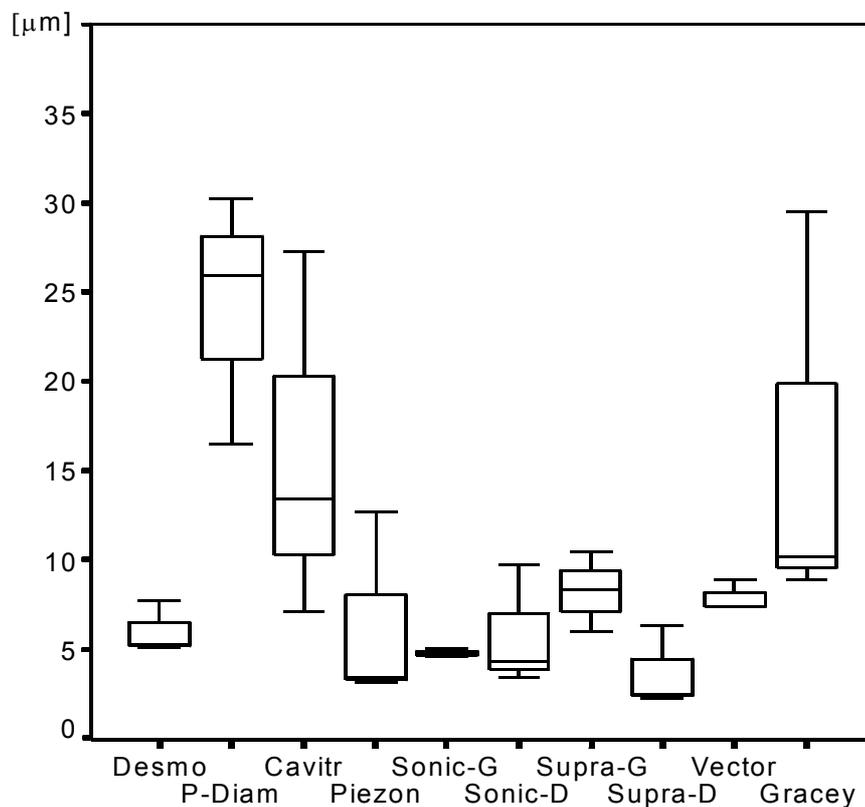


Abb. 27: Rauigkeit der einzelnen Bearbeitungsmethoden im Bereich der Wurzelinnenseite, (Desmo=Desmo-Clean[®], P-Diam=Perio Set[®], Cavitr=Cavitron[™] JET, Piezon=Piezon[®] Master 400, Sonic-G=SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen, Sonic-D=SONICflex[®] 2000 mit diamantierten Ansätzen, Supra-G=Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen, Supra-D=Suprasson P-Max[™] mit diamantierten Ansätzen, Vector=Vector[®], Gracey=Gracey-Küretten).

Die Signifikanztabelle für den Bereich der Wurzelinnenseite ist nachfolgend aufgeführt.

| | Desmo | Perio | Cavitron | Piezon | Sonic-G | Sonic-D | Supra-G | Supra-D | Vector | Gracey |
|-------------|-------|-------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Desmo | | | | | | | | | | |
| Clean | | * | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Perio Set | * | | n.s. | n.s. | * | * | n.s. | * | n.s. | n.s. |
| Cavitron | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Piezon | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Sonicflex | | | | | | | | | | |
| glatt | n.s. | * | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Sonicflex | | | | | | | | | | |
| diam. | n.s. | * | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Supra glatt | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. |
| Supra | | | | | | | | | | |
| diam. | n.s. | * | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. |
| Vector | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. |
| Gracey | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | |

Tab. 6: Die signifikanten Unterschiede zwischen den Rauigkeiten, die die verschiedenen Reinigungsmethoden im Bereich der Wurzelinnenseite erzeugten, sind aufgelistet (n.s. $p > 0,05$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

Im Furkationsbereich wies der Suprasson P-Max™ mit glatten Ansätzen mit 30 µm den höchsten R_z-Wert auf und unterschied sich hochsignifikant zum Desmo-Clean® mit 7 µm, zum Perio Set® mit 3 µm, zum Cavitron™JET mit 8 µm, zum Piezon® Master 400 mit 8 µm, zum SONICflex® 2000 mit glatten Ansätzen mit 7 µm und zum Suprasson P-Max™ mit diamantierten Ansätzen mit 4 µm, sowie signifikant zum SONICflex® 2000 mit diamantierten Ansätzen mit 16 µm. Ebenso zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen Vector® und Perio Set®. Des Weiteren wurden leichte Signifikanzen von Vector® zum Desmo-Clean®, zum SONICflex® 2000 mit glatten Ansätzen und zum Suprasson P-Max™ mit diamantierten Ansätzen sichtbar (Abb. 28 und Tab. 7).

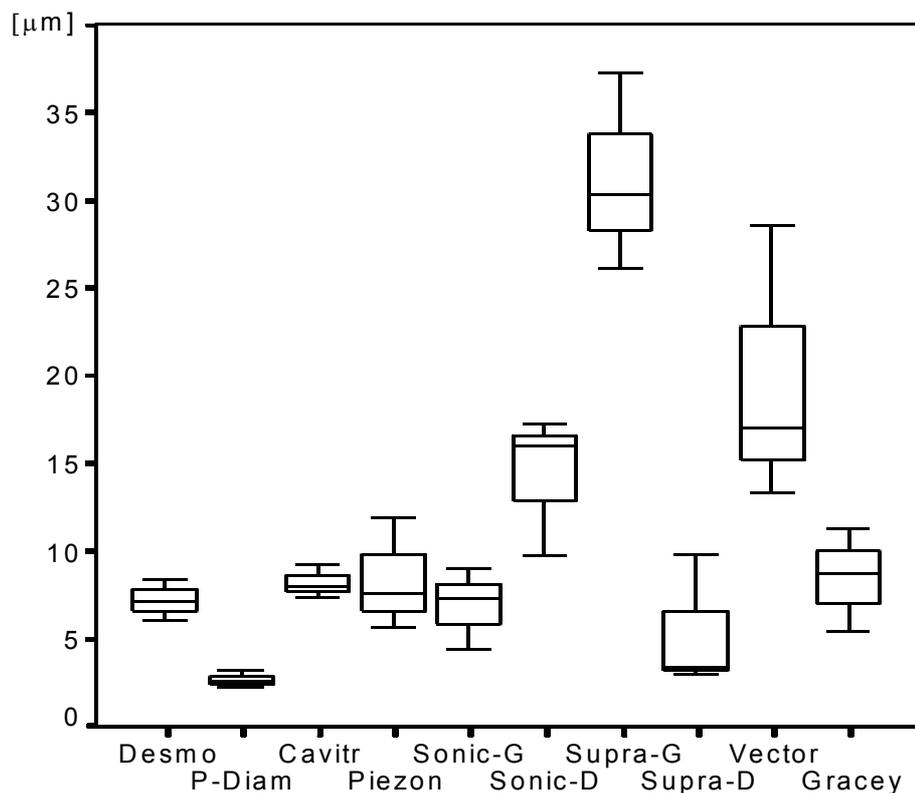


Abb. 28: Rauigkeit der einzelnen Bearbeitungsmethoden im Furkationsbereich, (Desmo=Desmo-Clean®, P-Diam=Perio Set®, Cavit=Cavitron™ JET, Piezon=Piezon® Master 400, Sonic-G=SONICflex® 2000 mit glatten Ansätzen, Sonic-D=SONICflex® 2000 mit diamantierten Ansätzen, Supra-G=Suprasson P-Max™ mit glatten Ansätzen, Supra-D=Suprasson P-Max™ mit diamantierten Ansätzen, Vector=Vector®, Gracey=Gracey-Küretten).

Im Folgenden ist die Signifikanztabelle für den Furkationsbereich aufgeführt.

| | Desmo | Perio | Cavitron | Piezon | Sonic-G | Sonic-D | Supra-G | Supra-D | Vector | Gracey |
|-------------|-------|-------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Desmo | | | | | | | | | | |
| Clean | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | *** | n.s. | * | n.s. |
| Perio Set | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | *** | n.s. | ** | n.s. |
| Cavitron | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | *** | n.s. | n.s. | n.s. |
| Piezon | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | *** | n.s. | n.s. | n.s. |
| Sonicflex | | | | | | | | | | |
| glatt | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | *** | n.s. | * | n.s. |
| Sonicflex | | | | | | | | | | |
| diam. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | ** | n.s. | n.s. | n.s. |
| Supra glatt | *** | *** | *** | *** | *** | ** | | *** | n.s. | n.s. |
| Supra diam. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | *** | | * | n.s. |
| Vector | * | ** | n.s. | n.s. | * | n.s. | n.s. | * | | n.s. |
| Gracey | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | |

Tab. 7: Die signifikanten Unterschiede zwischen den Rauigkeiten, die die verschiedenen Reinigungsmethoden im Bereich der Furkation erzeugten, sind aufgelistet (n.s. $p > 0,05$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

Bei der Betrachtung der gemittelten Rauigkeiten der Zahnflächen insgesamt fiel eine Variationsbreite zwischen 4 μm minimal für den Piezon[®] Master 400, den SONICflex[®] 2000 mit glatten und diamantierten Ansätzen und dem Suprasson P-Max[™] mit diamantierten Ansätzen und maximal 15 μm für das Vector[®]-Gerät auf. Alle anderen Bearbeitungsmethoden erzielten Rauigkeiten zwischen 6 μm und 10 μm und unterschieden sich in ihrem R_z -Wert nicht signifikant voneinander (Abb. 29 und Tab. 8).

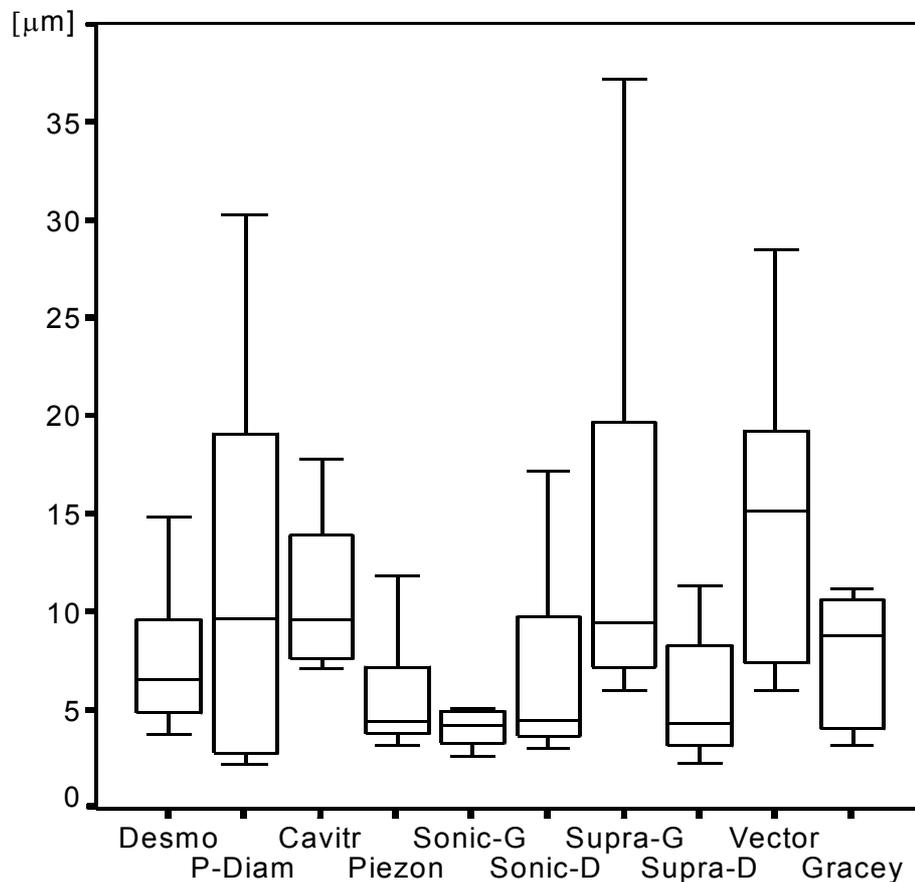


Abb. 29: Rauigkeit der einzelnen Bearbeitungsmethoden bezüglich aller Zahnflächen, (Desmo=Desmo-Clean[®], P-Diam=Perio Set[®], Cavitron=Cavitron[™] JET, Piezon=Piezuon[®] Master 400, Sonic-G=SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen, Sonic-D=SONICflex[®] 2000 mit diamantierten Ansätzen, Supra-G=Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen, Supra-D=Suprasson P-Max[™] mit diamantierten Ansätzen, Vector=Vector[®], Gracey=Gracey-Küretten).

Nachfolgend ist die Signifikanztabelle für die Rauigkeit der gesamten Zahnflächen der einzelnen Bearbeitungsmethoden aufgeführt.

| | Desmo | Perio | Cavitron | Piezon | Sonic-G | Sonic-D | Supra-G | Supra-D | Vector | Gracey |
|-------------|-------|-------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Desmo | | | | | | | | | | |
| Clean | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Perio Set | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Cavitron | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Piezon | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Sonicflex | | | | | | | | | | |
| glatt | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | * | n.s. | * | n.s. |
| Sonicflex | | | | | | | | | | |
| diam. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Supra glatt | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | * | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. |
| Supra diam. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. |
| Vector | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | * | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. |
| Gracey | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | |

Tab. 8: Die signifikanten Unterschiede zwischen den Rauigkeiten der Zahnflächen insgesamt, die die verschiedenen Reinigungsmethoden erzeugten, sind aufgelistet (n.s. $p > 0,05$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

Bei der Betrachtung der Rauigkeiten der rotierenden Instrumente zeigte das Perio Set[®] signifikant rauere Oberflächen im Glattflächenbereich (18 μm) und im Bereich der Furkation (26 μm) im Vergleich zur konventionellen Methode mit Gracey-Küretten (10 μm im Glattflächenbereich, 11 μm im Furkationsbereich). Lediglich im Bereich der Wurzelinnenseite konnten signifikant glattere Oberflächen erzielt werden. Mit dem Desmo-Clean[®] wurden im Furkationsbereich (5 μm) signifikant bessere Ergebnisse im Vergleich zur Gracey-Kürette (11 μm) erreicht. Alle drei Instrumente lieferten die jeweils besten Ergebnisse in ihren Gruppen im Approximalbereich und den Wurzelinnenflächen. Die schlechtesten Ergebnisse wurden für Desmo-Clean[®] an den Glattflächen, für das Perio Set[®] an Glattflächen und Furkationen und für die Gracey-Küretten in den Furkationen erzielt (Abb. 30). Die Signifikanzen wurden in Tab. 9 angegeben.

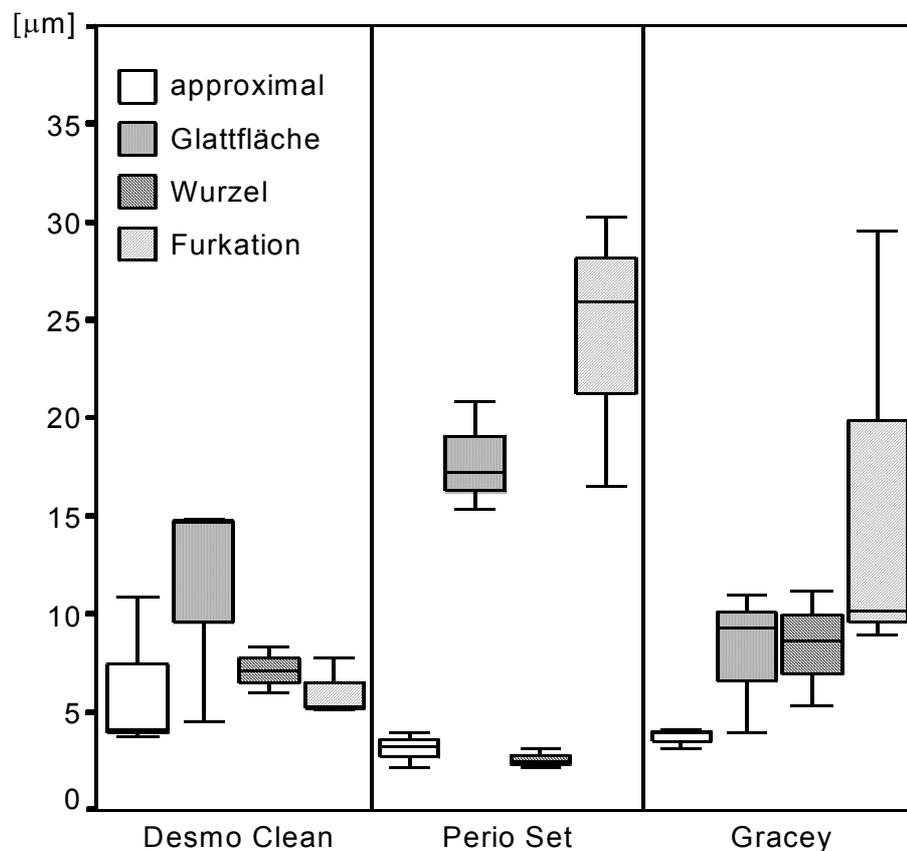


Abb. 30: Vergleich zwischen den rotierenden Instrumenten und den Gracey-Küretten bezüglich der Rauigkeit.

Nachfolgend sind die signifikanten Unterschiede zwischen den Rauigkeiten der verschiedenen Zahnflächen aufgeführt.

| | approx.- Glattfl. | approx.- Wurzel | approx.- Furk. | Glattfl.- Wurzel | Glattfl.- Furk. | Wurzel – Furk. |
|-----------------|----------------------|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| Desmo Clean | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Perio Set | ** | n.s. | ** | ** | n.s. | ** |
| Cavitron | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Piezon | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Sonicflex glatt | n.s. | n.s. | n.s. | * | n.s. | n.s. |
| Sonicflex diam. | n.s. | * | n.s. | * | n.s. | * |
| Supra glatt | n.s. | *** | n.s. | ** | n.s. | *** |
| Supra diam. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Vector | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Gracey | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |

Tab. 9: Die signifikanten Unterschiede zwischen den Rauigkeiten der Zahnflächen untereinander, die die verschiedenen Reinigungsmethoden erzeugten, sind aufgelistet (n.s. $p > 0,05$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

Bei den Ultraschallinstrumenten wiesen das Cavitron™ JET (12 µm) und der Suprasson P-Max™ mit glatten Ansätzen (9µm) signifikant größere Rauigkeiten im approximalen Bereich auf als die Gracey-Küretten (4 µm). Hochsignifikante Unterschiede zeigten sich im Bereich der Wurzelinnenseite zwischen Suprasson P-Max™ mit glatten Ansätzen (30 µm) und den Gracey-Küretten (9 µm). Dabei erzielten die Küretten die glatteren Oberflächen. Bezogen auf alle Flächen zusammen, zeigte sich, dass der Piezon® Master 400 die geringsten Rauigkeiten der getesteten Ultraschallinstrumente aufwies. Im Vergleich zu den Gracey-Küretten waren diese Unterschiede nicht signifikant. Lediglich im Furkationsbereich zeigten die Küretten mit 10 µm leicht signifikant größere Rauigkeiten als der Piezon® Master 400 mit ca. 4 µm. Die Systeme verhielten sich nicht einheitlich: Während für den Piezon® Master 400 und dem Suprasson P-Max™ mit diamantierten Ansätzen die besten Ergebnisse für die Glattflächen und die Furkation gefunden wurden, waren die Rauigkeiten für Cavitron™ JET an diesen Flächen am größten. Beim Suprasson P-Max™ mit glatten Ansätzen wichen die Rauigkeiten für die Wurzelinnenseiten von den sonst einheitlichen Rauigkeiten ab (Abb. 31 und Tab. 9).

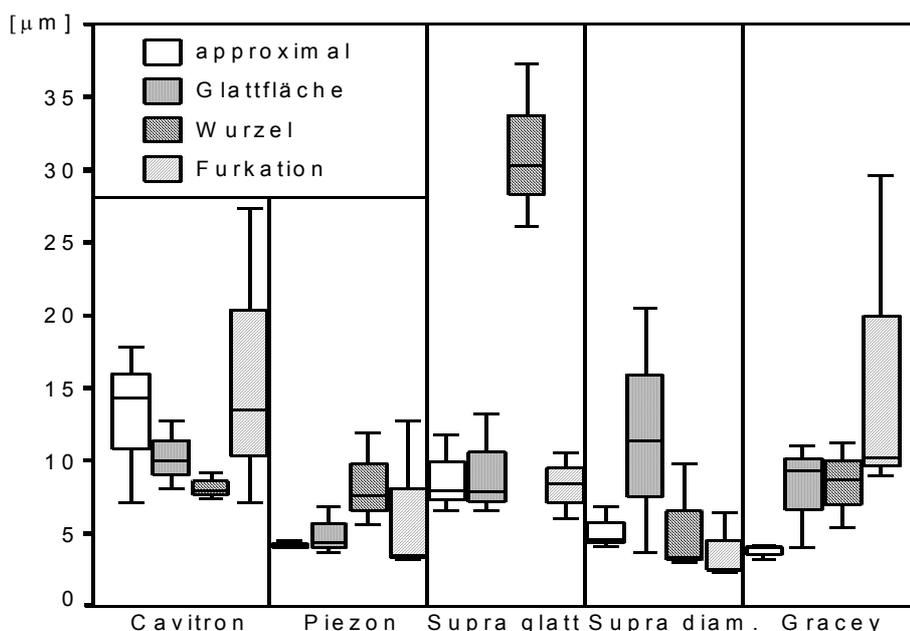


Abb. 31: Vergleich zwischen den Ultraschallinstrumenten und den Gracey-Küretten bezüglich der Rauigkeit.

Bei den Schallgeräten bzw. schwingenden Instrumenten erzielte der SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen signifikant glattere Oberflächen im Glattflächen- (3 μm) und im Furkationsbereich (4 μm) als die Gracey-Küretten (10 μm bzw. 11 μm). Auch der SONICflex[®] 2000 mit diamantierten Ansätzen brachte in diesen Bereichen leicht signifikant bessere Ergebnisse. Die mit dem Vector[®] bearbeiteten Zähne hingegen wiesen mit Ausnahme des Furkationsbereiches an allen anderen Bereichen signifikant rauere Oberflächen auf als die Gracey-Küretten. Insgesamt betrachtet, erzielte der SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen die geringsten Oberflächenrauigkeiten. Im Vergleich der Bereiche wurden beim SONICflex[®] 2000 mit glatten und diamantierten Ansätzen die höchsten Werte für die Wurzelinnenseiten gefunden (8 μm für glatte Ansätze, 16 μm für diamantierte Ansätze), während sich die übrigen Bereiche nicht unterschieden und durchschnittlich 4 μm zeigten. Der Vector[®] lieferte lediglich im Furkationsbereich Rauigkeiten unter 10 μm . Alle anderen Flächen hatten Rauigkeiten zwischen 18 μm und 20 μm (Abb. 32 und Tab. 9).

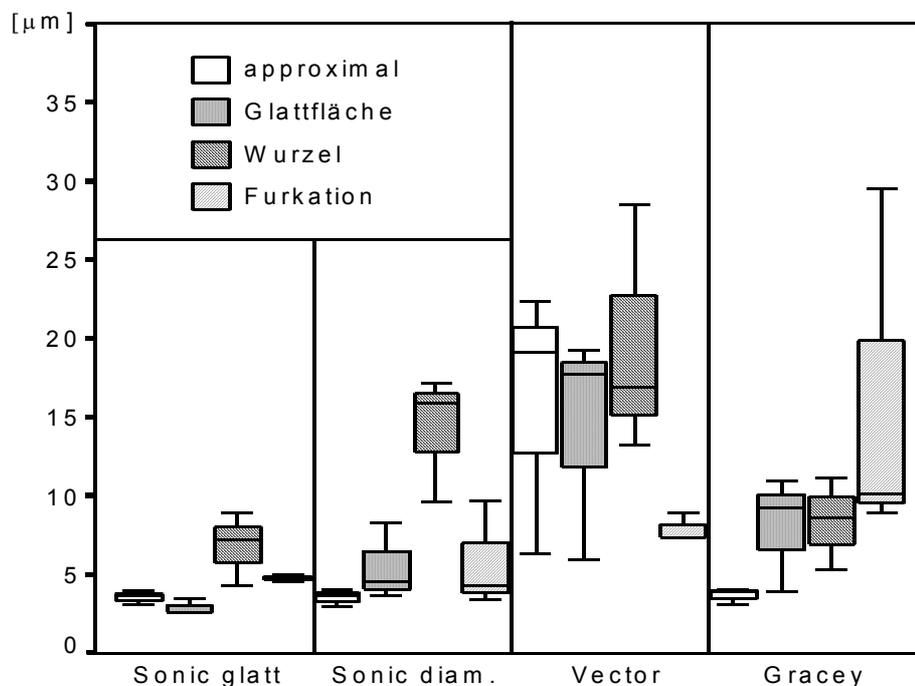


Abb. 32: Vergleich zwischen den Schallgeräten, dem Vector und den Gracey-Küretten bezüglich der Rauigkeit.

5.3 Substanzabtrag

Der Substanzabtrag der einzelnen Bearbeitungsmethoden wurde untereinander und mit der Kontrollgruppe, den Gracey-Küretten, verglichen.

Es zeigten sich hochsignifikante Abweichungen der Gracey-Küretten zum Cavitron™ JET und zum Suprasson P-Max™ mit glatten Ansätzen sowie signifikante bzw. leicht signifikante zum Suprasson P-Max™ mit diamantierten Ansätzen und zum Vector®, wobei die Kürette die geringeren Abtragswerte bewirkte. Am wenigsten Substanz trug der SONICflex® 2000 mit glatten Ansätzen, 10 µm, neben den Gracey-Küretten, 10 µm, ab. Am meisten Substanz wurde vom Cavitron™ JET, 40 µm, vom Suprasson P-Max™ mit glatten Ansätzen, 40 µm, vom Suprasson P-Max™ mit diamantierten Ansätzen, 50 µm, und vom Vector®-Gerät, 30 µm, abgetragen. Alle anderen Bearbeitungsmethoden wiesen vergleichbare Werte zur Kontrollgruppe auf.

Signifikante Unterschiede zeigten der Desmo Clean®, das Perio Set®, der Piezon® Master 400 und der SONICflex® 2000 mit glatten Ansätzen zum Cavitron™ JET und zum Suprasson P-Max™ glatten Ansätzen sowie leichte Signifikanzen zum Suprasson P-Max™ mit diamantierten Ansätzen. Alle anderen Bearbeitungsmethoden wiesen untereinander keine signifikanten Unterschiede auf (Abb. 33 und Tab. 10).

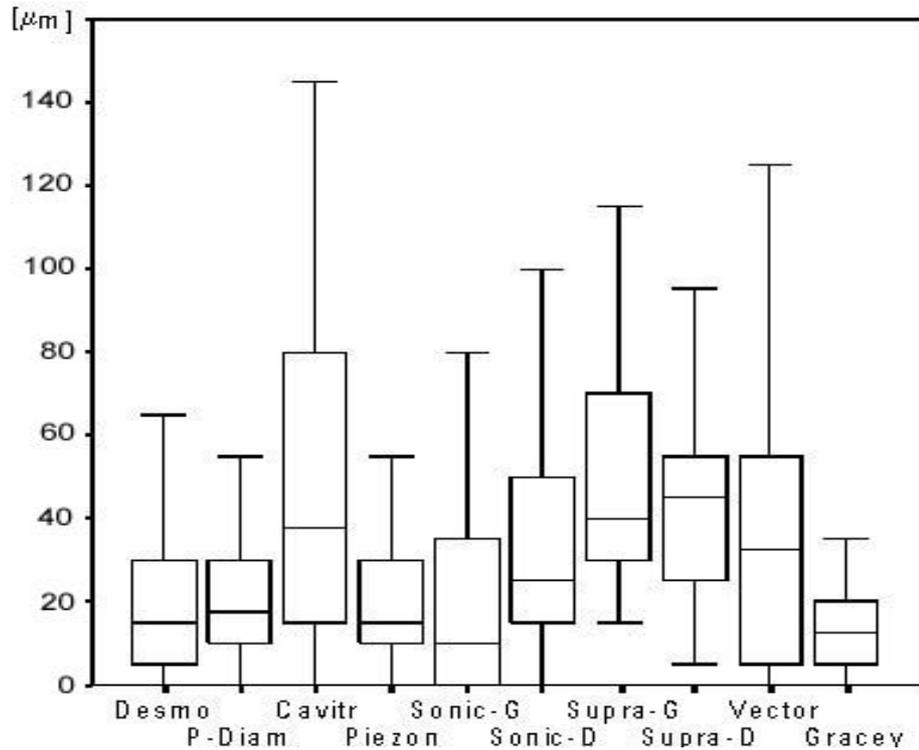


Abb. 33: Substanzabtrag der einzelnen Bearbeitungsmethoden in μm , (Desmo=Desmo-Clean[®], P-Diam=Perio Set[®], Cavitron=Cavitron[™] JET, Piezon=Piezon[®] Master 400, Sonic-G=SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen, Sonic-D=SONICflex[®] 2000 mit diamantierten Ansätzen, Supra-G=Supraqsson P-Max[™] mit glatten Ansätzen, Supra-D=Suprasson P-Max[™] mit diamantierten Ansätzen, Vector=Vector[®], Gracey=Gracey-Küretten).

Nachfolgend ist die Signifikanztafel für den Substanzabtrag aufgeführt.

| | Desmo | Perio | Cavitron | Piezon | Sonic-G | Sonic-D | Supra-G | Supra-D | Vector | Gracey |
|--------------------|-------|-------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Desmo | | | | | | | | | | |
| Clean | | n.s. | ** | n.s. | n.s. | n.s. | ** | * | n.s. | n.s. |
| Perio Set | n.s. | | ** | n.s. | n.s. | n.s. | ** | * | n.s. | n.s. |
| Cavitron | ** | ** | | ** | ** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | *** |
| Piezon | n.s. | n.s. | ** | | n.s. | n.s. | ** | * | n.s. | n.s. |
| Sonicflex glatt | n.s. | n.s. | ** | n.s. | | n.s. | ** | * | n.s. | n.s. |
| Sonicflex diam. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Supra glatt | ** | ** | n.s. | ** | ** | n.s. | | n.s. | n.s. | *** |
| Supra diam. | * | * | n.s. | * | * | n.s. | n.s. | | n.s. | ** |
| Vector | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | * |
| Gracey | n.s. | n.s. | *** | n.s. | n.s. | n.s. | *** | ** | * | |

Tab. 10: Die signifikanten Unterschiede im Substanzabtrag der einzelnen Bearbeitungsmethoden untereinander und im Vergleich zur Kontrollgruppe, den Gracey-Küretten, sind aufgelistet (n.s. $p > 0,05$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

5.4 Reinigungseffizienz

Die Reinigungseffizienz wurde mit den verschiedenen Reinigungsmethoden bei den Zähnen mit künstlichen Konkrementen in der vorgegebenen Zeit bestimmt. Die Abb. 34 stellt den Anteil an verbliebenen Konkrementen dar.

Im Approximalraum wies der Piezon[®] Master 400 mit 80% Reinigung die größte Effizienz auf, gefolgt vom SONICflex[®] 2000 mit diamantierten Ansätzen mit 72%, dem Desmo-Clean[®] mit 70%, dem Cavitron[™]JET mit 70% und dem SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen mit 69%. Auch die Gracey-Küretten erzielten eine Effizienz von 70% und unterschieden sich somit nicht signifikant von den anderen Bearbeitungsmethoden. Lediglich das Perio Set[®] und der Vector[®], die mit einer Effizienz von 50% die niedrigsten Werte erzielten, unterschieden sich signifikant vom Piezon[®] Master 400. Das Perio Set[®] reinigte signifikant schlechter als das Desmo-Clean[®] und SONICflex[®] 2000 mit glatten sowie diamantierten Ansätzen (Abb. 34 und Tab. 11).

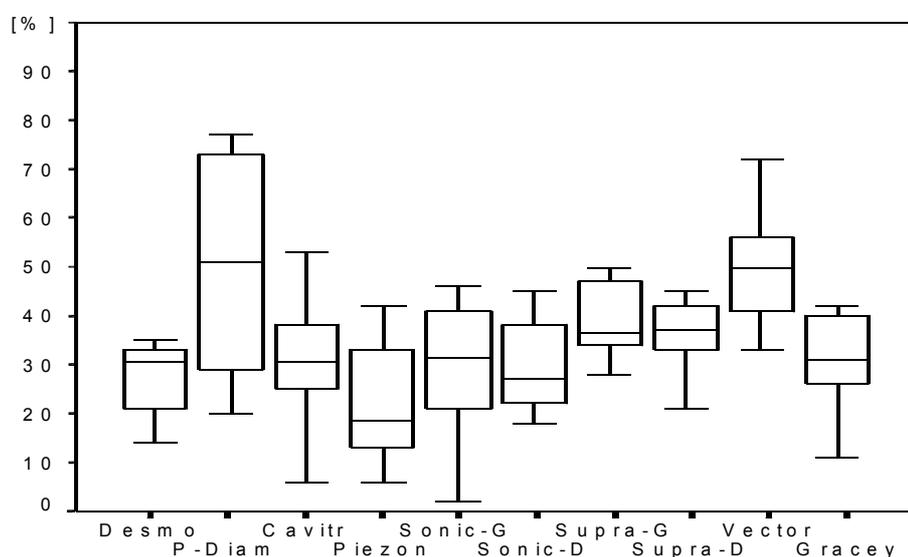


Abb. 34: Anteil an verbliebenen Konkrementen im approximalen Bereich, (Desmo=Desmo-Clean[®], P-Diam=Perio Set[®], Cavitr=Cavitron[™]JET, Piezon=Piezon[®] Master 400, Sonic-G=SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen, Sonic-D=SONICflex[®] 2000 mit diamantierten Ansätzen, Supra-G=Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen, Supra-D=Suprasson P-Max[™] mit diamantierten Ansätzen, Vector=Vector[®], Gracey=Gracey-Küretten).

Im Folgenden ist die Signifikanztabelle für die Reinigungseffizienz im approximalen Bereich dargestellt.

| | Desmo | Perio | Cavitron | Piezon | Sonic-G | Sonic-D | Supra-G | Supra-D | Vector | Gracey |
|-----------|-------|-------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Desmo | | | | | | | | | | |
| Clean | | ** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Perio Set | ** | | n.s. | *** | ** | ** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Cavitron | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Piezon | n.s. | *** | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | ** | n.s. |
| Sonicflex | | | | | | | | | | |
| glatt | n.s. | ** | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Sonicflex | | | | | | | | | | |
| diam. | n.s. | ** | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Supra | | | | | | | | | | |
| glatt | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. |
| Supra | | | | | | | | | | |
| diam. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. |
| Vector | n.s. | n.s. | n.s. | ** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. |
| Gracey | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | |

Tab. 11: Die signifikanten Unterschiede der Reinigungseffizienz im Approximalbereich zwischen den verschiedenen Bearbeitungsmethoden sind aufgelistet (n.s. $p > 0,05$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

Die folgenden Abbildungen stellen exemplarisch für jede Bearbeitungsmethode die Reinigung im Approximalraum dar.

Die zu bearbeitenden Zähne waren im apikalen Drittel fixiert und somit nicht für die Reinigung zugänglich. Dieser Bereich wurde in den Abbildungen mittels einer Linie kenntlich gemacht. Es interessierten die verbliebenen Konkreme im Bereich zwischen der gekennzeichneten Schmelz-Zement-Grenze und der Linie im apikalen Drittel der Wurzel. Alle Wurzeln waren vor der Bearbeitung zu 100% mit künstlichen Konkrementen bedeckt.

Beim Betrachten der Zahnflächen in situ zeigte sich beim Desmo-Clean[®] eine mäßige Reinigung im Bereich der Approximalflächen. Im Furkationsbereich hinterließ dieses Instrument viel Konkreme (Abb. 35).

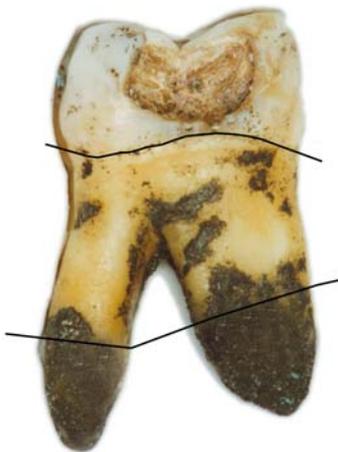


Abb. 35: Der Bereich zwischen der Schmelz-Zement-Grenze und der Linie im apikalen Wurzeldrittel wurde mit dem Desmo-Clean[®] gereinigt. Der Anteil der verbliebenen Konkreme wurde

Das Perio Set[®] reinigte nur den Eingangsbereich der Approximalflächen. Der größte Anteil an Konkrementen verblieb im mittleren bzw. Furkationsbereich (Abb. 36).

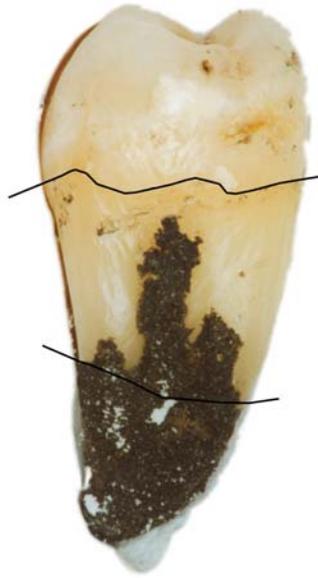


Abb. 36: Zu sehen ist eine mit dem Perio Set® bearbeitete Wurzeloberfläche im Bereich zwischen der Schmelz-Zement-Grenze und dem apikalen Wurzeldrittel im Approximalbereich.

Im Approximalbereich konnte mit dem Cavitron™ JET eine sehr gute Reinigung erfolgen. Hier fanden sich kaum noch Anteile an Konkrementen. Diese verblieben im Bereich der Furkation (Abb. 37).



Abb. 37: Abgebildet ist eine proximale Fläche eines Molaren, der mit dem Cavitron™ JET zwischen der Schmelz-Zement-Grenze und dem apikalen Wurzeldrittel bearbeitet wurde.

Der Piezon[®] Master 400 zeigte eine gute Reinigung im Eingangsbereich der Approximalflächen. Jedoch im mittleren Bereich bzw. im Bereich der Furkationen ließ er Konkremeute übrig (Abb. 38).

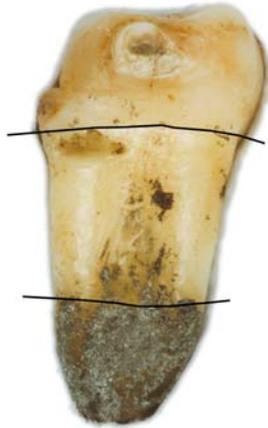


Abb. 38: Dargestellt ist die Approximalfläche eines Molaren, welcher mit dem Piezon[®] Master 400 zwischen der Schmelz-Zement-Grenze und dem apikalen Wurzel Drittel be-arbeitet wurde.

Mit dem SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen konnte im Approximalbereich eine sehr gute Reinigung erzielt werden. Nur geringe Anteile an Konkrementen verblieben nach der Bearbeitung (Abb. 39).

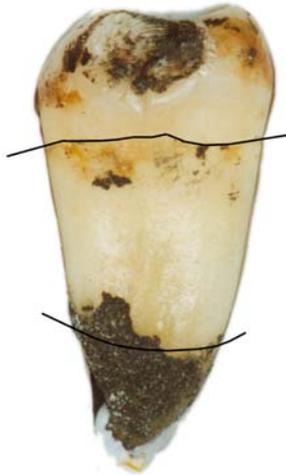


Abb. 39: Zu sehen ist ein Molar, der zwischen der Schmelz-Zement-Grenze und dem apikalen Wurzel Drittel im Approximalbereich mit dem SONICflex® 2000 mit glatten Ansätzen bearbeitet wurde.

Der SONICflex® 2000 mit diamantierten Ansätzen hinterließ im Approximalbereich eine saubere Oberfläche. Lediglich im mittleren Bereich verblieben einige Konkremente (Abb. 40).



Abb. 40: Abgebildet ist eine Approximalfläche eines Molaren, der mit dem SONICflex® 2000 mit diamantierten Ansätzen zwischen der Schmelz-Zement-Grenze und dem apikalen Wurzel Drittel bearbeitet wurde.

Mit dem Suprasson P-Max™ mit glatten Ansätzen wurden die approximalen Flächen nur mäßig gesäubert. Im Bereich der Furkationseingänge und zum Teil auf den Wurzeloberflächen verblieben Konkreme (Abb. 41).

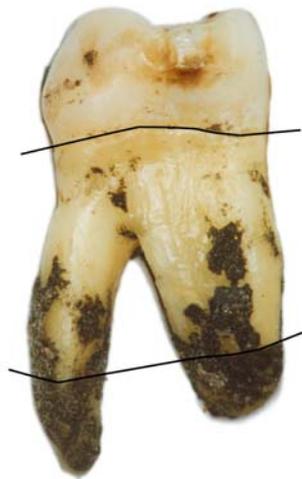


Abb. 41: Zu sehen ist der Bereich zwischen der Schmelz-Zement-Grenze und dem apikalen Wurzel Drittel an der Approximalfläche eines Molaren, welcher mit dem Suprasson P-Max™ mit glatten Ansätzen bearbeitet wurde.

Der Suprasson P-Max™ mit diamantierten Ansätzen reinigte die Eingänge zu den Approximalräumen gut, hinterließ jedoch einige Konkreme im unteren Bereich (Abb. 42).

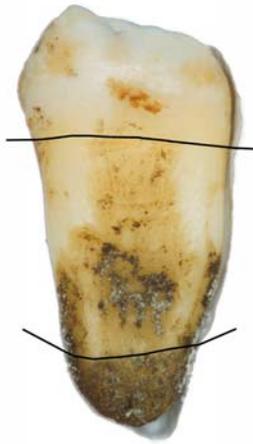


Abb. 42: Die Abbildung zeigt einen Molaren im Approximalbereich, der mit dem Suprasson P-Max™ mit diamantierten Ansätzen zwischen der Schmelz-Zement-Grenze und dem apikalen Wurzel Drittel bearbeitet wurde.

Das Vector®-Gerät hinterließ auf den Approximalflächen im unteren Bereich einen größeren Anteil an Konkrementen (Abb. 43).



Abb. 43: Die mit dem Vector® bearbeitete Wurzeloberfläche zwischen der Schmelz-Zement-Grenze und dem apikalen Wurzel Drittel eines Molaren im Approximalbereich ist dargestellt.

Die Gracey-Küretten hinterließen im unteren Bereich und im mittleren bzw. Furkationsbereich Konkremete (Abb. 44).

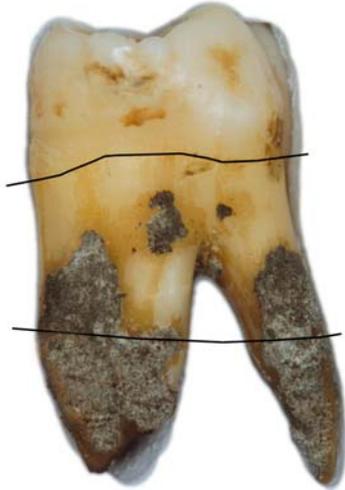


Abb. 44: Dargestellt ist die Wurzeloberfläche eines Molaren im Approximalbereich, die mit Gracey-Küretten im Bereich zwischen der Schmelz-Zement-Grenze und dem apikalen Wurzel Drittel bearbeitet wurde.

Im Bereich der Glattflächen erzielten der Piezon[®] Master 400 mit 79% und der SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen mit 80% Reinigungseffizienz die besten Werte und zeigten hochsignifikante Abweichungen zum Perio Set[®], welcher mit 50% die niedrigsten Werte aufwies, und zum Vector[®]-Gerät, welches in diesem Bereich eine Reinigungsintensität von 55% erzielte. Eine durchschnittliche Reinigungseffizienz von 70% wurden vom Cavitron[™]JET, vom SONICflex[®] 2000 mit diamantierten Ansätzen und vom Suprasson P-Max[™] mit diamantierten Ansätzen erreicht. Sie unterschieden sich somit nicht signifikant von den Gracey-Küretten, die hier ebenso eine Effizienz von 70% erzielten. Auch das Desmo-Clean[®] und der Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen zeigten mit 65% Reinigung keine signifikanten Unterschiede zu den anderen Bearbeitungsmethoden außer gegenüber dem Perio Set[®] und der Suprasson P-Max[™] gegenüber dem Vector[®] (Abb. 45 und Tab. 12).

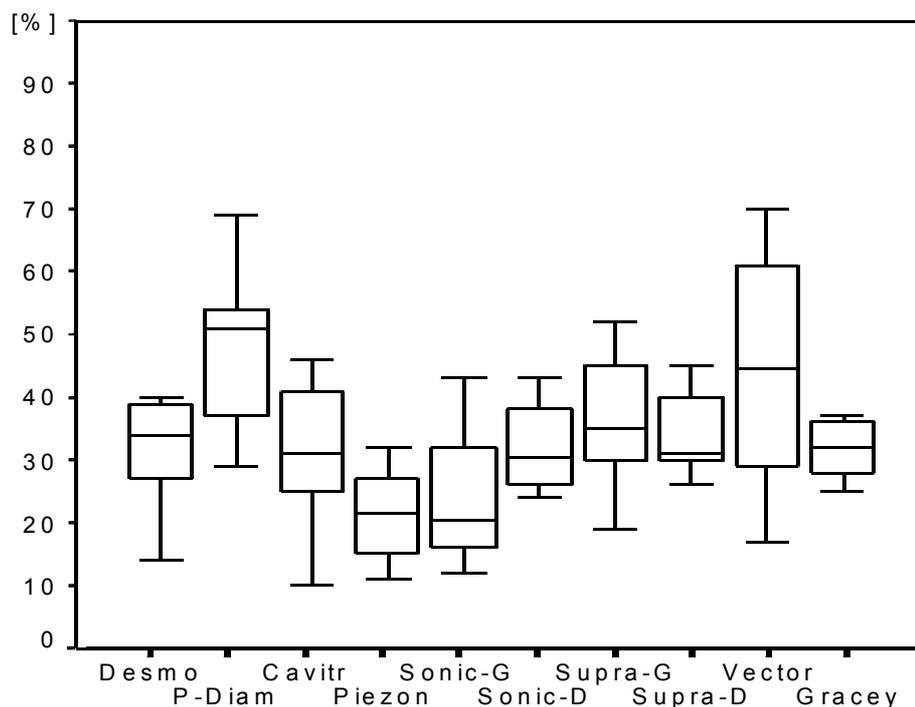


Abb. 45: Anteil an verbliebenen Konkrementen im Bereich der Glattflächen, (Desmo=Desmo-Clean[®], P-Diam=Perio Set[®], Cavitron=Cavitron[™]JET, Piezon=Piezon[®] Master 400, Sonic-G=SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen, Sonic-D=SONICflex[®] 2000 mit diamantierten Ansätzen, Supra-G=Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen, Supra-D=Suprasson P-Max[™] mit diamantierten Ansätzen, Vector=Vector[®], Gracey=Gracey-Küretten).

Nachfolgend sind die Signifikanzen im Glattflächenbereich tabellarisch dargestellt.

| | Desmo | Perio | Cavitron | Piezon | Sonic-G | Sonic-D | Supra-G | Supra-D | Vector | Gracey |
|--------------------|-------|-------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Desmo | | | | | | | | | | |
| Clean | | * | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Perio Set | * | | ** | *** | *** | * | n.s. | n.s. | n.s. | * |
| Cavitron | n.s. | ** | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Piezon | n.s. | *** | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | *** | n.s. |
| Sonicflex glatt | n.s. | *** | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | ** | n.s. |
| Sonicflex diam. | n.s. | * | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Supra glatt | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. |
| Supra diam. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. |
| Vector | n.s. | n.s. | n.s. | *** | ** | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. |
| Gracey | n.s. | * | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | |

Tab. 12: Die signifikanten Unterschiede zwischen der Reinigungseffizienz, die die verschiedenen Bearbeitungsmethoden im Glattflächenbereich erzielten, sind aufgelistet (n.s. $p > 0,05$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen exemplarisch die Reinigung im Glattflächenbereich für jede Bearbeitungsmethode.

Das apikale Drittel, welches der Bearbeitung nicht zugänglich war, wurde durch eine Linie kenntlich gemacht. Es interessierten die verbliebenen Anteile an Konkrementen zwischen der Schmelz-Zement-Grenze und dem apikalen Drittel der Wurzel. Vor der Bearbeitung war die Wurzel zu 100% mit Konkrementen bedeckt.

Im Glattflächenbereich konnte mit dem Desmo-Clean[®] die Wurzeloberfläche gut gereinigt werden. Wenige Konkreme verblieben im Furkationsbereich und am Übergang zum Approximalraum (Abb. 46).

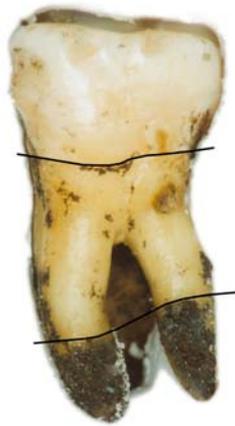


Abb. 46: Dargestellt ist der Glattflächenbereich eines Molaren, der innerhalb des gekennzeichneten Bereiches mit dem Desmo-Clean[®] bearbeitet wurde.

Mit dem Perio Set[®] konnte im Bereich der Glattflächen eine gute Reinigung erzielt werden. Im Furkationsbereich und am Übergang zum Approximalraum verblieben einige Konkreme (Abb. 47).

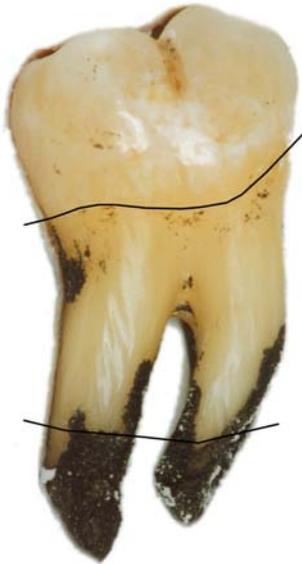


Abb. 47: Zu sehen ist der Glattflächenbereich eines mit dem Perio Set® bearbeiteten Molaren. Die Bearbeitung erfolgte im Bereich zwischen der Schmelz-Zement-Grenze und der Linie im apikalen Drittel der Wurzel.

Das Cavitron™ JET hinterließ einige Konkremente im Furkationsbereich und an den Übergängen zum Approximalraum sowie im unteren Bearbeitungsbereich (Abb. 48).

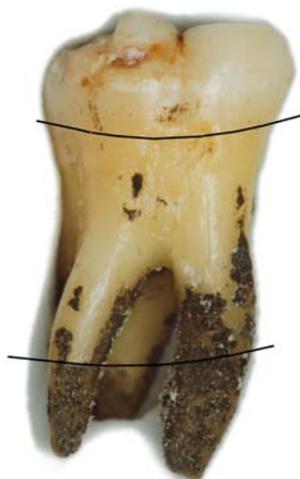


Abb. 48: Abgebildet ist der Glattflächenbereich eines Molaren, welcher mit dem Cavitron™ JET innerhalb des Bereiches zwischen der Schmelz-Zement-Grenze und der Linie im apikalen Drittel der Wurzel bearbeitet wurde.

Mit dem Piezon® Master 400 konnte eine gute Reinigung im Bereich der Glattflächen erzielt werden. Nur geringe Mengen an Konkrementen verblieben im Bereich der Furkationseingänge (Abb. 49).

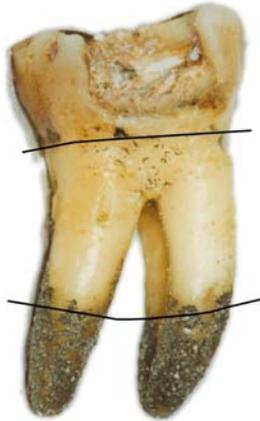


Abb. 49: Die mit dem Piezon® Master 400 bearbeitete Glattfläche eines Molaren ist dargestellt. Die Bearbeitung erfolgte im Bereich zwischen der Schmelz-Zement-Grenze und der Linie im apikalen Drittel.

Der SONICflex® 2000 mit glatten Ansätzen reinigte die Wurzeloberflächen im Glattflächenbereich sehr gut. Nur geringe Mengen an Konkrementen verblieben im Bereich des Furkationseinganges (Abb. 50).

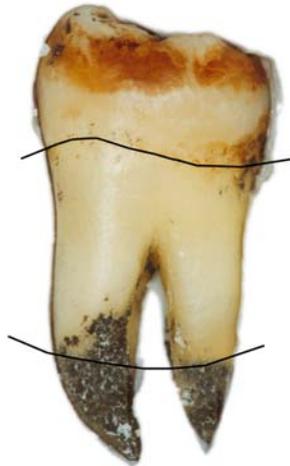


Abb. 50: Dargestellt ist der Glattflächenbereich eines Molaren, der mit dem SONICflex® 2000 mit glatten Ansätzen innerhalb des gekennzeichneten Bereiches zwischen der Schmelz-Zement-Grenze und der Linie im apikalen Drittel der Wurzel bearbeitet wurde.

Im Bereich der Glattflächen konnte mit dem SONICflex® 2000 mit diamantierten Ansätzen eine gute Reinigung erzielt werden. Wenige Konkremente verblieben im unteren Bereich und am Furkationseingang (Abb. 51).



Abb. 51: Der Bereich zwischen der Schmelz-Zement-Grenze und der Linie im apikalen Drittel der Wurzel wurde im Glattflächebereich des Molaren mit dem SONICflex® 2000 mit diamantierten Ansätzen bearbeitet.

Der Suprasson P-Max[®] mit glatten Ansätzen hinterließ im Bereich der Glattflächen eine saubere Oberfläche. Teilweise verblieben Konkremente im unteren Bearbeitungsbereich (Abb. 52).



Abb. 52: Die Abbildung zeigt den Glattflächenbereich eines Molaren, welcher mit dem Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen innerhalb des gekennzeichneten Bereiches der Wurzel bearbeitet wurde.

Der Suprasson P-Max[™] mit diamantierten Ansätzen hinterließ im unteren Bearbeitungsbereich sowie im mittleren und im Furkationsbereich einige Konkremente (Abb. 53).



Abb. 53: Dargestellt ist die Oberfläche eine Molaren im Glattflächenbereich, die mit dem Suprasson P-Max™ mit diamantierten Ansätzen bearbeitet wurde. Der Anteil der verbliebenen Konkreme im Bereich der Schmelz-Zement-Grenze und der Linie im apikalen Drittel der Wurzel wurde evaluiert.

Das Vector®-Gerät hinterließ einige Konkreme im unteren Bearbeitungsbereich und im Bereich des Furkationseinganges sowie am Übergang zu den Approximalräumen (Abb. 54).

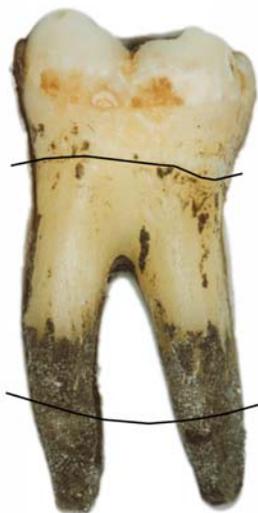


Abb. 54: Gezeigt ist der Glattflächenbereich eines Molaren, der innerhalb der Schmelz-Zement-Grenze und der Linie im apikalen Drittel der Wurzel mit dem Vector® bearbeitet wurde.

Die Gracey-Küretten hinterließen im unteren Bearbeitungsbereich einige Konkremente (Abb. 55).

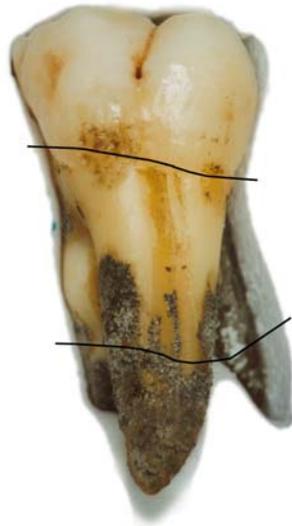


Abb. 55: Eine mit Gracey-Küretten bearbeitete Wurzeloberfläche im Glattflächenbereich ist dargestellt. Der Anteil an verbliebenen Konkrementen im Bereich zwischen der Schmelz-Zement-Grenze und der Linie im apikalen Drittel der Wurzel wurde evaluiert.

Wurden die Reinigungsintensitäten aller Flächen zusammengefasst, wurde deutlich, dass die meisten Bearbeitungsmethoden eine durchschnittliche Reinigungsintensität von 70% besaßen. Mit 80% erzielten der Piezon[®] Master 400 und der SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen die besten Ergebnisse. Sie unterschieden sich damit hochsignifikant vom Perio Set[®] mit 50% und vom Vector[®] mit 54%. Das schlechteste Ergebnis erzielte das Perio Set[®] und zeigte damit hochsignifikante Abweichungen zum Desmo-Clean[®] mit 70%, zum Cavitron[™]JET mit 70%, zum SONICflex[®] 2000 mit diamantierten Ansätzen mit 72% und zu den Gracey-Küretten mit 70% sowie signifikante Unterschiede zum Suprasson P-Max[™] mit glatten mit 63% und diamantierten Ansätzen mit 65%. Der Vector[®] wies mit 54% eine signifikant schlechtere Reinigungseffizienz als das Desmo-Clean[®], Cavitron[™]JET und SONICflex[®] 2000 mit diamantierten Ansätzen und eine leicht signifikant niedrigere als die Gracey-Küretten auf (Abb. 56 und Tab. 13).

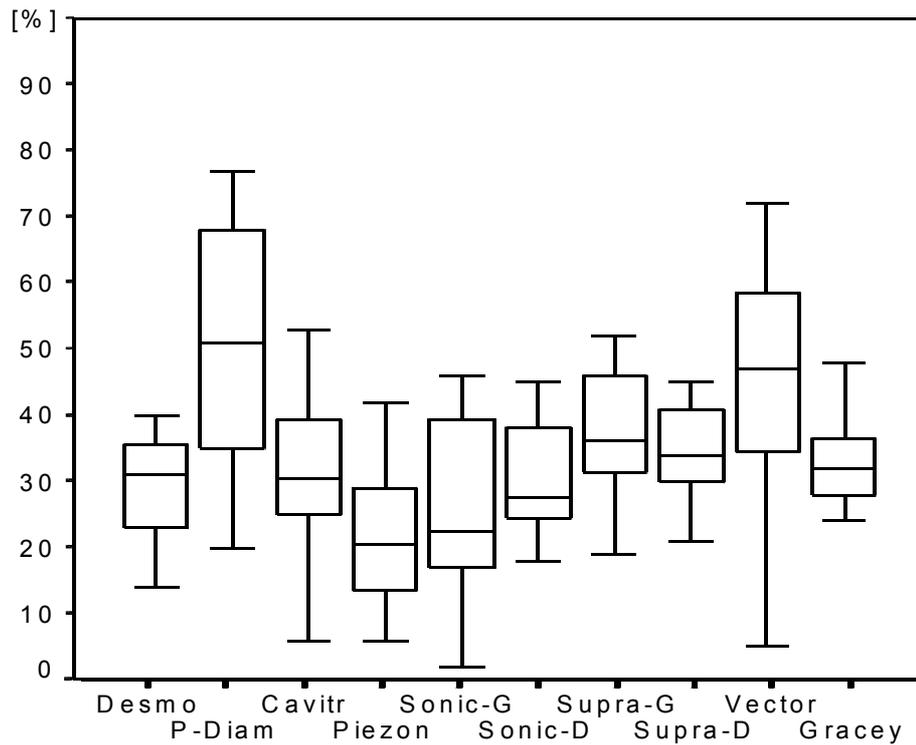


Abb. 56: Anteil an verbliebenen Konkrementen bezüglich aller Zahnflächen (Desmo=Desmo-Clean[®], P-Diam=Perio Set[®], Cavitron=Cavitron[™] JET, Piezon=Piezon[®] Master 400, Sonic-G=SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen, Sonic-D=SONICflex[®] 2000 mit diamantierten Ansätzen, Supra-G=Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen, Supra-D=Suprasson P-Max[™] mit diamantierten Ansätzen, Vector=Vector[®], Gracey=Gracey-Küretten).

Im Folgenden ist die Signifikanztabelle für die Reinigungseffizienz aller Zahnflächen insgesamt aufgeführt.

| | Desmo | Perio | Cavitron | Piezon | Sonic-G | Sonic-D | Supra-G | Supra-D | Vector | Gracey |
|--------------------|-------|-------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Desmo | | | | | | | | | | |
| Clean | | *** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | ** | n.s. |
| Perio Set | *** | | *** | *** | *** | *** | * | ** | n.s. | *** |
| Cavitron | n.s. | *** | | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | ** | n.s. |
| Piezon | n.s. | *** | n.s. | | n.s. | n.s. | ** | * | *** | n.s. |
| Sonicflex glatt | n.s. | *** | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. | *** | n.s. |
| Sonicflex diam. | n.s. | *** | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | ** | n.s. |
| Supra glatt | n.s. | * | n.s. | ** | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. |
| Supra diam. | n.s. | ** | n.s. | * | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. |
| Vector | ** | n.s. | ** | *** | *** | ** | n.s. | n.s. | | * |
| Gracey | n.s. | *** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | * | |

Tab. 13: Die signifikanten Unterschiede der Reinigungseffizienz der Zahnflächen insgesamt, die die verschiedenen Bearbeitungsmethoden erzielten, sind aufgelistet (n.s. $p > 0,05$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

5.5 Zeit

Beim Reinigen der Zähne von natürlichen harten Belägen wurde für die meisten Bearbeitungsmethoden eine Zeit zwischen ca. 300-500 Sekunden, entsprechend 5-8,33 Minuten, pro Zahn benötigt. Die Reinigung gelang am schnellsten mit den Gracey-Küretten, mit denen 250 s, entsprechend 4,17 min, benötigt wurden. Länger dauerte die Reinigung mit dem Desmo-Clean[®], dem Perio Set[®] und dem Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen. Diese Differenzen betragen beim Desmo-Clean[®] mit 800 s, entsprechend 13,33 min, beim Perio Set[®] mit 650 s, entsprechend 10,83 min und beim Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen mit 800 s, entsprechend 13,33 min gegenüber den Gracey-Küretten mit 250 s, entsprechend 4,17 min. Desmo-Clean[®] und Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen wiesen ebenfalls signifikante Unterschiede zum Piezon[®] Master 400 mit 450 s, entsprechend 7,5 min), zum SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen mit 400 s, entsprechend 6,67 min und zum Vector[®] mit 400 s, entsprechend 6,67 min auf, sowie hochsignifikante Unterschiede zum Cavitron[™]JET mit 300 s, entsprechend 5 min und zum SONICflex[®] 2000 mit diamantierten Ansätzen mit 350 s, entsprechend 5,83 min. Das Perio Set[®] mit 650 s, entsprechend 10,83 min zeigte signifikante Unterschiede zum Cavitron[™]JET mit 300 s, entsprechend 5 min und zum SONICflex[®] 2000 mit diamantierten Ansätzen mit 350 s, entsprechend 5,83 min sowie leichte Signifikanzen zum SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen mit 400 s, entsprechend 6,67 min und zum Vector[®] mit 400 s, entsprechend 6,67 min (Abb. 57 und Tab. 14).

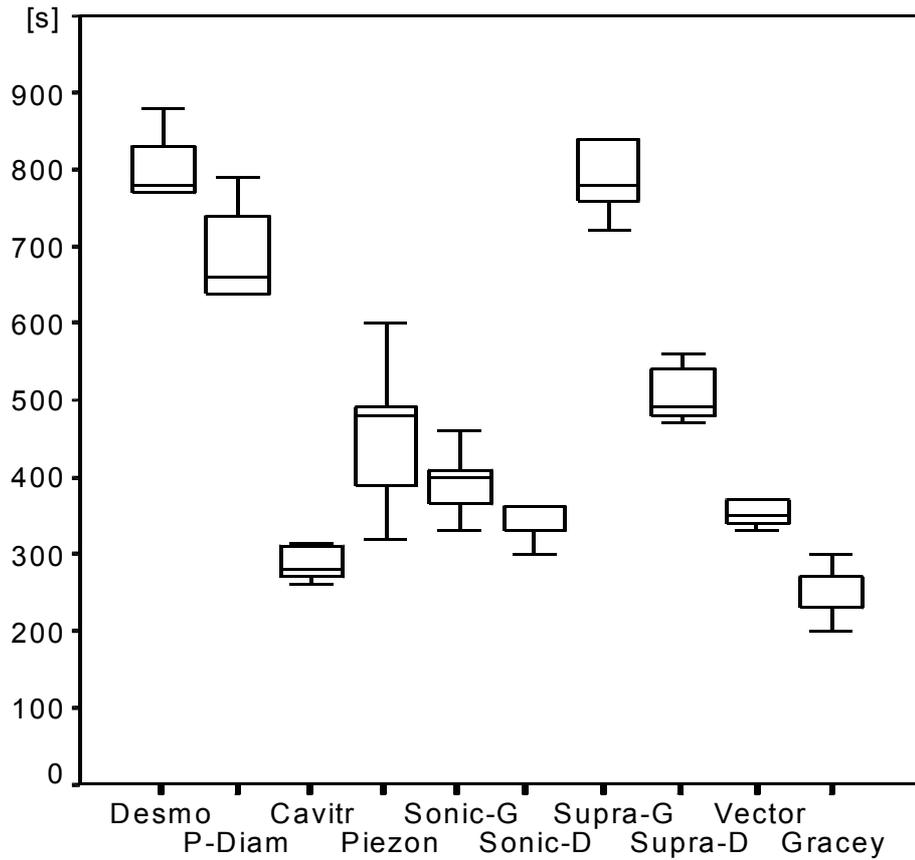


Abb. 57: Bearbeitungszeit der Zähne mit natürlichen harten Belägen (Desmo=Desmo-Clean[®], P-Diam=Perio Set[®], Cavitron=Cavitron[™] JET, Piezon=Piezon[®] Master 400, Sonic-G=SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen, Sonic-D=SONICflex[®] 2000 mit diamantierten Ansätzen, Supra-G=Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen, Supra-D=Suprasson P-Max[™] mit diamantierten Ansätzen, Vector=Vector[®], Gracey=Gracey-Küretten).

Nachfolgend ist die Signifikanztabelle für die Bearbeitungszeit der Zähne mit natürlichen harten Belägen angeführt.

| | Desmo | Perio | Cavitron | Piezon | Sonic-G | Sonic-D | Supra-G | Supra-D | Vector | Gracey |
|--------------------|-------|-------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Desmo | | | | | | | | | | |
| Clean | | n.s. | *** | ** | ** | *** | n.s. | n.s. | ** | *** |
| Perio Set | n.s. | | ** | n.s. | * | ** | n.s. | n.s. | * | *** |
| Cavitron | *** | ** | | n.s. | n.s. | n.s. | *** | n.s. | n.s. | n.s. |
| Piezon | ** | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | ** | n.s. | n.s. | n.s. |
| Sonicflex glatt | ** | * | n.s. | n.s. | | n.s. | ** | n.s. | n.s. | n.s. |
| Sonicflex diam. | *** | ** | n.s. | n.s. | n.s. | | *** | n.s. | n.s. | n.s. |
| Supra glatt | n.s. | n.s. | *** | ** | ** | *** | | n.s. | ** | *** |
| Supra diam. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | * |
| Vector | ** | * | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | ** | n.s. | | n.s. |
| Gracey | *** | *** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | *** | * | n.s. | |

Tab. 14: Die signifikanten Unterschiede in der Bearbeitungszeit der Zähne mit natürlichen harten Belägen, die die verschiedenen Bearbeitungsmethoden erzielten, sind aufgelistet (n.s. $p > 0,05$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

Beim Bearbeiten der Zähne mit künstlichen Konkrementen unter maximaler Begrenzung der Reinigungsdauer auf 8 Minuten je Zahn, entsprechend 480 s, konnten hochsignifikante Unterschiede zwischen den rotierenden Instrumenten (Desmo-Clean[®] und Perio Set[®]) und dem SONICflex[®] 2000 mit glatten und diamantierten Ansätzen festgestellt werden. Dabei nahm die Bearbeitung mit dem SONICflex[®] 2000 sowohl mit glatten als auch diamantierten Ansätze die wenigste Zeit in Anspruch und lag mit 150-170 s unter dem Durchschnitt von 300 s der meisten anderen Bearbeitungsmethoden. Die längste Zeit wurde zum Reinigen mit den Perio Set[®]-Diamanten mit 410 s benötigt, gefolgt vom Desmo-Clean[®], mit welchem 350 s benötigt wurden. Die Bearbeitung mit den Gracey-Küretten nahm durchschnittlich 240 s in Anspruch und war damit leicht signifikant langsamer als mit dem SONICflex[®] 2000, sowohl mit glatten als auch mit diamantierten Ansätzen, aber signifikant schneller als mit dem Perio Set[®]. Zwischen den Gracey-Küretten und allen anderen Bearbeitungsmethoden bestanden keine signifikanten Unterschiede. Der SONICflex[®] 2000 mit glatten und diamantierten Ansätzen war dem Cavitron[™]JET, Piezon[®] Master 400, Suprasson P-Max[™] mit diamantierten Ansätzen und Vector[®] signifikant bzw. leicht signifikant überlegen. Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen war wiederum signifikant schneller als Desmo-Clean[®] und Perio Set[®] (Abb. 58 und Tab. 15).

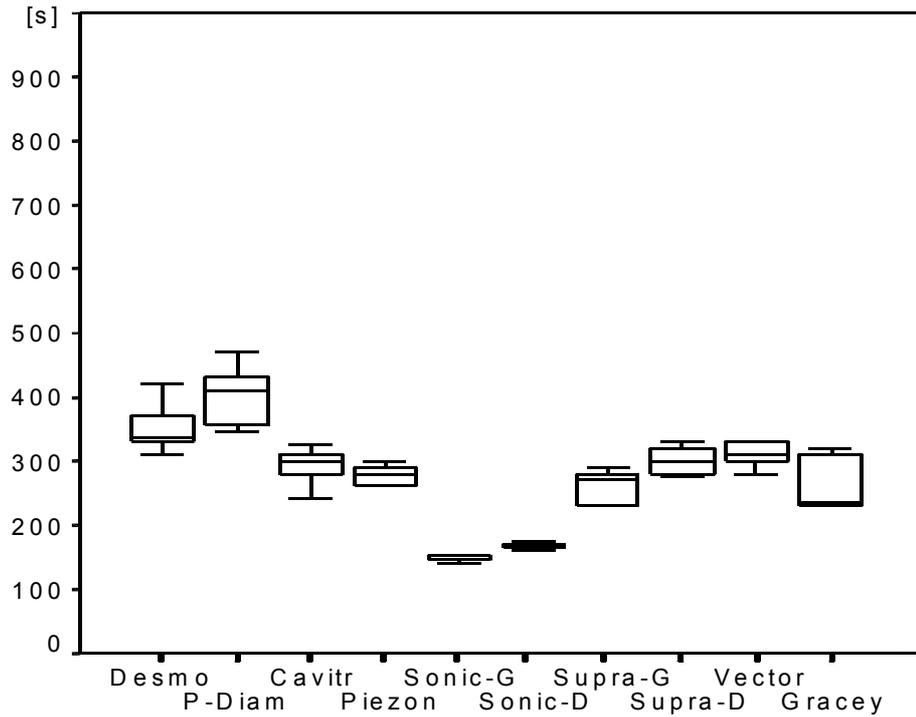


Abb. 58: Bearbeitungszeit der Zähne mit künstlichen Konkrementen (Desmo=Desmo-Clean[®], P-Diam=Perio Set[®], Cavitron=Cavitron[™] JET, Piezon=Piezon[®] Master 400, Sonic-G=SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen, Sonic-D=SONICflex[®] 2000 mit diamantierten Ansätzen, Supra-G=Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen, Supra-D=Suprasson P-Max[™] mit diamantierten Ansätzen, Vector=Vector[®], Gracey=Gracey-Küretten).

Im Folgenden sind die Signifikanzen der Bearbeitungszeit der Zähne mit künstlichen Konkrementen angeführt.

| | Desmo | Perio | Cavitron | Piezon | Sonic-G | Sonic-D | Supra-G | Supra-D | Vector | Gracey |
|--------------------|-------|-------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| Desmo | | | | | | | | | | |
| Clean | | n.s. | n.s. | n.s. | *** | *** | ** | n.s. | n.s. | n.s. |
| Perio Set | n.s. | | n.s. | * | *** | *** | *** | n.s. | n.s. | ** |
| Cavitron | n.s. | n.s. | | n.s. | ** | *** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Piezon | n.s. | * | n.s. | | * | * | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. |
| Sonicflex glatt | *** | *** | ** | * | | n.s. | n.s. | ** | ** | * |
| Sonicflex diam. | *** | *** | *** | * | n.s. | | n.s. | ** | ** | * |
| Supra glatt | ** | *** | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | | n.s. | n.s. | n.s. |
| Supra diam. | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | ** | ** | n.s. | | n.s. | n.s. |
| Vector | n.s. | n.s. | n.s. | n.s. | ** | ** | n.s. | n.s. | | n.s. |
| Gracey | n.s. | ** | n.s. | n.s. | * | * | n.s. | n.s. | n.s. | |

Tab. 15: Die signifikanten Unterschiede in der Bearbeitungszeit der Zähne mit künstlichen Konkrementen, die die verschiedenen Bearbeitungsmethoden erzielten, sind aufgelistet (n.s. $p > 0,05$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$).

6. Diskussion

6.1 Methodenkritik

Mit allen untersuchten Instrumenten war eine Reinigung der Wurzeloberfläche möglich. Es wurden rotierende und schwingende Instrumente mit glatten bzw. diamantierten Ansätzen gegenüber Gracey-Küretten untersucht, um ihre Effekte auf unterschiedliche Areale der Wurzeloberfläche herauszuarbeiten. Die Gracey-Küretten stellen die allgemein anerkannte Methode zur Wurzelreinigung und somit den Goldstandard dar.

Da eine profilometrische Analyse der Oberfläche nicht zwischen Oberflächenstrukturen gleicher Rauigkeiten unterscheidet, wurde zusätzlich eine REM-Analyse durchgeführt [IFF 1998, SCHMAGE 2000].

Die Apparatur zur Messung des Substanzabtrages war der in der Untersuchung von SCHMAGE et al. (2000) ähnlich. Um die in dieser früheren Untersuchung beschriebenen Repositionsfehler zu minimieren, wurden die Wurzelhälften auf einem Objektträger fest fixiert und plangeschliffen. Die trotzdem aufgetretenen hohen Standardabweichungen der Messergebnisse lassen sich möglicherweise aus der manuellen Bearbeitung ohne standardisierten Anpressdruck und keine vollständige Überlappung der einzelnen bearbeiteten Flächen erklären.

Die Effizienz eines Instrumentes und auch deren Substanzabtragsverhalten ist abhängig vom Anpressdruck, von der Gestaltung der Arbeitsansätze, von der Bearbeitungsdauer und natürlich auch von der morphologischen Beschaffenheit der Wurzeloberfläche [FLEMMING 1998, IFF 1998, KOCHER 1988, RITZ 1991]. Um klinisch übertragbare Ergebnisse zu erzielen, wurden die verschiedenen Instrumente in dieser Untersuchung möglichst praxisnah angewendet. Dazu wurde ein Modell hergestellt, welches der Situation in der Mundhöhle nachempfunden wurde. Des Weiteren wurden die

Wurzeloberflächen zum einen bis zur vollständigen Reinigung bearbeitet, zum anderen wurde ein Zeitlimit von 8 min/Zahn vorgegeben. Die Anzahl von Arbeitszügen wurde dabei nicht berücksichtigt und konnte somit nicht in die Auswertung der Wirkungsweise einbezogen werden. Der empfohlene Anpressdruck von 0,3 N wurde zwar durch regelmäßige Kalibrierung des Untersuchers berücksichtigt, jedoch waren individuelle Abweichungen nicht auszuschließen [MAYER & MÜLLER 1993]. Um die Effizienz jeder Methode deutlich zu machen, wurden zusätzlich Fotos angefertigt, die den Zahn vor und nach der Bearbeitung zeigten. Diese Bilder dienten zur Subtraktion und computergestützten Berechnung der verbliebenen Konkreme. Somit konnte der prozentuale Anteil an verbliebenen Konkrementen und damit die Effizienz jeder Methode ermittelt werden. Die hohen Standardabweichungen lassen sich durch morphologische Unterschiede der untersuchten OK- bzw. UK-Molaren sowie der begrenzten Anzahl der untersuchten Zähne erklären. Da pro Reinigungsmethode 60 Oberflächen ausgewertet wurden, war diese Untersuchung auf ausreichend breiter Basis angelegt.

Die Instrumente sollten eine geschlossene Taschenbehandlung imitieren, daher musste eine Versuchsklötzchen hergestellt werden, welches die parodontalen Taschen eines Zahnes nachahmte. Dieses Design war notwendig, weil der Vector[®] nur in geschlossenen Taschen wirksam ist. Der Parodontalspalt sollte eine annähernd natürliche Breite aufweisen, so dass eine Instrumentierung stattfinden konnte, die Zähne stabil im Zahnfach eingebettet und dennoch abnehmbar sowie die Konkreme und harten Beläge während der Bearbeitung nicht sichtbar waren. Auf diese Weise konnte der Untersucher den Bearbeitungserfolg nicht überprüfen. Der Vector[®] benötigt eine abgeschlossene Kammer zur optimalen Funktion, damit darin die Spülflüssigkeit und das Schleifmedium durch Ultraschallschwingungen angeregt werden können. Diesen Anforderungen genügte die Versuchsanordnung. Im Gegensatz zu anderen Versuchsanordnungen, bei denen Zähne unter Sicht im Zahnfach gereinigt wurden, war das für die Untersuchung gewählte Design der

natürlichen Situation ähnlicher, da die Zugänglichkeit mit den Instrumenten eingeschränkt war oder Konkreme und harte Beläge zurückblieben, die vom Untersucher nicht visuell erkannt wurden. Es wurden ausschließlich Molaren gereinigt, weil ihre Morphologie am schwierigsten zu instrumentieren ist, so dass die Instrumente diesen Ansprüchen genügen sollten [KOCHER et al. 1988, KOCHER 1995]. Dabei wurde keine Differenzierung zwischen OK- und UK-Molaren vorgenommen, weil in erster Linie die Zahnoberflächen interessierten.

6.2 Ergebniskritik

Schon seit langer Zeit bestehen kontroverse Meinungen über die Effizienz der Wurzeloberflächenreinigung bei unterschiedlichen Bearbeitungsmethoden und -instrumenten. Während STENDE & SCHAFFER (1961), JONES et al. (1972) und GARNICK (1989) herausfanden, dass Zahnstein und Konkreme effektiver mit Ultraschallgeräten als mit Handinstrumenten entfernt werden konnten, wurden diese Ergebnisse in Untersuchungen von LIE & MEYER (1977) und NISHIMINE & O'LEARY (1979) nicht bestätigt. Dies stimmte mit den vorliegenden Ergebnissen überein, die allerdings darauf hindeuten, dass die Effizienzen der Instrumente in verschiedenen Regionen unterschiedlich sind. SHERMAN et al. (1989) zeigten, dass nach einer gründlichen Reinigung mit Handinstrumenten nur ca. 30% der Konkreme entfernt wurden. Eine effiziente Reinigung im Furkationsbereich ist auch aufgrund der vorliegenden Untersuchung erklärbar, weil die maschinellen Instrumente mehr Substanz abtragen, so dass sie die Furkation im Sinne einer Furkationsplastik reinigen und ausarbeiten und somit weniger Restkonkremente verbleiben. Die Gracey-Kürette trug vergleichsweise am wenigsten Substanz ab. Eine Untersuchung von JOTIKASTHIRA et al. (1992) zeigte, dass die Schallinstrumente die Konkreme vollständiger entfernten als die

Ultraschallinstrumente. KOCHER et al. (1988) verglichen in einer Untersuchung die Handküretten mit den diamantierten Schallinstrumenten und kamen zu dem Ergebnis, dass mit beiden Bearbeitungsmethoden im Glattflächenbereich eine gute Reinigung erfolgte, im Furkationsbereich jedoch die diamantierten Schallinstrumente ca. 10% mehr Konkremente entfernten als die Küretten. Mit den meisten untersuchten Instrumenten wurden akzeptable Effizienzen von 70-80% Konkremententfernung erreicht. Dies ist vermutlich auch klinisch realisierbar, weil das Versuchsdesign die Reinigung ohne Sicht vorsah. Die vorliegenden Ergebnisse bestätigten, dass nur mit einzelnen Instrumenten wie beispielsweise dem Vector[®] oder dem Perio-Diamant nicht zufriedenstellende Effizienzen erzielt wurden, weil eine Konkremententfernung von unter 50% als nicht ausreichend anzusehen ist [PETERSILKA et al. 2002]. Um die Zugänglichkeit der verschiedenen Bearbeitungsmethoden zu den unterschiedlichen Bereichen eines Zahnes deutlich zu machen, wurden in der vorliegenden Untersuchung die einzelnen Zahnflächen getrennt bewertet. Diese Differenzierung wurde in vergleichbaren Untersuchungen nicht vorgenommen, so dass die Ergebnisse der Glatt- und Approximalflächen, der Furkation und Wurzelinnenseiten nicht verglichen werden konnten. Da extreme Unterschiede in der Reinigungseffizienz zwischen den Regionen bestanden, sollten die verschiedenen Instrumente entsprechend kombiniert eingesetzt werden. Die bisher durchgeführten Studien von HAHN (2000) und KLINGER et al. (2000) zur Vector[®]-Methode bezogen sich nur auf die Sondierungstiefe und den Attachmentgewinn in klinischen Untersuchungen und somit konnten keine vergleichbaren Ergebnisse zur Diskussion herangezogen werden.

Die Untersuchung der Reinigungsdauer zeigte, dass für die Bearbeitung mit der konventionellen Methode die kürzeste Zeit benötigt wurde, während mit den Schall- und Ultraschallinstrumenten etwas mehr Zeit benötigt wurde und die Bearbeitung mit den rotierenden Instrumenten die meiste Zeit in Anspruch nahm. Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch

zur landläufigen Meinung, dass maschinelle Instrumente schneller arbeiten würden. Es sollte darauf hingewiesen werden, dass die Reinigung mit den maschinellen Instrumenten zwar ermüdungsfreier ist, dass aber ebenso lange oder längere Zeiten erforderlich sind, um eine gute Reinigungseffizienz zu erzielen. Die einzige Ausnahme bildeten bei künstlichen Konkrementen die SONICflex[®]-Instrumente glatt und diamantiert mit ihrem Schallantrieb. Da sie aber bei natürlichen harten Belägen nicht überlegen sind, ist zu erwarten, dass es auch klinisch keinen Unterschied gibt. Diese Ergebnisse bestätigten die Untersuchungen von SCHMAGE et al. (2000). JEPSEN (2004) wies darauf hin, dass das Vector[®]-Gerät zur vollständigen Reinigung länger benötigt als manuelle Küretten. Beim Vector[®] ist daher zu befürchten, dass der Behandler die Reinigung zu früh beendet und sie unvollständig bleibt, weil das Procedere zu lange dauert und mit dem Vector[®]-Gerät, aufgrund der Handhabung ohne Kontakt zur Wurzeloberfläche, schlecht überprüft werden kann.

Das Kriterium der Oberflächenrauigkeit nach Instrumentierung mit Handküretten und Ultraschallinstrumenten untersuchten MEYER & LIE (1977), HUNTER et al. (1984) und BYE et al. (1986). Sie fanden heraus, dass mit beiden Methoden eine signifikant glattere Oberfläche als vor der Instrumentierung geschaffen wurde, jedoch die Handinstrumente signifikant bessere Ergebnisse gegenüber den Ultraschallgeräten zeigten. Eine Untersuchung von PLAGMANN et al. (1988) zwischen Küretten, Schallinstrumenten und rotierenden Diamanten zeigte bezüglich der Rautiefe keine signifikanten Unterschiede. Dies konnte in einer Studie von STELZEL et al. (1993) nicht bestätigt werden. Es zeigte sich eine deutliche Überlegenheit der Kürette bezüglich der Wurzelglättung. Die Gracey-Küretten wiesen in dieser Arbeit mit 10 µm ebenfalls gute Werte auf. Es konnte resümiert werden, dass außer dem Vector[®], dem Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen und den diamantierten Instrumenten des Perio-Set[®] alle getesteten Instrumente gleichermaßen gute Rauigkeitswerte erzielten, die den Anforderungen genügten. Die

Varianzen der Rauigkeitswerte innerhalb eines Instrumentes auf den verschiedenen Flächen konnten dadurch erklärt werden, dass die Flächen hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Erreichbarkeit mit unterschiedlicher Intensität bearbeitet wurden. SCHMAGE et al. (2000) fanden heraus, dass sich nach Instrumentierung sowohl mit schwingenden und rotierenden als auch mit Handinstrumenten die Rauigkeiten um 30-40% reduzierten. Die rotierenden Diamanten erzeugten dabei glattere Oberflächen als die Gracey-Küretten. Die Rauigkeiten der Schall- und Ultraschallgeräte waren jedoch nicht signifikant höher als nach der Bearbeitung mit Handinstrumenten. Die vorliegende Studie konnte die Ergebnisse für den rotierenden Diamanten nicht bestätigen. Nach der Bearbeitung zeigte sich, dass mit den Schall- und Ultraschallgeräten die glattesten Oberflächen bezogen auf alle Zahnflächen insgesamt erzielt wurden. Es wäre eher zu erwarten gewesen, dass diamantierte Ansätze größere Rauigkeiten als glatte hinterließen. Dies traf aber nur für die Perio-Diamanten zu. Die übrigen getesteten Diamantansätze lieferten sehr glatte Oberflächen. Rauigkeitsunterschiede, wie sie in vitro gemessen wurden, sind im Klinikalltag mit Hilfe der zahnärztlichen Sonde kaum voneinander zu unterscheiden (JONES et al. 1972, BYE et al. 1986). Trotzdem gilt das Erreichen einer glatten Oberfläche, die subjektiv vom Behandler mittels einer Parodontalsonde überprüft wird, als klinischer Indikator für eine saubere Wurzeloberfläche (IFF & MARINELLO 1998).

Untersuchungen von MENGEL et al. (1996), KOCHER (1998) und IFF & MARINELLO (1998) bezüglich des Substanzabtrag zeigten, dass glatte maschinell betriebene Instrumente weniger Substanz abtrugen als diamantierte Instrumente. KOCHER (1995) fand heraus, dass das Abtragsverhalten von diamantierten Ansätzen vergleichbar mit dem von Handinstrumenten ist und erst mit zunehmender Anpresskraft ansteigt. Diese Ergebnisse wurden in der vorliegenden Studie nicht bestätigt. Der Substanzabtrag variierte bei allen getesteten Instrumenten. Mit den Gracey-Küretten wurde am wenigsten Substanz abgetragen. Leicht erhöhte Abtragswerte erzielte die Vector[®]-Methode und einige Ultraschallgeräte,

wobei die Ultraschallgeräte mehr Substanz abtrugen als die Schallgeräte. Es wurden keine signifikanten Unterschiede im Abtragsverhalten zwischen den glatten und diamantierten maschinell betriebenen Instrumenten erkennbar. Damit bestätigten sich die Untersuchungen von SCHMAGE et al. (2000), die keine Signifikanzen bezüglich des Substanzabtrages von glatten und diamantierten Ansätzen sowie von Handinstrumenten fanden. Ein gezielter Substanzabtrag ist bei einer Furkationsplastik gewünscht, um enge Furkationseingänge der Reinigung zugänglich zu machen. Im Glattflächenbereich sollte jedoch möglichst wenig Substanz abgetragen werden, um Zahnüberempfindlichkeiten zu vermeiden und die Pulpa zu schützen. Bei der Kürettage steht der Reinigungseffekt im Vordergrund. Dazu sind effizient und schnell arbeitende Instrumente gewünscht. Dabei wird ein erhöhter Substanzabtrag zur Schaffung einer glatten Oberfläche in Kauf genommen. Diese Anforderungen erfüllten beispielsweise der Piezon[®] Master 400, der SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen sowie die Gracey-Küretten. Für einen gezielten Substanzabtrag eignen sich die diamantierten Ansätze. Im Rahmen des Recall steht eine sanfte Reinigung von meist weichen Belägen aus den verbliebenen Taschen im Vordergrund, ohne erneut Wurzeloberfläche abzutragen. Dazu können der SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen und die Gracey-Küretten empfohlen werden.

7. Schlussfolgerung

- Alle untersuchten Bearbeitungsinstrumente und –methoden können zur Reinigung und Glättung der Wurzeloberfläche eingesetzt werden, weil sie die Wurzeln effizient von Konkrementen befreien und die Rauigkeit gegenüber dem Ausgangszustand reduzieren.
- Manuelle Instrumente sind zu empfehlen, wenn eine substanzschonende Bearbeitung im Vordergrund steht.
- Die Schall- und Ultraschallinstrumente sowie die manuellen Instrumente sind hinsichtlich der Zeiteffizienz gegenüber den rotierenden Instrumenten zu bevorzugen.
- Der Einsatz des SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen und des Piezon[®] Master 400 sind zu empfehlen, um das Ziel einer sauberen und glatten Wurzeloberfläche mit möglichst geringem Abtrag zu erreichen.
- Zum gezielten Substanzabtrag beispielsweise zur Ausarbeitung der Furkation eignen sich die diamantierten Ansätze.
- Der Vector[®] ist nicht zur alleinigen Wurzelreinigung zu empfehlen, da er eine schlechte Reinigungs- und Zeiteffizienz sowie einen geringen Glättungseffekt zeigte.
- Zur praktischen Anwendung kann eine Kombination von SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen mit dem Piezon[®] Master 400 und Gracey-Küretten empfohlen werden, um die Stärken der Instrumente auszunutzen und die Schwächen jedes einzelnen zu kompensieren.

8. Zusammenfassung

In dieser in-vitro Studie sollte die Frage geklärt werden, welchen Effekt zehn verschiedene Methoden zur Reinigung der Wurzeloberfläche bezüglich der Rauigkeit und dem Substanzabtrag nach der Instrumentierung haben und inwieweit sie die Struktur der Wurzeloberfläche der Molaren verändern. Insbesondere sollte die Reinigungsintensität und die benötigte Zeit zur Reinigung bezüglich der verschiedenen Zahnflächen zwischen den maschinellen Methoden und der konventionellen Methode mit Gracey-Küretten als Kontrollgruppe verglichen werden.

50 extrahierte Molaren mit natürlichen harten Belägen und 50 mit künstlichen Konkrementen versehene Molaren wurden in je 10 Gruppen aufgeteilt und in Klötzchen fixiert (n=5). Jede Reinigungsmethode wurde bei je einem Klötzchen mit natürlichen Belägen und mit künstlichen Konkrementen angewendet. Folgende Reinigungsmethoden wurden getestet: Desmo-Clean[®], Perio Set[®], Cavitron[™] JET, Piezon[®] Master 400, SONICflex[®] 2000 L/N mit glatten und diamantierten Ansätzen, Suprasson P-Max[™] mit glatten und diamantierten Ansätzen, Vector[®] und Gracey-Küretten. Die strukturellen Veränderungen der Wurzeloberflächen wurden mittels rasterelektronenmikroskopischer Bilder dargestellt.

Nach instrumenteller Bearbeitung der Molaren mit natürlichen harten Belägen wurde die gemittelte Rautiefe R_z der Wurzeloberflächen gemessen. Gleichzeitig erfolgte die Messung der Zeit, die zur vollständigen Reinigung notwendig war.

Die Reinigungseffizienz wurde an mit künstlichen Konkrementen beschichteten Molaren untersucht. Vor der Bearbeitung waren die Zähne zu 100% mit künstlichen Konkrementen bedeckt. Von diesen Zähnen wurden vor und nach der Reinigung Fotos angefertigt. Der Anteil an Konkrementen wurde von den Fotos auf Klarsichtfolien mittels eines wasserfesten Stiftes übertragen und danach gescannt. Computergestützt

wurde der Anteil der verbliebenen Konkremente bezogen auf die Gesamtfläche der Wurzel prozentual ermittelt.

Der Substanzabtrag jeder Bearbeitungsmethode wurde an plangeschliffenen Wurzelhälften mittels einer Mikrometerschraube bestimmt.

Die gemessenen Werte der verschiedenen Parameter wurden statistisch ausgewertet. Zum Vergleich der Wurzelreinigungsmethoden diente der ANOVA-Test mit der Bonferroni-Korrektur.

Die Messungen ergaben, dass sich die Rauigkeiten zwischen den einzelnen Methoden nicht signifikant unterschieden. Lediglich der SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen (R_z 4 μm) zeigte leicht signifikant bessere Ergebnisse zum Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen (R_z 10 μm) und zum Vector[®] (R_z 15 μm).

Den geringsten Substanzabtrag wiesen die Gracey-Küretten auf (10 μm) und unterschieden sich hochsignifikant zum Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen (40 μm) und zum Cavitron[™] JET (40 μm), signifikant zum Suprasson P-Max[™] mit diamantierten Ansätzen sowie leicht signifikant zur Vector[®]-Methode (30 μm).

Die größte Reinigungseffizienz erzielten der Piezon[®] Master 400 und der SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen. Mit 80% unterschieden sie sich hochsignifikant zum Perio[®] Set und zum Vector[®], welche mit einer durchschnittlichen Effizienz von 50% die niedrigsten Werte aufwiesen. Alle anderen Bearbeitungssysteme unterschieden sich mit einer Reinigungsintensität von 70% nicht signifikant voneinander.

Hinsichtlich der benötigten Zeit zum Reinigen der Wurzeloberfläche schnitten die rotierenden Instrumente (Desmo-Clean[®] und Perio Set[®]) am schlechtesten ab. Bei der Bearbeitung der Zähne mit *natürlichen harten Belägen* zeigten die Gracey-Küretten (4 min/Zahn) und der SONICflex[®] 2000 mit diamantierten Ansätzen (6 min/Zahn) hochsignifikant bessere Ergebnisse als die beiden rotierenden Systeme (11-13 min/Zahn). Lediglich der Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen (13 min/Zahn) zeigte keine signifikanten Unterschiede gegenüber den rotierenden

Instrumenten. Bei der Bearbeitung der Zähne mit *künstlichen Konkrementen* zeichneten sich für den SONICflex[®] 2000 mit glatten und diamantierten Ansätzen (3 min/Zahn) hochsignifikant bessere Werte zu den rotierenden Instrumenten, Desmo-Clean[®] (6 min/Zahn) und Perio Set[®] (7 min/Zahn), sowie signifikant bessere Ergebnisse zum Cavitron[™] JET (5 min/Zahn), zum Suprasson P-Max[™] mit diamantierten Ansätzen (5 min/Zahn) und zum Vector[®] (5 min/Zahn). Das Perio Set[®] (7 min/Zahn) war signifikant langsamer als die Gracey-Küretten (4 min/Zahn).

Zusammengefasst kam diese Untersuchung zu folgenden Ergebnissen:

- Alle untersuchten Instrumente reinigten die Wurzeloberflächen und glätteten sie gegenüber dem Ausgangszustand.
- Die Reinigungszeit war mit den maschinellen Geräten Desmo-Clean[®], Perio Set[®] und Suprasson P-Max[™] mit glatten Ansätzen signifikant länger als mit manuellen Instrumenten.
- Der SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen und die Gracey-Küretten verursachten einen signifikant geringeren Substanzabtrag als die anderen Bearbeitungsinstrumente.
- Zur effizienten Reinigung der verschiedenen Wurzelbereiche haben sich der Piezon[®] Master 400 und der SONICflex[®] 2000 mit glatten Ansätzen bewährt.
- Alle Bearbeitungsinstrumente verursachten auf der Wurzeloberfläche instrumententypische Bearbeitungsspuren.
- Bei der Bearbeitung der Wurzeloberfläche zeigten die maschinellen Geräte allgemein keine Überlegenheit gegenüber den manuellen Gracey-Küretten, sondern können sie nur ergänzen. Instrumente mit hoher Effizienz und geringem Substanzabtrag sind dabei zu bevorzugen.

9. Literaturverzeichnis

- [01] **Allen, E., Rhoads, R.**
Effects of high speed periodontal instruments on tooth surfaces
J Periodontol 34, 352-356 (1963)
- [02] **Auplish, G., Needleman, I.G., Moles, D.R., Newman, H.N.**
Diamond-coated sonic tips are more efficient for open debridement of molar furcations
J Clin Periodontol 27, 302-307 (2000)
- [03] **Baderstein, A.**
Nonsurgical periodontal therapy
Thesis, Malmö 1984
- [04] **Benfenati, M.P., Montesani, M.T., Benfenati, S.P., Nathanson, D.**
Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen parodontologisch erkrankter, instrumentierter Wurzeloberflächen. Ein Vergleich zwischen scharfen, stumpfen und beschädigten Küretten sowie Ultraschallinstrumenten
Int J Periodont Rest Dent 2, 51-67 (1987)
- [05] **Bhaskar, S.N.**
Gingival healing after hand and ultrasonic scaling-biochemical and histological analysis
J Periodontol 43, 31 (1972)
- [06] **Borghetti, A., Mattout, P., Mattout, C.**
Wie intensiv muss eine Wurzelglättung zur Entfernung des Wurzelzementes durchgeführt werden
Int J Periodon Rest Dent 7(4), 23-29 (1987)
- [07] **Burnett, L.**
Subgingivales Scaling mit Ultraschall
Forum 46, 179-186 (1994)
- [08] **Bray, K.K.**
Innovationen in parodontalen Debridement: Eine Neubewertung der Rolle maschineller Zahnsteinentfernung
Dental Hygiene Connection 1, 1-2 (1996)
- [09] **Bye, F.L., Ghilzon, R.S., Caffesse, R.G.**
Die Rauigkeit der Wurzeloberfläche nach verschiedenen Methoden der Instrumentierung
Int J Period Rest Dent 6 (5), 37-47 (1986)

- [10] **Clark, S.M.**
The ultrasonic dental unit: A guide for the clinical application of ultrasonic in dentistry and in dental hygiene
J Periodontol 40, 621-629 (1969)
- [11] **Diedrich, P., Vahl, J., Bomfleur, W., Mutschelknauss, R.**
Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen der Wurzeloberfläche nach Anwendung verschiedener Hand- und Ultraschallinstrumente
Dtsch Zahnärztl Z 30, 396-405 (1975)
- [12] **Donath, K.**
The diagnostic value of the new method for the study of decalcified bones and teeth with attached soft tissue (Säge-Schliff-Technik)
Path Res Pract 179, 631-3 (1985)
- [13] **Dragoo, M.R.**
A clinical evaluation of hand and ultrasonic instruments on subgingival debridement. Part I. With unmodified and modified ultrasonic inserts
Int J Periodont Res Dent 12, 311-323 (1992)
- [14] **Ewen, S., Glickstein, C.**
Ultrasonic therapy in periodontics
Chapter Power Scalers 1, 267 (1968)
- [15] **Ewen, S., Scopp, I., Witkin, R., Ortiz-Juneda, M.**
A comparative study of ultrasonic generators and hand instruments
J Periodontol 47, 82-86 (1976)
- [16] **Fine, D.H.**
Preliminary characterization of material elected from the roots of periodontally diseased teeth
J Periodont Res 15, 10 (1980)
- [17] **Flemming, T.F., Petersilka, G.J., Mehl, A., Hickel, R., Klaiber, R.**
The effect of working parameters on root substance removal using a piezoelectric ultrasonic scaler in vitro
J Clin Periodontol 25, 158-163 (1998)
- [18] **Friedmann, A.**
Instrumente, Materialien und Geräte
Parodontologie 4, 355-357 (1997)
- [19] **Fritz, U., Köhler, U., Hilgers, R.G.**
Wurzelglättung mit Handinstrumenten versus maschineller Bearbeitung
ZWR 6, 344-346 (1997)

- [20] **Garnick, J.J.**
A scanning electron micrographical study of rootsurfaces and subgingival bacteria after hand and ultrasonic instrumentation
J Periodontol 60, 441-447 (1989)
- [21] **Goldman, H.**
Curettage by ultrasonic instrumentation
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 13, 43 (1960)
- [22] **Hänggi, D., Ritz, L., Rateitschak, K.H.**
Perioplaner/Periopolisher: Substanzverlust auf der Wurzeloberfläche und erste klinische Erfahrungen
Schweiz Monatsschr Zahnmed 101, 1535 (1991)
- [23] **Hahn, R.**
Therapie und Prophylaxe der Parodontitis mit der Vector-Methode
ZWR 11, 642-645 (2000)
- [24] **Hahn, R.**
One year clinical monitoring of patients with adult periodontitis following vector treatment
Posterpräsentation auf dem EuroPerio 3 Meeting, Genf (2000)
- [25] **Hahne, G., Schumacher, K., Lange, D.E.**
Plaque-Quantifizierung unter Verwendung eines computerunterstützten Plaqueerhebungssystems
Dtsch Zahnärztl Z 55 (4), 234-237 (2000)
- [26] **Hetz, G.**
Ultraschallkürettage
Innovationen für die Zahnheilkunde, Kapitel 1-10 (1997)
- [27] **Horodko, M., Bürklin, T., Raetzke, P., Ratka-Krüger, P.**
Klinische Untersuchung zur Wirksamkeit eines neuen Ultraschallgerätes bei der nichtchirurgischen Parodontitistherapie
Parodontologie 14/2, 143-151 (2003)
- [28] **Hugo, B., Stassinakis, A., Hänggi, D., Hotz, P.**
Die geschlossene Bearbeitung von Wurzeloberflächen mit einem neuen Feileninstrumentarium
Dtsch Zahnärztl Z 50 (9), 639-642 (1995)
- [29] **Iff, M., Marinello, C.P.**
Ultraschallgeräte, Anwendung in der Parodontologie. Eine Literaturübersicht
Acta Med Dent Helv 3, 149 (1998)

- [30] **Jepsen, S.**
Vortrag auf der DGP-Tagung in Dresden (2004)
- [31] **Jones, S., Lozdan, J., Boyde, A.**
Tooth surfaces treated in situ with periodontal instruments.
Scanning electron microscopic studies
Br Dent J 132, 57-64 (1972)
- [32] **Jotikasthira, N.E., Lie, T., Lennes, K.N.**
Comparative in vitro studies of sonic, ultrasonic and reciprocating
scaling instruments
J Clin Periodontol 19, 560-569 (1992)
- [33] **Kaya, H., Fujimura, T., Kimura, S.**
Quantitative evaluation of the cutting quality and abrasive
resistance of scalers
J Periodontol 66, 62-68 (1995)
- [34] **Kerry, G.**
Roughness of root surfaces after use of ultrasonic instruments and
hand currettes
J Periodontol 38, 340-346 (1967)
- [35] **Klinger, G., Klinger, M., Pertsch, J., Güntsch, A., Börner, D.**
Parodontaltherapie mit Hilfe des Ultraschallgerätes Vector
Quintessenz 51, 813-820 (2000)
- [36] **Kocher, G.**
Die instrumentelle Wurzeloberflächenbearbeitung
Parodontologie 2, 141-152 (1990)
- [37] **Kocher, Th., Plagmann, H.-Chr., Gutsche, K.**
Ein neuer Weg zur Furkationsbehandlung
Dtsch Zahnärztl Z 43, 677-680 (1988)
- [38] **Kocher, Th.**
Entwicklung eines Arbeitskonzeptes zur maschinellen
Wurzeloberflächenbearbeitung mit diamantierten Airscaleransätzen
unter spezieller Berücksichtigung von Molaren mit Furkationsbefall
Habilitationsschriften der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin (1995)
- [39] **Kocher, Th., Plagmann, H.-Chr.**
Maschinelle Wurzeloberflächenbearbeitung
KaVo Dental GmbH Vertriebsgesellschaft, DS-Nr.3091, 1-10 (1997)

- [40] **Kocher, Th.**
Wurzeloberflächenbearbeitung bei der Parodontalbehandlung:
Methoden, Hilfsmittel und Ergebnisse
Parodontologie 1, 71 (1998)
- [41] **Kocher, Th., Langenbeck, M., Rühling, A., Plagmann, H-C.**
Subgingival polishing with a teflon-coated sonic scaler insert in
comparison to conventional instruments as assessed on extracted
teeth
J Clin Periodontol 27, 243-249 (2000)
- [42] **Leon, L., Vogel, R.**
A comparison of the effectiveness of handinstrumentation and
ultrasonic debridement in furcations as evaluated by differential
dark field microscopy
J Periodontol 58, 86-94 (1987)
- [43] **Lie, T., Meyer, K.**
Calculus removal and loss of tooth substance in reponse to different
periodontal instruments
J Clin Periodontology 4, 250-262 (1977)
- [44] **Lie, T., Lekness, K.N.**
Evaluation of the effect on root surfaces of the air turbin scalers an
ultrasonic instrumentation
J Periodontol 56, 522-531 (1985)
- [45] **Marxkors, R.**
Zur Entwicklung diamantierter PAR-Küretten
ZWR 11, 770-772 (1995)
- [46] **Mayer, R.**
Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen von
Zahnoberflächen nach manueller Zahnstein- und
Konkremententfernung
Dtsch Zahnärztl Z 37, 644-648 (1982)
- [47] **Mayer, R., Müller, M.**
Maschinelle Zahnsteinentfernung kritisch betrachtet
Dtsch Zahnärztl Z 48, 123 (1993)
- [48] **Mengel, R., Buns, C., Demel, D., Flores-de-Jacoby, L.**
Eine in-vitro-Untersuchung zur Wurzelglättung durch oszillierende
Instrumente
Dtsch Zahnärztl Z 5 (51), 308-312 (1996)

- [49] **Mengel, R., Buns, C.E., Flores-de-Jacoby, L.**
Klinische Anwendung von oszillierenden Instrumenten zur
Wurzelglättung
ZWR 3,121-125 (1997)
- [50] **Menne, A., Griesinger, H., Jepsen, S., Albers, H., Jepsen, K.**
Vibration characteristics of oscillating scalers
J Dent Res 73, 434 (1994)
- [51] **Meyer, A.S.**
Maschinell getriebene Instrumente in der Initialtherapie
ZMK 7-8, 444-448 (2000)
- [52] **Moskow, B., Bressmann, E.**
Cemental response to ultrasonic and hand instrumentation
J Periodontol 43, 698-703 (1972)
- [53] **Nabik, N.M.**
Endotoxin penetration into root cementum of periodontally healthy
and diseased human teeth
J Periodontol 53, 369 (1982)
- [54] **Nishimine, D., O`Leary, T.J.**
Handinstrumentation versus ultrasonics in the removal of
endotoxins from root surfaces
J Periodontol 50, 345 (1979)
- [55] **Oberholzer, R., Rateitschak, K.H.**
Root cleaning or root smoothing. An in vivo study
J Clin Periodontol 23, 326-330 (1996)
- [56] **Pameijer, C., Stallard, R.E., Hiep, N.**
Surface characteristics of teeth following periodontal
instrumentation: A scanning electron microscope study
J Periodontol 43, 628-633 (1988)
- [57] **Petersilka, G.J., Flemming, T.F.**
Subgingivale Wurzeloberflächenbearbeitung mit Schall- und
Ultraschallscalern
Parodontologie 3, 233-244 (1999)
- [58] **Petersilka, G.J., Steinmann, D., Häberlein, I., Heinecke, A.,
Flemming, T.F.**
Subgingival plaque removal in buccal and lingual sites using a novel
low abrasive air-polishing powder
J Clin Periodontol 30, 328-333 (2003)

- [59] **Petersilka, G.J., Draenert, M., Mehl, A., Hickel, R., Flemming, T.F.**
Safety and efficiency of novel sonic scaler Tipps in vitro
J Clin Periodontol 30, 551-555 (2003)
- [60] **Petersilka, G.J., Ehmke, B., Flemming, T.F.**
Antimicrobial effects of mechanical debridement
Periodontology 2000 (28), 56-71 (2002)
- [61] **Plagmann, H.C., Kocher, T., Engelsmann, U.**
Epitheliales Neu-Attachment nach Wurzeloberflächenbearbeitung mit verschiedenen Instrumenten
Dtsch Zahnärztl Z 43, 686-692 (1988)
- [62] **Rateitschak, K.H., Rateitschak E.M., Wolf, H.F.**
Therapie der parodontalen Erkrankungen
Parodontologie 2, 133-203 (1989)
- [63] **Ritz, L., Hefti, A.F., Rateitschak, K.H.**
An in-vitro- investigation an the loss of root substance in scaling with various instruments
J Periodontol 18, 643-647 (1991)
- [64] **Rosenberg, R., Ash, M.**
The effect of root roughness on plaque accumulation and gingival inflammation
J Periodontol 45, 146-150 (1974)
- [65] **Schmage, P., Nergiz, I., Platzer, U.**
Comparison of six root planing Methods with a curette
J Dent Res 78 (*IADR Abstracts*), 192 (1999)
- [66] **Schmage, P., Nergiz, I., Platzer, U., Siebert, K.**
Effekt der Wurzelreinigung mit maschinellen gegenüber manuellen Methoden
Dtsch Zahnärztl Z 55, 1-4 (2000)
- [67] **Schwarz, J.P., Guggenheim, R., Düggelin, M., Hefti, A., Rateitschak-Plüss, E.M., Rateitschak, K.H.**
The effectiveness of root debridement in open flap procedures by means of a comparison between hand instruments and diamond burs
J Clin Periodontol 16, 510-518 (1989)
- [68] **Schwarz, J.P., Hefti, A., Rateitschak, K.H.**
Vergleich der Oberflächenrauigkeiten des Wurzeldentins nach Bearbeitung mit Diamantschleifkörpern und Handinstrumenten
Schweiz Monatsschr Zahnmed 94, 343-354 (1984)

- [69] **Scott, J.B., Steed-Veilands, A.M., Yukna, R.A.**
Improved Efficacy of Calculus Removal in Furcations Using Ultrasonic Diamond-Coated Insert
Int J Periodont Rest Dent 4, 355-361 (1999)
- [70] **Seichter, U., Herforth, A.**
Vergleichende rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen über die Randspaltbreite verschiedener Composites und über die diesbezügliche Wiedergabegenauigkeit unterschiedlicher Replicas
Dtsch Zahnärztl Z 35, 511-515 (1980)
- [71] **Sherman, P.R.**
The effectiveness of subgingival scaling and root planing and ultrasonic instrumentation
J Periodontol 60, 441 (1989)
- [72] **Shiloah, J. et.al.**
The role of subgingival irrigation in the treatment of periodontitis
J Periodontol 64, 835-843 (1993)
- [73] **Siegel, S.M.**
Typen mechanisch betriebener Instrumente
Dental Hygiene Connection 1, 3-7 (1996)
- [74] **Spranger, H.**
Mikrohärteprüfungen ultraschallbehandelter Zahnschmelzoberflächen
ZWR 23/24, 1094-1097
- [75] **Stelzel, M., Mengel, R., Braunberger, F., Dieckwisch, T., Flores-de-Jacoby, L.**
In-vitro-Untersuchung zur Säuberung und Glättung der Wurzeloberfläche mit verschiedenen Instrumenten
Dtsch Zahnärztl Z 48, 4 (1993)
- [76] **Stende, G.W., Schaffer, E.M.**
A comparison of ultrasonic and handscaling
J Periodontol 32, 312 (1961)
- [77] **Suslick, K.S.**
Die chemischen Wirkungen von Ultraschall
Spektrum der Wissenschaft, 60-66 (1989)
- [78] **Takacs, V.J., Lie, T., Perala, D.G., Adams, D.F.**
Efficacy of 5 Machining Instruments in Scaling of Molar Furcations
J Periodontol 64, 228-236 (1993)

- [79] **Topoll, H.H., Lange, D.E., Hügelmeyer, T., Hannemann, D.**
Oberflächenveränderungen von Schmelz, Wurzelzement und Füllungen nach Einwirkung von Zahnreinigungsinstrumenten
Dtsch Zahnärztl Z 44, 387-390 (1989)
- [80] **Tunkel, J., Heinecke, A., Flemming, T.F.**
A systematic review of efficacy of machine-driven and manual subgingival debridement in the treatment of chronic periodontitis
J Clin Periodontol 20 (Suppl. 3), 72-81 (2002)
- [81] **Van Volkinburg, J., Green, E., Armitage, G.**
The nature of root surfaces after curette, cavitron and alpha-sonic instrumentation
J Periodont Res 11, 374-381 (1976)
- [82] **Walmsley, A.D., Laird, W.R.E., Williams, A.R.**
A model system to demonstrate the role of cavitation activity in ultrasonic scaling
J Dent Res 63, 1162-1165 (1984)
- [83] **Walmsley, A.D., Walsh, T.F., Laird, W.R.E., Williams, A.R.**
Effects of cavitation activity on the root surfaces of teeth during ultrasonic scaling
J Clin Periodontol 17, 306-312 (1990)
- [84] **Wilkinson, R.F., Maybury, J.E.**
Scanning electron microscopy of the root surfaces following instrumentation
J Periodontol 44, 559 (1973)
- [85] **Witte, M., Lange, D.E., Bispinck, H.**
Temperaturmessungen bei der Anwendung von zahnärztlichen Ultraschallgeräten
Dtsch Zahnärztl Z 33, 33-38 (1978)
- [86] **Woodruff, W.R., Greco, G.W., McFall, W.**
Tooth loss in patients with moderate periodontitis after treatment and long term maintenance care
J Periodontol 46, 119-126 (1975)
- [87] **Zach, H.**
The histology of the response to ultrasonic curettage
J Dent Res 40, 751 (1961)
- [88] **Zappa, U., Smith, B., Simona, C., Graf, H., Case, D., Kim, W.**
Root substance removal by scaling and root planing
J Periodontal 62, 750-754 (1991)

10. Danksagung

Frau Prof. Dr. U. Platzer gilt mein besonderer Dank für die Anregung zu diesem Thema und zur Abfassung dieser Dissertation.

Ein besonderer Dank gilt Frau Dr. P. Schmage für die stets freundliche und intensive Betreuung sowie für die Hilfestellungen und Anregungen, die sie mir bei dieser Arbeit gewährt hat.

Frau D. Claussen, Diplomfotografin am Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des UKE, danke ich für die Anfertigung der Fotografien.

Herrn cand. phys. R. Schmidt möchte ich für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung danken.

Ebenfalls möchte ich mich bei Frau U. Schultz, MTA am Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des UKE, für die Unterstützung bei den REM-Aufnahmen und den Laborarbeiten bedanken.

11. Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Yvonne Schultz
Geb.-Datum: 26.06.1972
Geb.-Ort: Osterburg
Eltern: Vater Reinhard Schultz, gelernter Maurer, seit 1997 erwerbsunfähig
Mutter Barbara Schultz, geb. Rückborn, Erzieherin
Geschwister: Schwester Jördis Schultz, Angestellte der Deutschen Post
Familienstand: ledig
Staatsangehörigkeit: deutsch

Schul- und Berufsausbildung:

1979-1989 Allgemeinbildende Polytechnische Oberschule in Osterburg
1989-1991 Gymnasium in Osterburg
1991-1994 Ausbildung zur Zahnarzhelferin in Norderstedt
1994-2001 Studium der Zahnmedizin an der Universität Hamburg

Beruftätigkeit:

2002-2004 Ausbildungsassistentin in Hamburg
seit April 2004 Weiterbildungsassistentin in Hamburg

12. Erklärung

Ich erkläre ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe. Andere als die von mir angegebenen Hilfsmittel und Quellen wurden nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen habe ich einzeln kenntlich gemacht. Ich habe diese Dissertation bisher keinem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben.

Hamburg, 24.11.2005