

**Antientzündliche Effekte eines Hochgeschwindigkeitssprühnebels
bei supragingivaler Irrigation
- Ergebnisse einer randomisierten kontrollierten Studie -**

Inaugural- Dissertation
Zur Erlangung des Doktorgrades
der hohen Medizinischen Fakultät
Rheinische Friedrich- Wilhelms- Universität
Bonn

vorgelegt von
Claudia Marie Adele Dehn geb. Böttcher
aus Bergisch- Gladbach

2006

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

Gutachter: Prof. Dr. Dr. S. Jepsen

Gutachter: Prof. Dr. H. Stark

Tag der Mündlichen Prüfung: 30.10.2006

Aus der Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Rheinischen Friedrich- Wilhelms- Universität Bonn
Direktor: Prof. Dr. Dr. S. Jepsen

Meiner Mutter

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	8
1.1 Einführung	8
1.2 Plaque	8
1.2.1 Pellikelbildung	9
1.2.2 Phase I	9
1.2.3 Phase II	10
1.2.4 Phase III	10
1.3 Gingivitis	10
1.3.1 Initiale Läsion	11
1.3.2 Frühläsion	11
1.3.3 Etablierte Läsion	12
1.3.4 Entzündungsdiagnostik	12
1.3.4.1 Blutungsneigung	12
1.3.4.2 Rötung und Schwellung	13
1.3.4.3 Plaquediagnostik	13
1.3.4.4 Exsudation	14
1.4 Plaquekontrolle	15
1.4.1 Mechanische Plaquekontrolle	16
1.4.2 Chemische Plaquekontrolle	16
1.4.3 Wasserstrahlgeräte	16
1.5 Ziel der Studie und Fragestellung	17
2. Material und Methoden	19
2.1 Auswahl der Probanden	19
2.2 Vorbehandlung	19
2.3 Das Hochgeschwindigkeits-Sprühnebel-System (HSS)	20

2.4 Studiendesign	22
2.5 Präventive Phase	23
2.5.1 Häusliche Mundhygiene	23
2.5.2 Professionelle Behandlung	23
2.5.3 Untersuchungen	24
2.6 Therapeutische Phase	27
2.6.1 Häusliche Mundhygiene	27
2.6.2 Professionelle Behandlung	27
2.6.3 Untersuchungen	27
2.7 Datenerfassung und Statistik	27
3. Ergebnisse	29
3.1 Sulkusflüssigkeitsmenge	29
3.1.1 Präventive Phase	29
3.1.2 Therapeutische Phase	30
3.2 Blutungsindex	32
3.2.1 Präventive Phase	32
3.2.2 Therapeutische Phase	33
3.3 Plaqueindex	35
3.3.1 Präventive Phase	35
3.3.2 Therapeutische Phase	36
4. Diskussion	38
4.1 Methodische Vorgehensweise	38
4.1.1 Professionelle Behandlung	38
4.1.2 Untersuchungen	39
4.2 Allgemeine Ergebnisse	44
4.3 Ermittelte Werte	44

5. Zusammenfassung	49
6. Literaturverzeichnis	50
7. Anhang	56
7.1 Abbildungen	56
7.1.1 Sulkusflüssigkeitsmenge	56
7.1.2 Blutungsindex	60
7.1.3 Plaqueindex	64
8. Danksagung	66
9. Lebenslauf	67

1. Einleitung

1.1 Einführung

Die Prävention von plaqueassoziierten Erkrankungen, wie Karies und Parodontopathien, nimmt einen besonders hohen Stellenwert in der heutigen Zahnheilkunde ein. Durch ein effektives Präventionsprogramm kann das Erkrankungsrisiko stark vermindert werden (Axelsson et al. 1991). Das Risiko an entzündlichen Parodontalerkrankungen und Karies zu erkranken, kann folglich durch gute Mundhygienemaßnahmen und der dadurch erreichten Plaquereduktion vermindert werden.

Die Entstehung plaqueinduzierter Parodontalerkrankungen ist auf die entzündliche Reaktion des marginalen Parodonts auf die mikrobielle Plaque zurückzuführen. Nach spätestens 21 Tagen ungehinderter Plaqueakkumulation entwickelt sich eine Gingivitis. Bei weiterer bakterieller Exposition und Persistenz des Entzündungsprozesses im Bereich der Gingiva kann es zur Ausbreitung der Entzündung auf den Zahnhalteapparat kommen und es können Zahnfleischtaschen entstehen, was zu einem Attachmentverlust und letztlich dem Zahnverlust führen kann (Plagmann 1998).

1.2 Plaque

Bereits 1889 wurde von Black beobachtet, dass Mikroorganismen klebrige Beläge bilden können, mittels derer sie sich an der Zahnoberfläche anheften. Für die auf den Zähnen haftenden Beläge wurde erstmals die Bezeichnung „Plaques“ verwendet (Henderson 1961). Bis Mitte des letzten Jahrhunderts war die vorherrschende Meinung, dass Plaque in erster Linie aus Speiseresten besteht. Dann fand man allerdings heraus, dass eine große Anzahl von Mikroorganismen in der Plaque enthalten ist. Heute ist weiterhin bekannt, dass die in der Plaque enthaltenen Bakterien bzw. die Reaktion des Wirtes auf diese Bakterien und deren Stoffwechselprodukte Ursache für die Ausbildung plaqueassoziiierter Erkrankungen sind.

Die heute gültige Definition der Plaque beschreibt sie als festhaftenden, histologisch strukturierten Zahnbelag von lebenden und toten Mikroorganismen in einer polysaccharid- und glykoproteinreichen Matrix, die das Produkt mikrobieller Stoffwechselaktivität und Vermehrung darstellt (Plagmann 1998, Müller 2001).

Grundlage für die mikrobielle Kolonisation ist das Prinzip der Entstehung eines Biofilms. Bakterienpopulationen können feste Oberflächen in feuchtem Milieu besiedeln und ein

Biofilm, bestehend aus Mikroorganismen, extrazellulären bakteriellen Makromolekülen und Produkten des umgebenden Mediums entsteht. Durch extrazelluläre Strukturen von Bakterien, wie Kapselpolysaccharide und Glykokalix, kann eine Matrix gebildet werden, die sowohl eine Schutz- als auch eine das Wachstum begünstigende Funktion hat. Ein Biofilm besitzt weiterhin ein spezielles Zirkulationssystem, das eine Substratzufuhr sowie die Elimination von Abfallprodukten ermöglicht. Durch spezifische Parameter, wie pH- Wert, Sauerstoffpartialdruck und Redoxpotential, entsteht ein definiertes Mikromilieu. Durch die Struktur des Biofilms bedingt, weisen die darin enthaltenen Bakterienkolonien besondere Eigenschaften auf. Durch Kommunikation, Kooperation und Resistenzen ist eine gesteigerte Bakterienpathogenität möglich. Plaque stellt somit eine besondere Form eines Biofilms dar, deren Entstehung in aufeinander folgenden Phasen beschrieben werden kann (Müller 2001, Plagmann 1998).

1.2.1 Pellikelbildung (Min. bis 2 Stunden)

Voraussetzung für die Bildung von Plaque ist das Pellikel. Es besteht aus azellulären Speichelkomponenten, vor allem geladenen Proteinen und Glykoproteinen, die sich nach einer Reinigung der Zähne sehr rasch an der Zahnoberfläche anlagern. Diese Anheftung erfolgt vor allem durch elektrostatische Wechselwirkungen zwischen den Proteinen und der ebenfalls elektrisch geladenen Schmelzoberfläche. Das Pellikel kann sich innerhalb von Sekunden nach der Exposition der Schmelzoberfläche in der Mundhöhle bilden. Ein ausgereiftes Pellikel kann zwischen 1 und 3 µm dick sein und kann die Schmelzoberfläche zum einen vor dem Angriff von Säuren schützen, ist aber auf der anderen Seite auch die Grundlage für die Adhäsion von Bakterien aus der Mundhöhlenflora am Zahn.

1.2.2 Phase I (0.- 2. Tag)

Im Rahmen der bakteriellen Primärbesiedelung und damit der ersten Phase der eigentlichen Plaquebildung, heften sich innerhalb weniger Stunden grampositive aerobe Kokken und Aktinomyzeten mit Hilfe spezifischer Oberflächenrezeptoren an die Glykoproteine des Pellikels. Später wird das Pellikel durch weitere Streptokokken und Veillonellen besiedelt. Nach der initialen Besiedelung des Pellikels kommt es zur weiteren Anheftung, wobei die von Bakterien gebildeten extrazellulären Polysaccharide

den Zusammenhalt und die Adhäsion der wachsenden Plaque an der Zahnoberfläche sicherstellen. Die genannten Polysaccharide sind als Glukane und Levane bekannt und werden aus niedermolekularen Kohlenhydraten synthetisiert.

1.2.3 Phase II (3.- 7. Tag)

Innerhalb der nächsten 3-7 Tage, der zweiten Phase der Plaquebildung, lagern sich gramnegative Stäbchen und Filamente ein, so dass eine immer komplexere Flora entsteht. Es kommt zu einer deutlichen Volumenzunahme und verstärkter Fixation der Plaque. Außerdem erhält die Plaque einen vermehrt anaeroben Charakter, da die Zahl gramnegativer Anaerobier und Spirochäten auf Kosten der aeroben Keimflora stark zunimmt. Es lassen sich vermehrt Bakterien der Gruppen Actinomyces, Bakteroides, Veillonella, Fusobakterium und Treponema nachweisen.

1.2.4 Phase III (nach einer Woche)

Nach 7- 10 Tagen ist die Plaque ausgereift und besitzt ihre volle Pathogenität. Sie ist bis zu 0,5 mm dick und besteht aus ungefähr 200 bis 300 Zellschichten. Eine große Anzahl von Mikroorganismen (bis zu 300 Millionen pro mg Nassgewicht) ist nun in der Plaque enthalten, deren Lebensbedingungen mit der Dickenzunahme immer besser werden. Der anaerobe Charakter des Milieus nimmt weiterhin zu und Spirillen und Spirochäten lagern sich ein. Die ausgereifte Plaque, die zahlreiche Bakterien in eine amorphe Matrix eingebettet enthält, kann dem Zahn supra- und subgingival anhaften, wobei die subgingivale Plaque erst im fortgeschrittenen Stadium entsteht. Die subgingivale Plaque besteht aus zwei Schichten, einer zahnadhärenten und einer nicht fixierten Schicht. Die nicht fixierte Schicht besitzt eine besonders große Parodontopathogenität, die sich in einer entzündlichen Abwehrreaktion des Wirtes äußert.

1.3 Gingivitis

Die aktuelle Klassifikation der parodontalen Erkrankungen (Armitage 1999, Deutsche Gesellschaft für Parodontologie 2002) beschreibt die unterschiedlichen Formen der Gingivitis unter dem Begriff der gingivalen Erkrankungen, wobei eine Unterteilung in plaqueinduzierte und nicht plaqueinduzierte Formen vorgenommen wird. Eine gingivale Erkrankung ohne die Anwesenheit von Plaque kann durch bakterielle, virale oder pilz-

bedingte Infektionen, genetische Veränderungen, systemische Faktoren oder traumatische Läsionen verursacht werden. Eine plaqueinduzierte gingivale Erkrankung bzw. plaqueinduzierte Gingivitis kann durch systemische Faktoren, Arzneimittel oder Mangelernährung modifiziert werden.

Nach Aussetzen der gewohnten Mundhygiene lässt sich innerhalb von 10- 21 Tagen eine Gingivitis experimentell erzeugen (Löe et al. 1965). Eine plaqueinduzierte Gingivitis ist jedoch nach Entfernung der bakteriellen Reize, also einer effektiven Plaquekontrolle, vollständig reversibel und es kann zu einer restitutio ad integrum kommen.

Erste Symptome eines entzündlichen Prozesses der marginalen Gingiva im Sinne einer plaqueinduzierten Gingivitis werden durch Rötung, Schwellung, Exsudation (Fließrate der Sulkusflüssigkeit) und erhöhte Blutungsneigung bzw. Blutung nach Sulkussondierung ersichtlich. Gleichzeitig kann es zu erhöhten Sondierungstiefen ohne Attachmentverlust (Pseudotaschen) und Ulzerationen kommen (Löe et al. 1965, Page u. Schroeder 1976).

1.3.1 Initiale Läsion (nach 2- 4 Tagen)

Erste entzündliche Reaktionen der marginalen Gingiva sind bereits in einer frühen Phase der Plaqueakkumulation zu erkennen. Klinisch ersichtlich ist sie jedoch lediglich durch eine erhöhte Fließrate der Sulkusflüssigkeit und eine beginnende Blutungsneigung bei Sondierung. Die Ursache für diese Veränderungen ist die inflammatorische, exsudative Immunantwort auf die Bakterien und deren Stoffwechselprodukte. Bei pathohistologischer Betrachtung wird dies durch eine Steigerung der Gefäßwandpermeabilität und den Austritt von Serum durch das aufgelockerte Saumepithel ersichtlich. Neben der Gefäßveränderung und Kollagenverminderung wird eine zelluläre Komponente ersichtlich. Es sind vermehrt polymorphkernige Granulozyten (PMN) sowie Makrophagen in verändertem Saumepithel und Bindegewebe zu finden (Plagmann 1998, Müller 2001).

1.3.2 Frühläsion (nach 4- 7 Tagen)

Im zweiten Stadium der Gingivitis kommt es zu einem verstärkten Erscheinungsbild der Initiailläsion. Es zeichnet sich klinisch durch vermehrt auftretendes Sondierungsbluten aus. Pathohistologisch zeigt das Saumepithel eine zunehmende laterale Proliferation

und es kommt zu einer deutlichen Kollagenzerstörung. Eine Vaskulitis mit Austritt von Serumproteinen, Migration von polymorphkernigen Granulozyten (PMN) durch das Gewebe, die Ausbildung eines von T- Lymphozyten dominiertem Infiltrat sowie Fibroblastenveränderungen sind weitere Kennzeichen dieses Stadiums (Plagmann 1998, Müller 2001).

1.3.3 Etablierte Läsion (nach 2- 3 Wochen)

Nach weiterer unbeeinflusster Plaquebildung manifestiert sich die entzündliche Reaktion des marginalen Parodonts und wird nun zusätzlich durch Rötung und Schwellung ersichtlich. Die Plaque hat nun auch subgingivale Bereiche erreicht und es kommt zu einer Destruktion des Saumepithels und bindegewebiger Strukturen am Sulkusboden, so dass eine gingivale Tasche mit Taschenepithel entsteht. Nun herrschen B-Lymphozyten und Plasmazellen im Gewebe vor.

Die Destruktion betrifft aber in diesem Stadium lediglich die gingivalen Weichgewebe, Knochen und zahntragende Areale sind noch nicht betroffen.

Bei einer Störung des Gleichgewichtes zwischen Plaqueangriff und Wirtsantwort kann es zu einer irreversiblen Destruktion in den tieferen parodontalen Bereichen kommen und es bildet sich eine fortgeschrittene Läsion in Form einer Parodontitis aus (Plagmann 1998, Müller 2001).

1.3.4 Entzündungsdiagnostik

Um eine entzündliche Veränderung des marginalen Parodonts diagnostizieren zu können, gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten. Man macht sich dabei die klassischen Entzündungszeichen, wie Rötung, Schwellung, Exsudation und erhöhte Blutungsneigung zu Nutze.

1.3.4.1 Blutungsneigung

Ein deutliches klinisches Symptom der Gingivitis ist das Auftreten einer Blutung nach Sondierung. Es existieren Indizes, die eine quantitative bzw. qualitative Beurteilung der Blutungsintensität ermöglichen sollen. Jedoch werden zu einer schnellen Erhebung der Blutungsneigung Indizes verwendet, die mittels einer Ja-/Nein- Entscheidung den prozentualen Anteil der positiven Messpunkte an der Zahl der Gesamtmesspunkte

angibt. In allen Fällen ist eine Blutung durch zu hohen Sondendruck provozierbar. Deshalb ist es besonders wichtig, einen definierten Sondendruck auszuüben, der nicht nur individuell durch den Behandler bestimmt wird und in gesundem Gewebe keine Blutung hervorruft. Dazu existieren manuell oder elektronisch druckkalibrierbare Sonden, mittels derer man einen definierten Druck ausüben kann (Lang et al. 1991, Hunter 1994, Newbrun 1996).

1.3.4.2 Rötung und Schwellung

Die feste, straffe Struktur und blassrosa Farbe der gesunden Gingiva verändern sich im Falle einer Entzündung. Die Auflockerung des Faserapparates mit oft gleichzeitiger reaktiver Gewebeneubildung, das begleitende extravasale Ödem und die Rötung kennzeichnen das Erscheinungsbild der Gingivitis. Es können Pseudotaschen entstehen, die sich durch erhöhte Sondierungstiefen ohne Attachmentverlust auszeichnen (Page u. Schroeder 1976).

1.3.4.3 Plaquediagnostik

Um die Effektivität von Mundhygienemaßnahmen zu untersuchen, können Plaqueindizes verwendet werden. Man unterscheidet Verfahren mit einer Anfärbung der Plaque von Verfahren ohne eine Anfärbung (Silness u. Loe 1964).

Zum Anfärben der Plaque sind verschiedene Farbstoffe im Handel erhältlich. Am bekanntesten und häufig verwendet ist Erythrosin, das die Plaque rötlich anfärbt. Ein weiterer Farbstoff ist Fluorescein, das nur bei Beleuchtung mit Licht aus dem blauen Wellenlängenbereich sichtbar wird und in einer gelben Farbe erscheint.

Nach dem Anfärben der Plaque erfolgt dann mittels verschiedener Indizes die Beurteilung der Plaquemenge, die sich auf den Zahnoberflächen befindet. Es gibt Indizes, die die Plaqueakkumulation an jedem einzelnen Zahn in verschiedene Schweregrade einteilt (Quigley u. Hein 1962). Diese quantitativen Verfahren wurden im Verlauf der Jahre modifiziert, wie z.B. der Plaqueindex von Turesky et al. (1970).

Um eine schnelle Erhebung zu gewährleisten, wird bei anderen Plaqueindizes mittels Ja-/Nein- Entscheidung eine mögliche Plaqueakkumulation dokumentiert. Nachfolgend kann der prozentuale Anteil der positiven Messpunkte an der Zahl der

Gesamtmesspunkte ermittelt werden. Hier gibt es Unterschiede in der Lokalisation der zu untersuchenden Messpunkte.

1.3.4.4 Exsudation

Im Rahmen der gingivalen Entzündungsreaktion kommt es zu einer Steigerung der Gefäßwandpermeabilität, was zum Austritt von Blutserum in das umgebende Bindegewebe führt. Über das Saumepithel gelangt das Serum in den Sulkus, wo es Substanzen des entzündlichen Prozesses aufnimmt und als Sulkusflüssigkeit schließlich in die Mundhöhle austritt. Sowohl Qualität als auch Quantität der Sulkusflüssigkeit läßt Rückschlüsse auf den Entzündungszustand der Gingiva zu.

Mit Hilfe verschiedener Verfahren kann eine Beurteilung der ausgetretenen Sulkusflüssigkeitsmenge vorgenommen werden:

- **Auswaschmethode**

Dieses Verfahren dient der Gewinnung von Sulkusflüssigkeit mit ihren zellulären Bestandteilen. Bei dieser Methode, durch die die Qualität der Sulkusflüssigkeit untersucht werden kann, wird der Sulkus mit physiologischer Kochsalzlösung gespült, die dann sofort wieder gemeinsam mit der Sulkusflüssigkeit aspiriert wird.

- **Kapillarmessung**

Hierbei wird die Sulkusflüssigkeit in Kapillarröhrchen von standardisiertem Ausmaß bei standardisierter Zeit aufgesaugt (Sueda et al. 1969).

- **Ninhydrin-Methode**

Die Sulkusflüssigkeit wird hier mit speziellen Filterpapierstreifen aufgenommen, die für eine bestimmte Zeit (z.B. drei Minuten) entweder an den Eingang des Sulkus (extrakrevikulär) oder in den Sulkus (intrakrevikulär) appliziert werden.

Anschließend wird die Sulkusflüssigkeit mit alkoholischer Ninhydrinlösung blau bis violett eingefärbt, so dass die gefärbte Strecke auf dem Filterpapierstreifen gemessen werden kann. Die blau- violette Anfärbung der wird durch die Reaktion von Ninhydrin mit Proteinen und α - Aminosäuren der Sulkusflüssigkeit ermöglicht.

Um eine Verfälschung der Messergebnisse zu vermeiden, darf kein Speichel mit dem Filterpapier aufgesogen werden (Cimasoni 1974).

- **Selbstfärbende Indikatorpapierstreifen**

Hierbei handelt es sich um in Millimeter skalierte 1 mm breite Teststreifen, die einen sogenannten nichtblutenden pH- abhängigen Indikator an Cellulose gebunden enthalten. Durch steigende pH- Werte kommt es zu einer Farbveränderung von Gelb nach Violett. Nach Applikation an den Sulkuseingang kommt es durch die Sulkusflüssigkeit zu einer Verfärbung des Streifens entsprechend der Steighöhe, die anschließend mittels einer Lupe abgelesen werden kann (Kohlbecker et al. 1989).

- **Hygrometrische Bestimmung mit dem Periotron®**

Auch bei diesem Verfahren werden spezielle Filterpapierstreifen verwendet, mit denen die Sulkusflüssigkeit in einer vorgegebenen Zeit aufgenommen wird. Die Liegedauer des Filterpapierstreifens sollte nicht länger als 10- 30 Sekunden sein, da es sonst durch Verdunstungseffekte zu einer Verfälschung des Ergebnisses kommen kann. Die Volumenbestimmung der aufgenommenen Sulkusflüssigkeitsmenge erfolgt anschließend mit dem Periotron®- Gerät, das Feuchtigkeitssensoren besitzt und Flüssigkeitsmengen bis in den Nanoliterbereich messen kann. Die Flüssigkeitsmenge wird digital in Einheiten angegeben, kann aber auch bei Bedarf durch eine Kalibrierung des Gerätes in Volumina umgerechnet werden (Borden et al. 1974).

1.4 Plaquekontrolle

Wird Plaque nicht regelmäßig entfernt, so akkumuliert sie. Um eine möglichst große Plaquereduktion auf den Zahnoberflächen zu erreichen, müssen Hilfsmittel zur Mundhygiene verwendet werden, die unterschiedlicher Art sein können. Am gebräuchlichsten sind Zahnbürsten in Verbindung mit Zahnpasten.

1.4.1 Mechanische Plaquekontrolle

- Hilfsmittel zur Reinigung der Zahnaußenflächen (Zahnbürsten mit elektrischer oder manueller Bedienung)
- Hilfsmittel zur Interdentalraumhygiene (Zahnseiden, Interdentalbürsten oder Zahnhölzer)

1.4.2 Chemische Plaquekontrolle

- Zahnpasten
- Mundspüllösungen

Antibakterielle Zusätze, wie z.B. Bisguanide (Chlorhexidin), quartäre Ammoniumverbindungen, Phenole und ätherische Öle (Triclosan, Menthol), Metallionen (Zink, Zinn) und Fluoride (Aminfluorid), die die oben genannten Mundhygienehilfsmittel enthalten, können die mechanische Plaquekontrolle unterstützen.

1.4.3 Wasserstrahlgeräte

Bereits vor über 100 Jahren waren Gummiballonspritzen und manuell betriebene Geräte (Goslee 1902) zur Verstärkung der Spülwirkung von Wasser in der Zahnheilkunde bekannt. Mitte des letzten Jahrhunderts begann man mit der Entwicklung elektrischer Apparaturen. Die erste Munddusche wurde 1962 in den USA von W. Mattingly entwickelt und auf den Markt gebracht. Die Munddusche wurde als Zahnreinigungsgerät bei den Patienten zu einem beliebten Mundhygienehilfsmittel.

Man unterscheidet pulsierende und elektrisch betriebene Geräte mit variabler Druckkontrolle und angeschlossenem Wassertank von konstant fließenden Geräten, die am Wasserhahn angeschlossen werden und deren Druck nur über die Wasserzuleitung variiert werden kann. Die verschiedenen Systeme unterscheiden sich in Ausstoßvolumen, Pulsationsfrequenz, Druck, Strahlgeschwindigkeit, Stromprofil und Zerstäubungswirkung (Lugassy et al. 1971). Neue Systeme besitzen einen im Handstück integrierten Wassertank und können im Akkubetrieb verwendet werden.

Wasserstrahlgeräte sollen jedoch nicht die Reinigung mit der Zahnbürste, dem gebräuchlichsten Mundhygienehilfsmittel, ersetzen, sondern lediglich ergänzen (Greenstein 2005). Die Wirkung des starken Wasserstrahls soll *Materia alba* und *food*

debris, besonders in den Approximalräumen, entfernen. Die Entfernung von fester anhaftenden Strukturen, wie Plaque, konnte mit den älteren Systemen nicht erreicht werden (Riethe 1974). Jedoch wurde eine Verminderung der pathogenen Eigenschaften der Plaque und der Gesamtbakterienzahl angegeben (Bollerhoff u. Fiedler 1981). Eine Entfernung von etablierter Plaque konnte lange Zeit nicht nachgewiesen werden (Bollerhoff u. Fiedler 1981).

Außerdem gibt es Geräte mit Aufsätzen für die subgingivale Reinigung mit speziellen Spülflüssigkeiten, wie z. B. Chlorhexidinlösungen (Watts u. Newman 1986), antibiotischen Lösungen (Bollerhoff u. Fiedler 1981), Acetylsalicylsäure (Flemming et al. 1995) oder anderen antibakteriellen Zusätzen (Greenstein 2005). Die subgingivale Irrigation sollte allerdings einem professionellen Behandler vorbehalten bleiben, da es bei subgingivaler Anwendung zu einer Bakteriämie kommt, die bei gefährdeten Patienten eine Endokarditis verursachen kann (Drapkin 1977, Nagata et al. 2005). Systeme mit pulsierendem Wasserstrahl (bis zu 1200 Pulsationen pro Minute) sollen zusätzlich eine stimulierende Wirkung auf die Gingiva haben. Man verspricht sich neben der prophylaktischen Wirkung auch einen positiven Effekt auf bereits bestehende entzündliche Veränderungen der Gingiva (Greenstein 2005). Aktuelle Untersuchungen belegen, dass durch neuartige Wasserstrahlgeräte mit dem Wirkungsprinzip eines Hochgeschwindigkeitssprühnebels auch eine Plaqueentfernung möglich ist (Eberhard et al. 2004).

1.5 Ziel der Studie und Fragestellung

Durch die Entfernung bakterieller Auflagerungen von den Zahnoberflächen und somit der Reduktion Entzündungsreize wird ein positiver Einfluss auf den Entzündungsstatus der angrenzenden marginalen Gingiva erwartet. Diese Studie sollte das Ausmaß des antiinflammatorischen Effektes eines neuartigen Wasserstrahlgerätes mit dem Wirkungsprinzip eines Hochgeschwindigkeitssprühnebels (HSS) untersuchen. Im Rahmen einer randomisierten, kontrollierten, einfach-blind angelegten Untersuchung sollte das System hinsichtlich der Beeinflussung der Entzündungsparameter der Gingiva mit einer elektrischen Zahnbürste verglichen werden.

Dabei sollte in einer ersten Testphase, der präventiven Phase, ermittelt werden, ob der Entstehung einer experimentell erzeugten Gingivitis durch Verwendung des HSS im Vergleich zu einer elektrischen Zahnbürste vorgebeugt werden kann.

In einer zweiten Testphase, der therapeutischen Phase, sollte festgestellt werden, wie erfolgreich die in der ersten Testphase erzeugte Gingivitis unter Verwendung des HSS im Vergleich zu einer elektrischen Zahnbürste therapiert werden kann.

2. Material und Methoden

2.1 Auswahl der Probanden

Nach Genehmigung des Studienprotokolls durch die Ethik- Kommission (Internationale Freiburger Ethik- Kommission 04/1798) wurden Männer und Frauen im Alter ab 18 Jahren als Probanden für die Studie herangezogen. Vor Studienbeginn wurden die Probanden über den Ablauf und die Art der Studie informiert. Insgesamt sollten mindestens 32 Probanden an der Studie teilnehmen. Um die Eignung der Probanden für die Teilnahme an der Studie zu ermitteln, wurden ausführliche Voruntersuchungen durchgeführt. Dazu gehörten zum einen die Anamnese und zum anderen ein intraoraler Befund. Probanden mit bestehenden Allgemeinerkrankungen, Herzklappenfehlern oder einer Endokarditis in der Vorgeschichte wurden als Probanden ausgeschlossen. Auch eine parodontale Erkrankung sowie die Einnahme von Medikamenten wie Antibiotika oder Antiphlogistika unmittelbar vor oder während der Studie schlossen eine Teilnahme aus.

Bei allen Probanden mussten in jedem Quadranten des Ober- und Unterkiefers jeweils vier Seitenzähne vorhanden sein. Der Zahn- und Parodontalstatus musste ohne pathologischen Befund sein. Es durften keine Karies, keine insuffizienten Füllungen oder Kronen vorhanden sein. Der parodontale Zustand der Probanden wurde mittels Inspektion und Ermittlung der Sondierungstiefen mit einer druckkalibrierten Sonde beurteilt (Vivacare TPS Probe[®], Vivadent, Schaan, Liechtenstein). Eine Sondierungstiefe über 3 mm und eine Blutung auf Sondierung an mehreren Punkten sollte nicht vorliegen.

Auch der Mundhygieniezustand der Probanden musste gut sein. Dieser wurde durch den Nachweis von vorhandener Plaque ermittelt. Dazu wurden die Zähne vestibulär und oral mit einer Erythrosinlösung angefärbt und die Anwesenheit von Plaque an jeweils 6 Messpunkten kontrolliert und dann prozentual in einem Plaqueindex dargelegt. Der Plaqueindex durfte nicht höher als 20% sein.

2.2 Vorbehandlung

Nur die Probanden, die die oben genannten Voraussetzungen erfüllten, konnten an der Studie teilnehmen. Von 46 Interessenten erwiesen sich 34 Probanden als geeignet und wurden in die Studie aufgenommen; 32 dieser Probanden beendeten die Studie (19

weibliche und 13 männliche Probanden im Alter von 18 bis 49 Jahren, davon 6 Raucher). Um alle Probanden in einen vergleichbaren Mundhygienezustand zu bringen, wurde vor Studienbeginn eine professionelle Zahnreinigung mittels Ultraschall (Sensus 1066R, KaVo Dental GmbH, Warthausen, Deutschland) und anschließender Politur (TriFluorOClean®, Kerr, Bioggio, Schweiz) durchgeführt. Als weitere vorbereitende Maßnahme wurden Situationsmodelle beider Kiefer der Probanden hergestellt, um auf diesen individuelle Schienen herzustellen. Diese sollten Prämolaren und Molaren beider Kieferhälften sowie die dazugehörige marginale Gingiva jedes Quadranten bedecken, um eine gegenseitige Beeinflussung der Reinigungswirkung der untersuchten Methoden zu vermeiden. Daher wurde für jeden Sextanten eine Tiefziehschiene angefertigt (Abb.1). Untersucht wurden hier nur die Seitenzahnsextanten und nicht die Frontzähne, damit die Probanden durch die Teilnahme an der Studie keine Beeinträchtigung ihres äußeren Erscheinungsbildes befürchten mussten.

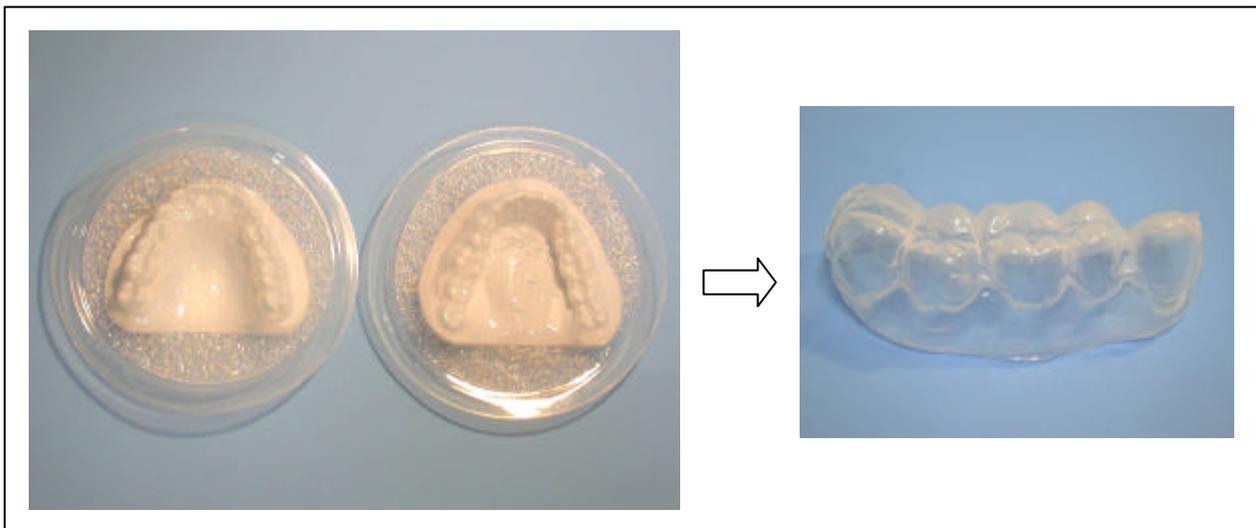


Abbildung 1 individuell angefertigte Tiefziehschienen zur Abdeckung der jeweils nicht zu reinigenden Sextanten

2.3 Das Hochgeschwindigkeits-Sprühnebel-System (HSS)

Der Prototyp dieses neuartigen Wasserstrahlgerätes (Abb. 3) soll die Plaqueentfernung in Regionen, die von der Zahnbürste schlecht erreicht werden ermöglichen. Der Effekt in diesen marginalen und approximalen Bereichen soll die Prävention von Parodontalerkrankungen und Karies sein.

Das Gerät besteht aus einem Gehäuse, in dem die elektronischen Komponenten untergebracht sind, einem auf das Gehäuse aufsteckbaren Wasserbehälter und einem Handstück mit Düse, das durch einen Schlauch mit dem Gehäuse verbunden ist. In dem Gehäuse befindet sich eine Hochdruck- Kolbenpumpe, die elektrisch betrieben wird. Die Spülflüssigkeit (z.B. Wasser) wird mittels der Pumpe aus dem Wasserbehälter angesaugt und über den Schlauch, das Handstück und die aufgesteckte Düse ausgetrieben. Der Arbeitsdruck ist über einen Drehknopf regulierbar. Es kann ein Druckmaximum von 60 Bar erreicht werden. Das Gerät besitzt einen Plaqueentfernungs- sowie einen Mundduschenbetrieb, zwischen denen man durch die Verwendung verschiedener Düsen wechseln kann. Für den Plaqueentfernungsmodus bei einem vom Hersteller empfohlenen Druck von ca. 40 Bar wird eine spezielle Sprühdüse verwendet, die unter diesem hohen Druck mikrofeine Wassertropfen in Form eines Sprühnebels produziert. Für den Plaqueentfernungsbetrieb wird nur eine geringe Wassermenge benötigt, da nur ein dünner Wasserfilm für die Produktion des Hochgeschwindigkeitssprühnebels benötigt wird.

2.4 Studiendesign

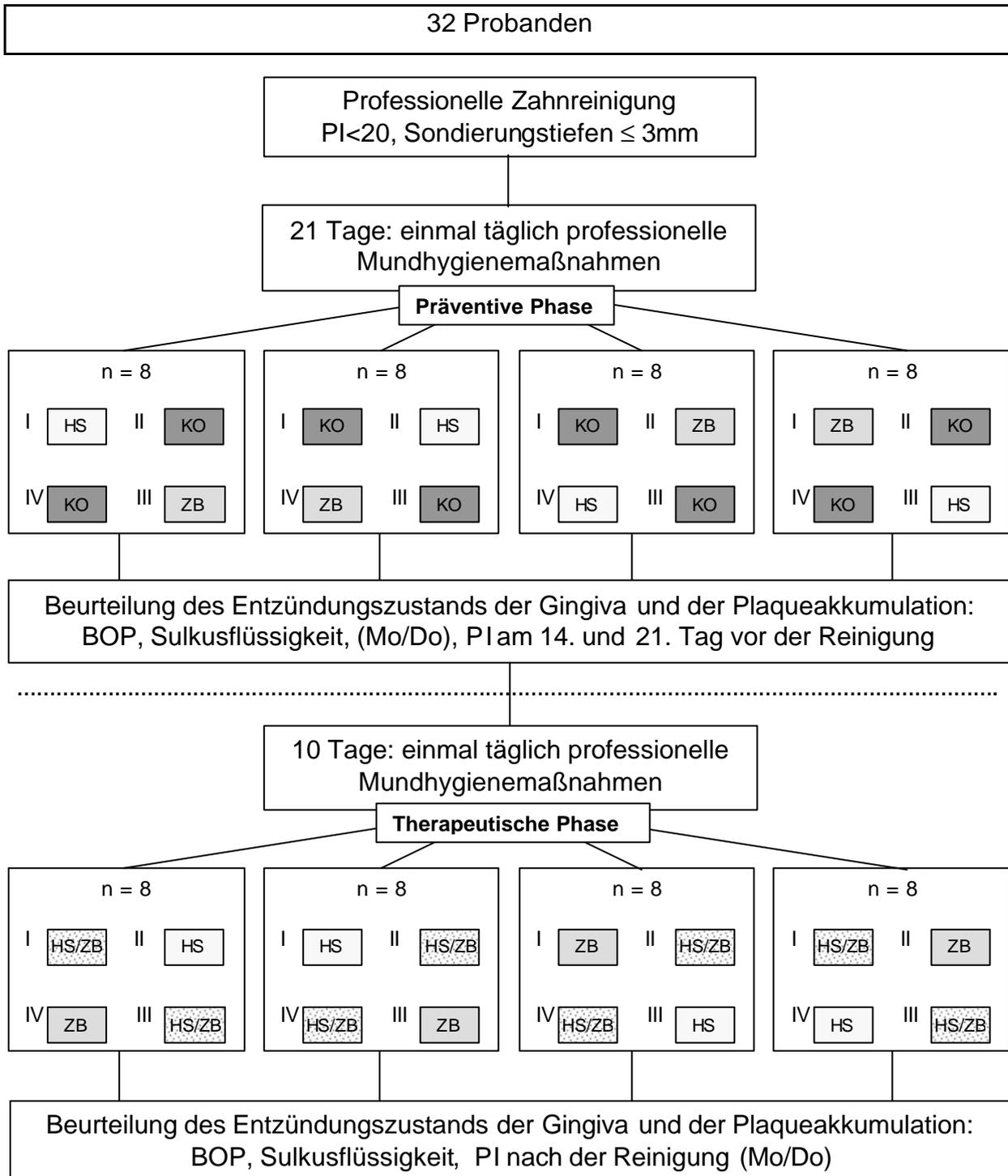


Abbildung 2: Darstellung der Reinigungs- und Untersuchungsabfolge im Studienverlauf

- I, II, III, IV: untersuchte Seitenzahnsextanten mit dem jeweils zugeordneten Reinigungsmodus: HS: HSS-System, ZB: elektrische Zahnbürste, KO: unbehandelte Kontrollgruppe
- BOP: Blutung bei Sondierung; PI: Plaqueindex

2.5 Präventive Phase (0.- 21. Tag)

2.5.1 Häusliche Mundhygiene

Nach abgeschlossener Vorbehandlung wurde mit der ersten Phase der Studie begonnen, die 21 Tage dauerte. Die Probanden wurden dabei aufgefordert, ihre Frontzähne des Ober- und Unterkiefers häuslich wie gewohnt zu pflegen, dabei aber alle vier Seitenzahnregionen (1. Prämolare bis 2. Molar) mit den Tiefziehschienen zu bedecken. Der Seitenzahnbereich wurde im Rahmen der häuslichen Mundhygiene weder mit einer Zahnbürste noch mit anderen Mundhygienehilfsmitteln wie Zahnseide, Interdentalraumbürsten, Zahnholzern oder Spülungen gereinigt.

2.5.2 Professionelle Behandlung

Die im Rahmen der häuslichen Mundhygiene nicht gereinigten Seitenzahnbereiche wurden einem täglich durch einen professionellen Behandler vorgenommenen, speziellen Reinigungsmodus zugeordnet. Entsprechend einer randomisierten Verteilung wurden die Probanden vier unterschiedlichen Gruppen zugeordnet (Abb. 2). Innerhalb einer Gruppe wurde jeweils ein Seitenzahnsextant mit einer elektrischen Zahnbürste und ein anderer mit dem Hochgeschwindigkeits-Sprühnebel-System (HSS) gereinigt (Abb. 3). Die innerhalb eines Kiefers jeweils gegenüberliegenden Sextanten dienten als Kontrollbereiche und blieben während der ersten 21 Tage der Untersuchung gänzlich unbehandelt, so dass in diesen Bereichen aufgrund der nicht durchgeführten Reinigung die Entstehung einer experimentellen Gingivitis erwartet werden konnte.

Der Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen lag in der Verteilung der unterschiedlichen Reinigungsmethoden auf die einzelnen Sextanten, so dass innerhalb der Gruppen der mit dem jeweils gleichen Reinigungsmodus behandelte Sextant immer in einem anderen Kiefer bzw. auf der anderen Seite eines Kiefers zu liegen kam.

Die Reinigungszeit pro Sextant betrug oral sowie vestibulär jeweils 10 Sekunden. Die Hygienemaßnahmen wurden einmal am Tag in der Zahnklinik durchgeführt. Die beiden Seitenzahnsextanten, die als Kontrollbereiche dienten, wurden während der Reinigungsmaßnahmen mit den angefertigten Tiefziehschienen abgedeckt.



Abbildung 3: zur täglichen Reinigung verwendete Hilfsmittel- HSS (links) und elektrische Zahnbürste (rechts) (Fa. Braun/Oral B, Kronberg, Deutschland)

2.5.3 Untersuchungen

Um den Entzündungszustand der Gingiva während der präventiven Phase untersuchen zu können, wurden zweimal in der Woche (montags und donnerstags) die Sulkusflüssigkeitsmenge (SFM) und der Blutungsindex (BOP) als Untersuchungsparameter bestimmt.

Die Bestimmung der Sulkusflüssigkeitsvolumenmenge erfolgte am ersten Prämolaren und Molaren eines jeden Kiefersextanten, wobei dazu mesiovestibulär am Molaren und mesiooral am Prämolaren mittels spezieller Filterpapierstreifen (Periopaper[®], Oraflow Inc., New York, USA) Sulkusflüssigkeit entnommen wurde. Der Filterpapierstreifen verblieb 30 Sekunden im jeweiligen Sulkus und die gewonnene Flüssigkeitsmenge konnte im Periotron-Gerät (Periotron 8000[®], Oraflow Inc., New York, USA) als dimensionslose Periotron- Einheiten (PE) ermittelt werden (Abb. 4). Die Patienten wurden angewiesen am ersten Untersuchungstag unmittelbar vor Entnahme der Sulkusflüssigkeit keine häusliche Mundhygiene mehr durchzuführen, um eine Verfälschung der Messergebnisse durch Gingivairritationen zu vermeiden.

Nach Bestimmung der Sulkusflüssigkeit wurde der Blutungsindex (BOP) ermittelt. Dies erfolgte an sechs Punkten aller Prämolaren und Molaren mittels einer druckkalibrierten Sonde (Vivacare TPS Probe[®], Vivadent, Schaan, Liechtenstein), die in den jeweiligen

Sulkus eingeführt wurde (Abb. 7). Die Blutungspunkte, die innerhalb von 30 Sekunden nach Sondierung auftraten, wurden dokumentiert.

Innerhalb der ersten 21 Tage, also während der präventiven Phase, wurde an den Tagen 0, 7 und 14 der Plaqueindex nach Rustogi et al. (1992) ermittelt.

Der Index wurde zu Beginn des jeweiligen Untersuchungstages vor allen anderen Untersuchungs- und Behandlungsmaßnahmen erhoben. Dazu wurden die Zähne vestibulär und oral mit einem fluoreszierenden Plaqueindikator (Plaque Test[®], Vivadent, Ellwangen, Deutschland) angefärbt, so dass mittels einer Lampe (Vivadent, Ellwangen, Deutschland), die eine Beleuchtung mit Licht aus dem blauen Wellenlängenbereich ermöglicht, die Anwesenheit von Plaque beurteilt werden konnte (Abb. 5). Jeder zu untersuchende Zahn wurde zur Ermittlung des Index sowohl vestibulär als auch oral in sechs spezielle Felder unterteilt und jedes Feld wurde auf die Anwesenheit von Plaque untersucht (Abb. 6).

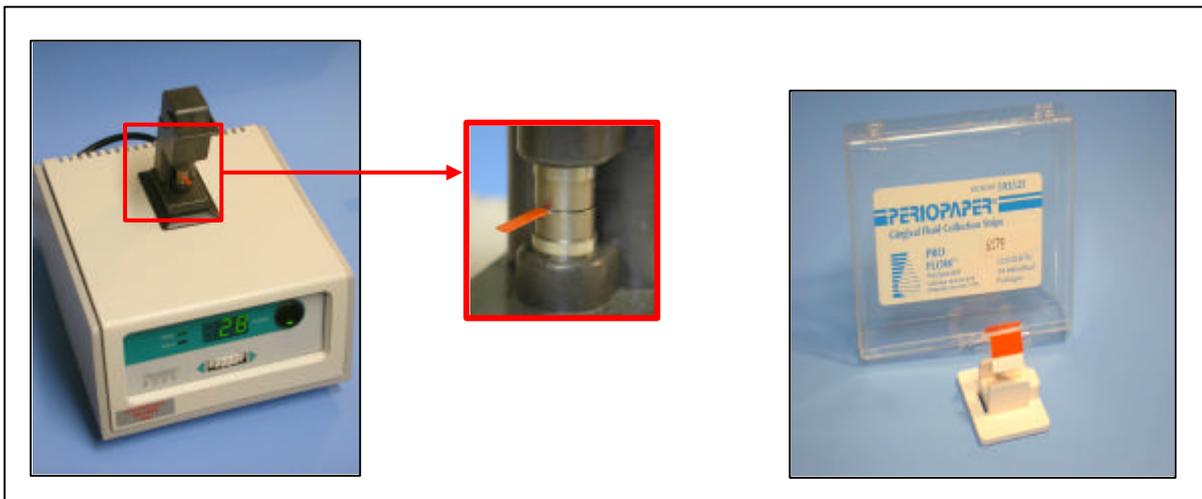


Abbildung 4: Periotron 8000[®] und die dazu gehörenden Filterpapierstreifen zur Bestimmung der Sulkusflüssigkeitsmenge (Periopaper[®], Fa. Oraflow Inc., New York, USA)



Abbildung 5: Fluoreszierender Plaqueindikator (Plaque Test[®], Fa. Vivadent, Ellwangen, Deutschland) unter Beleuchtung mit einer speziellen Lampe mit Licht aus dem blauen Wellenbereich

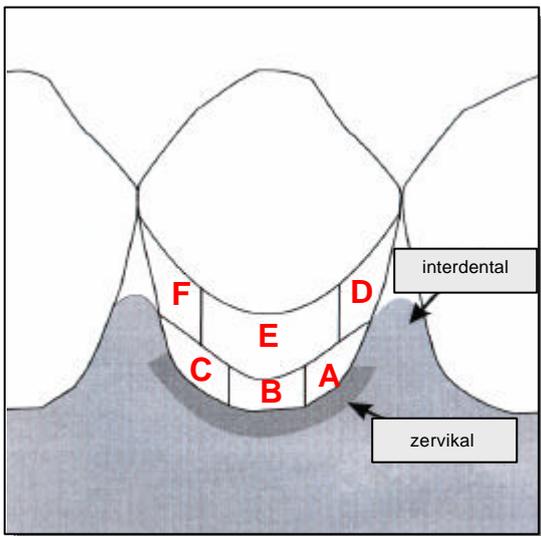


Abbildung 6: Flächeneinteilung der Zahnoberfläche des Plaqueindex nach Rustogi et al. (1992)

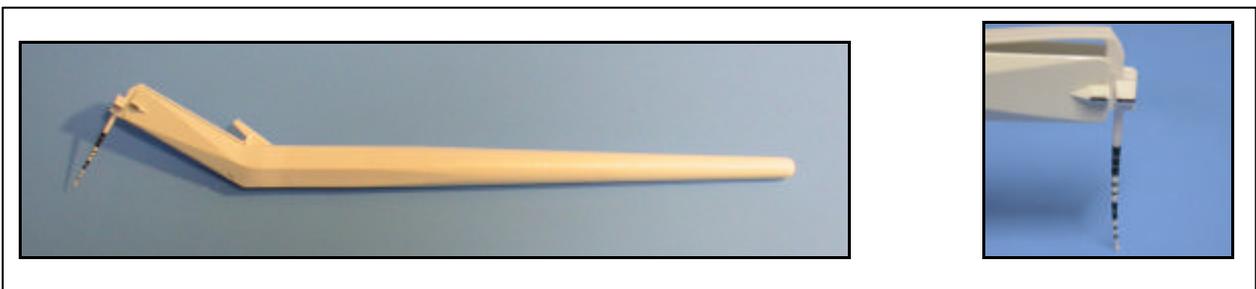


Abbildung 7: Druckkalibrierte Sonde (Vivacare TPS Probe[®], Fa. Vivadent, Schaan, Liechtenstein)

2.6 Therapeutische Phase (21.- 31. Tag)

2.6.1 Häusliche Mundhygiene

In der zweiten Phase, die 10 Tage dauerte, führten die Probanden die häusliche Mundhygiene in den Frontzahnbereichen des Ober- und Unterkiefers wie in der präventiven Phase durch und deckten dabei alle Seitenzahnbereiche mit den Tiefziehschienen ab.

2.6.2 Professionelle Behandlung

Auch in dieser zweiten Untersuchungsphase wurden einmal täglich die Seitenzahnbereiche professionell in der Zahnklinik gereinigt. Dazu standen erneut eine elektrische Zahnbürste und das HSS- System zur Verfügung. Der Unterschied zur präventiven Phase bestand in der Verteilung der Reinigungsmethoden auf die Seitenzahnbereiche. Die beiden Sextanten, die in der präventiven Phase als Kontrollbereiche dienten, wurden nun entweder mit HSS oder Zahnbürste gereinigt und die zuvor mit HSS bzw. Zahnbürste gereinigten Bereiche wurden nun einer Kombinationsreinigung mit HSS und Zahnbürste unterzogen (Abb. 2). Der Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen lag erneut in der Verteilung der verschiedenen Reinigungsmethoden auf die einzelnen Sextanten beider Kiefer und Seiten.

2.6.3 Untersuchungen

Die Untersuchungsmethoden wurden gemäß dem in der präventiven Phase beschriebenen Protokoll montags und donnerstags durchgeführt. Zusätzlich wurde an jedem Untersuchungstag der Plaqueindex nach der Reinigung bestimmt.

2.7 Datenerfassung und Statistik

Die tabellarische Auflistung der Daten wurde in einem Tabellenkalkulationsprogramm (Excel[®], Microsoft, Seattle, USA) durchgeführt. Die statistische Auswertung erfolgte unter Zuhilfenahme des Statistik- Programms SPSS[®] (SPSS Inc., Chicago, USA). Zuerst erfolgte in allen Gruppen eine Analyse der Daten auf Normalverteilung (Shapiro- Wilk- Test). Eine generelle Abhängigkeit der Messergebnisse von den Parametern Untersuchungszeitpunkt und Behandlungsmethode wurde durch eine Varianzanalyse

mit Messwiederholung erkannt. Nachfolgend wurden die Unterschiede zwischen den Gruppen mit einfaktorieller Varianzanalyse (ANOVA) und nachfolgendem Posthoc- Test (Scheffé) analysiert. Die Beschreibung der Messergebnisse erfolgte durch die Angabe von Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Median und Maximum.

Unterschiede zu den einzelnen Behandlungszeitpunkten innerhalb einer Untersuchungsgruppe wurden mit dem t- Test für gepaarte Stichproben dargestellt. Das Signifikanzniveau wurde mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha < 0,05$ festgelegt.

3. Ergebnisse

3.1 Sulkusflüssigkeitsmenge

In Abhängigkeit der untersuchten Behandlungsansätze konnten unterschiedlich stark ausgeprägte Effekte auf die Sulkusflüssigkeitsmenge beobachtet werden (Abb. 8). Die Varianzanalyse zeigte eine Abhängigkeit der Werte von den Parametern Untersuchungstag und Behandlungsmethode (Tab. 6- 8 und 10- 12).

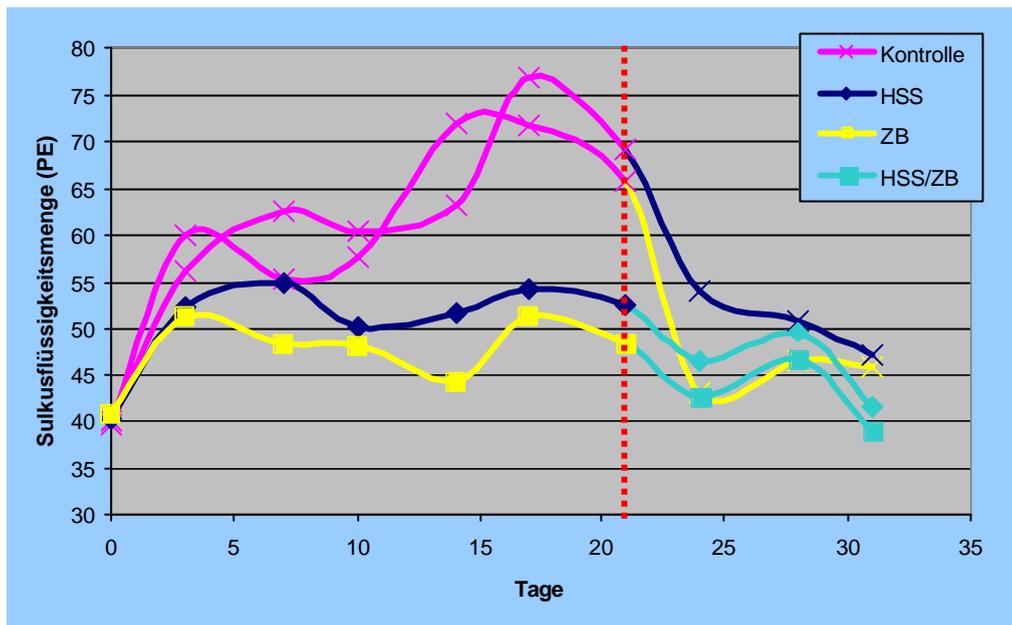


Abbildung 8: Veränderung der Sulkusflüssigkeitsmenge im Untersuchungsverlauf

Im Verlauf der präventiven Phase konnte ein Anstieg der Sulkusflüssigkeitsmenge in den Kontrollsextanten beobachtet werden, wohingegen die Messwerte der Testgruppen nahezu konstant blieben. In der therapeutischen Phase (Beginn am 21. Tag = rote Markierung) konnte die stark erhöhte SFM sowohl mittels Zahnbürste als auch HSS reduziert werden. Auch die Kombinationsbehandlung mit HSS und Zahnbürste führte zu einer weiteren Reduktion der Messwerte.

HSS= Hochgeschwindigkeitssprühnebel- System, ZB= Zahnbürste

3.1.1 Präventive Phase

Am ersten Untersuchungstag lagen die Messwerte der Sulkusflüssigkeitsmenge (SFM) im Mittelwert bei 40 ± 13 PE. In den unbehandelten Kontrollsextanten kam es bereits ab dem zweiten Untersuchungstag zu einem statistisch signifikanten Anstieg der SFM (Abb. 8). Am Ende der präventiven Phase kam es in diesen Untersuchungsbereichen zu

einem starken Anstieg der Messwerte, so dass sie im Mittelwert 68 ± 15 PE erreichten. Die mit der Zahnbürste gereinigten Sextanten wiesen bereits ab dem dritten Untersuchungstag (7.Tag) eine statistisch signifikant geringere SFM im Vergleich zu den Kontrollbereichen auf ($p=0,033$), wobei die Differenz zwischen Test- und Kontrollbereich bei 11 PE lag. In dieser Testgruppe konnte am 21. Tag im Vergleich zum Ausgangswert ein Anstieg der SFM um 7 Einheiten beobachtet werden, jedoch war diese Erhöhung der SFM nicht statistisch signifikant ($p>0,05$).

Die mit HSS gereinigten Sextanten wiesen ab dem fünften Untersuchungstag (14.Tag) eine statistisch signifikant geringere SFM im Vergleich zu den Kontrollbereichen auf ($p=0,019$), wobei die Differenz hier 16 PE betrug (Tab. 1).

Beim Vergleich der beiden Testgruppen untereinander, unterschieden sich die SFM an den mit HSS und Zahnbürste behandelten Zähnen nicht signifikant ($p>0,05$).

Tabelle 1: Vergleich der mittleren Sulkusflüssigkeitsmenge (Periotron- Einheiten) in den Kontroll- und Testsextanten im Verlauf der präventiven Phase unter Angabe der p- Werte nach statistischer Analyse mittels einfaktorieller Varianzanalyse (ANOVA) mit nachfolgendem Posthoc- Test (Scheffé).

HSS= Hochgeschwindigkeitssprühnebel- System, ZB= Zahnbürste, K= Kontrollbereich

Tage	0	3	7	10	14	17	21
HSS/ZB	40/41	52/51	55/48	50/48	52/44	54/51	53/48
p	1,000	0,966	0,285	0,944	0,192	0,794	0,264
HSS/K	40/40	52/58	55/59	50/59	52/68	54/74	53/68
p	1,000	0,723	0,567	0,90	0,019	<0,001	<0,001
ZB/K	41/40	51/58	48/59	48/59	44/68	51/74	48/68
p	1,000	0,566	0,033	0,042	<0,001	<0,001	<0,001

3.1.2 Therapeutische Phase

Sowohl durch die Zahnbürste als auch das Hochgeschwindigkeitssprühnebel- System HSS konnte eine statistisch signifikante Reduktion der SFM erreicht werden. Dabei konnte mittels HSS eine Verminderung der SFM um 22 PE und mittels Zahnbürste um 20 PE erzielt werden, die bereits ab dem zweiten Beobachtungstag ersichtlich wurde (Abb. 8). Zum Ende des Beobachtungszeitraums unterschieden sich die Messwerte der beiden Gruppen nicht, sie betragen im Mittelwert 47 ± 14 bzw. 46 ± 17 PE (Tab. 2).

Folglich konnte der Ausgangswert von im Mittelwert 40 ± 13 PE nahezu wieder erreicht werden.

Die beiden Testgruppen aus der präventiven Phase wurden in der therapeutischen Phase einer Kombinationsreinigung mittels HSS und Zahnbürste unterzogen, wodurch eine statistisch signifikante Reduktion der SFM um 10 PE erreicht werden konnte ($p < 0,001$). In den Sextanten, die der Kombinationsbehandlung unterzogen wurden, konnte am Ende der Untersuchung eine geringere SFM (im Mittelwert 40 ± 11 Einheiten) gemessen werden als in den Gruppen, die lediglich mit HSS oder Zahnbürste gereinigt wurden (im Mittelwert 47 ± 14 bzw. 46 ± 17 Einheiten). Allerdings war versuchsbedingt der Ausgangswert in den Sextanten, die einer Kombinationsbehandlung unterzogen wurden, zu Beginn der therapeutischen Phase deutlich geringer als in den beiden anderen Sextanten; er lag im Mittelwert 17 PE unter dem Ausgangswert der beiden anderen Gruppen.

Grundsätzlich konnte in der therapeutischen Phase der Entzündungsgrad durch alle der drei hier verwendeten Reinigungsmethoden vermindert werden, was durch die statistisch signifikante Reduktion der SFM in allen Gruppen ersichtlich wurde ($p < 0,001$). Durch die Kombinationsbehandlung konnte am Studienende eine SFM von 40 ± 11 PE erreicht werden, was dem Ausgangswert zu Studienbeginn von 40 ± 13 PE entspricht.

Tabelle 2: Vergleich der mittleren Sulkusflüssigkeitsmenge (Periotron- Einheiten) in den Kombinations- und Testsextanten im Verlauf der therapeutischen Phase unter Angabe der p-Werte nach statistischer Analyse mittels einfaktorieller Varianzanalyse (ANOVA) mit nachfolgendem Posthoc- Test (Scheffé).

HSS= Hochgeschwindigkeitssprühnebel- System, ZB= Zahnbürste,

Kombi= Kombinationsreinigung mit HSS und Zahnbürste

Tage	21	24	28	31
HSS/ZB	69/66	54/43	51/46	47/46
p	0,810	0,017	0,555	0,930
HSS/Kombi	69/50	54/44	51/48	47/40
p	<0,001	0,033	0,729	0,132
ZB/Kombi	66/50	43/44	46/48	46/40
p	<0,001	0,966	0,958	0,261

3.2 Blutungsindex

Bezogen auf den Blutungsindex konnten in Abhängigkeit der untersuchten Behandlungsansätze ebenfalls unterschiedlich stark ausgeprägte Effekte beobachtet werden (Abb. 9). Die Varianzanalyse zeigte eine Abhängigkeit der Werte von den Parametern Untersuchungstag und Behandlungsmethode (Tab. 14- 16 und 18- 20).

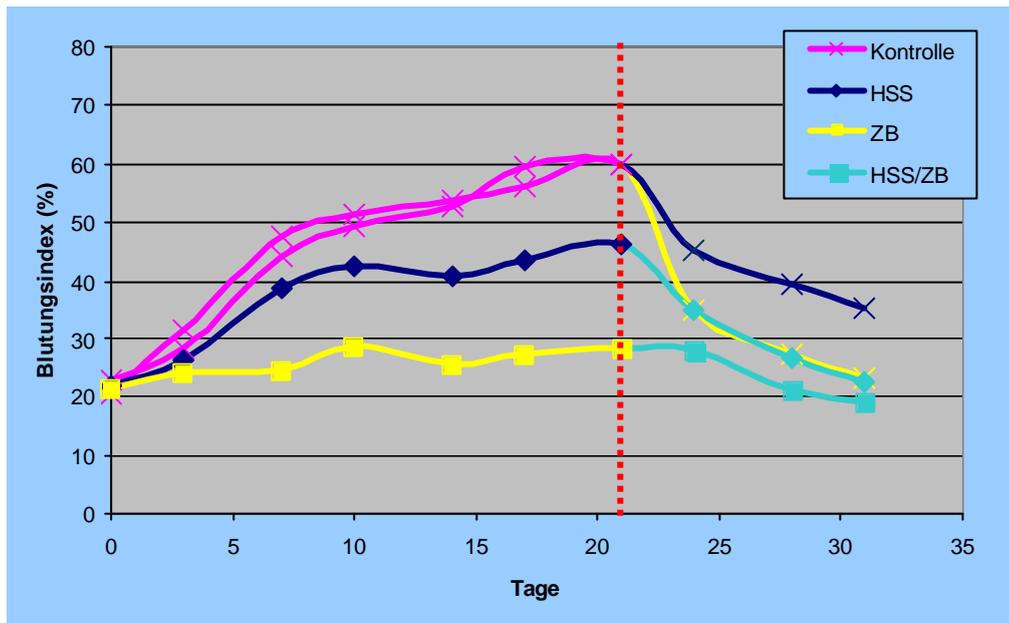


Abbildung 9: Veränderung des Blutungsindex im Untersuchungsverlauf

Im Verlauf der präventiven Phase konnte ein deutlicher Anstieg der Blutungsneigung in den Kontrollsextanten und ein geringerer Anstieg in den mit HSS gereinigten Sextanten beobachtet werden. Die Blutungswerte an den mit ZB gereinigten Zähnen blieben nahezu konstant.

In der therapeutischen Phase (Beginn am 21. Tag = rote Markierung) konnte die stark erhöhte Blutungsneigung sowohl mittels Zahnbürste als auch HSS reduziert werden. Auch die Kombinationsbehandlung mit HSS und ZB führte zu einer weiteren Reduktion der Messwerte.

HSS= Hochgeschwindigkeitssprühnebel- System, ZB= Zahnbürste

3.2.1 Präventive Phase

Zu Beginn der präventiven Phase lag der Blutungsindex in allen Gruppen im Mittelwert bei $22 \pm 10\%$ (Tab. 3). Ab dem dritten Untersuchungstag (7. Tag) unterschieden sich die Blutungswerte der Testgruppen (HSS: im Mittelwert $39 \pm 15\%$, ZB: im Mittelwert $25 \pm 8\%$) von denen der Kontrollgruppen (im Mittelwert $46 \pm 10\%$) signifikant voneinander ($p=0,009$

bzw. $p < 0,001$). Es lag ebenfalls ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Testgruppen vor ($p < 0,001$).

Am Ende der präventiven Phase konnte an den mit der Zahnbürste gereinigten Zähnen kein statistisch signifikanter Anstieg der Blutungsneigung beobachtet werden, er lag am 21. Tag im Mittelwert bei $28 \pm 12\%$, wobei sowohl in den Kontrollsextanten, als auch in den mit HSS gereinigten Bereichen ein Anstieg der Blutungswerte am Ende der präventiven Phase beobachtet werden konnte (Abb. 9). Allerdings unterschieden sich die Maximalwerte am 21. Beobachtungstag statistisch signifikant voneinander ($p < 0,001$). In den Kontrollgruppen konnte ein Maximalwert von im Mittelwert $60 \pm 12\%$ und in der mit HSS gereinigten Gruppe ein Mittelwert $46 \pm 13\%$ erreicht werden.

Tabelle 3: Vergleich der mittleren Blutungsindizes (%) in den Kontroll- und Testsextanten im Verlauf der präventiven Phase unter Angabe der p- Werte nach statistischer Analyse mittels einfaktorieller Varianzanalyse (ANOVA) mit nachfolgendem Posthoc- Test (Scheffé).

HSS= Hochgeschwindigkeitssprühnebel- System, ZB= Zahnbürste, K= Kontrollbereich

Tage	0	3	7	10	14	17	21
HSS/ZB	22/22	26/24	39/25	43/29	41/26	43/27	46/28
p	1,000	0,895	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
HSS/K	22/22	26/30	39/46	43/51	41/53	43/58	46/60
p	1,000	0,472	0,009	0,003	<0,001	<0,001	<0,001
ZB/K	22/22	24/30	25/46	29/51	26/53	27/58	28/60
p	1,000	0,240	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

3.2.2 Therapeutische Phase

Im Verlauf der therapeutischen Phase konnte eine signifikante Reduktion der Blutungsneigung der in der ersten Phase nicht behandelten Zähne sowohl durch die Verwendung des HSS-Systems als auch der Zahnbürste erreicht werden ($p < 0,001$). Bereits ab dem zweiten Beobachtungstag der therapeutischen Phase konnte eine Reduktion der Blutungswerte durch beide Reinigungsmaßnahmen beobachtet werden (Abb. 9), durch die Zahnbürste konnte insgesamt eine Reduktion des Blutungsindex von im Mittelwert $60 \pm 12\%$ auf $35 \pm 12\%$ und durch HSS von im Mittelwert $60 \pm 12\%$ auf $45 \pm 10\%$ erreicht werden (Tab. 4).

In den beiden Testgruppen der präventiven Phase konnte durch die ab dem 21. Beobachtungstag durchgeführte Kombinationsbehandlung mit HSS und Zahnbürste eine statistisch signifikante Reduktion der Blutung bei Sondierung beobachtet werden ($p < 0,001$); die Blutungswerte sanken hier von im Mittelwert $37 \pm 10\%$ auf $21 \pm 8\%$. Sowohl bei alleiniger vorangegangener Behandlung mit HSS als auch mit der Zahnbürste konnte durch die Hinzunahme der jeweils anderen Reinigungsmethode ein zusätzlicher positiver Effekt auf den Entzündungsparameter der Blutung auf Sondierung erzielt werden ($p < 0,001$).

Tabelle 4: Vergleich der mittleren Blutungsindizes (%) in den Kombinations- und Testsextanten im Verlauf der therapeutischen Phase unter Angabe der p- Werte nach statistischer Analyse mittels einfaktorieller Varianzanalyse (ANOVA) mit nachfolgendem Posthoc- Test (Scheffé).

HSS= Hochgeschwindigkeitssprühnebel- System, ZB= Zahnbürste,

Kombi= Kombinationsreinigung mit HSS und Zahnbürste

Tage	21	24	28	31
HSS/ZB	60/60	45/35	39/27	36/23
p	0,988	0,001	< 0,001	< 0,001
HSS/Kombi	60/37	45/32	39/24	36/21
p	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
ZB/Kombi	60/37	35/32	27/24	23/21
p	< 0,001	0,406	0,264	0,470

3.3 Plaqueindex

Bei Betrachtung der Werte für die Plaqueakkumulation konnten in Abhängigkeit der untersuchten Behandlungsmethoden Unterschiede erkannt werden (Abb. 10). Die Varianzanalyse zeigte eine Abhängigkeit der Werte von den Parametern Untersuchungstag und Behandlungsmethode (Tab. 22- 24).

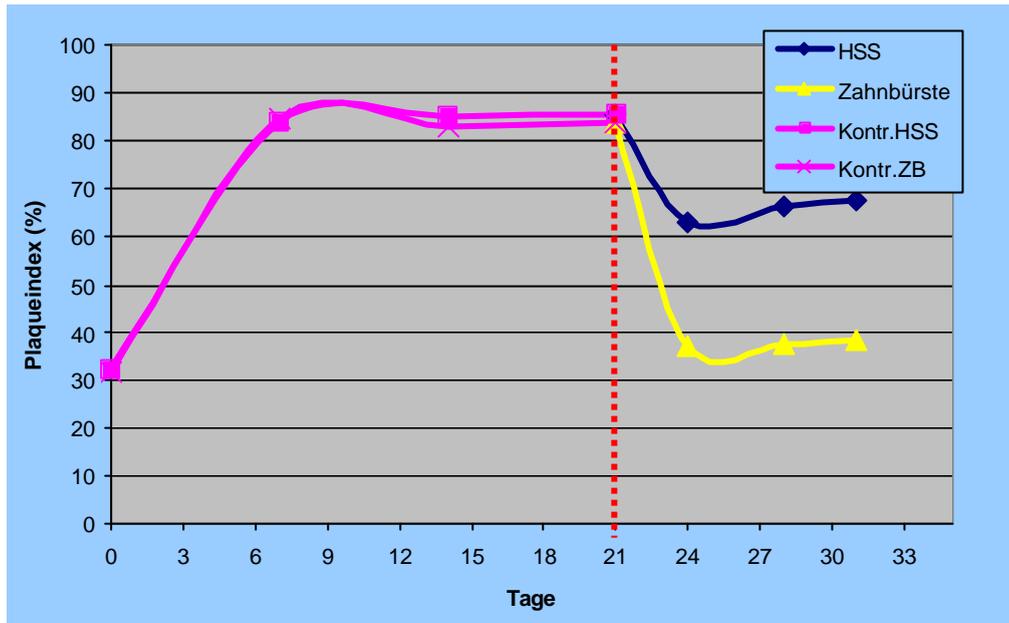


Abbildung 10: Veränderung des Plaqueindex im Untersuchungsverlauf

Im Verlauf der präventiven Phase konnte eine deutliche Plaqueakkumulation an den nicht gereinigten Zahnoberflächen beobachtet werden.

In der therapeutischen Phase (Beginn am 21. Tag = rote Markierung) konnte der stark erhöhte Plaqueindex sowohl mittels ZB als auch HSS reduziert werden, wobei mittels ZB eine deutlichere Reduktion der Plaquemenge zu beobachten war.

HSS= Hochgeschwindigkeitssprühnebel- System, ZB= Zahnbürste

3.3.1 Präventive Phase

In der präventiven Phase konnte an den nicht gereinigten Zahnoberflächen der Versuchsgruppe eine im Vergleich zu den Ausgangswerten statistisch signifikant erhöhte Plaquemenge beobachtet werden. Am 21. Beobachtungstag waren $86 \pm 8\%$ aller untersuchten Zahnoberflächen mit Plaque besiedelt. Dieser Maximalwert bedeutet eine Steigerung der Plaquemenge um 64% bezogen auf die Ausgangswerte am ersten Beobachtungstag (Abb. 10).

3.3.2 Therapeutische Phase

In der Versuchsgruppe konnten nach dem 21. Tag die durch das Ausbleiben der Reinigung erhöhten Plaquewerte von maximal $86\pm 8\%$ sowohl durch die Zahnbürste als auch durch HSS statistisch signifikant vermindert werden ($p < 0,001$). Am 31. Studientag waren in den mit HSS gereinigten Sextanten im Mittelwert lediglich $68\pm 13\%$ aller Messpunkte auf den Zahnoberflächen mit Plaque besiedelt und in den mittels Zahnbürste gereinigten Sextanten im Mittelwert nur $38\pm 9\%$. Durch das HSS-System konnte folglich eine Plaquereduktion um 19% und durch die Zahnbürste um 55% erreicht werden. Diese Werte unterschieden sich statistisch signifikant voneinander ($p < 0,001$) (Tab. 5).

Tabelle 5: Vergleich der mittleren Plaqueindizes (%) in den Kombinations- und Testsextanten im Verlauf der therapeutischen Phase unter Angabe der p- Werte nach statistischer Analyse mittels einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) mit nachfolgendem Posthoc- Test (Scheffé).

HSS= Hochgeschwindigkeitssprühnebel- System, ZB= Zahnbürste,

Kombi= Kombinationsreinigung mit HSS und Zahnbürste

Tage	21	24	28	31
HSS/ZB	86/84	63/37	66/37	68/38
p	0,592	<0,001	<0,001	<0,001
HSS/Kombi	86/76	63/32	66/34	68/33
p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
ZB/Kombi	84/76	37/32	37/34	38/33
p	<0,001	0,015	0,580	0,47



Abbildung 11: Fotodokumentation zum Ende der präventiven Phase

In den Kontrollbereichen ist neben der teilweise noch gelblich abgefärbten Plaque, eine deutlich erkennbare Rötung und ödematöse Schwellung der marginalen Gingiva zu erkennen. In den beiden Testbereichen sind nahezu keine visuellen Entzündungszeichen zu erkennen.

4. Diskussion

In zahlreichen Studien hat man sich mit der Wirkung von Wasserstrahlgeräten auf den Gesundheitszustand der Gingiva befasst, wobei eine sub- oder supragingivale Irrigation hauptsächlich in Kombination mit elektrischen oder Handzahnbürsten durchgeführt wurde (Newman et al. 1994, Frascella et al. 2000, Ernst et al. 2004, Barnes et al. 2005, Greenstein 2005). In der vorliegenden Studie wurde ein Wasserstrahlgerät (HSS) zur supragingivalen Irrigation mit einer elektrischen Zahnbürste verglichen. Hierbei wurde im Gegensatz zu anderen Untersuchungen nicht nur die Wirkung des Wasserstrahlgerätes als zusätzliches Mundhygienehilfsmittel untersucht, sondern auch die Auswirkung auf die gingivale Gesundheit, die eine alleinige Anwendung von HSS ohne weitere Mundhygienehilfsmittel hat.

4.1 Methodische Vorgehensweise

4.1.1 Professionelle Behandlung

Da sowohl die Motivation als auch die manuelle Geschicklichkeit zur häuslichen Mundhygiene der Probanden trotz vergleichbar gutem Mundhygienezustand als unterschiedlich zu bewerten war, war es hier besonders wichtig, die täglichen Mundhygienemaßnahmen von einer sehr kleinen Gruppe professioneller Behandler durchführen zu lassen. So konnte ein gleichwertiger Reinigungsmodus gewährleistet werden. Während in anderen Untersuchungen am Wochenende mit den professionellen Behandlungsmaßnahmen ausgesetzt wurde (Bollerhoff u. Fiedler 1981), wurde in der hier vorliegenden Studie sowohl die professionelle Behandlung an jedem Studientag als auch die Untersuchung in einem konstanten Abstand durchgeführt.

Um vergleichbare Ergebnisse unter den Probanden erzielen zu können und eine konstante Anwendung des Wasserstrahlgerätes zu gewährleisten, scheint die durch einen professionellen Behandler durchgeführte, klinisch kontrollierte Irrigation besonders geeignet (Brownstein et al. 1990). Aufgrund von zum Teil unzureichender manueller Geschicklichkeit mancher Patienten wird besonders eine häusliche Durchführung der subgingivalen Irrigation als kritisch erachtet (Greenstein 2005).

Obwohl bislang eine Plaqueentfernung mittels herkömmlicher Mundduschen als umstritten gilt, haben Untersuchungen ergeben, dass die supragingivale Irrigation mit einem pulsierenden Wasserstrahl durchaus zu empfehlen ist. Mittels dieser Systeme

kann durch eine Dekompressionsphase eine besonders effektive Entfernung von Bakterien und Debris erzielt werden (Greenstein 2005, Bhaskar et al. 1970).

Des Weiteren wird die Anwendung von unterschiedlich hohen Wasserstrahl-Druckbereichen diskutiert, wobei nach Anwendung von zu hohen Drücken Mikroulcerationen der Gingiva beschrieben werden (Greenstein 2005). Wasserstrahl-Druckbereiche zwischen 60 und 90 psi, was einem Druck zwischen 4,14 und 5,52 Bar entspricht, wurden in Untersuchungen als maximal tolerierbare Druckgrenzen angegeben (Greenstein 2005). Der in dieser Studie angewendete Druck betrug 40 Bar und war folglich im Rahmen der Empfehlung hoch. Durch den Anwendungsmodus (45°-Winkel von der marginalen Gingiva weg zeigend) konnte darauf geachtet werden, dass der Wasserstrahl auf den Zahn gerichtet war und somit keine absichtliche Irrigation der marginalen Gingiva durchgeführt wurde, so dass die Verletzungsgefahr reduziert werden konnte. In vorhergehenden Untersuchungen des HSS wurde auch das Auftreten von gingivalen Läsionen nach Anwendung des Gerätes im Vergleich mit einer elektrischen Zahnbürste untersucht und es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden (Eberhard et al. 2004). Des Weiteren wird durch den hohen Druck die Produktion mikrofeiner Wassertropfen gewährleistet, so dass ein Sprühnebel mit geringer Wassermenge produziert werden kann. Folglich erreicht kein konzentrierter Wasserstrahl mit hohem Druck die Zahnoberfläche, sondern lediglich der Sprühnebel, wodurch die Verletzungsgefahr minimiert werden kann.

4.1.2 Untersuchungen

Durch die engmaschige Untersuchung an zwei Tagen in jeder Woche des Studienzeitraumes konnten besonders viele Untersuchungsparameter bestimmt werden. Dadurch wurde eine sehr genaue Verlaufsdokumentation gewährleistet. In anderen Studien wurden nur einmal in der Woche die Untersuchungsparameter erhoben (Adonogianaki et al. 1994).

Die Anforderungen an einen Index sind, dass dieser objektiv und reproduzierbar sein muss (Bollerhoff u. Fiedler 1981). In vielen Studien wird mit dem so genannten Gingivitisindex gearbeitet. Dies ist der Gingivitisindex (GI) nach Loe u. Silness (1963) mit seinen Modifikationen. Mit dem non-invasiven Ansatz des GI ist es schwer, Entzündungszeichen in ihrem Anfangsstadium zu erkennen. Folglich ist es sinnvoll,

verschiedene Entzündungsparameter zu erheben, die auch bereits die Beurteilung einer Entzündungsreaktion in ihrem Anfangsstadium ermöglicht. Dies ist in der hier vorliegenden Untersuchung durch die Bestimmung der Sulkusflüssigkeitsmenge und des Blutungsindex erfolgt.

- **Sulkusflüssigkeitsmenge**

Die Sulkusflüssigkeitsmenge stellt einen besonders empfindlichen Untersuchungsparameter dar. Fehlerhafte Probenentnahmen können zu einer Verfälschung des Ergebnisses führen. Speichel im Bereich des Sulkuseinganges oder die fehlerhafte Applikation der Periopaper[®]- Streifen können die Messwerte verfälschen. Nimmt man beispielsweise mit dem Filterpapierstreifen Plaque auf oder appliziert ihn mit Druck, wird ein zu hohes Messergebnis erreicht. Studien zeigen, dass die gemessenen Sulkusflüssigkeitsmengen bei Vorhandensein von supragingivaler Plaque verfälscht werden (D'Aoust et al. 1994). Entscheidend ist hier nur die Sulkusflüssigkeit zu entnehmen, um die Reproduzierbarkeit der Messergebnisse zu gewährleisten. Da die Probenentnahme in dieser Studie nur von einem professionellen Behandler durchgeführt wurde, ist durch eine konstante Probenentnahme die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse gewährleistet.

Zur Bestimmung der Sulkusflüssigkeitsmenge und zur Probenentnahme wurden auch in anderen aktuellen Untersuchungen das Periotron 8000[®] und die Periopaper- Streifen verwendet (Trombelli et al. 2004, Sekino et al. 2005). Bezüglich der Liegedauer der Filterpapierstreifen im Sulkus bzw. am Sulkuseingang werden Zeiträume von 10- 30 Sekunden empfohlen. Längere Verweilzeiten der Periopaper- Streifen im Sulkuseingang können das Ergebnis durch z.B. Verdunstungseffekte verfälschen (Whitford et al. 1981, Cimasoni 1983). Wie in anderen Studien (Adonogianaki et al. 1994, Sekino et al. 2005), wurde auch in dieser Untersuchung eine Verweildauer des Filterpapierstreifens von 30 Sekunden, also der maximal empfohlenen Zeit, gewählt. Im Rahmen einer Studie, die die Volumenstabilität unter verschiedenen Entnahmezeiten untersuchte, konnte gezeigt werden, dass es ab einer Dauer von 30 Sekunden zu Volumenverlusten kommt (Tözüm et al. 2004). Auch durch eine weitere Studie konnte die Abhängigkeit zwischen Messdauer und Messergebnissen gezeigt werden; aufgrund der Messergebnisse wurde hier ebenfalls eine Beschränkung der Messdauer auf 30 Sekunden empfohlen (Weiger

et al. 1989). Die Entnahme der Sulkusflüssigkeit erfolgte wie auch in anderen Studien an jeweils ausgewählten Zähnen an festgelegten Punkten (Weiger et al. 1989).

- **Blutungsindex**

Die Blutung auf Sondierung stellt einen besonders leicht und schnell zu erhebenden, objektiven Entzündungsparameter der Gingiva dar (Newbrun 1996). Im Gegensatz zur Sulkusflüssigkeitsmenge besitzt die Blutungsneigung eine geringe Sensitivität, aber große Spezifität.

Um eine reproduzierbare Auskunft über den Entzündungsparameter der Blutungsneigung der Gingiva zu erhalten und falsch-positive Untersuchungsergebnisse zu vermeiden, ist es besonders entscheidend, einen standardisierten Sondendruck zu verwenden. Studien haben gezeigt, dass eine Abhängigkeit zwischen aufgewendetem Sondendruck und Blutungsindex besteht (Lang et al. 1991). In verschiedenen Untersuchungen wird ein standardisierter Sondendruck von 20 g empfohlen, bei dessen Aufwendung es zu keiner Traumatisierung der parodontalen Strukturen kommt, aber eine hämorrhagische Reaktion ausgelöst werden kann (Hunter 1994). Mittels der in dieser Studie verwendeten druckkalibrierten Sonde TPS Probe[®] ist es möglich, einen standardisierten Druck von 20 g aufzuwenden.

Studien zeigen, dass ein modifizierter Sulkus-Blutungs-Index mit drei Messpunkten pro Zahnfläche, um den Entzündungszustand der Gingiva zu erfassen, empfehlenswert ist (Newbrun 1996). Auch in dieser Untersuchung wurde die Blutungsneigung an drei Messpunkten jeweils oral und vestibulär untersucht.

Der Parameter der Blutung auf Sondierung wurde in vielen Studien verwendet, die die Wirkung von adjunktiver supragingivaler Irrigation auf den Entzündungszustand der Gingiva untersuchen (Flemming et al. 1995 u. 1990, Newman 1994, Frascella et al. 2000).

- **Plaqueindex**

Da bereits in den vorhergehenden Studien, in denen die Plaqueentfernungskapazität von HSS untersucht wurde, der Plaqueindex nach Rustogi et al. verwendet wurde (Eberhard et al. 2004), wurde er auch hier erneut angewandt. Da die Zahnoberfläche hierzu in mehrere zu untersuchende Felder eingeteilt wird, ist eine besonders genaue

quantitative Beurteilung der Plaqueakkumulation möglich. Es kann ermittelt werden, in welchen Bereichen des Zahnes besonders große Plaquemengen zu finden sind, z.B. approximal oder zervikal. In anderen Studien, die den Reinigungserfolg unterschiedlicher Mundhygienehilfsmittel untersuchen, wurde beispielsweise der Turesky- Index angewendet (Steinle 2003, McCracken et al. 2006). Trotz seiner sich durch die differenzierte Flächenaufteilung ergebenden Komplexität (Steinle 2003), erhoffte man sich durch die Anwendung des Indexes nach Rustogi et al. eine besonders aussagekräftige Dokumentation der Plaqueakkumulation. Die komplexe Aufteilung in mehrere Untersuchungsfelder pro Zahn ist im Rahmen der Untersuchung des HSS als besonders günstig zu bewerten, da anzunehmen ist, dass dadurch auch mögliche Schichtdickenveränderungen erfasst werden könnten.

Im Rahmen einer aktuellen Studie wurde untersucht, ob die Ermittlung des Plaquegewichtes gegenüber der Verwendung von Plaqueindizes Vorteile hat, wobei in dieser Untersuchung kein signifikanter Vorteil in der Bestimmung des Plaquegewichtes festgestellt werden konnte (McCracken et al. 2006). Auch in der hier vorliegenden Studie wurde auf die Ermittlung des Plaquegewichtes verzichtet und ein Plaqueindex ermittelt.

Da im Vorfeld bereits durch andere Studien gezeigt werden konnte, dass HSS in der Lage ist Plaque zu entfernen (Eberhard et al. 2004), wurde hier der Plaqueindex lediglich erhoben, um diesen bereits zuvor erwiesenen Effekt zu dokumentieren. Die im Verlauf der Untersuchung erhaltenen Plaquereduktionswerte entsprachen den durch Voruntersuchungen erwarteten Werten.

- **Untersuchungszeitraum**

In anderen Studien betrug der Untersuchungszeitraum, in dem klinische Untersuchungsparameter ermittelt wurden, zwischen 14 Tagen und sechs Monaten (Greenstein 2005). Allerdings wurde die supragingivale Irrigation besonders bei Studien mit einem besonders langen Untersuchungszeitraum meist von den Probanden selbst im Rahmen ihrer häuslichen Mundhygiene durchgeführt.

Nach Aussetzen der gewohnten Mundhygiene, lässt sich innerhalb von 10- 21 Tagen eine Gingivitis experimentell erzeugen (Löe et al. 1965). Hier war eben dieser Effekt in den Kontrollsextanten erwünscht, wobei ein Zeitraum von 21 Tagen zur Verfügung

stand. In anderen Studien, die sich ebenfalls das Modell der experimentellen Gingivitis zu Nutze machten, wurden die Mundhygienemaßnahmen für nur 14 Tage unterlassen (Cutler et al. 2000, Sekino et al. 2005). Die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung einer experimentellen Gingivitis mit deutlichen Entzündungszeichen bei möglichst allen Probanden, ist bei einer längeren Zeitdauer, wie in der vorliegenden Studie von 21 Tagen ohne Mundhygienemaßnahmen, größer.

Andere Untersuchungen, in denen die Auswirkung von Wasserstrahlgeräten auf die entzündlich veränderte Gingiva ermittelt wurde, basierten nicht auf dem Modell der experimentellen Gingivitis, sondern es wurden Probanden herangezogen, die eine auf natürlichem Weg entstandene Gingivitis aufwiesen (Brownstein et al. 1990). Bei der natürlich entstandenen Gingivitis wird eine deutlichere Entzündungssymptomatik beschrieben als bei der experimentellen, die sich lediglich in einer milden Form ausbilden kann. Jedoch wurden in der hier vorliegenden Studie sehr empfindliche Entzündungsparameter wie die Sulkusflüssigkeitsmenge ermittelt, so dass auch geringste Entzündungszeichen erfasst werden konnten. Des Weiteren ist eine natürlich entstandene Gingivitis meist nicht im Bereich aller Gingivaabschnitte gleich stark ausgeprägt, so dass im Rahmen dieser Untersuchung, bei der aufgrund des Studiendesigns eine Gingivitis nur in bestimmten Arealen erwünscht war, dieses Modell nicht zum Einsatz kommen konnte. Außerdem wurde hier auch die durch das HSS-System mögliche Gingivitis- Prävention untersucht und nicht nur der Effekt auf eine bereits bestehende Gingivitis.

Andere Untersuchungen zeigen, dass die inflammatorische Reaktion der Gingiva auf Plaque individuell unterschiedlich sein kann und des Weiteren von zahlreichen Faktoren (z.B. systemische, genetische, metabolische oder umweltbedingte Faktoren) abhängen kann (Trombelli et al. 2004, Tatakis et al. 2004). Folglich ist es bei Anwendung des Modells der experimentellen Gingivitis besonders wichtig, möglichst viele modifizierende Faktoren durch die Probandenauswahl auszuschließen. Auch in der hier durchgeführten Studie hat man versucht, beeinflussende Faktoren auszuschalten. Durch die Erhebung von Anamnese und Befund, konnten Allgemeinerkrankungen, eine Medikamenteneinnahme und das Vorhandensein von Prädilektionsstellen für eine Plaqueakkumulation ausgeschlossen werden.

4.2 Allgemeine Ergebnisse

In der präventiven Phase konnte an den Zähnen im Kontrollbereich im Vergleich zu den mit HSS und ZB behandelten Zähnen innerhalb der ersten 14 Untersuchungstage ein statistisch signifikanter Unterschied der Sulkusflüssigkeitsmenge und der Blutungsneigung beobachtet werden. Der besonders empfindliche Untersuchungsparameter der SFM unterschied sich am Ende der präventiven Phase an den mit HSS und Zahnbürste behandelten Zähnen nicht signifikant. In der präventiven Phase konnte in der Kontrollgruppe eine statistisch signifikante Steigerung der Plaqueakkumulation beobachtet werden.

In der therapeutischen Phase konnten sowohl die Blutungsneigung als auch die SFM in allen Gruppen statistisch signifikant reduziert werden. Durch diese beiden Reinigungsmethoden wurde gleichzeitig auch die Plaquemenge statistisch signifikant reduziert.

Die statistische Analyse der Kombinationsbehandlung hat ergeben, dass sowohl bei alleiniger vorangegangener Behandlung mit HSS als auch mit der Zahnbürste durch die Hinzunahme der jeweils anderen Reinigungsmethode ein zusätzlicher positiver Effekt auf die Entzündungsparameter erzielt werden konnte.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass innerhalb von 21 Tagen eine experimentelle Gingivitis entstehen kann, die mit einer erhöhten Plaqueakkumulation und einer Steigerung der Entzündungsparameter (SFM bzw. Blutung bei Sondierung) einhergeht. Beide empfindlichen Parameter der gingivalen Entzündung zeigen, dass es durch Verwendung des HSS-Systems möglich ist, einer Gingivitis vorzubeugen und auf eine bestehende Entzündung der marginalen Gingiva einen positiven therapeutischen Effekt auszuüben.

4.3 Ermittelte Werte

In den Sextanten, die der Kombinationsbehandlung unterzogen wurden, konnte am Ende des Untersuchungszeitraumes sowohl eine geringere Sulkusflüssigkeitsmenge als auch eine geringere Blutungsneigung gemessen werden als in den Gruppen, die lediglich mit HSS oder Zahnbürste gereinigt wurden. Folglich scheint es zu einer positiven Auswirkung auf den Entzündungszustand der Gingiva durch die Hinzunahme des jeweils anderen Reinigungsmodus gekommen zu sein.

Untersuchungen haben gezeigt, dass eine in Ergänzung zur normalen häuslichen Mundhygiene durchgeführte subgingivale Irrigation mit oder ohne antibakteriellen Zusatz keine statistisch signifikante Verbesserung der parodontalen Gesundheit bewirkt hat (Ernst et al. 2004). Es konnten keine Unterschiede in Plaqueakkumulation, Sulkusflüssigkeitsmenge oder Blutungsindex beobachtet werden. Allerdings wurde hier ein Aufsatz für eine subgingivale Irrigation verwendet und es sollte keine Plaqueentfernung und somit eine Beseitigung der Ursache für die gingivale Entzündung erzielt werden. In einer anderen Studie wurde ein positiver Effekt auf den Entzündungszustand der Gingiva parodontal erkrankter Patienten durch adjunktive supragingivale Irrigation mittels Wasser und einer Zink- Sulfat- Lösung erreicht (Newman et al. 1994).

Im Rahmen einer Untersuchung wurde die Wirkung einer zusätzlich zur häuslichen Mundhygiene durchgeführten supragingivalen Irrigation mit Acetylsalicylsäure oder Wasser im Vergleich zur Mundhygiene ohne zusätzliche Irrigation bei parodontal erkrankten Probanden dargestellt (Flemming et al. 1995). Hier stellte sich heraus, dass die zusätzliche Verwendung eines Wasserstrahlgerätes zur häuslichen Mundhygiene einen positiven Effekt auf den Entzündungszustand der Gingiva hatte, wobei kein Unterschied zwischen den verwendeten Spülflüssigkeiten bestand. Daraus lässt sich folgern, dass ein Effekt unabhängig von der Art der Spülflüssigkeit mittels supragingivaler Irrigation erzielt werden kann. Dies unterstützt somit auch die vorliegenden Untersuchungsergebnisse, die durch die Anwendung von HSS mit Wasser als Spülflüssigkeit erreicht werden konnten.

In anderen Untersuchungen wurde die zusätzliche supragingivale Irrigation mit Chlorhexidin mit der Irrigation mit Wasser verglichen, wobei es hier zu kontroversen Ergebnissen kam (Lang et al. 1981, Fleming et al. 1990, Brownstein et al. 1990). Grundsätzlich wird über einen positiven Effekt durch die Anwendung von antimikrobiellen Zusätzen in Spülflüssigkeiten bei der supragingivalen Irrigation mittels Wasserstrahlgeräten berichtet (Greenstein 2005).

In der Literatur wird die Plaque- Entfernung und Reduktion der gingivalen Entzündung durch supragingivale Irrigation kontrovers diskutiert (Greenstein 2005). Im Rahmen einer Untersuchung konnte durch eine in Ergänzung zur normalen häuslichen Mundhygiene durchgeführte supragingivale Irrigation keine signifikante Differenz im Vergleich zur

alleinigen Verwendung einer Zahnbürste bezüglich Plaquemenge und Entzündungszustand der Gingiva erzielt werden (Frascella et al. 2000). Allerdings wurde hier nicht die Sulkusflüssigkeitsmenge als Entzündungsparameter bestimmt, die einen äußerst sensitiven Indikator für entzündliche Veränderungen der Gingiva darstellt. Andere Studien berichten wiederum von verminderten Entzündungszeichen der Gingiva bei supragingivaler Irrigation als adjunktive Mundhygienemaßnahme (Barnes et al. 2005). Einen vollständigen Ersatz der Zahnbürste kann die supragingivale Irrigation, wie auch in dieser Untersuchung erwiesen, nicht darstellen.

Durch die alleinige Verwendung der Zahnbürste und auch beider Mundhygienehilfsmittel in Kombination konnten die Entzündungswerte der Gingiva stärker reduziert werden als durch die alleinige Anwendung von HSS. Durch Verwendung der Zahnbürste konnte in dieser Untersuchung auch eine effektivere Prävention der Entstehung einer plaqueinduzierten Gingivitis erreicht werden. Grundsätzlich wird, wie auch in der vorliegenden Studie dargestellt, von einem positiven Effekt durch die zusätzliche Anwendung von supragingivaler Irrigation mittels Wasserstrahlgeräten berichtet (Gupta et al. 1973, Flemming et al. 1995, Barnes et al. 2005, Greenstein 2005). Diese Besserung steht im Einklang mit einer Untersuchung, im Verlauf derer in der Sulkusflüssigkeit von mit chronischer Parodontitis erkrankten Probanden durch die zusätzliche Anwendung eines Wasserstrahlgerätes zur häuslichen Mundhygiene eine statistisch signifikante Reduktion proinflammatorischer Zytokine, wie Interleukin-1- β und Prostaglandin E₂ beobachtet werden konnte (Cutler et al. 2000).

In anderen Untersuchungen auf der Grundlage des Modells der experimentellen Gingivitis wurde die Sulkusflüssigkeit auf das Vorkommen von Albumin und Laktoferrin (Sekino et al. 2005) sowie anderer akute-Phase-Proteine (Adonogianaki et al. 1994) untersucht, wobei jeweils ein Anstieg dieser Parameter zu beobachten war. In der hier vorliegenden Arbeit wurden nur klinische Entzündungsparameter untersucht, die weitere Untersuchung der Sulkusflüssigkeit auf verschiedene Entzündungsparameter wäre auch hier interessant gewesen.

Plaque als Ursache für entzündliche Veränderungen von Gingiva und Parodont ist unumstritten (Newman 1990). In den mit HSS gereinigten Sextanten konnten bei geringen Entzündungszeichen am Ende der therapeutischen Phase noch immer hohe Plaquewerte beobachtet werden. Allerdings konnte mit dem hier verwendeten Index

lediglich eine ja- / nein- Entscheidung getroffen werden, eine Reduktion der Schichtdicke oder eine andere qualitative Veränderung der Plaque konnte nicht mit erfasst werden. Außerdem konnte die Plaque innerhalb von 21 Tagen zu einem ausgereiften, strukturierten Biofilm heranwachsen und es könnten bereits nicht dokumentierbare Mineralisationseffekte stattgefunden haben. Dadurch war natürlich eine vollständige Plaqueentfernung besonders erschwert. Da empfindliche Parameter der gingivalen Entzündung durch die Verwendung des HSS signifikant reduziert werden konnten, ist anzunehmen, dass neben einer Reduktion der von Plaque besiedelten Zahnoberflächen auch eine Modifikation der Plaquezusammensetzung durch HSS möglich ist. Bei genauerer Betrachtung der Plaque als Biofilm ist durch die Irrigation mittels HSS eine Störung des Zirkulationssystems und des definierten Mikromilieus innerhalb der Plaquestruktur denkbar. Durch diesen Effekt könnte wiederum die Bakterienpathogenität abnehmen und der antiinflammatorische Effekt ließe sich somit erklären.

Möglicherweise kommt es neben dem mechanischen Reinigungseffekt durch den feinen Sprühnebel auch zu einem vermehrten Sauerstofftransport in die Plaque, so dass dort ungünstigere Bedingungen für anaerobe Bakterien geschaffen werden. Bei der Untersuchung eines Vorläufermodells von HSS wurde bereits ein ähnlicher Effekt vermutet (Löhnert 1998), wobei in dieser Studie der Vergleich mit einer herkömmlichen Munddusche durchgeführt wurde. Durch eine Reduktion der Schichtdicke der Plaque könnte auch die Zahl der in der Plaque enthaltenen Bakterien und deren Abbauprodukte reduziert werden und somit den positiven Einfluss von HSS auf den Entzündungszustand der Gingiva erklären.

Auch in anderen Untersuchungen konnte keine Korrelation der Plaquewerte mit der Ausprägung des Entzündungszustandes der Gingiva beobachtet werden (Parsons et al. 1987). Auch hier wurden qualitative Veränderungen in der Plaque oder eine zu geringe Sensitivität der quantitativen Erfassung durch den verwendeten Plaqueindex als Ursache für die geringe Entzündung bei gleichzeitig hohen Plaquewerten vermutet. Die Reduktion der Bakterienzahl und ihrer toxischen Abbauprodukte in der Plaque sowie eine mechanische Stimulation der Gingiva werden als mögliche Ursachen für den positiven Effekt der supragingivalen Irrigation mittels Wasserstrahlgeräten auf den Entzündungszustand der Gingiva angegeben (Flemming et al. 1990). In der hier

vorliegenden Studie sind vergleichbare Ursachen oder Kombinationen dieser anzunehmen.

Für die Funktion von Wasserstrahlgeräten hat man sich verschiedene physikalische Wirkmechanismen zu Nutze gemacht. Es existieren beispielsweise Geräte, die durch eine Magnetisierung der Spülflüssigkeit eine Plaque- und Zahnsteinentfernung ermöglichen sollen (Watt et al. 1993). Eine andere Untersuchung eines magnetisierenden Wasserstrahlgerätes hat ergeben, dass durch supragingivale Irrigation mittels dieses Gerätes lediglich eine tendentielle Plaqueentfernung und Verbesserung der gingivalen Entzündungsparameter, aber längerfristig eine Verminderung der sich bildenden Zahnsteinmenge möglich ist (Johnson et al. 1998). Dieses Phänomen wird dadurch erklärt, dass das untersuchte Wasserstrahlgerät lediglich in der Lage ist, die Mineralisation der Plaque zu verhindern.

Da hier nun gezeigt werden konnte, dass durch die Verwendung HSS-Systems die Möglichkeit besteht, einer Gingivitis vorzubeugen und auf eine bestehende Entzündung der marginalen Gingiva einen positiven therapeutischen Effekt auszuüben, wäre nun die Erprobung des Wasserstrahlgerätes bei Patienten interessant, bei denen keine experimentell induzierte Entzündung gingivaler und parodontaler Strukturen vorliegt, sondern eine natürlich entstandene. Man sollte die Wirkung des HSS- Systems im Rahmen der Mundhygiene von Patienten mit chronischer Parodontitis untersuchen. Gleichzeitig könnte man die Wirkung verschiedener Spülflüssigkeiten vergleichen, wie z.B. Chlorhexidin und Wasser. Um eine konstante und sichere Benutzung des Gerätes zu gewährleisten, wäre weiterhin die Entwicklung eines Aufsatzes für den Sprühnebelkopf denkbar, der eine konstante Anwendung im 45°- Winkel nach koronal gerichtet gewährleistet. Sollte das Gerät von Probanden selbst im Rahmen ihrer häuslichen Mundhygiene getestet werden, wäre diese Weiterentwicklung besonders wichtig.

5. Zusammenfassung

Durch die Entfernung bakterieller Auflagerungen von den Zahnoberflächen wird ein positiver Einfluss auf den Entzündungsstatus der angrenzenden marginalen Gingiva erwartet. Die Studie sollte das Ausmaß des antiinflammatorischen Effektes eines neu entwickelten Hochgeschwindigkeitssprühnebel- Systems (HSS) untersuchen. Im Rahmen einer randomisierten, kontrollierten, einfach-blind angelegten Untersuchung sollte das System mit einer elektrischen Zahnbürste verglichen werden.

An der Studie nahmen insgesamt 32 Probanden mit parodontal gesundem und kariesfreiem Gebiss teil. Nach einer professionellen Zahnreinigung und randomisierter Verteilung wurden die Prämolaren und Molaren quadrantenweise mit dem HSS, einer elektrischen Zahnbürste, mit einer Kombination aus HSS und elektrischer Zahnbürste (ZB) oder gar nicht (Kontrollzähne) behandelt. In einer präventiven Testphase (0.- 21. Tag) wurde ermittelt, wie die Entstehung einer Gingivitis durch Verwendung des HSS im Vergleich zu einer elektrischen Zahnbürste beeinflusst wurde. In einer therapeutischen Testphase (21.- 31. Tag) wurde evaluiert, wie erfolgreich die zuvor entstandene Gingivitis an den Kontrollzähnen unter Verwendung des HSS und einer elektrischen Zahnbürste therapiert werden konnte. Zur Untersuchung des Entzündungszustandes wurden zweimal in der Woche an festgelegten Tagen die Sulkusflüssigkeitsmenge (SFM) und der Blutungsindex (BOP) als Untersuchungsparameter bestimmt. Weiterhin wurde zur Beurteilung der Plaqueakkumulation und des Reinigungserfolges ein Plaqueindex (PI) erhoben.

An den Zähnen im Kontrollbereich konnte im Vergleich zu den mit HSS und ZB behandelten Zähnen ab dem siebten Tag ein statistisch signifikanter Anstieg der SFM beobachtet werden ($p < 0,05$). In der therapeutischen Phase wurde die SFM in allen Gruppen wieder auf die Ausgangswerte reduziert. In der Kontrollgruppe konnten nach dem 21. Tag die durch das Ausbleiben der Reinigung erhöhten Blutungs- und Plaquewerte durch ZB und HSS ebenfalls vermindert werden, wobei die Plaquemenge durch die Zahnbürste stärker reduziert wurde.

Durch Verwendung des neuartigen HSS- Systems war es somit möglich, einer Gingivitis vorzubeugen und auf eine bestehende Entzündung der marginalen Gingiva einen positiven therapeutischen Effekt auszuüben.

6. Literaturverzeichnis

Adonogianaki E, Moughal NA, Mooney J, Stirrups DR, Kinane DF: Acute- phase proteins in gingival crevicular fluid during experimentally induced gingivitis. J Periodont Res 1994; 29:196-202

Armitage, GC: Development of a classification system for periodontal diseases and conditions. Ann Periodontol 1999; 4:1-6

Axelsson P, Lindhe J, Nystrom B: On the prevention of caries and periodontal disease. Results of a 15- year longitudinal study in adults. J Clin Periodontol 1991; 18:182-189

Barnes CM, Russell CM, Reinhardt RA, Paye JB, Lyle DM: Comparison of irrigation to floss as an adjunct to tooth brushing: effect on bleeding, gingivitis and supragingival plaque. J Clin Dent 2005; 16:71-77

Bollerhoff S, Fiedler T: System and efficiency of a water irrigator. Zahnärztl Prax 1881; 32:129-138

Borden AM, Golub LM, Kleinberg I: An intra-crevicular technique for monitoring gingival crevicular fluid (GCF). J dent Res 1974; 53:175

Bhaskar SN, Cutright DE, Gross A: Water jet devices in dental practice. J Periodontol 1971; 42:658-664

Bhaskar SN, Cutright DE, Frisch J: Effect of high pressure water jet on oral mucosa of varied density. J Periodontol 1969; 40:593-598

Brownstein CN, Briggs S, Schweitzer KL: Irrigation with chlorhexidine to resolve naturally occurring gingivitis: A methodologic study. J Clin Periodontol 1990; 17:588-593

Cimasoni G: The crevicular fluid. Monographs in oral science 1974; 3:1-122

Cimasoni G: Crevicular fluid updated. Monographs in oral science 1983; 12:1-152

Cutler CW, Stanford TW, Abraham C, Cederberg RA, Boardman TJ, Ross C: Clinical benefits of oral irrigation for periodontitis are related to reduction of pro-inflammatory cytokine levels and plaque. J Clin Periodontol 2000; 27:134-143

D'Aoust P, Landry RG: The effect of supragingival plaque on crevicular fluid measurements. Int Dent J 1994; 44:159-164

Deutsche Gesellschaft für Parodontologie: Klassifikation der Parodontalerkrankungen. Quintessenz, Berlin 2002

Drapkin MS: Endocarditis after use of an oral irrigation device. Ann Intern Med 1977; 87:455

Ernst CP, Pittroff M, Fürstenfelder L, Willershausen B: Does preventive care benefit from additional subgingival irrigation? Clin Oral Invest 2004; 8:211-218

Eberhard J, Damm S, Freitag S, Albers HK, Jepsen S: Plaque removing capacity of a novel high pressure water irrigator. Am J Dent 2004; 17:199-202

Flemming TF, Epp B, Funkenhauser Z, Newman MG, Kornman KS, Haubitz I, Klaiber B: Adjunctive supragingival irrigation with acetylsalicylic acid in periodontal supportive therapy. J Clin Periodontol 1995; 22:427-433

Flemming TF, Newman MG, Doherty F: Supragingival irrigation with 0,06% chlorhexidine in naturally occurring gingivitis. I. 6- month clinical observations. J Periodontol 1990; 61:112-117

Frascella JA, Fernandez P, Gilbert RD, Cugini M: A randomized, clinical evaluation of the safety and efficacy of a novel oral irrigator. Am J Dent 2000;13: 55-58

Greenstein G; 2003- 2004 Research, Science and Therapy Committee. Position Paper: The role of supra- and subgingival irrigation in the treatment of periodontal diseases. J Periodontol 2005; 76:2015-2027

Gupta OP, O'Toole ET, Hammermeister RO: Effects of a water pressure device on oral hygiene and gingival inflammation. J Periodontol. 1973; 44:294-298

Henderson D: Greene Vardiman Black (1836- 1915), the grand old man of dentistry. Med Hist 1961; 5:132-143

Hunter F: Periodontal probes and probing. Int Dent J 1994; 44:577-583

Johnson KE, Sanders JJ, Gellin RG, Palesch YY: The effectiveness of a magnetized water oral irrigator (Hydro Floss[®]) on plaque, calculus and gingival health. J Clin Periodontol 1998; 25:316-321

Kohlbecker G, Grzonka M, Günay H Quantitative Messung von Sulkusflüssigkeit mit neuen selbstfärbenden Indikatorpapierstreifen: Ein Vergleich mit Periotron. Schweiz Monatsschr Zahnmed 1989; 99:414-418

Lang NP, Nyman S, Senn C, Joss A: Bleeding on probing as it relates to probing pressure and gingival health. J Clin Periodontol 1991;18:257-261

Lang NP, Ramseier-Grossmann K: Optimal dosage of chlorhexidine digluconate in chemical plaque control when applied by an oral irrigator. J Clin Periodontol 1981; 8:189-202

Löe H, Theilade E, Jensen SB: Experimental gingivitis in man. J Periodontol 1965; 36:177-187

Löhnert S: Klinische Erprobung einer neuentwickelten Munddusche im Hinblick auf Prävention und Therapie einer experimentellen Gingivitis. Inauguraldissertation der Medizinischen Fakultät der Christian- Albrechts- Universität zu Kiel 1998

Lugassy AA, Lautenschläger EP, Katrana D: Characterisation of water spray devices. J Dent Res 1971; 50:466-476

McCracken GI, Preshaw PM, Steen IN, Swan M, deJaeger M, Haesmann PA: Measuring plaque in clinical trials: index or weight? J Clin Periodontol 2006; 33:172-176

Müller H- P: Parodontologie. Thieme, Stuttgart 2001

Nagata E, Okayama H, Ito HO, Semba I, Inoue M, Oho T: Experimental infective endocarditis induced by human supragingival dental plaque in rats. Eur J Oral Sci 2005; 113:499-504

Newbrun E: Indices to measure gingival bleeding. J Periodontol 1996; 67:555-561

Newman HN: Plaque and chronic inflammatory periodontal disease. J Clin Periodontol 1990; 17:533-541

Newman MG, Cattabriga M, Etienne D, Flemming T, Sanz M, Kornmann KS, Doherty F, Moore DJ, Ross C: Effectiveness of adjunctive irrigation in early periodontitis: multi-center evaluation. J Periodontol 1994; 65:224-229

Page RC, Schroeder HC: Pathogenesis of inflammatory periodontal disease. A summary of current work. Lab Invest 1976; 33:235-249

Parsons LG, Thomas LG, Southard GL, Woodall IR, Jones BJB: Effect of sanguinaria extract on established plaque and gingivitis when supragingivally delivered as a manual rinse or under pressure in an oral irrigator. J Clin Periodontol 1987; 14:381-385

Plagmann HC: Lehrbuch der Parodontologie. Carl Hanser Verlag, München 1998

Quigley GA, Hein, JW: Comparative cleansing efficiency of manual and powered brushing. J Am Dent Ass 1962; 65:26-29

Riethe P: Oral hygiene for the prevention of dental caries and periodontal diseases(1). Quintessenz J 1974; 4 :35-37

Riethe P: Oral hygiene for the prevention of dental caries and periodontal diseases(2). Quintessenz J 1974; 4:31-34

Rustogi KN, Curtis JP, Volpe AR, Kemp JH, McCool JJ, Korn LR: Refinement of the Modified Navy Plaque Index to increase plaque scoring efficiency in gumline and interproximal tooth areas. J Clin Dent 1992; 3:C9-12

Sekino S, Ramberg P, Lindhe J: The effect of systemic administration of ibuprofen in the experimental gingivitis model. J Clin Periodontol 2005; 32:193-199

Sillness J, Loe H: Periodontal disease in pregnancy.II Correlation between oral hygiene and periodontal condition. Acta Odontol Scan 1964; 22:121-135

Steinle K: Klinisch-experimentelle Studie über die Auswirkungen zweier Handzahnbürsten auf die Gingiva sowie in Bezug auf die Plaquereduktion an den Zahnoberflächen -Diskussion verschiedener Bewertungsmethoden. Dissertation der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München 2003

Sueda T, Bang J, Cimasoni G: Collection of gingival fluid for quantitative analysis. J Dent Res 1969; 48:159

Tatakis DN, Trombelli L: Modulation of clinical expression of plaque induced gingivitis. I. Background review and rationale. J Clin Periodontol 2004; 31:229-238

Tözüm TF, Hatipoglu H, Yamalik N, Gürsel M, Alptekin NÖ, Ataoglu T, Marakoglu I, Gürsoy UK, Eratalay K: Critical steps in electronic volume quantification of gingival crevicular fluid: the impact of evaporation, fluid retention, local conditions and repeated measurements. *J Periodontal Res* 2004; 39:344-357

Trombelli L, Tatakis DN, Scapoli C, Bottega S, Orlandini E, Tosi M : Modulation of clinical expression of plaque- induced gingivitis: II. Identification of “high responder” and “low responder” subjects. *J Clin Periodontol* 2004;31:239-252

Trombelli L, Scapoli C, Orlandini E, Tosi M, Bottega S, Tatakis DN: Modulation of clinical expression of plaque- induced gingivitis. III. Response of “high responder” and “low responder” to therapy. *J Clin Periodontol* 2004; 31:253-259

Trombelli L, Farina R, Manfini R, Tatakis DN: Modulation of clinical expression of plaque- induced gingivitis:effect of incisor crown form. *J Dent Res* 2004; 83:728-731

Turesky S, Gilmore ND, Glickman I: Reduced plaque formation by the chloromethyl analogue of vitamine C. *J Periodontol* 1970; 41:41-43

Watt DL, Rosenfelder C, Sutton CD: The effect of oral irrigation with a magnetic water treatment device on plaque and calculus. *J Clin Periodontol* 1993; 20:314-317

Watts EA, Newman HN: Clinical effect on chronic periodontitis of simplified system of oral hygiene including subgingival pulsated jet irrigation with chlorhexidine. *J Clin Periodontol* 1986; 21:666-670

Weiger R, Brex M, Netuschil L: Vergleich der Sulkusfluidflussrate nach Messzeiten von 30 Sekunden und 3 Minuten. *Oralprophylaxe* 1989;11:109-113

Whitford GM, Pashley DH, Pearson DE: Fluoride in gingival crevicular fluid and a new method for evaporative water loss correction. *Caries Res* 1981;15:399-405

7. Anhang

7.1 Abbildungen

7.1.1 Sulkusflüssigkeitsmenge

- Präventive Phase

Tabellen 6- 8: Statistische Analyse der Sulkusflüssigkeitsmengen- Messwerte (PE) unter dem Aspekt der Messwertwiederholung in den verschiedenen Behandlungsgruppen an den jeweiligen Untersuchungstagen der Präventiven Phase.

Multivariate Tests(c)

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz
Tage	Pillai-Spur	,490	14,090(a)	6,000	88,000	,000
	Wilks-Lambda	,510	14,090(a)	6,000	88,000	,000
	Hotelling-Spur	,961	14,090(a)	6,000	88,000	,000
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,961	14,090(a)	6,000	88,000	,000
Tage * Behandlungs-Gruppe	Pillai-Spur	,295	2,570	12,000	178,000	,004
	Wilks-Lambda	,713	2,702(a)	12,000	176,000	,002
	Hotelling-Spur	,390	2,831	12,000	174,000	,001
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,357	5,301(b)	6,000	89,000	,000

a Exakte Statistik

b Die Statistik ist eine Obergrenze auf F, die eine Untergrenze auf dem Signifikanzniveau ergibt.

c Design: Intercept+ Behandlungsgruppe Innersubjekt-Design: Tage

Tests der Innersubjekteffekte

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Tage	Sphärizität angenommen	21462,209	6	3577,035	12,919	,000
	Greenhouse-Geisser	21462,209	4,898	4381,777	12,919	,000
	Huynh-Feldt	21462,209	5,314	4038,458	12,919	,000
	Untergrenze	21462,209	1,000	21462,209	12,919	,001
Tage * Behandlungs-Gruppe	Sphärizität angenommen	9215,409	12	767,951	2,774	,001
	Greenhouse-Geisser	9215,409	9,796	940,720	2,774	,003
	Huynh-Feldt	9215,409	10,629	867,013	2,774	,002
	Untergrenze	9215,409	2,000	4607,704	2,774	,068
Fehler(Tage)	Sphärizität angenommen	154499,685	558	276,881		
	Greenhouse-Geisser	154499,685	455,520	339,172		
	Huynh-Feldt	154499,685	494,244	312,598		
	Untergrenze	154499,685	93,000	1661,287		

Tests der Zwischensubjekteffekte

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Konstanter Term	1889423,918	1	1889423,918	2690,603	,000
Behandlungs-Gruppe Fehler	21341,392	2	10670,696	15,195	,000
	65307,449	93	702,231		

Tabelle 9: Sulkusflüssigkeitsmengen- Messwerte (PE) in den verschiedenen Behandlungsgruppen an den jeweiligen Untersuchungstagen der Präventiven Phase.

Tage		Mittelwert	N	Standardabweichung	Median	Minimum	Maximum
0	Kontrolle	40	32	13	36	22	8
	HSS	40	32	17	41	10	71
	ZB	41	32	19	39	15	89
3	Kontrolle	58	32	26	53	27	160
	HSS	52	32	20	51	23	95
	ZB	51	32	22	53	20	117
7	Kontrolle	59	32	16	62	33	90
	HSS	55	32	17	53	16	104
	ZB	48	32	14	49	17	76
10	Kontrolle	59	32	16	59	28	91
	HSS	50	32	20	45	18	90
	ZB	48	32	15	47	19	82
14	Kontrolle	68	32	34	62	36	237
	HSS	52	32	19	48	20	94
	ZB	44	32	15	44	19	79
17	Kontrolle	74	32	16	71	40	105
	HSS	54	32	17	54	16	101
	ZB	51	32	15	49	26	83
21	Kontrolle	68	32	15	66	40	101
	HSS	53	32	14	51	33	82
	ZB	48	32	16	50	26	109

- **Therapeutische Phase**

Tabelle 10- 12: Statistische Analyse der Sulkusflüssigkeitsmengen- Messwerte (PE) unter dem Aspekt der Messwertwiederholung in den verschiedenen Behandlungsgruppen an den jeweiligen Untersuchungstagen der Therapeutischen Phase.

Multivariate Tests(c)

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz
Tage	Pillai-Spur	,464	26,213(a)	3,000	91,000	,000
	Wilks-Lambda	,536	26,213(a)	3,000	91,000	,000
	Hotelling-Spur	,864	26,213(a)	3,000	91,000	,000
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,864	26,213(a)	3,000	91,000	,000
	Tage * Behandlungs-Gruppe	Pillai-Spur	,200	3,411	6,000	184,000
	Wilks-Lambda	,808	3,421(a)	6,000	182,000	,003
	Hotelling-Spur	,229	3,431	6,000	180,000	,003
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,173	5,318(b)	3,000	92,000	,002

a Exakte Statistik

b Die Statistik ist eine Obergrenze auf F, die eine Untergrenze auf dem Signifikanzniveau ergibt.

c Design: Intercept+ Behandlungsgruppe Innersubjekt-Design: Tage

Tests der Innersubjektkontraste

Quelle	Tage	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Tage	Linear	8822,603	1	8822,603	47,076	,000
	Quadratisch	8595,262	1	8595,262	56,364	,000
	Kubisch	107,944	1	107,944	,774	,381
tage * Behandlungs-Gruppe	Linear	2415,020	2	1207,510	6,443	,002
	Quadratisch	375,196	2	187,598	1,230	,297
	Kubisch	1268,645	2	634,323	4,547	,013
Fehler(tage)	Linear	17429,199	93	187,411		
	Quadratisch	14182,027	93	152,495		
	Kubisch	12974,558	93	139,511		

Tests der Zwischensubjekteffekte

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Konstanter Term	977050,039	1	977050,039	2187,769	,000
Behandlungs-Gruppe Fehler	5828,586	2	2914,293	6,526	,002
	41533,484	93	446,597		

Tabelle 13: Sulkusflüssigkeitsmengen- Messwerte (PE) in den verschiedenen Behandlungsgruppen an den jeweiligen Untersuchungstagen der Therapeutischen Phase.

Tage		Mittelwert	N	Standardabweichung	Median	Maximum	Minimum
21	Kombi	51	32	12	49	95	33
	HSS	69	32	20	65	123	25
	ZB	66	32	17	63	100	37
24	Kombi	44	32	12	45	68	21
	HSS	54	32	16	53	91	13
	ZB	43	32	17	42	84	7
28	Kombi	48	32	12	50	69	22
	HSS	51	32	16	51	84	22
	ZB	47	32	17	49	77	9
31	Kombi	40	32	11	39	62	21
	HSS	47	32	14	48	76	18
	ZB	46	32	17	48	84	13

7.1.2 Blutungsindex

- Präventive Phase

Tabellen 14- 16: Statistische Analyse der Blutungspunkte (Absolutwerte) unter dem Aspekt der Messwertwiederholung in den verschiedenen Behandlungsgruppen an den jeweiligen Untersuchungstagen der Präventiven Phase.

Multivariate Tests(c)

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz
Tage	Pillai-Spur	,778	51,459(a)	6,000	88,000	,000
	Wilks-Lambda	,222	51,459(a)	6,000	88,000	,000
	Hotelling-Spur	3,509	51,459(a)	6,000	88,000	,000
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	3,509	51,459(a)	6,000	88,000	,000
Tage * Behandlungs-Gruppe	Pillai-Spur	,565	5,845	12,000	178,000	,000
	Wilks-Lambda	,450	7,199(a)	12,000	176,000	,000
	Hotelling-Spur	1,189	8,618	12,000	174,000	,000
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	1,159	17,198(b)	6,000	89,000	,000

a Exakte Statistik

b Die Statistik ist eine Obergrenze auf F, die eine Untergrenze auf dem Signifikanzniveau ergibt.

c Design: Intercept+ Behandlungsgruppe Innersubjekt-Design: Tage

Tests der Innersubjekteffekte

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Tage	Sphärizität angenommen	2498,994	6	416,499	85,194	,000
	Greenhouse-Geisser	2498,994	5,002	499,573	85,194	,000
	Huynh-Feldt	2498,994	5,434	459,846	85,194	,000
	Untergrenze	2498,994	1,000	2498,994	85,194	,000
Tage * Behandlungs-Gruppe	Sphärizität angenommen	863,966	12	71,997	14,727	,000
	Greenhouse-Geisser	863,966	10,005	86,358	14,727	,000
	Huynh-Feldt	863,966	10,869	79,490	14,727	,000
	Untergrenze	863,966	2,000	431,983	14,727	,000
Fehler(Tage)	Sphärizität angenommen	2727,969	558	4,889		
	Greenhouse-Geisser	2727,969	465,210	5,864		
	Huynh-Feldt	2727,969	505,401	5,398		
	Untergrenze	2727,969	93,000	29,333		

Tests der Zwischensubjekteffekte

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Konstanter Term	50561,371	1	50561,371	1850,102	,000
Behandlungs-Gruppe Fehler	2575,107	2	1287,554	47,113	,000
	2541,594	93	27,329		

Tabelle 17: Blutungspunkte (Absolutwerte) in den verschiedenen Behandlungsgruppen an den jeweiligen Untersuchungstagen der Präventiven Phase.

Tage		Mittelwert	N	Standardabweichung	Median	Minimum	Maximum
0	Kontrolle	5	32	2	5	1	12
	HSS	5	32	3	5	1	12
	ZB	5	32	3	5	1	14
3	Kontrolle	7	32	3	7	2	14
	HSS	6	32	4	7	1	15
	ZB	6	32	3	6	0	13
7	Kontrolle	11	32	3	10	7	18
	HSS	9	32	4	9	3	18
	ZB	6	32	2	6	2	10
10	Kontrolle	12	32	2	12	8	17
	HSS	10	32	3	10	4	19
	ZB	7	32	3	6	3	17
14	Kontrolle	13	32	3	13	6	20
	HSS	10	32	3	9	5	16
	ZB	6	32	2	6	1	11
17	Kontrolle	14	32	2	14	8	21
	HSS	10	32	3	11	4	18
	ZB	7	32	3	6	2	14
21	Kontrolle	14	32	3	14	10	21
	HSS	11	32	3	11	7	19
	ZB	7	32	3	7	3	15

- **Therapeutische Phase**

Tabellen 18- 20: Statistische Analyse der Blutungspunkte (Absolutwerte) unter dem Aspekt der Messwertwiederholung in den verschiedenen Behandlungsgruppen an den jeweiligen Untersuchungstagen der Therapeutischen Phase.

Multivariate Tests(c)

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz
Tage	Pillai-Spur	,810	129,635(a)	3,000	91,000	,000
	Wilks-Lambda	,190	129,635(a)	3,000	91,000	,000
	Hotelling-Spur	4,274	129,635(a)	3,000	91,000	,000
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	4,274	129,635(a)	3,000	91,000	,000
Tage * Behandlungs-Gruppe	Pillai-Spur	,305	5,519	6,000	184,000	,000
	Wilks-Lambda	,697	5,990(a)	6,000	182,000	,000
	Hotelling-Spur	,431	6,458	6,000	180,000	,000
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,422	12,951(b)	3,000	92,000	,000

a Exakte Statistik

b Die Statistik ist eine Obergrenze auf F, die eine Untergrenze auf dem Signifikanzniveau ergibt.

c Design: Intercept+ Behandlungsgruppe Innersubjekt-Design: Tage

Tests der Innersubjekteffekte

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Tage	Sphärizität angenommen	2166,856	3	722,285	154,482	,000
	Greenhouse-Geisser	2166,856	2,556	847,619	154,482	,000
	Huynh-Feldt	2166,856	2,691	805,120	154,482	,000
	Untergrenze	2166,856	1,000	2166,856	154,482	,000
Tage * Behandlungs-Gruppe	Sphärizität angenommen	269,861	6	44,977	9,620	,000
	Greenhouse-Geisser	269,861	5,113	52,781	9,620	,000
	Huynh-Feldt	269,861	5,383	50,135	9,620	,000
	Untergrenze	269,861	2,000	134,930	9,620	,000
Fehler(Tage)	Sphärizität angenommen	1304,471	279	4,676		
	Greenhouse-Geisser	1304,471	237,746	5,487		
	Huynh-Feldt	1304,471	250,295	5,212		
	Untergrenze	1304,471	93,000	14,027		

Tests der Zwischensubjekteffekte

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Konstanter Term	29636,725	1	29636,725	2094,678	,000
Behandlungs-Gruppe	1034,520	2	517,260	36,559	,000
Fehler	1315,818	93	14,149		

Tabelle 21: Blutungspunkte (Absolutwerte) in den verschiedenen Behandlungsgruppen an den jeweiligen Untersuchungstagen der Therapeutischen Phase.

Tage		Mittelwert	N	Standardabweichung	Median	Minimum	Maximum
21	Kombi	9	32	2	9	6	15
	HSS	14	32	4	14	8	20
	ZB	14	32	3	14	8	22
24	Kombi	8	32	2	7	3	12
	HSS	11	32	3	11	6	17
	ZB	8	32	3	8	4	17
28	Kombi	6	32	2	6	3	12
	HSS	10	32	3	9	6	16
	ZB	7	32	3	7	2	12
31	Kombi	5	32	2	5	1	10
	HSS	9	32	3	9	2	13
	ZB	6	32	2	6	1	10

7.1.3 Plaqueindex

- **Therapeutische Phase**

Tabelle 22- 24: Statistische Analyse der Plaquemenge (Absolutwerte) unter dem Aspekt der Messwertwiederholung in den verschiedenen Behandlungsgruppen an den jeweiligen Untersuchungstagen der Therapeutischen Phase.

Multivariate Tests(c)

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Signifikanz
tage	Pillai-Spur	,934	426,957(a)	3,000	91,000	,000
	Wilks-Lambda	,066	426,957(a)	3,000	91,000	,000
	Hotelling-Spur	14,075	426,957(a)	3,000	91,000	,000
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	14,075	426,957(a)	3,000	91,000	,000
tage * Behandlungs-Gruppe	Pillai-Spur	,586	12,713	6,000	184,000	,000
	Wilks-Lambda	,417	16,645(a)	6,000	182,000	,000
	Hotelling-Spur	1,391	20,870	6,000	180,000	,000
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	1,386	42,506(b)	3,000	92,000	,000

a Exakte Statistik

b Die Statistik ist eine Obergrenze auf F, die eine Untergrenze auf dem Signifikanzniveau ergibt.

c Design: Intercept+VAR00002 Innersubjekt-Design: tage

Tests der Innersubjekteffekte

Quelle		Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
tage	Sphärizität angenommen	22241,455	3	7413,818	363,674	,000
	Greenhouse-Geisser	22241,455	2,733	8136,914	363,674	,000
	Huynh-Feldt	22241,455	2,885	7709,715	363,674	,000
	Untergrenze	22241,455	1,000	22241,455	363,674	,000
tage * Behandlungs-Gruppe	Sphärizität angenommen	2395,699	6	399,283	19,586	,000
	Greenhouse-Geisser	2395,699	5,467	438,227	19,586	,000
	Huynh-Feldt	2395,699	5,770	415,219	19,586	,000
	Untergrenze	2395,699	2,000	1197,850	19,586	,000
Fehler(tage)	Sphärizität angenommen	5687,658	279	20,386		
	Greenhouse-Geisser	5687,658	254,206	22,374		
	Huynh-Feldt	5687,658	268,292	21,200		
	Untergrenze	5687,658	93,000	61,158		

Tests der Zwischensubjekteffekte

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Konstanter Term	262739,532	1	262739,532	6086,621	,000
Behandlungs-Gruppe	12045,400	2	6022,700	139,522	,000
Fehler	4014,506	93	43,167		

Tabelle 22: Plaquemenge (Absolutwerte) in den verschiedenen Behandlungsgruppen an den jeweiligen Untersuchungstagen der Therapeutischen Phase.

Tage	Index1	Mittelwert	N	Standardabweichung	Median	Minimum	Maximum
21	Kombi	37	32	4	37	23	42
	HSS	41	32	4	42	29	46
	ZB	40	32	5	41	23	48
24	Kombi	15	32	4	15	8	28
	HSS	30	32	5	30	22	40
	ZB	18	32	4	18	10	25
28	Kombi	16	32	6	15	7	29
	HSS	32	32	6	33	14	41
	ZB	18	32	7	18	6	36
31	Kombi	16	32	4	16	9	25
	HSS	33	32	6	34	14	42
	ZB	18	32	5	18	9	27

8. Danksagung

Bei Prof. Dr. Dr. S. Jepsen, Direktor der Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde, möchte ich mich für die Überlassung des interessanten Themas und für die fachliche Beratung bei der Erstellung dieser Arbeit bedanken.

Ganz besonders möchte ich mich für die intensive Unterstützung und Hilfe bei Herrn Priv.- Doz. Dr. A. Braun bedanken.

Ebenso gilt mein Dank allen fleißigen Helfern und treuen Probanden der Studie, die sich zur Verfügung gestellt haben und ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Gleichermaßen möchte ich mich bei der Firma Braun/Ora- B für die Förderung und Unterstützung dieser Studie bedanken.

Bei Herrn Dr. R. Fimmers möchte ich mich für die statistische Beratung bedanken.

Nicht zuletzt möchte ich meinem Ehemann Karsten Dehn, meiner Mutter, meinen Geschwistern und Freunden für ihr Verständnis und die seelische und moralische Unterstützung danken.