

Aus der Klinik für
Zahnerhaltungskunde und Parodontologie
(Direktor: Prof. Dr. C. Dörfer)
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**„IN-VITRO-STUDIE ZUR EFFEKTIVITÄT DER SAUGLEISTUNG MITTELS EINER
NEU ENTWICKELTEN SAUGKANÜLE WÄHREND DER BIOFILMENTFERNUNG“**

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von
ANICA TILLNER
aus Berlin
Kiel (2016)

1. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. Christian Graetz

2. Berichterstatter: Pd Dr. Dr. Falk Birkenfeld

Tag der mündlichen Prüfung: 20.07.2017

Zum Druck genehmigt, Kiel den, 20.07.2017

gez.

(Vorsitzender der Prüfungskommission)

Prof. Dr. Johann Roider

Inhaltsverzeichnis

I. Abkürzungsverzeichnis	I
1 Einleitung.....	1
1.1 Aerosol/Spraynebel/Spraynebelrückprall/Ablagerungen	2
1.2 Oraler Biofilm.....	4
1.3 Maschinelle Wurzeloberflächenbearbeitung.....	6
1.4 Maschinelle Scaler	7
1.4.1 Funktionsweise eines Ultraschallscalers.....	7
1.4.2 Funktionsweise eines Schallscalers.....	8
1.5 Sauger.....	8
1.5.1 Funktionsweise des Saughandstückes	9
1.5.2 Funktionsweise des Speichelsaugers/Speichelziehers.....	9
1.6 Ziele und Hypothesen.....	10
2 Material und Methoden	11
2.1 Versuchsaufbau und Studienablauf.....	11
2.2 Maschinelle Instrumente zur Biofilmentfernung.....	14
2.2.1 Ultraschallscaler.....	14
2.2.2 Der Schallscaler Synea.....	15
2.3 Saugkanülen	16
2.3.1 Anwendung der neu entwickelten Prophylaxekanüle.....	16
2.3.2 Anwendung der Standard-Saugkanüle/Universalkanüle.....	17
2.3.3 Anwendung des Speichelsaugers/Speichelziehers.....	18
2.3.4 Bestimmung der Saugleistung	18
2.4 Eigenschaften des simulierten Biofilms	19
2.5 In-vitro-Simulation von Aerosol.....	19
2.6 Bilddokumentation zur quantitativen Vermessung der durch Aerosol kontaminierten Flächen im Raum.....	20

2.7	Statistische Auswertung	22
3	Ergebnisse.....	22
3.1	Mit Aerosol verunreinigte Flächen im Raum.....	22
3.1.1	Unterschiede zwischen den benutzten maschinellen Scalern	23
3.1.2	Unterschiede zwischen den benutzten Absaugkanülen.....	23
3.1.3	Kontamination des Raumes in Abhängigkeit von der Behandlungsposition und den bearbeiteten Zähnen.....	24
3.1.4	Kontamination nach Aufteilung in Gerät und Absaugung.....	27
3.2	Effektivität der Saugleistung	28
4	Diskussion.....	29
4.1	Aerosolausbreitung im Raum	29
4.1.1	Aerosolausbreitung abhängig von der benutzten Absaugkanüle	30
4.1.2	Aerosolausbreitung abhängig von dem benutzten Scaler.....	32
4.1.3	Aerosolausbreitung abhängig von der Sitzposition und der Position des zu behandelnden Zahnes.....	33
4.2	Limitationen	35
5	Zusammenfassung	37
6	Anhang.....	39
7	Literaturverzeichnis	40
8	Danksagung.....	51
9	Lebenslauf	52
10	Publikation.....	55

I. Abkürzungsverzeichnis

<i>AIR</i>	Schallscaler Synea (Airscaler)
<i>APT</i>	aktive Parodontitistherapie
<i>CDS</i>	Speichelsauger/Speichelzieher
<i>DGParo</i>	Deutsche Gesellschaft für Parodontologie
<i>DGZMK</i>	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
<i>EPS</i>	extrazelluläre polymere Substanzen
<i>OK</i>	Oberkiefer
<i>PS</i>	Prophylaxekanüle
<i>PWS</i>	Pulver-Wasser-Strahlgerät
<i>PZR</i>	Professionelle Zahnreinigung
<i>STS</i>	Standard-Saugkanüle/Universalkanüle
<i>TIG</i>	Ultraschallscaler Piezo Scaler Tigon+
<i>UK</i>	Unterkiefer
<i>UPT</i>	unterstützende Parodontitistherapie
<i>VEC</i>	Ultraschallscaler Vector®

1 Einleitung

Entsprechend einer Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) zu Virusinfektionen in der Zahnarztpraxis gefährden Infektionskrankheiten das gesamte zahnärztliche Personal während der Behandlung (Setz und Borneff-Lipp, 2000) vor allem dann, wenn durch Wasserkühlung Spraynebel und Aerosole erzeugt werden (Reitemeier et al., 2010). Hier gelten neben Hand- und Winkelstücken maschinelle Systeme zur Zahn- und Wurzeloberflächenbearbeitung als die größte Gefahrenquelle. Generell ist bekannt, dass der Speichel aus schätzungsweise 10^8 Keime/ml besteht (Oethinger, 2004). Die Bakterien heften bevorzugt an der Zahnoberfläche oberhalb (supragingival) und/oder unterhalb (subgingival) des Zahnfleisches, in Form eines organisierten Biofilms, an (Varga, 2014). Zur Prävention entzündlicher Erkrankungen des Zahnfleisches und des Zahnhalteapparates muss dieser Biofilm entfernt werden. In der Regel ist dies durch physiologische Scherkräfte und die häusliche Mundhygiene ausreichend zu leisten. Individuelle Gegebenheiten, wie zum Beispiel schwer erreichbare Zähne durch eine kleine Kiefergröße, Engstände oder Verschachtelungen, sogenannte Prädilektionsstellen, können die suffiziente Plaquekontrolle jedoch erschweren. Zusätzliche subgingivale Zahnfleischtaschen, die in Folge parodontaler Erkrankungen entstehen, machen eine absolute Reinigung mit den häuslichen Mitteln schier unmöglich. Kommt es zudem zur Mineralisation der Plaque, kann der Biofilm nur noch professionell in der Zahnarztpraxis in Form der professionellen Zahnreinigung (PZR) entfernt werden. Diese dient nicht nur der Reinigung der Zähne, sondern soll die häusliche Zahnpflege ergänzend unterstützen und den Patienten bestmöglich zur selbständigen Biofilmentfernung anleiten. Als gängigste Instrumente seien hier die Verwendung von Schall-, Ultraschallscalern, Handinstrumenten und Pulver-Wasser-Strahlgeräten genannt. Mit Ausnahme der Handinstrumente kommt es bei allen weiteren Instrumentenklassen zur Entstehung eines Aerosols, welches möglicherweise kontaminiert ist. Vor allem für das in der Prophylaxe tätige Personal stellt der persönliche Infektionsschutz deshalb ein zentrales Thema dar und das Bedürfnis nach einer besseren Kontrolle des Spraynebels ist groß. Um die Gesundheitsgefährdung gerade bei der Alleinbehandlung während der PZR so minimal wie möglich zu halten, besteht ständig der Bedarf zur Weiterentwicklung von leistungsstarken Absaugsystemen. Neben dem Instrument zur

Oberflächenbearbeitung in der einen Behandlerhand befindet sich unter optimalen Bedingungen eine Absaugkanüle in der anderen. In schwierigen Situationen muss für eine bessere Sicht gegebenenfalls die Saugkanüle durch einen Mundspiegel ausgetauscht werden. In solchen Fällen kann dann lediglich der Speichelsauger in den Mund des Patienten eingehangen oder vom Patienten selbst gehalten werden, weshalb auch dieses Vorgehen in die vorliegende In-vitro-Untersuchung mit einbezogen wurde. In der Studie sollte mit Hilfe einer selbstentwickelten Fluoreszenz-Technik gemessen werden, wie hoch der Grad der Kontaminierung der Umgebung durch Spraynebel im Rahmen des maschinellen Scalings unter Verwendung verschiedener Absaugkanülen ist. In den Versuchsdurchläufen wurde zu diesem Zweck ein simulierter Biofilm mit Hilfe eines Schall- (AIR) und zweier Ultraschallscaler (TIG und VEC) in Kombination mit einer neu entwickelten Prophylaxekanüle (PS), einer Standard-Saugkanüle (STS) und einem Speichelsauger (CDS) entfernt.

1.1 Aerosol/Spraynebel/Spraynebelrückprall/Ablagerungen

Um beim Arbeiten mit maschinellen Scalern, Turbinen und hochtourigen Winkelstücken eine Schädigung der Pulpa-Dentin-Einheit sowie des umliegenden Gewebes durch die entstehende Hitze zu vermeiden, muss das rotierende oder schwingende Arbeitsende mit Wasser gekühlt werden (Reitemeier et al., 2010). Die Menge an Flüssigkeit, die dafür notwendig ist, variiert je nach benutztem Gerät. In der Literatur sind für hoch- und höchsttourige Präparationsinstrumente 50 ml pro Minute (Kimmel, 2001) und für die Wurzeloberflächenbearbeitung mit motorbetriebenen Geräten 25 - 30 ml pro Minute empfohlen (Kocher und Plagmann, 1996). Dabei läuft das Kühlwasser entweder in Form von Tropfen auf die Arbeitsspitze zu oder wird in Strahlen durch vorhandene Düsen auf die Arbeitsspitze gelenkt. In der Folge entstehen dann die sogenannten Aerosole, ein Spraynebel und ein Spraynebelrückprall sowie die daraus resultierenden Ablagerungen auf umgebenden Flächen (Reitemeier et al., 2010).

Aerosol ist definiert als eine Suspension aus Flüssigkeit und Feststoffpartikeln (im Durchmesser 50 Mikrometer oder weniger), mit Ablagerungen sowie lebenden oder toten Mikroorganismen in einem gasförmigen Medium (Dutil et al., 2009), welches bis zu 30 m weit getragen werden kann (Grenier, 1995). Die Partikel eines dentalen

Aerosols sind nach zahnärztlichen Behandlungen bis zu 30 Minuten in der Raumluft nachweisbar (Drisko et al., 2000). Der Spraynebel hingegen wird üblicherweise als Gemisch aus Luft, Wasser und/oder Feststoffen beschrieben; Wassertröpfchen im Spraynebel variieren in der Größe von 50 Mikrometern bis zu mehreren Millimetern Durchmesser und sind mit dem bloßen Auge sichtbar (Szymanska, 2007). Der Spraynebelrückprall enthält vor allem größere Partikel aus Keimen, Schleifkörpern und Speichel und tritt direkt während der zahnärztlichen Behandlung, nachdem er auf der Oberfläche des Zahnes abgeprallt ist, aus der Mundhöhle des Patienten aus (Kimmel, 2001; Reitemeier et al., 2010). Die aus den genannten Medien entstehenden Ablagerungen sind die zu untersuchenden kontaminierten Bereiche, nachdem das Aerosol, der Spraynebel und Spraynebelrückprall sich aus der Luft auf eine Oberfläche abgesetzt haben.

Das vermehrte weltweite Wiederaufflammen bakterieller Erkrankungen wie Tuberkulose (Palakuru et al., 2012) und das Vorhandensein anderer Krankheitserreger mit dem Potenzial zur Tröpfcheninfektion verursachen auch in Europa in den letzten Jahrzehnten zunehmende Besorgnis über die Aerosolkontamination und die geringe Luftqualität in Zahnarztpraxen (Faecher et al., 1993; Harrel et al., 1996). Bereits vor mehr als 20 Jahren konstatierten Cottone und Molinari (1991), dass die Übertragung von Virushepatitis die wissenschaftliche Herausforderung der Bekämpfung von Infektionskrankheiten bleibt, auch wenn währenddessen das Thema durch HIV-Infektionen und AIDS emotional oft in Frage gestellt wurde. Daher scheint es eine unabdingbare Forderung auch heute, so viel Kühl spray und Aerosol wie möglich einzufangen. Zusätzlich wird dies durch den Nachweis von Blutbestandteilen in Aerosolen, die während der zahnärztlichen Behandlung durch Mikrotraumata auftreten, in seiner Dringlichkeit bestärkt (Harrel, 1996). Diesbezüglich sei auch zu bedenken, dass die Blutbestandteile nicht zwangsläufig für das bloße Auge sichtbar sind (Harrel et al., 1996).

Der Einfachheit halber wird im Folgenden das Wort Aerosol für alle potentiell infektiösen Medien verwendet, dazu gehören Aerosole, Spraynebel, Spraynebelrückprall sowie deren resultierende Ablagerungen. Alle können durch die Luft, Speichel oder durch Blut übertragbare Krankheitserreger enthalten (Day et al., 2006). Aufgrund der angewandten Messmethode (siehe Abschnitt 2.5) kann nicht zwischen ihnen unterschieden werden.

1.2 Oraler Biofilm

Der orale Biofilm, auch Plaque genannt, ist ein nicht mineralisierter Zahnbelag. Allgemein besteht der Biofilm aus Mikroorganismen, die in einer strukturierten Gemeinschaft ohne zentrale Steuerung koaggregierend leben (Costerton et al., 1999). In einer selbst produzierten Matrix, bestehend aus extrazellulären polymeren Substanzen (EPS), vor allem Polysaccharide, Proteine, Lipide sowie Nukleinsäuren (Stoodley et al., 1998; Donlan, 2002; Flemming et al., 2007), heften sie sich an Oberflächen.

Die orale bakterielle Plaque ist zu einem großen Teil verantwortlich für die Entstehung und den Verlauf von entzündlichen Erkrankungen der Zahnhartsubstanz und des Zahnhalteapparates und spielt somit bei der Erhaltung der Mundgesundheit eine bedeutende Rolle (Peterson et al., 2014). Die Entstehung beginnt in der Regel an der Schnittstelle zwischen Zahnfleischrand und Zahnoberfläche, da es dort zu einer Nischenbildung kommt (Lang et al., 2009). Die Plaquebildung läuft, wie in Abbildung 1 erkenntlich, in verschiedenen Phasen ab. Dabei bildet sich in der ersten Phase das Pellicel in Minuten bis maximal zwei Stunden nach der Reinigung der Zahnoberfläche und nach etwa sieben bis zehn Tagen ist der Biofilm ausgereift (Plagmann, 2004). Dabei kommt es sowohl zu einer reversiblen als auch einer irreversiblen Anheftung des bakteriellen Biofilms auf Zahnoberflächen. Die Reifung ist mit einer Zunahme der Komplexität des Biofilms verbunden, wobei auch eine Verschiebung der Keime im reifenden Biofilm stattfindet (Pantaleon et al., 2014). Die Verringerung der initial supragingival befindlichen grampositiven Kokken und Stäbchen führt zu einer Vermehrung der subgingivalen, gramnegativen Kokken und Stäbchen (Plagmann, 2004). Dies wiederum zeigt eine weitere Eigenschaft des Biofilms – die Ausbreitung nach subgingival und damit einhergehend die Zerstörung des parodontalen Stützgewebes durch entzündliche Prozesse im Gewebe durch von Mikroorganismen freigesetzte Toxine, Antigene, Enzyme und Stoffwechselprodukte (Plagmann, 2004).

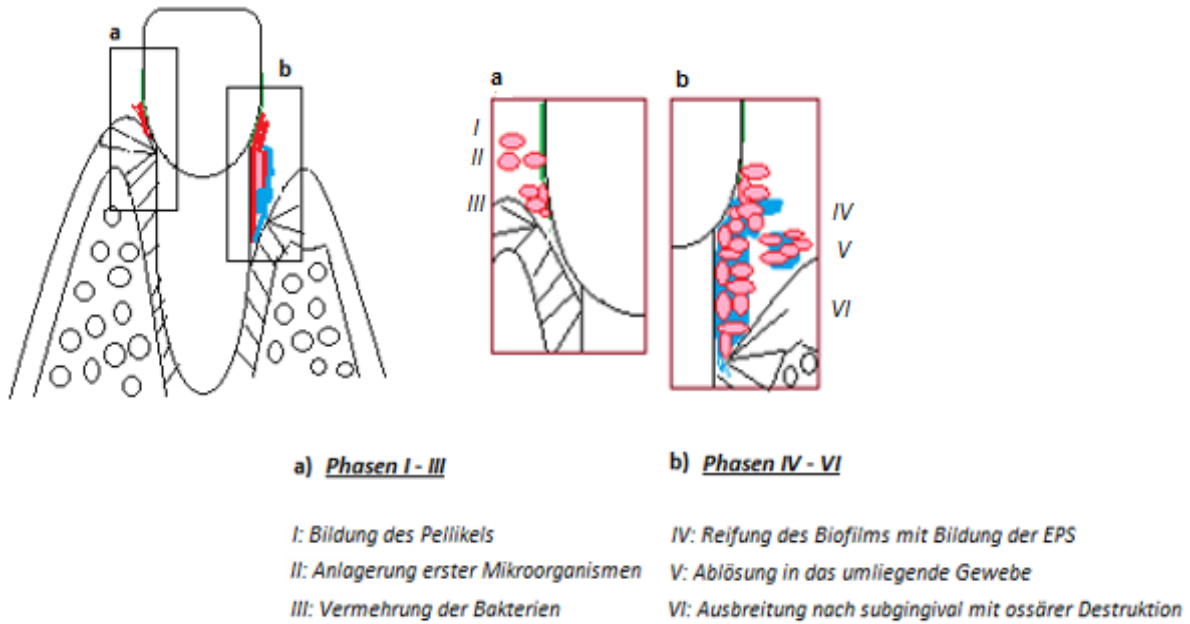


Abbildung 1: Sechs Phasen der Plaquebildung. Vereinfachte, skizzenartige Darstellung. Frontzahn mit Plaqueanlagerung supra- und subgingival und erweiterter Zahnfleischtasche; grün: Pellikel (Zahnoberhäutchen), rot: Mikroorganismen, blau: Matrix. a) Vergrößerung der Phasen I - III; b) Vergrößerung der Phasen IV - VI. Modifiziert nach Plagmann sowie Wolf/Rateitschak (Plagmann, 2004; Wolf et al., 2012)

Wird also der orale Biofilm nicht regelmäßig entfernt, kann es zu einer reversiblen Entzündung des marginalen Zahnfleisches kommen, der sogenannten Gingivitis. Diese kann voranschreiten und in einer Parodontitis mit irreversibler Zerstörung infolge der Entzündung des Zahnhalteapparates enden (Plagmann, 2004). Die entzündlichen Reaktionen führen zur reaktiven Schwellung der Gingiva mit Blutung bei Berührung. Die Entstehung der parodontalen Destruktion ist neben den in der Plaque befindlichen Bakterien von weiteren exogenen und endogenen Faktoren abhängig (Page und Kornman, 1997). Page und Kornman (1997) beschrieben diese in einer schematischen Darstellung erstmals als temporäre, erworbene Risiko- und Umweltfaktoren sowie als genetische Risikofaktoren. Kommt es in diesem Zusammenhang zum Krankheitsbild der Parodontitis, kann diese unbehandelt den Verlust von parodontalem Stützgewebe einschließlich des Alveolarknochens bedeuten und letztlich zum Zahnverlust führen (Wolf et al., 2012).

1.3 Maschinelle Wurzeloberflächenbearbeitung

Ein zentraler Teil der aktiven und unterstützenden Parodontitistherapie (APT und UPT) ist die professionelle Zahnreinigung mit der mechanischen Entfernung von supra- und subgingivaler Plaque, Zahnstein sowie Konkrementen (Westfelt, 1996; Petersilka et al., 2002). Geeignete motorbetriebene und oszillierende Scalersysteme lassen sich in Schall- und Ultraschallscaler unterteilen und sind in der modernen Prophylaxe und Parodontalbehandlung nicht mehr wegzudenken (Tunkel et al., 2002; Walmsley et al., 2008). Im Vergleich zu Handinstrumenten ergeben sich durch die heute verschieden gestalteten Arbeitsspitzen einige Vorteile im Umgang mit maschinellen Scalern. Zum einen ermöglichen sie für den Behandler ein nahezu kraftloses Arbeiten (Walmsley et al., 2008), zum anderen gewährleisten sie durch das verbesserte Design eine subgingivale, Weich- und Hartgewebe schonende Reinigung mit einer grazil gestalteten, schlanken Instrumentenspitze (Drisko, 1998). Ebenso ermöglichen sie den Zugang auch zu sonst schwer erreichbaren Nischen wie engen Knochentaschen oder Furkationen (Drisko, 1998; Tunkel et al., 2002). Optimal sollte die Arbeitsspitze parallel, in einem Winkel von 0° bis maximal 15° zur Wurzeloberfläche stehen, um effizient arbeiten zu können und dabei die Zahnhartsubstanz nicht zu schädigen (Tinschert, 2005; Rühling und Graetz, 2008; Sachs, 2014). Bei nur geringem Druck von etwa 30 bis 50 Gramm (Tinschert, 2005) sollte aufgrund des Schwingungsmusters der Arbeitsspitze lediglich die seitliche Fläche die Zahnoberfläche berühren. Trifft die schwingende Spitze auf die Wurzeloberfläche, entsteht ein Klopfmuster am Zahn, welches die adhärenente Plaque, den Zahnstein sowie Konkreme von der bearbeiteten Oberfläche löst (Petersilka und Flemmig, 2005). Studien zeigen, dass auf diese Art und Weise bei maschinell behandelten Zähnen geringere Zahnhartsubstanzverluste gegenüber der Bearbeitung mit Handinstrumenten auftraten (Busslinger et al., 2001; Mittal et al., 2014; Graetz et al., 2016c). Durch die ständige Zufuhr von Kühlflüssigkeit an die Instrumentenspitze soll eine thermische Schädigung des umliegenden Gewebes sowie der Zahnhartsubstanz vermieden werden (Kocher und Plagmann, 1996; Plagmann, 2004). Gleichzeitig können die gelösten Auflagerungen aus der Zahnfleischtasche herausgespült werden und bedingen so ein sauberes Arbeitsumfeld (Zähle, 2007). Neben den bereits genannten Vorteilen erweist sich auch die Arbeitshaltung des Behandlers, hier insbesondere die Neigung von Nacken und Rücken, bei der Nutzung maschineller Scaler ergonomischer

verglichen mit Handinstrumenten (Graetz et al., 2016b). Allerdings ist abhängig von der Arbeitsweise und Erfahrung des Behandlers ein mitunter höherer Zeitaufwand notwendig, welcher vor allem bei der Verwendung von Ultraschallscalern zum Tragen kommt (Rühling et al., 2002; Graetz et al., 2015b)

Ein nicht zu unterschätzender Nachteil aller motorbetriebenen Instrumente ist jedoch die Erzeugung von Aerosol (Larato et al., 1967; Walmsley, 1988; Gross et al., 1992; Dutil et al., 2009). Maschinelle Scaler sind neben den bereits erwähnten Winkelstücken zur Präparation der Zahnhartsubstanz in der Zahnarztpraxis die Hauptquelle für die Erzeugung von potenziellen Aerosolen (Gross et al., 1992; Legnani et al., 1994; Szymanska, 2007). Eine weitere Schwäche der maschinellen Scaler besteht in der Einschränkung der Taktilität (Meyer und Lie, 1977). Infolge der Vibration des Gerätes ist ein genaues „Abtasten“ der Wurzeloberfläche erschwert (Ryan et al., 2005), dies lässt sich aber durch kurzzeitiges Ausschalten leicht umgehen. Zudem kann es bei längerem Arbeiten mit Schall- oder Ultraschallscalern zu Missempfindungen beim Hören und in den Fingern kommen (Akesson et al., 1995; Trenter und Walmsley, 2003; Ryan et al., 2005). Letztlich sind auch der maschinellen Wurzeloberflächeninstrumentierung Grenzen gesetzt, so sollten piezoelektrisch oder magnetostruktiv angetriebene Scaler keine Anwendung bei Patienten mit einem Herzschrittmacher oder Defibrillator finden (Brand et al., 2007; Petersilka und Stypmann, 2014).

1.4 Maschinelle Scaler

1.4.1 Funktionsweise eines Ultraschallscalers

Ultraschallgeräte wurden ursprünglich für die Kavitätenpräparation entwickelt (Catuna, 1953). Zwei Jahre später beschrieb Zinner (1955) erstmalig ihre Anwendung im Bereich der Parodontologie. Piezoelektrische Ultraschallgeräte arbeiten mit Schwingungen in einem Frequenzbereich von 25 bis 42 kHz (Walmsley et al., 2008). Die mechanischen Schwingungen entstehen durch die Umwandlung hochfrequenten elektrischen Stroms durch einen Piezokristall (Iff und Marinello, 1998; Petersilka und Flemmig, 2005; Walmsley et al., 2008). Magnetostruktive Ultraschallscaler besitzen hingegen im Inneren des Handstücks entweder einen ferromagnetischen Stab aus einer Nickellegierung oder Metalllamellen, welche bei der Inbetriebnahme über die

Bildung eines magnetischen Feldes für 18.000 bis 45.000 Schwingungen der Arbeitsspitze pro Sekunde sorgen (Iff und Marinello, 1998; Arabaci et al., 2007; Zähle, 2007). Diese Instrumente erzeugen elliptische Bewegungen (Lea et al., 2009), wohingegen eher lineare Schwingungen durch den piezoelektrischen Antrieb erzeugt werden. (Lea et al., 2003). Beide Systeme schwingen aber unabhängig der Form mit einer Amplitude von bis zu circa 250 μm (Graetz et al., 2016a).

1.4.2 Funktionsweise eines Schallscalers

Schallscaler unterscheiden sich hinsichtlich ihres Schwingungsverhaltens von Ultraschallscalern. Bei Schallscalern entsteht die Schwingungsenergie durch Luftströmungen um einen drehbaren Hohlzylinder, dadurch kommt es an der Arbeitsspitze zu Schwingungen im hörbaren Schallbereich von bis zu 6 kHz (Graetz et al., 2015a). Somit schwingen die Schallscalerspitzen deutlich langsamer als die eines Ultraschallscalers, wobei die Amplituden mit bis zu 1000 μm demgegenüber wesentlich größer sein können (Menne et al., 1994; Flemmig et al., 1997). Die Arbeitsspitzen sind ebenfalls grazil gestaltet und werden, analog den Ultraschallscalern, ohne einen größeren Druck auszuüben, nur an der Oberfläche der Zähne entlang geführt (Tinschert, 2005). Die entstehenden Schwingungen sind rundlich bis elliptisch und ihr Verhalten hängt von der Ansatzform, dem Material, der Krafteinwirkung und dem Luftdruck ab (Gankerseer und Walmsley, 1987; Menne et al., 1994).

1.5 Sauger

Nicht nur bei der Wurzeloberflächenbearbeitung mit maschinellen Geräten, sondern bei jeglichen Arbeiten mit hochtourigen Winkelstücken entstehen aufgrund der notwendigen Wasserkühlung Aerosole (Szymanska, 2007; Reitemeier et al., 2010). Um die resultierenden Risiken wie eine potentielle Übertragung von Krankheitserregern sowie eine Sichtbehinderung beim Arbeiten zu minimieren, sollte routinemäßig eine Absaugung im Praxisalltag zum Einsatz kommen (Reitemeier et al., 2010).

Für die Reduktion der entstehenden Aerosole stehen dem zahnärztlichen Praxisteam zumeist zwei Absaugschläuche an der dentalen Einheit zur Verfügung, zum einen für das Saughandstück, zum anderen für den Speichelzieher.

1.5.1 Funktionsweise des Saughandstückes

Allgemein dient das Saughandstück zur Minimierung des durch die erforderliche Kühlung entstehenden Aerosols und zeitgleich zum Abhalten des umliegenden Weichgewebes. Es gibt sie in verschiedenen Größen, angepasst an die Mundhöhle von Kindern und Erwachsenen sowie in verschiedenen Designs, um eine optimale Absaugung gewährleisten zu können. Ein entscheidender Unterschied zwischen einer Standard-Saugkanüle und der neu entwickelten Prophylaxekanüle (Dürr, Bietigheim-Bissingen, Deutschland) ist der dreh- und fixierbare Schutzschild. Bei der Prophylaxekanüle wird der Saugstrom über diesen Schutzschild durch die Kanüle geführt und soll laut Herstellerangaben eine höhere Aerosolaufnahme gewährleisten und somit die alleinige Arbeit bei der professionellen Zahnreinigung erleichtern. Zusätzlich soll der Behandlungskomfort bei der Absaugung von metallischen Partikeln bei der Entfernung von Kronen und Füllungen auf Metallbasis unter Kofferdam verbessert werden. Damit kann sie nicht nur Anwendung bei der PZR finden, sondern auch im Bereich der konservierenden und prothetischen Behandlung.

Beim Absaugen mit jeglichen großvolumigen Saughandstücken sollte darauf geachtet werden, dass kein Weichgewebe, wie Zunge oder Wange, an- beziehungsweise eingesaugt wird, da es einerseits zu Missempfindungen beim Patienten, andererseits aber auch zu einem Reflux des bereits abgesaugten, kontaminierten Sekrets kommen kann, wobei moderne Saughandstücke mit Nebenlufteinlässen versehen sind, um diesen Reflux zu verhindern.

1.5.2 Funktionsweise des Speichelsaugers/Speichelziehers

Prinzipiell dient der Speichelzieher der Trockenhaltung während der zahnärztlichen Behandlung und soll vor allem das trockene Arbeitsfeld von unkontrolliertem Speichelfluss freihalten.

1.6 Ziele und Hypothesen

Um insbesondere während der Behandlung ohne Assistenz, wie es für zahnmedizinische Prophylaxekräfte die Regel ist, das Aufkommen und die Verteilung von Aerosol einzudämmen, werden immer wieder neue Lösungsansätze vorgeschlagen, wie zum Beispiel die Absaugkanüle mit integriertem Spiegel oder mit Weichteilschutz. Eine Drosselung der Kühlflüssigkeitsmenge steht dabei außer Diskussion, da beispielsweise Schallscaler ohne externe Wasserkühlung die Temperatur der Wurzeloberfläche innerhalb von 30 Sekunden bei einem Anpressdruck von 0,5 N um 20 °C erhöhen können (Kocher und Plagmann, 1996) und so eine irreversible Schädigung der Zahnpulpa bewirken würden (Plagmann et al., 1988). Deshalb konzentrierte sich eine Neuentwicklung der Firma Dürr (Bietigheim-Bissingen, Deutschland) auch auf einen neuen Saugkopf zur besseren Elimination möglicher Aerosole während des Arbeitens mit maschinellen Scalern bei gleichbleibender Kühlleistung dieser.

Ziel der In-vitro-Untersuchung war es zum einen, die Absaugleistung der neu entwickelten Prophylaxekanüle bei der alleinigen Durchführung der Wurzeloberflächenbearbeitung im Vergleich zur Standard-Saugkanüle oder eines Speichelziehers mit einem Schallscaler und zwei Ultraschallscalern und zum anderen die Ausbreitungstendenz der entstehenden Aerosole zu untersuchen. Dabei wurde angenommen, dass die Prophylaxekanüle aufgrund des weiterentwickelten Designs eine stärkere Reduktion des Aerosols sowohl gegenüber der Standard-Saugkanüle als auch dem Speichelzieher unabhängig des angewendeten Instrumentes erreicht. Neben dieser primären Hypothese wurden noch folgende Einflussfaktoren in sekundären Fragestellungen genauer beleuchtet:

1. Welchen Einfluss hat der Behandler durch die Wahl seiner Sitzposition auf die Verbreitung beziehungsweise Ausbreitungsrichtung des Aerosols?
2. Werden aufgrund ihrer Funktionsweise Schallscaler mehr Aerosole als Ultraschallscaler erzeugen?

Basierend auf den Ergebnissen der Studie sollen abschließend Empfehlungen zur Arbeitssicherheit in der Zahnarztpraxis hinsichtlich der Auswahl der Absaugkanüle, des Instrumentes zur Wurzeloberflächenbearbeitung und der zu wählenden Sitzposition des Behandlers während der Arbeit gegeben werden.

2 Material und Methoden

Bei der Durchführung der In-vitro-Untersuchung wurden in unterschiedlichen Gerätekombinationen 18 Versuchsdurchläufe an insgesamt 144 künstlichen Zähnen durchgeführt. Ein erfahrener Behandler führte alle Wurzeloberflächenbearbeitungen durch. Die Darstellung der Aerosolausbildung erfolgte durch eine dem Kühlmedium hinzugefügte fluoreszierende Substanz (Uranin, Niepötter Labortechnik, Bürstadt, Deutschland). Alle Versuche fanden unter Schwarzlichtbedingungen statt. Zur späteren Auswertung wurden während der Behandlung digitale Fotos erstellt.

2.1 Versuchsaufbau und Studienablauf

Für die Untersuchungen wurde ein Behandlungsraum ohne Lüftungsanlage in der Klinik für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein in Kiel verdunkelt und es wurden alle Oberflächen 1,5 m² um den Phantomkopf herum sowie der Phantomkopf selbst mit einem mattschwarzen Lack (Plasti Dip Deutschland GmbH, Aschaffenburg, Deutschland) eingefärbt (Abbildung 2a). Durch die Verwendung des mattschwarzen, wiederablösbaren Gummilacks sollte eine maximale Reduktion unerwünschter Lichtreflexionen erreicht werden. Eine Kamera (Canon EOS D30, Tokyo, Japan) wurde in einem Abstand von 1,93 m vom Boden über dem Phantomkopf platziert, knapp darunter wurden die Schwarzlichtlampen in einer Höhe von 1,71 m und 1,57 m befestigt (Abbildung 2b). Der Behandler trug schwarze, Flüssigkeiten nicht absorbierende, imprägnierte Kleidung und Handschuhe.

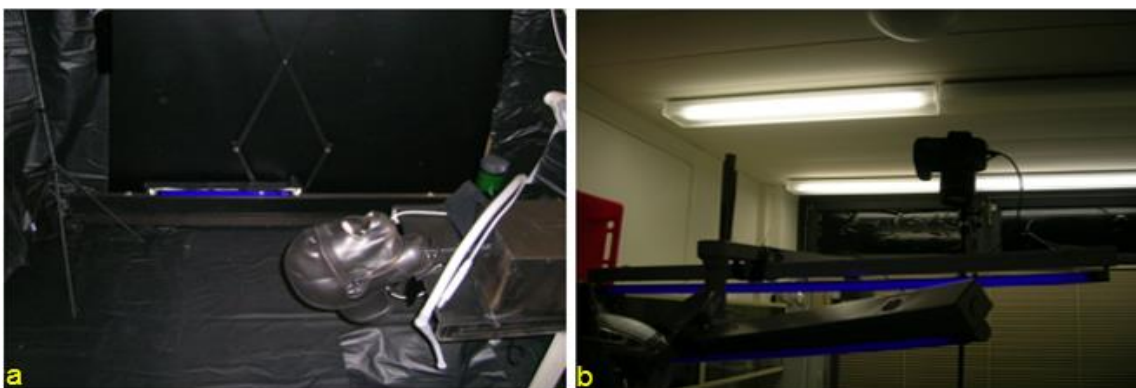


Abbildung 2: Versuchsaufbau. Verdunkelter Behandlungsraum, zur Demonstration bei Licht; a) bearbeiteter Phantomkopf sowie verdunkelte Oberflächen um diesen herum; b) verdunkelte Fensterscheiben und Position der fixierten Kamera in 1,93 m Höhe, darunter die beiden Schwarzlichtleuchten.

Der Phantomkopf wurde mit speziellen Parodontitis-Zahnmodellen ausgestattet (A-PB, Frasco, Tettang, Deutschland). Die Ober- und Unterkiefermodelle, mit 27 bleibenden Kunststoffzähnen (Zahn 22 und Weisheitszähne fehlend) und rosafarbenen, elastischen Zahnfleischmasken (A-PB WOK/WUK, Frasco, Tettang, Deutschland), simulierten Parodontitis mit erweitertem horizontalem Knochenabbau und isolierten vertikalen Einbrüchen (Abbildung 3). Die Testzähne zeigten keine Furkationsbeteiligung oder Einziehungen der Wurzeloberfläche und die Sondierungstiefen betragen 4 - 6 mm.

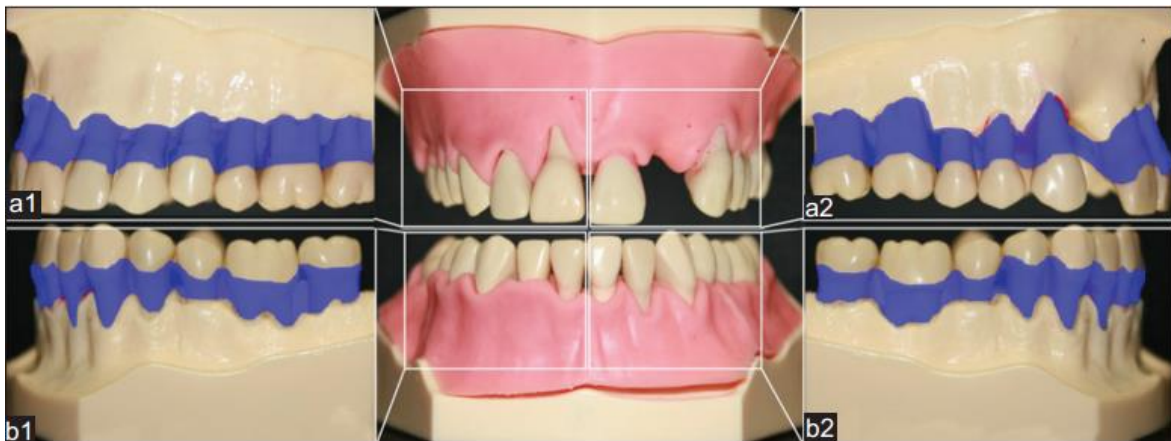


Abbildung 3: Parodontitismodelle. Je mit Gingivamaske und 27 bleibenden Kunststoffzähne; a1 = I. Quadrant, b1 = IV. Quadrant, a2 = II. Quadrant, b2 = III. Quadrant; blaue Fläche markiert die Wurzeloberfläche

Während der Studie sollten die supra- beziehungsweise subgingivalen Wurzeloberflächen von acht Testzähnen (alle ersten Schneidezähne in beiden Kiefern sowie im Oberkiefer die ersten Molaren und im Unterkiefer die zweiten Molaren; insgesamt 144 Zähne mit 576 Wurzeloberflächen) entweder mit einem Schall- oder mit einem der beiden Ultraschallgeräte in einer einheitlichen Zeitdauer von zwei Minuten gereinigt werden. Während der Instrumentierung wurde jeweils eine der zwei verschiedenen Absaugkanülen oder der Speichelsauger mit einer Hochleistungsabsauganlage (Variosuc 0624, Dürr, Bietigheim-Bissingen, Deutschland) mit einem standardisierten Saugvolumen von 300 l/min und einem Unterdruck von 180 mbar verwendet (Abbildung 4). Die Kombination der maschinellen Scaler und Saugköpfe erfolgte randomisiert mit Hilfe einer computergenerierten Tabelle von Zufallszahlen.

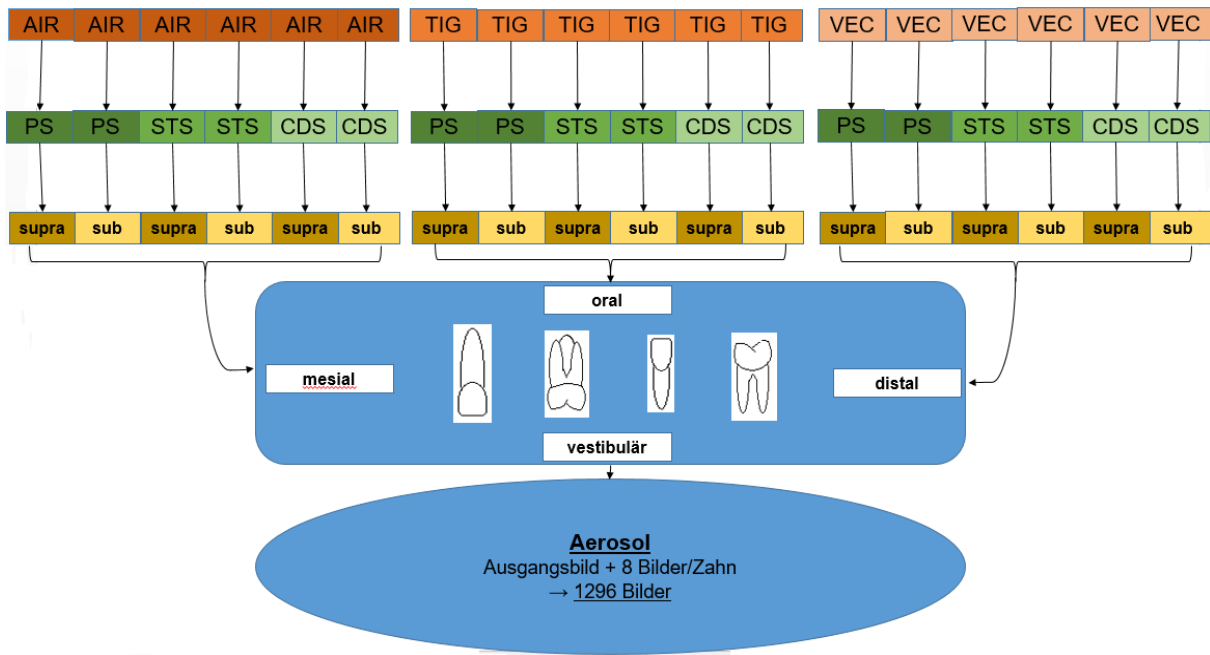


Abbildung 4: Darstellung des Studienablaufes: Unterteilt in Geräte (AIR = Airscaler TIG = Tigon; VEC = Vector®), Absaugkanülen (PS = Prophylaxekanüle; STS = Standard-Saugkanüle/Universalkanüle; CDS = Speichelsauger/Speichelzieher;) sowie Lokalisation (supra = supragingival; sub = subgingival)

Um die Behandlungsposition des Behandlers in Bezug auf den Phantomkopf beschreiben zu können, wurden die Sitzpositionen nach der Uhr definiert: 3 Uhr bedeutet links vom Kopf des Patienten, 6 Uhr vor dem Kopf des Patienten, 9 Uhr heißt rechts vom Kopf des Patienten und 12 Uhr bedeutet hinter dem Kopf des Patienten (Abbildung 5).

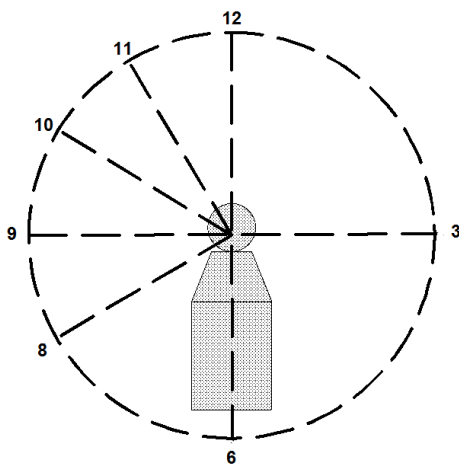


Abbildung 5: Sitzposition des Behandlers, definiert nach der Uhr. Vereinfachte grafische Darstellung

Bei der Durchführung der Versuchsreihe wurde stets im Oberkiefer, mit dem Zahn 21 auf der 8 Uhr Behandlungsposition angefangen. Die Zähne 11 und folgend 16 wurden von 12 Uhr gereinigt, der Zahn 26 wiederum von der 8 Uhr-Position. Bei dem Wechsel zum Zahn 41 im Unterkiefer wurde die Sitzposition beibehalten. Der Zahn 31 wurde aus einer 11 – 12 Uhr-Position und Zahn 37 von der 10 Uhr-Position gereinigt. Letztlich erfolgte das Scaling des Zahnes 47 wieder von der 8 Uhr-Position.

Um Aerosol während der Behandlung sichtbar zu machen, wurden der Wasserversorgung 50 mg/l Fluorescein (Uranin, Niepötter Labortechnik, Bürstadt, Deutschland) beigemischt, welches unter ultraviolettem Licht (UV-A 350-370 nm) mit leuchtend grüner Farbe fluoresziert. So konnten durch die Schwarzlichtlampen nicht nur das auf allen schwarzen Oberflächen abgelagerte fluoreszierende Material, sondern auch die nicht abgelagerten, in der Luft schwebenden Teilchen zwischen dem Boden und der Kamera in den Aufnahmen sichtbar gemacht werden. Diese Methode ist im Fachbereich der Zahnmedizin neu. Frühere Studien zur Ausbreitung des Spraynebels bei der Benutzung von hoch- und höchsttourigen Präparationsinstrumenten nutzten Erythrosin zur Färbung des Kühlmediums und fanden unter Tageslichtbedingungen statt (Reitemeier et al., 2010).

2.2 Maschinelle Instrumente zur Biofilmentfernung

2.2.1 Ultraschallscaler

2.2.1.1 Das Vector® Paro Pro-System

Entsprechend den Herstellerangaben (Dürr, Bietigheim-Bissingen, Deutschland) ist das Vector® Paro Pro-System (VEC) ein piezoelektrischer Ultraschallscaler mit einer Schwingungsfrequenz zwischen 27 und 32 kHz und besteht aus einem Paro und einem Scaler Handstück. Somit kann je nach Art der Behandlung zwischen beiden gewählt werden. Als Kühlmittel kann Wasser oder ergänzend auch eine zusätzliche abrasive Polierflüssigkeit Vector® Fluid Polish (Dürr, Bietigheim-Bissingen, Deutschland) Verwendung finden. Der Wassertank fasst 600 ml.

Das Scaler Handstück arbeitet mit Schwingungsamplituden von 20 bis 120 µm, welche den einstellbaren Stufen eins bis fünf auf dem Bedienfeld des Vectorgerätes entsprechen. Die Kühlflüssigkeit tritt in Form eines gleichbleibenden Strahls

unmittelbar vor der Arbeitsspitze aus. Während der Verwendung des Scaler Handstücks kann die Menge des austretenden Wassers manuell am Bedienfeld, in drei Stufen, eingestellt werden.

In der vorliegenden Arbeit wurde für die Durchführung der Versuche das Scaler Handstück mit der schmalen, schlanken Arbeitsspitze P1 (Dürr, Bietigheim-Bissingen, Deutschland) verwendet (Abbildung 6). Das Vector-Basisgerät wurde auf Stufe vier gestellt. Die Kühlflüssigkeitsmenge konnte in Vorversuchen konstant und reproduzierbar auf circa 33 ml/min – entsprechend den Empfehlungen zum Schutz vor thermischen Schäden der Zahnhartsubstanz und aller oraler Gewebe – eingestellt werden (Walmsley et al., 1990; Kocher und Plagmann, 1996; Lea et al., 2009).

2.2.1.2 Der Piezo Scaler Tigon+

Der Ultraschallscaler Tigon+ (W & H, Bürmoos, Österreich) zählt ebenso zu den piezoelektrischen Geräten und erzeugt Schwingungsfrequenzen von 27 bis 32 kHz bei einer Amplitude, abhängig von der Arbeitsspitze, von bis zu 200 µm. Die erzeugten Schwingungen sind nach Herstellerangaben linear. Der Kühlflüssigkeitstank fasst 400 ml.

Für die Versuchsdurchläufe wurde die schmale, schlanke Arbeitsspitze P1 (W & H, Bürmoos, Österreich) verwendet (Abbildung 6). Das Scaling wurde auf mittlere Stufe der Kühlmitteldurchflussmenge (Stufe 4) im Parodontalarbeitsprogramm eingestellt, um eine optimale Wasserkühlung von circa 30 ml/min zu erreichen (Walmsley et al., 1990; Kocher und Plagmann, 1996; Lea et al., 2009). Diese Vorgehensweise erfolgte laut Herstellerangaben und wurde in Vorversuchen verifiziert.

2.2.2 Der Schallscaler Synea

Als Schallscaler wurde in der vorliegenden Studie das Modell Synea (W & H, Bürmoos, Österreich) genutzt. Das Handstück wurde auf den Turbinenaufsatz an der Behandlungseinheit gesteckt und die mittlere Stufe (Stufe 2) gewählt. Das entspricht einer Frequenz von circa 6000 Hz bei einer Schwingungsamplitude von ≤ 200 µm nach Herstellerangabe. Da das Grundwasser, welches die Behandlungseinheit mit Kühlflüssigkeit versorgt, nicht mit Fluorescein (Uranin, Niepötter Labortechnik,

Bürstadt, Deutschland) gefärbt werden konnte, wurde die Wasserzufuhr der Einheit ausgeschaltet und extern zugeführt. Dazu wurde ein Adapter (KaVo Dental GmbH, Biberach/Riß, Deutschland) zwischen die Arbeitsspitze und das Handstück des Schallscalers geschraubt (Abbildung 6). Der Adapter besaß ein extra Zulaufrohrchen, an dem ein kleiner Schlauch befestigt war, der dann mit einer Schlauchpumpe (W & H, Bürmoos, Österreich) verbunden wurde. Damit wurde sichergestellt, dass die Menge an Kühlflüssigkeit, die das Gerät an der Arbeitsspitze verlässt, einheitlich war und den empfohlenen Wert von circa 30 ml/min nicht unterschritt (Walmsley et al., 1990; Kocher und Plagmann, 1996; Lea et al., 2009). Für die Durchführung der Versuche wurde die schlanke, gerade Arbeitsspitze 1AP (W & H, Bürmoos, Österreich) verwendet (Abbildung 6).



Abbildung 6: Motorbetriebene Scaler. Von links nach rechts: Adapter mit Schallscaler Synea und Arbeitsspitze: 1AP; zwei Ultraschallscaler: Tigon+ und Vector® Scaler Handstück mit je einer geraden Arbeitsspitze: P1

2.3 Saugkanülen

2.3.1 Anwendung der neu entwickelten Prophylaxekanüle

Die Prophylaxekanüle (PS; Dürr, Bietigheim-Bissingen, Deutschland) ist 12,8 cm lang und hat einen Innendurchmesser von 12 mm. Ihr Gehäuse besteht aus einem hitzestabilen Kunststoff und ist ergonomisch vorgeformt. Ihre Funktionsweise ist analog der Standard-Saugkanüle (Abbildung 7), wobei am Saugende ein dreh- und fixierbarer Aufsatz um die Öffnung des Absaugkopfes auffällt. Dieser soll laut

Herstellerangaben als eine Art Schutzschild dienen und gleichzeitig wie ein Trichter die Aerosole einsaugen. Er wird per Hand, je nach Behandlungsort, manuell eingestellt. Bei der Benutzung sollte die ausgeprägte Seite des Schutzschildes immer zur Gingiva zeigen, das bedeutet, der Aufsatz muss in jedem Quadranten und bei der Bearbeitung von oral und vestibulär neu ausgerichtet werden. Bei der Prophylaxekanüle handelt es sich um ein Medizinprodukt, welches nach Benutzung nach Herstellerangaben aufbereitet werden muss. Hierzu muss der Schutzschild zuvor entfernt und separat aufbereitet werden.

Während der Versuchsdurchläufe wurde die Prophylaxekanüle nach Herstellerangaben verwendet und der dreh- und fixierbare Schutzschild entsprechend den Hinweisen des Herstellers jeweils angepasst, sodass die ausgeprägte Seite stets zur Gingiva zeigte, um die vermeintlich effektivste Saugleistung erzielen zu können.

2.3.2 Anwendung der Standard-Saugkanüle/Universalkanüle

Die Standard-Saugkanüle (STS; Dürr, Bietigheim-Bissingen, Deutschland) ist 12,8 cm lang und hat einen Innendurchmesser von 12 mm (Abbildung 7). Die geriffelte Oberfläche verhindert ein Abrutschen und soll ein sicheres Arbeiten gewährleisten. Die Anschlussstelle der Universalkanüle an der Absaugvorrichtung hat noch drei Nebenlufteinlässe, die bei einem eventuellen Ansaugen der Mundschleimhaut analog der Kappe des Speichelziehers einen Rückfluss des kontaminierten Sekretes vermeiden sollen. Das obere Ende der Absaugkanüle weist eine Öffnung zum Absaugen auf, wohingegen die Unterseite der Schrägung plan gestaltet ist, um gleichzeitig Zunge, Wange oder andere Störfaktoren abhalten zu können. Analog der Prophylaxekanüle handelt es sich ebenfalls um ein Medizinprodukt, welches nach Benutzung nach Herstellerangaben aufbereitet werden muss.

Während der Versuche wurde sowohl die Prophylaxekanüle als auch die Standard-Saugkanüle vom Behandler in die nicht instrumentierende Hand genommen. Sie folgten jeweils der Arbeitsspitze des maschinellen Scalers in einem Abstand von circa zwei Zentimetern, um eine ausreichende Kühlung der Zahnoberflächen zu gewährleisten, gleichzeitig dienten sie aber zusätzlich zum Absaugen des Aerosols und dem Abhalten von Zunge oder Wange, um die nötige Übersicht über das Arbeitsfeld zu gewährleisten.

2.3.3 Anwendung des Speichelsaugers/Speichelziehers

Der Speichelsauger (CDS; Pluradent, Offenbach, Deutschland) ist 12 cm lang und hat einen Durchmesser von drei Millimetern (Abbildung 7). Sein Gehäuse besteht aus Kunststoff mit einer eingelassenen Drahtführung, die ihm Stabilität und Schutz vor dem Umknicken bietet. Er weist an seinen Enden keinerlei spitze Kanten auf. Eine zusätzliche Kunststoffkappe soll ein Ansaugen der Mundschleimhaut und somit den Rückfluss des abgesaugten Gemisches aus Kühlflüssigkeit, Speichel, Blutpartikeln sowie Mikroorganismen vermeiden helfen. Es handelt sich um ein Einmalprodukt, das nach Gebrauch entsorgt werden muss.

In der vorliegenden Studie wurde der Speichelsauger hakenförmig vorgeformt und während der sechs Versuchsdurchläufe, je nach Lokalisation der zu behandelnden Zähne, entweder rechts oder links in den Mund des Phantomkopfes eingehangen. Währenddessen hatte der Behandler einen Mundspiegel in der nicht instrumentierenden Hand, um auch solche Situationen simulieren zu können, in denen die anatomischen Gegebenheiten des Patienten keine ausreichende Sicht in die Mundhöhle gestatten.

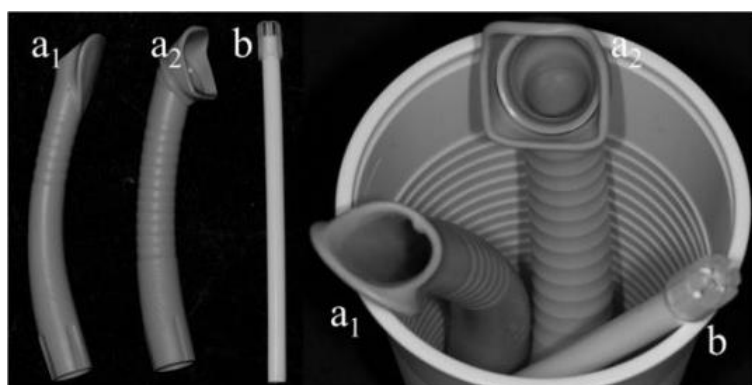


Abbildung 7: In der Studie verwendete Absaugkanülen. a1 = Standard-Saugkanüle, a2 = Prophylaxekanüle, b = Speichelzieher

2.3.4 Bestimmung der Saugleistung

Durch das Arbeiten mit einer Hochleistungsabsaugung (Variosuc 0624, Dürr, Bietigheim-Bissingen, Deutschland) mit einer externen Unterdruckpumpe konnte eine definierte Saugkraft [l/min] erzielt werden. Die während der Instrumentierung abgesaugte Spray- beziehungsweise Flüssigkeitsmenge wurde in einem extra kalibrierten Auffangbehälter gesammelt und konnte somit quantitativ bestimmt werden.

Die Kühlflüssigkeitsmenge [ml/min] wurde vor jeder Versuchsreihe neu bestimmt. Dies erfolgte durch die Messung der Menge an Spülflüssigkeit [ml], welche innerhalb von einer Minute je Instrument abgegeben wurde. Die so ermittelte Kühlflüssigkeitsmenge befand sich mit 30 - 33 ml/min im Bereich der empfohlenen Mindestmenge gemäß der Literaturempfehlung, um thermische Schäden ausschließen zu können (Walmsley et al., 1990; Kocher und Plagmann, 1996; Lea et al., 2009).

2.4 Eigenschaften des simulierten Biofilms

Nicht mineralisierte Auflagerungen wurden in dieser In-vitro-Studie durch einen fluoreszierenden, schnell trocknenden Nagellack (Shiny White – Rival de Loop Young, Berlin, Deutschland) simuliert. Dieser transparente Lack leuchtet unter Schwarzlicht hellblau und war so für den Behandler während der Versuchsreihe unter den Bedingungen mit Schwarzlicht zumindest bei supragingivaler Arbeitsweise sichtbar. Dies entspricht in vivo der Darstellung eines mit Plaquerelevatoren angefärbten Biofilms auf den Zahnoberflächen. Nagellack stellt ein gängiges Werkzeug zur Simulation dentalen Biofilms dar (Rühling et al., 2002; Graetz et al., 2015b) und lässt sich ähnlich wie Plaque bei Berührung der vibrierenden Arbeitsspitze eines Scalers von der Zahnoberfläche lösen.

2.5 In-vitro-Simulation von Aerosol

Zur Darstellung des entstandenen Aerosols wurde ein Fluorescein verwendet, welches in seiner Form als wasserlösliches Natriumsalz unter dem Handelsnamen Uranin (Niepötter Labortechnik, Bürstadt, Deutschland) erhältlich ist (Abbildung 8). Seine Pulverform liegt in rotbrauner Farbe vor. Beim Verdünnen mit Wasser färbt sich die Flüssigkeit unter verdunkelten Bedingungen und Schwarzlicht grün fluoreszierend, je nach Konzentration ist es aber auch unter Tageslicht sichtbar. Bei einer Überkonzentration verliert das Natriumsalz seine fluoreszierende Wirkung und die Flüssigkeit färbt sich dunkelrot. Laut Produktdatenblatt der Firma Niepötter wird es unter anderem zur Dichtheitsprüfung von Wänden und Rohren sowie bei Untersuchungen von Grundwasserströmungen verwendet. Die fluoreszierende Substanz ist laut Sicherheitsdatenblatt biologisch abbaubar und, an Ratten getestet,

ab einer Konzentration von 6720 mg/kg toxisch, zudem liegen keine einheitlichen Bestimmungen zur Entsorgung vor. Da es lichtempfindlich ist, muss es dicht verschlossen im Dunkeln aufbewahrt werden. Bei Tageslicht würde es innerhalb weniger Tage zerfallen. Die effektivste Leuchtkraft wurde in Vorversuchen mit einem Mischungsverhältnis von 10 mg/l ermittelt. Weiterhin konnte ausgeschlossen werden, dass die Wassertemperatur einen Einfluss auf die Fluoreszenz hat.

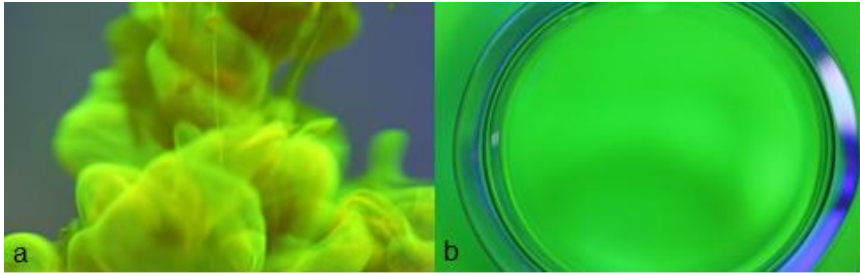


Abbildung 8: Darstellung des Uranins. Messbecher mit 5 l Wasser: a) direkt bei Uraningabe von 50 mg; b) nach 15-sekündigem Umrühren in einem verdunkeltem Raum mit Schwarzlichtbeleuchtung

2.6 Bilddokumentation zur quantitativen Vermessung der durch Aerosol kontaminierten Flächen im Raum

Für eine reproduzierbare Position und um eine einheitliche Bewertung durch die Kamera zu ermöglichen, wurde der Phantomkopf über feste Markierungen auf dem Boden in dem Behandlungsraum gestellt. Aufgrund der nach unten weisenden Kameraposition war die Fläche unmittelbar unter dem Phantomkopf nicht messbar (Abbildung 9). Unter Verwendung einer Kamera (Canon EOS D30, Tokyo, Japan) mit einem 18-55 mm Zoom (EFS, Canon, Tokyo, Japan) wurden von dem Arbeitsbereich acht Fotos, alle 15 Sekunden während der zweiminütigen Instrumentierung jedes Zahnes, erfasst. Fokus und Position wurden auf einem Monitor (HP Compaq LA2205wg, Hewlett-Packard GmbH, Böblingen, Deutschland) in Echtzeit überprüft und die Fotos anschließend in ein Bildbearbeitungsprogramm mittels digitalisierter Software (NIH Image, Version 1.41, National Institutes of Health, Bethesda, USA) übertragen. Um die Verbreitung der einzelnen Aerosole zu jeder Zeit während des Scalings bewerten zu können, wurde in einem Computerprogramm (Excel 2013, Microsoft Corporation, Redmond, USA) eine standardisierte Datenmaske mit viereckigen Feldern von 12 x 12 Pixeln eingerichtet und über jedes Bild zur Auswertung als ein Raster gelegt (Abbildung 10).



Abbildung 9: Aerosolausbreitung: Vergrößerte Abbildung zur Darstellung der Aerosolausbreitung in unmittelbarer Nähe zur Mundöffnung des Phantomkopfes während der Instrumentierung des Zahnes 21 mit dem Schallscaler unter Verwendung des Speichelziehers und nach digitaler Bearbeitung des Bildes mit der Grafiksoftware (NIH Image, Version 1.41, National Institutes of Health, Bethesda, USA).

Die Auswertung der mit Aerosol kontaminierten Flächen im Raum wurde planimetrisch beurteilt und erfolgte durch zwei unabhängige Untersucher. Dabei wurde anhand einer Ja-/Nein-Entscheidung jedes kontaminierte Feld im Raster markiert (Abbildung 10). Eine Messung der Fluoreszenzintensität erfolgte nicht, womit nur eine Mengenanalyse der Verteilung der Ablagerungen erfolgte.



Abbildung 10: Vergrößerter Ausschnitt aus Abbildung 9 mit standardisierter Datenmaske und Raster. Die mit einer „1“ markierten Felder symbolisieren die Ausbreitung des Aerosols außerhalb der Mundhöhle als Ja-Entscheidung.

2.7 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe des Programmes SPSS (SPSS Statistics 20, IBM, Chicago, IL, USA). Die Normalverteilung der Werte wurde anhand des Shapiro-Wilk Testes geprüft. Primäre Zielgröße war die Aerosolausbreitung abhängig von Instrument und Saugkanüle. Unterschiede hier sowie zwischen den Sitzpositionen wurden mittels einer Kruskal-Wallis nicht parametrischen Varianzanalyse getestet. Für Post hoc Tests wurde daraufhin der Mann-Whitney-U Test genutzt, wobei das Signifikanzlevel nach Bonferroni (α dividiert durch die Anzahl der angewandten Tests) angepasst wurde. Differenzen zwischen den Zähnen und jeweiligen Flächen wurden mit dem Wilcoxon Test untersucht. Alle statistischen Testverfahren waren zweiseitig und auf einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$.

Zur Errechnung der effektiven Saugleistung [ml/min] wurde der Quotient aus gemessener Kühlflüssigkeitsmenge, mittels eines Messzylinders, und abgesaugter Spülflüssigkeit berechnet.

3 Ergebnisse

In der vorliegenden In-vitro-Studie wurden insgesamt 18 randomisierte Versuchsdurchläufe zur Beurteilung der Absaugleistung der neu entwickelten Prophylaxekanüle im Vergleich zu einer Standard-Saugkanüle und einem Speichelzieher während der Wurzeloberflächenbearbeitung mit einem Schall- und zwei Ultraschallscalern durchgeführt. Dabei war die primäre Zielgröße die durch das entstandene Aerosol verunreinigte Fläche im Raum.

3.1 Mit Aerosol verunreinigte Flächen im Raum

Zur Beurteilung der kontaminierten Flächen im Raum wurden insgesamt 1.296 Bilder ausgewertet. Je Bild diente ein Raster mit einer Grundfläche von 69.984 Quadraten zur dichotomen Auswertung der Aerosolbenetzung.

Das Ergebnis des Shapiro-Wilk Testes war signifikant ($p < 0,05$). Aufgrund der Annahme, dass es sich im Folgenden um keine normalverteilten Werte handelt, erfolgt die Angabe mit Median und Perzentilen.

3.1.1 Unterschiede zwischen den benutzten maschinellen Scalern

Die Größe des kontaminierten Bereiches war während des supragingivalen Scalings für die drei verschiedenen Scaler: AIR, TIG, VEC signifikant unterschiedlich (Kruskal-Wallis Test: $p < 0,05$) (Abbildung 11). Die gleichen Ergebnisse traten während der Durchführung des subgingivalen Scalings auf (Kruskal-Wallis Test $p < 0,05$) (Tabelle 1, Abbildung 11). Insgesamt ergab sich folgende Anordnung der Geräte in einer Fläche von circa 1,5 m² um den Patientenkopf, angefangen bei der größten Aerosolbildung: AIR (Median [25.; 75. Perzentil]: 2,5 % [1,16; 6,05]), TIG (0,25 % [0,18; 0,88]), VEC (0,08 % [0,06; 0,1]) ($p < 0,05$). Unabhängig vom verwendeten Gerät zeigte sich nach subgingivaler Wurzeloberflächenbearbeitung eine geringer kontaminierte Fläche in Prozent (0,18 % [0,07; 1,05]) als nach supragingivalen Arbeiten (0,34 % [0,1; 2,24]) ($p < 0,001$).

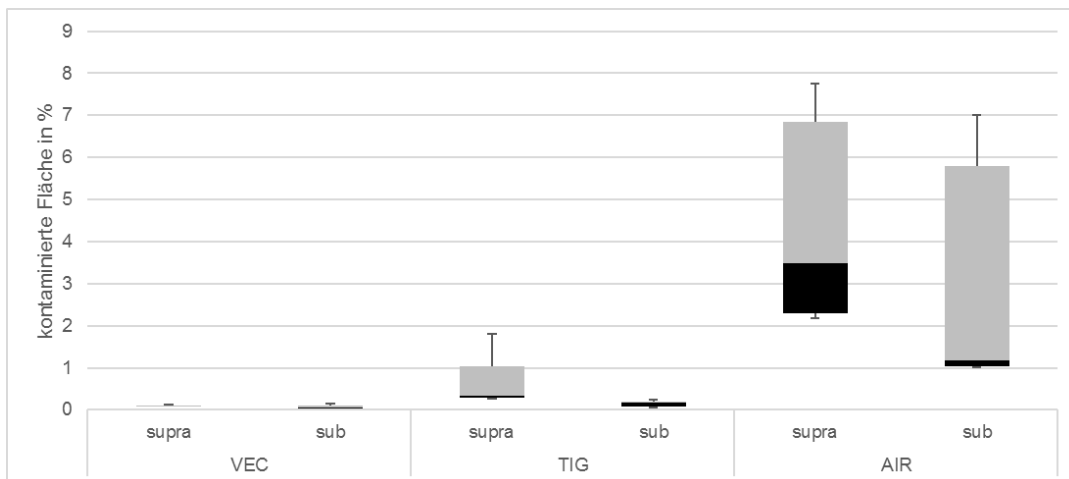


Abbildung 11: Kontaminierte Flächen aufgeteilt nach Instrumenten sowie nach supra- bzw. subgingivaler Instrumentierung der Wurzeloberfläche für 120 Sekunden. Boxplots stellen Median und 25.-/75.-Perzentil dar. Whisker zeigen jeweils Maximum und Minimum. Supra = supragingival; sub = subgingival; VEC = Vector®; TIG = Tigon; AIR = Aircaler

3.1.2 Unterschiede zwischen den benutzten Absaugkanülen

Beim Vergleich der unterschiedlichen Saugkanülen zeigten sich signifikante Unterschiede in dem Kruskal-Wallis Test ($p < 0,05$). Dabei findet sich bei Verwendung der Hochleistungsabsauganlage in Verbindung mit den beiden Kanülen STS (0,17 % [0,07; 1,04]) und PS (0,18 % [0,07; 1,14]) eine annähernd gleich große Reduktion des Aerosols ($p = 0,302$). Im Vergleich zum Speichelzieher CDS (1,01 % [0,12; 5,78]) waren die beiden Saugkanülen signifikant wirksamer ($p < 0,001$).

und $p = 0,002$) (Abbildung 12). Nach einer Bonferroni Anpassung und Unterteilung in supra- und subgingivales Scaling zeigte sich eine signifikante Überlegenheit der STS gegenüber der PS beim subgingivalen Scaling (0,07 % [0,03; 0,9] und 0,18 % [0,07; 1,06]; $p = 0,029$) (Tabelle 1). Insgesamt ergab sich eine bessere Aerosolreduktion bei subgingivalem Scaling.

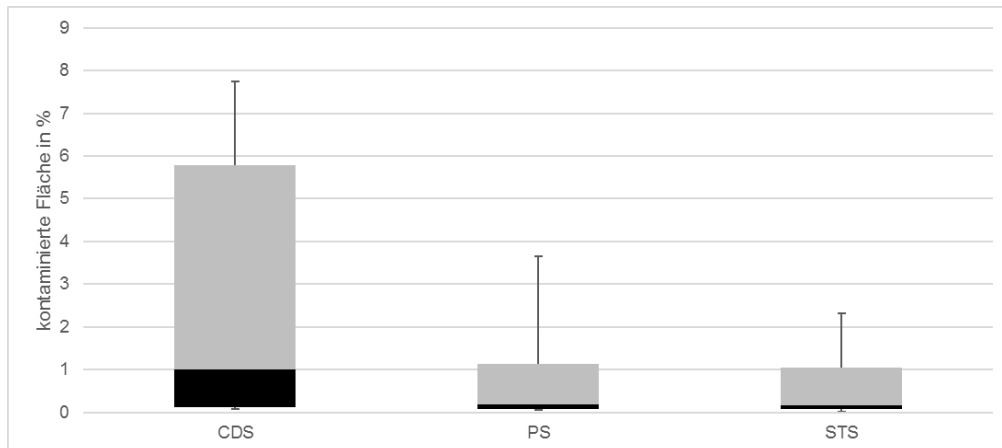


Abbildung 12: Kontaminierte Flächen aufgeteilt nach Absaugkanülen. Boxplots stellen Median und 25.-/75.-Perzentil dar. Whisker zeigen jeweils Minimum/Maximum. CDS = Speichelsauger; PS = Prophylaxekanüle; STS = Standard-Saugkanüle

3.1.3 Kontamination des Raumes in Abhängigkeit von der Behandlungsposition und den bearbeiteten Zähnen

Unabhängig vom verwendeten Instrument oder von der Absaugvorrichtung wurde ein signifikanter Unterschied in der kontaminierten Raumfläche durch eine unterschiedliche Behandlungsposition gefunden (alle Gruppen $p < 0,05$). Die Verunreinigungen in der 10 bis vor allem 12 Uhr-Sitzposition waren höher als in allen anderen untersuchten Behandlungspositionen (Abbildung 13). Demnach war die Kontamination im Raum bei der Instrumentierung von der 8 Uhr-Position am geringsten. Die höchste Kontamination wurde beim supragingivalen Scaling der oberen Schneidezähne (0,57 % [0,1; 2,67]) erzeugt (Tabelle 1). Während der supragingivalen Instrumentierung und Absaugung gab es erhebliche Unterschiede zwischen den Front- und Seitenzähnen ($p < 0,001$). Für das subgingivale Scaling waren die Ergebnisse nicht signifikant ($p = 0,926$) (Tabelle 1). Weder bei der supra- noch subgingivalen Wurzeloberflächenbearbeitung waren signifikante Unterschiede zwischen Unter- und Oberkiefer zu sehen ($p > 0,05$) (Tabelle 1).

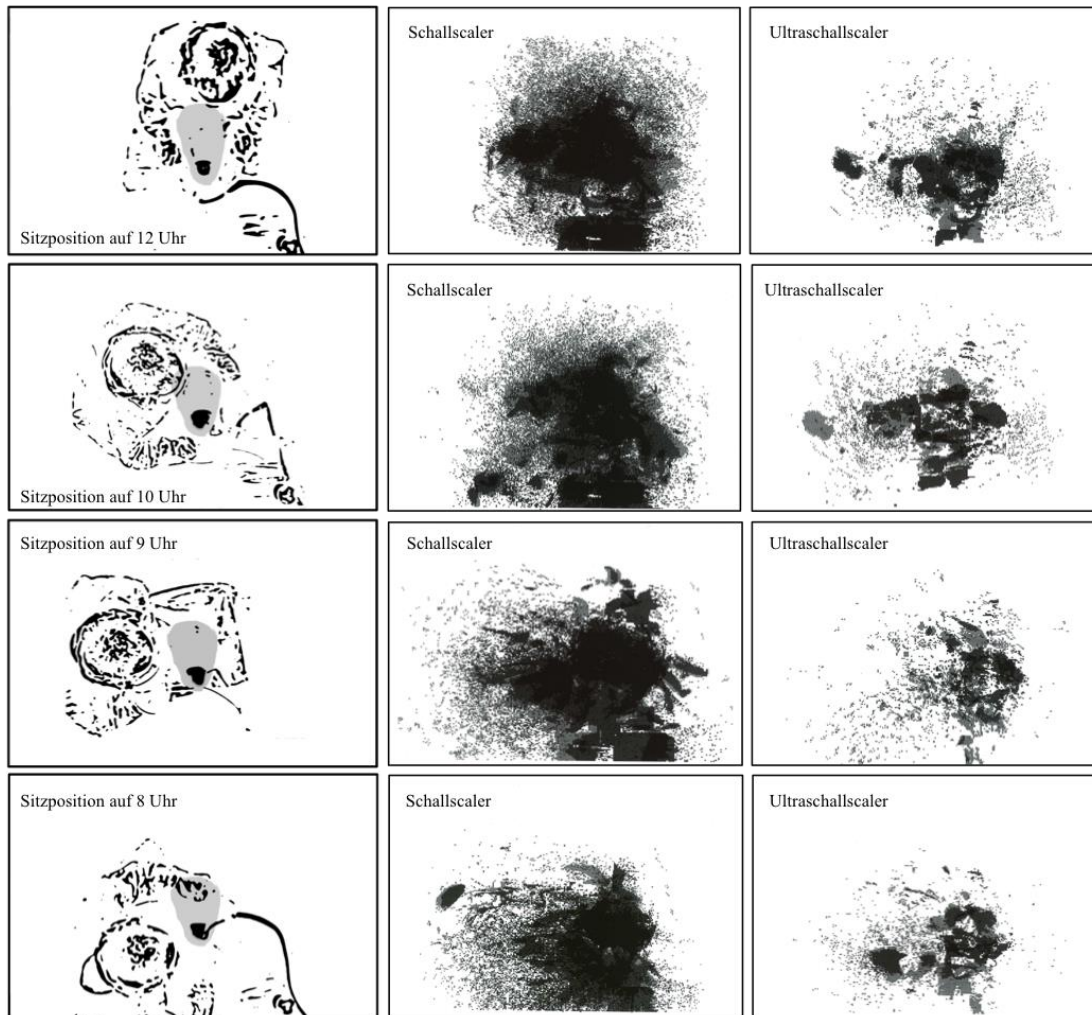


Abbildung 13: Kontamination abhängig von der Sitzposition. Graphische Darstellung während der Wurzeloberflächenbearbeitung mit einem Schallscaler und den Ultraschallscalern

Tabelle 1: Ausmaß der Kontamination (Median [25.; 75. Perzentil]): aufgeteilt nach den verschiedenen motorbetriebenen Scaler (AIR = Airscaler; TIG = Tigon; VEC = Vector®), der Hochleistungsabsaugung in Verbindung mit den verschiedenen Absaugkanülen (STS = Standard-Saugkanüle; PS = Prophylaxe Kanüle; CDS = Speichelsauger), der Lokalisation sowie der Behandlungsposition

motorbetriebene Scaler	kontaminierte Flächen (gesamt)	supragingival		subgingival	
		kontaminierte Flächen		kontaminierte Flächen	
		Mann-Whitney Test	Mann-Whitney Test	Mann-Whitney Test	Mann-Whitney Test
AIR	2,5 [1,16; 6,05]	3,49 [2,29; 6,85]	1,16 [1,04; 5,79]	p<0,001	p<0,001
TIG	0,25 [0,18; 0,88]	0,34 [0,3; 1,03]	0,18 [0,07; 0,19]	p<0,001	p<0,001
VEC	0,08 [0,06; 0,1]	0,09 [0,07; 0,09]	0,07 [0,03; 0,11]	p<0,001	p<0,001
Absaugkanüle				Mann-Whitney Test	Mann-Whitney Test
STS	0,17 [0,07; 1,04]	0,31 [0,09; 2,01]	0,07 [0,03; 0,9]	p=0,993	p=0,029
PS	0,18 [0,07; 1,14]	0,29 [0,09; 3,22]	0,18 [0,07; 1,06]	p=0,155	p<0,001
CDS	1,01 [0,12-5,78]	1,04 [0,1; 5,93]	0,23 [0,12; 5,79]	p=0,096	p<0,001
Lokalisation				Wilcoxon Test	Wilcoxon Test
Oberkiefer		0,44 [0,1; 2,36]	0,23 [0,06; 0,62]	p=0,874	p=0,155
Unterkiefer		0,26 [0,12; 1,98]	0,11 [0,07; 1,1]		
Frontzähne		0,47 [0,11; 2,73]	0,15 [0,06; 1,13]	p<0,001	p=0,926
Molaren		0,27 [0,11; 1,64]	0,14 [0,07; 1,02]		
Oberkiefer	Frontzähne	0,57 [0,1; 2,67]	0,22 [0,03; 0,59]		
	Molaren	0,38 [0,08; 1,84]	0,21 [0,05; 0,41]	p=0,604	p=0,008
Unterkiefer	Frontzähne	0,35 [0,12; 2,59]	0,11 [0,07; 1,21]	p=0,339	p=0,217
	Molaren	0,24 [0,14; 1,43]	0,11 [0,07; 0,99]		
Behandlungsposition 8-9 Uhr		0,25 [0,09; 1,68]	0,11 [0,04; 0,63]	p<0,001	p<0,001
Behandlungsposition 10-12 Uhr		0,49 [0,12; 2,68]	0,21 [0,1; 1,32]		

3.1.4 Kontamination nach Aufteilung in Gerät und Absaugung

Zur detaillierten Betrachtung der Aerosolausbreitung der verschiedenen Geräte und Absaugkanülen gibt Tabelle 2 weiteren Aufschluss. Aus ihr geht hervor, dass die größte Kontamination im Raum bei der Wurzeloberflächenbearbeitung mit dem Schallscaler, unabhängig von der benutzten Absaugkanüle, entstand. Andersherum entstand die größte Verunreinigung beim Absaugen mit dem Speichelzieher, unabhängig von dem benutzten maschinellen Scaler. Aufgrund der zu geringen Fallzahl erfolgt die Betrachtung rein deskriptiv.

Tabelle 2: Kontaminierte Flächen im Raum in % (Median [25.; 75. Perzentil]): Aufgeteilt nach Gerät (AIR = Airscaler ; TIG = Tigon; VEC = Vector®), Absaugkanüle (PS = Prophylaxekanüle; STS = Standard-Saugkanüle; CDS = Speichelsauger)

motorbetriebene Scaler	Absaugkanüle	supra- /subgingival	alle	OK-Front	OK-Molaren	UK-Front	UK-Molaren
AIR	PS	supragingival	2,46 (1,35;3,50)	1,48 (0,97;3,49)	1,60 (1,05;2,11)	2,99 (1,78;4,82)	2,95 (1,59;3,56)
		subgingival	1,14 (1,04;1,25)	0,56 (0,48;1,00)	0,29 (0,26;0,34)	1,97 (1,82;2,48)	1,35 (1,24;1,96)
	STS	supragingival	2,19 (1,86;2,31)	3,03 (2,42;3,53)	1,92 (1,50;2,39)	2,50 (2,26;2,69)	1,35 (1,33;1,39)
		subgingival	1,01 (0,87;1,18)	0,88 (0,63;1,47)	1,14 (1,07;1,16)	1,03 (0,97;1,22)	0,96 (0,89;1,00)
	CDS	supragingival	7,23 (6,85;7,52)	6,55 (5,66;7,32)	6,62 (6,27;6,79)	8,35 (7,93;8,78)	7,66 (7,42;7,78)
		subgingival	6,22 (5,79;6,80)	4,66 (3,89;5,98)	5,47 (5,32;5,73)	8,13 (6,91;8,74)	6,97 (6,75;7,01)
TIG	PS	supragingival	0,29 (0,24;0,31)	0,45 (0,28;0,47)	0,35 (0,30;0,37)	0,19 (0,19;0,34)	0,14 (0,13;0,15)
		subgingival	0,18 (0,08;0,18)	0,34 (0,00;0,36)	0,23 (0,19;0,23)	0,08 (0,06;0,08)	0,06 (0,06;0,06)
	STS	supragingival	0,18 (0,08;0,31)	0,05 (0,03;0,53)	0,14 (0,05;0,26)	0,24 (0,13;0,29)	0,15 (0,12;0,20)
		subgingival	0,07 (0,06;0,07)	0,08 (0,03;0,09)	0,07 (0,05;0,07)	0,07 (0,06;0,08)	0,08 (0,06;0,10)
	CDS	supragingival	1,22 (1,01;1,54)	1,48 (1,32;1,94)	1,07 (0,90;1,27)	1,24 (1,05;1,53)	0,93 (0,71;1,43)
		subgingival	0,23 (0,19;0,23)	0,25 (0,11;0,25)	0,41 (0,35;0,41)	0,17 (0,15;0,17)	0,12 (0,12;0,14)
VEC	PS	supragingival	0,07 (0,07;0,10)	0,03 (0,02;0,04)	0,03 (0,03;0,03)	0,10 (0,10;0,14)	0,15 (0,14;0,19)
		subgingival	0,07 (0,05;0,07)	0,03 (0,02;0,04)	0,04 (0,04;0,05)	0,09 (0,07;0,14)	0,09 (0,08;0,11)
	STS	supragingival	0,09 (0,08;0,10)	0,06 (0,05;0,08)	0,08 (0,08;0,09)	0,11 (0,11;0,13)	0,11 (0,10;0,14)
		subgingival	0,02 (0,02;0,03)	0,01 (0,00;0,02)	0,02 (0,02;0,03)	0,03 (0,03;0,03)	0,03 (0,03;0,03)
	CDS	supragingival	0,09 (0,07;0,09)	0,13 (0,10;0,14)	0,07 (0,06;0,08)	0,07 (0,07;0,08)	0,07 (0,07;0,08)
		subgingival	0,12 (0,11;0,12)	0,22 (0,18;0,24)	0,09 (0,09;0,10)	0,07 (0,07;0,08)	0,10 (0,08;0,15)

3.2 Effektivität der Saugleistung

Abbildung 14 zeigt die Menge an Kühlwasser, die während der Wurzeloberflächenbearbeitung mit dem jeweiligen Sauger in Verbindung mit einem Hochleistungsabsaugsystem abgesaugt und in der Mundhöhle befindlich war. Es ist ersichtlich, dass eine große Menge Kühlflüssigkeit vorhanden ist um potentiell kontaminiertes Aerosol zu erzeugen.

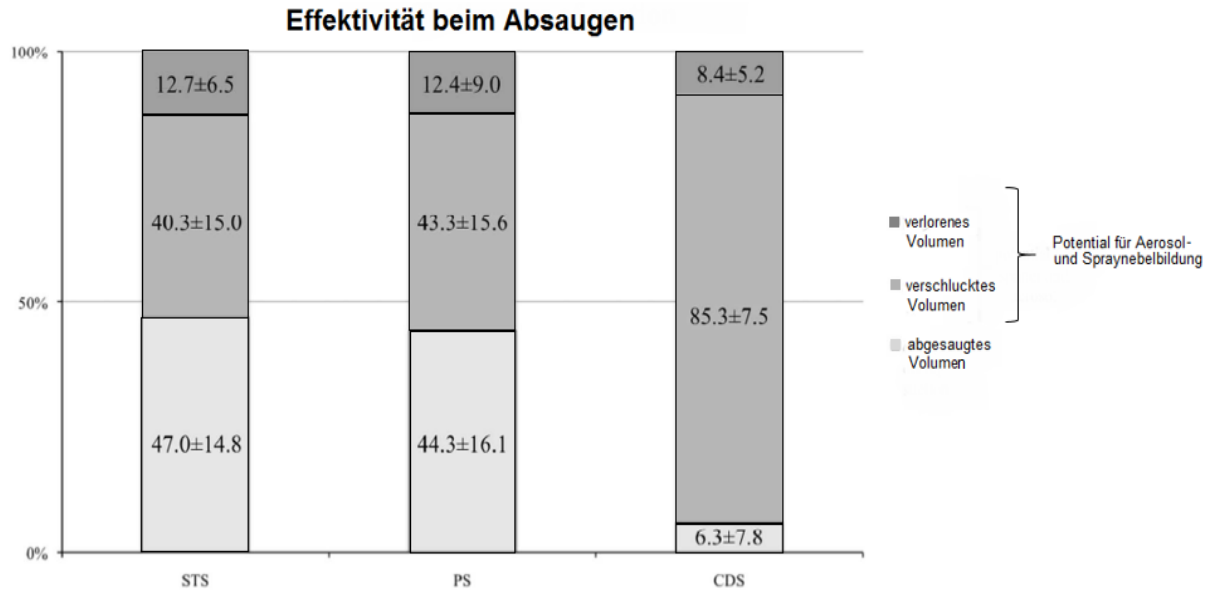


Abbildung 14: Effektivität der Saugleistung in %: Aufgeteilt nach Absaugkanüle (PS = Prophylaxekanüle; STS = Standard-Saugkanüle; CDS = Speichelsauger)

4 Diskussion

4.1 Aerosolausbreitung im Raum

Nach Macher et al. (1999) können Aerosole in Abhängigkeit von ihrer Konzentration in der Luft und ihrem aerodynamischen Verhalten Infektionen verursachen, die zu Erkrankungen wie Asthma, Rhinitis, Legionellose und Tuberkulose oder Hepatitis (Holbrook et al., 1978; Goldman und Hartman, 1986) führen. Einige Autoren weisen dringend darauf hin, dass das zahnärztliche Personal, welches mit maschinellen Scalern die Wurzeloberflächenbearbeitung durchführt, einem höheren Risiko ausgesetzt ist, als andere Mitarbeiter im Gesundheitswesen (Basu et al., 1988; Gross et al., 1992; Szymanska, 2007). Dem entgegen steht jedoch, dass bisher keine klinische Studie eine direkte Ursachen-Wirkungs-Beziehung zwischen den von Bakterien verunreinigten Aerosolen und Infektionen gezeigt hat. Es scheint unbestritten, dass die Konzentration der durch Ultraschall- oder Schallscaler entstehenden Aerosole in der direkten Umgebung des Patienten am größten ist, eine Veränderung der bakteriellen Kontamination lässt sich allerdings noch in einer Entfernung von bis zu drei Metern nachweisen (Holbrook et al., 1978).

Für Spritzer beziehungsweise Tropfen konnte in Studien eine Verteilung von 1,2 m bis 1,8 m um die Mundhöhle eines Patienten gemessen werden (Gross et al., 1992; Bennett et al., 2000; Leggat und Kedjarune, 2001; Szymanska, 2007; Nejatidanesh et al., 2013).

Aus den vorher genannten Studienergebnissen geht hervor, dass bei der Behandlung mit maschinellen Scalern Aerosol entsteht, welches sich im Raum verteilt. Dass das Aerosol potentiell aus Kühlflüssigkeit besteht, die nicht durch die Saugkanülen eingefangen werden kann, wurde bisher quantitativ in keiner Studie untersucht und gemessen. Demzufolge scheint die vorliegende Studie die erste zu sein, die sich damit befasst hat und signifikante Unterschiede zwischen der Prophylaxekanüle und dem Speichelzieher sowie der Standard-Saugkanüle und dem Speichelzieher herausstellte.

Um das Infektionsrisiko durch das entstehende Aerosol bei der Wurzeloberflächenbearbeitung mit maschinellen Scalern zu verringern, wurde in dieser In-vitro-Studie die Saugleistung der von der Firma Dürr neu entwickelten Prophylaxekanüle im Vergleich zu der Standard-Saugkanüle und dem Speichelzieher

ermittelt. Gemäß den Angaben des Unternehmens in seiner Produktbeschreibung¹ soll die PS das Doppelte an Aerosol gegenüber der STS auffangen können. Die vorliegenden Untersuchungen zeigten jedoch eine vergleichbare Wirksamkeit beider getesteten Saugkanülen STS und PS von circa 50 % gegenüber nur 6 % mit einem Speichelsauger. Dies bestätigte die Ergebnisse der Studie von Jacks (2002), es ist so gut wie keine Aerosoleindämmung mit einem Speichelsauger allein möglich!

Diese Ergebnisse zugrunde legend und auch aufgrund der Beschränkungen des Behandlungsraumes wurde in der vorliegenden Untersuchung der Bereich, der von Interesse für eine einzelne Behandlungsperson ist, auf ein Maximum von 1,11 m x 1,35 m festgelegt, was circa 1,5 m² und somit der Fläche um den Patientenkopf herum entspricht. Die in dieser Studie gemessene prozentuale Ausbreitung des entstandenen Aerosols, welche im Mittel sowohl unabhängig vom verwendeten Scaler als auch von der Art der Absaugung circa 0,45 % betrug, erscheint in diesem definierten Bereich sehr klein. Tatsächlich ist dies mit 67,5 cm² jedoch nicht der Fall und entspricht einer mit kontaminiertem Aerosol vollständig benetzten Handfläche des Behandlers. Ungeachtet der bereits vorhandenen, einfachen und kostengünstigen Methoden für die Kontrolle des vom Aerosol ausgehenden Infektionsrisikos wie die Verwendung persönlicher Schutzkleidung, das Spülen der Mundhöhle mit antiseptischen Lösungen vor Behandlungsbeginn, der Einsatz von Hochleistungsabsauganlagen und die Anwendung der Vier-Hand-Technik am liegenden Patienten, nutzen Zahnärzte diese aufgrund von geringem Bewusstsein für Gesundheitsrisiken, von Arbeitsgewohnheiten und wirtschaftlichen Faktoren meist nicht (Szymanska, 2007).

4.1.1 Aerosolausbreitung abhängig von der benutzten Absaugkanüle

Bei der Durchführung der Untersuchungen fanden sich signifikante Unterschiede bezüglich der Form der Absaugkanüle. Insgesamt kann festgestellt werden, dass insbesondere Hochleistungsabsaugsysteme mit einem standardisierten Saugvolumen von circa 300 l/min, wie in dieser Untersuchung eingesetzt (VAS Variosuc, Dürr, Bietigheim-Bissingen, Deutschland), verwendet werden sollten (Barnes et al., 1998; Harrel et al., 1998). Somit scheint dies das einzig wirksame Verfahren zur Reduzierung

¹ Entsprechend der Produktbeschreibung der Firma Dürr Dental AG

der Aerosolkontamination, denn anstatt der Reduzierung der Kühlwasserversorgung (Glenwright et al., 1985) mit Gefahr der thermischen Schädigung der Zahnhartsubstanz und des Weichgewebes (Harrel, 1996; Arabaci et al., 2007) stellt die Verwendung eines Hochleistungsabsaugsystems in Verbindung mit einem Sauger mit entsprechend groß dimensioniertem Durchmesser die wirkliche Alternative dar. Wärme wird während der Behandlung mit allen rotierenden oder schwingenden Geräten erzeugt (Kocher und Plagmann, 1996; Nicoll und Peters, 1998) und aus diesem Grund muss ein Kühlmedium die Wärmezufuhr auf ein physiologisch verträgliches Niveau reduzieren (Nicoll und Peters, 1998). Folglich ist ein Kühlmedium wie beispielsweise Wasser zur Kühlung bei der Wurzeloberflächenbearbeitung notwendig, nur führt dies bereits in geringen Mengen zur Aerosolbildung (Gross et al., 1992). Demnach sollte bei Neuentwicklungen weiterhin das Hauptaugenmerk auf den Aufbau der Saugkanüle gerichtet werden, welche sowohl einen stärkeren Sog, um mehr Aerosol aufzufangen, als auch auf der Unterseite einen Zufuhrspalt aufweisen sollte, welcher die Möglichkeit bieten würde, warme Luft an den Zahn zu führen und somit die Kälteempfindung herabzusetzen.

Wie in Abbildung 14 dargestellt, dient die alleinige Nutzung eines Speichelsaugers nicht zur wirksamen Entfernung beziehungsweise Reduktion des Aerosols. Wie bereits von Harrel et al. (1999) und Jacks (2002) beschrieben, kann lediglich ein kleines Luftvolumen abgesaugt werden. Dies verursachte in der vorliegenden Untersuchung, wie in Tabelle 1 gezeigt, eine Aerosolkontamination von 1,01 % der beobachteten Fläche gegenüber 0,18 % mit der PS oder 0,17 % mit der STS Saugkanüle ($p < 0.001$). Diese 1,01 % entsprechen einem kontaminierten Bereich von circa 151,5 cm². Trotz allem führte die Verwendung der speziell neu entwickelten Prophylaxekanüle PS in Verbindung mit einer Hochleistungsabsauganlage nicht zu einer signifikanten Verbesserung der Aerosolreduktion im Vergleich zur Standard-Saugkanüle STS (Tabelle 1, Abbildung 14). Aufgrund dessen und da die Anschaffungskosten höher sind und die Handhabung durch den permanent individuell einstellbaren Schutzschild, je nach Bearbeitungsort, umständlicher ist, scheint eine Anschaffung für die Verwendung während des maschinellen Scalings wenig empfehlenswert. An dieser Stelle sollte darauf hingewiesen werden, dass es bislang keine vergleichbaren Studien mit dieser Prophylaxekanüle gibt.

4.1.2 Aerosolausbreitung abhängig von dem benutzten Scaler

Neben diesen systemimmanenten Ergebnissen bezüglich der Form der Absaugkanüle fanden sich aber auch Unterschiede durch die Antriebsart der maschinellen Scaler. Die Einzelaufnahmen innerhalb der ersten zwei Sekunden nach Inbetriebnahme in der Abbildung 15 verdeutlichen, dass die Spraynebelproduktion durch die Bewegung der Spitze sofort mit Inbetriebnahme auf einer Fläche von 0,50 m x 0,80 m auftritt und somit die Gefahr der Aerosolbildung unausweichlich und systemimmanent vorliegt. Nach Timmerman et al. (2004) sollten piezoelektrische Geräte als ein Ergebnis ihrer linearen Bewegung der Spitze (Flemmig et al., 1998) weniger Spraynebel erzeugen als Schallscaler mit nahezu kreisförmiger Bewegung und einer größeren Amplitude der Spitze (Flemmig et al., 1997). Wie in Abbildung 15 erkennbar, stimmt die Aussage mit der in dieser In-vitro-Studie dargestellten Aerosolausbreitung der einzelnen Geräte überein. So ist sie bei dem piezoelektrischen Ultraschallscaler deutlich geringer und mehr oder weniger zielorientierter im Vergleich zum getesteten Schallscaler AIR. Demzufolge tritt die Kühlflüssigkeit bei dem VEC in Form eines konstanten Strahls unmittelbar vor der Arbeitsspitze aus, bei dem TIG kommt es zusätzlich zu einer kegelförmigen Aerosolausbreitung. Somit gewährleistet der VEC eine geringere Aerosolbildung und folglich ein leichteres Absaugen. Die Kontamination des Behandlungsraumes durch den Schallscaler mit 2,5 % bedeutet, dass eine Fläche von insgesamt 375 cm² und somit zusätzlich zu den Händen des Behandlers auch der Kopf mit möglicherweise infektiösem Material befallen ist. Jedoch gibt es neben Unterschieden in der Effektivität der Biofilmentfernung (Graetz et al., 2015b) einen wesentlichen Vorteil des Airscalers gegenüber Ultraschallscalern, dieser liegt in den Anschaffungs- und Betriebskosten. Er kann im Unterschied zu Ultraschallgeräten direkt über die Turbinendruckluft der Behandlungseinheit genutzt werden und es fallen keine weiteren Kosten für zusätzliche Geräte beziehungsweise Wartungskosten an (Flemmig et al., 1997; Plagmann, 2004; Wolf et al., 2012).

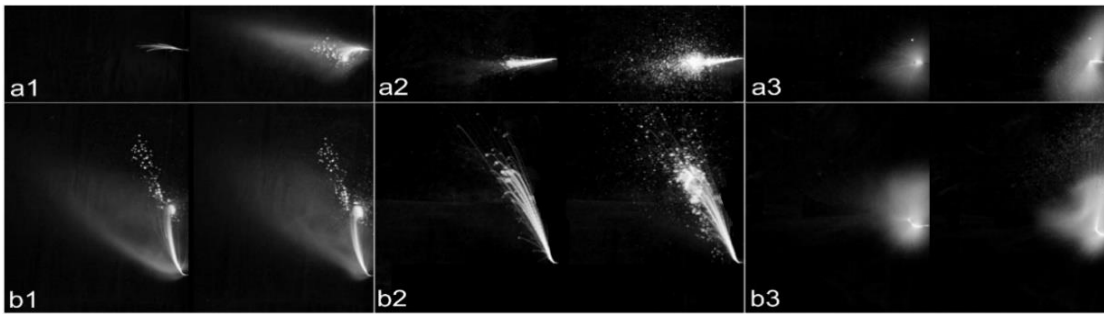


Abbildung 15: Aerosolbildung und Ausbreitungstendenz der maschinellen Scaler. Direkt nach Betätigen des Motors und nach zweisekündiger Bewegung der Instrumentenspitze. 1) TIG, 2) VEC, 3) AIR. Die Bilder a1 - a3 zeigen die schwingenden Spitzen von oben und die Bilder b1 - b3 sind aus seitlicher Position aufgenommen.

4.1.3 Aerosolausbreitung abhängig von der Sitzposition und der Position des zu behandelnden Zahnes

Auf die Ausbreitungsrichtung der Aerosole wirken neben den Unterschieden zwischen den Instrumenten (Reitemeier et al., 2010) auch der Behandler mit seiner Sitzposition (Reitemeier et al., 2010) sowie der zu bearbeitende Zahn. So konnte bei der Verwendung aller drei Geräte die größte Kontamination im Raum ausgehend von der 11- bis 12-Uhr-Position festgestellt werden (Abbildung 13). Dies liegt vermutlich daran, dass in dieser Position vor allem die Frontzähne instrumentiert wurden und dabei die Wange und teilweise auch die Lippen als Schutzschild wegfielen. Um die Kontamination zu vermeiden, könnte in diesem Bereich die Wurzeloberflächenbearbeitung mit Handinstrumenten empfohlen werden. Auch führte die supragingivale Wurzeloberflächenbearbeitung grundsätzlich zu einer höheren Verunreinigung des Behandlungsraumes, da in diesem Fall das marginale Zahnfleisch nicht als Schutzschild dienen konnte und somit das Aerosol ungehinderter aus der Mundhöhle austrat. Vor allem die Instrumentierung der Unterkieferfrontzähne supragingival erhöhte drastisch die Kontamination im Raum, hier fehlen die Lippe und Wange als Schutzschilde (Reitemeier et al., 2010).

Es kann also angenommen werden, dass unabhängig davon, ob für die Instrumentierung ein Schall- oder Ultraschallscaler verwendet wird, ein entstehendes Aerosol lediglich durch die Kombination einer leistungsstarken Absauganlage mit einer Saugleistung von etwa 300 l/min und einer Absaugkanüle mit einem Durchmesser von ungefähr zehn Millimetern oder mehr vermindert werden kann. Dabei ist hier wichtig zu erwähnen, dass nach der vorliegenden Untersuchung auch mit der besten

Absauganlage nur etwa die Hälfte bis maximal zwei Drittel des Aerosols eingefangen werden kann, was auch den Erkenntnissen anderer Studien zur Reduktion der Aerosolausbreitung beim Präparieren von Zähnen entspricht (Reitemeier et al., 2010). Neben dieser messbaren Größe besteht damit weiterhin eine nicht sichtbare Gefährdung durch ein potentielles Infektionsrisiko für das gesamte Praxisteam und für nachfolgende Patienten, da nachweislich bis zu 30 Minuten nach der Behandlung noch kontaminiertes Aerosol in der Luft schweben kann (Rinne, 2012).

Da nach Auswertung der vorliegenden Ergebnisse auch mit Weiterentwicklungen sowohl der Scaler- als auch der Saugsysteme keine vollständige Elimination der Aerosole möglich scheint und es ohne Wasserkühlung durch die Reibung der schwingenden Arbeitsspitze auf der Zahnoberfläche zu einer Hitzeschädigung der Pulpa kommen würde (Plagmann et al., 1988; Jotikasthira et al., 1992; Kocher, 1994; Reitemeier et al., 2010), ist die Wahl des Instrumentes sorgfältig zu treffen und besondere Vorsicht bei der Behandlung von potentiell infektiösen Patienten geboten. In diesem Fall sollten vorzugsweise Handinstrumente zum Einsatz kommen (Plagmann, 2004; Petersilka und Flemmig, 2005), um eine eventuelle Infektion durch die Aerosolbildung zu verhindern. Aufgrund der signifikant niedrigen Aerosolausbreitungswerte in der vorliegenden Untersuchung für Ultraschallscaler sollten diese gegenüber den Schallscalern bevorzugt Anwendung finden. Grundsätzlich wird dem Praxispersonal bei jeder Behandlung am Patienten, vor allem aber beim Arbeiten mit hoch- und höchsttourigen Winkelstücken sowie bei der Wurzeloberflächenbearbeitung mit maschinellen Scalern das Tragen von entsprechender Schutzkleidung wie Schutzbrille, Mundschutz und Handschuhen empfohlen (Cottone und Molinari, 1991; Harrel, 2004; Szymanska, 2007). Ergänzend kann die potentiell übertragbare Keimlast im Patientenmund verringert werden, indem der Patient vor Beginn der Behandlung den Mund für eine Minute mit einer antiseptischen Lösung spült, was eine Reduktion der Mikroorganismen um mehr als 90 % bewirken kann (Veksler et al., 1991; Fine et al., 1992; Fine et al., 1993; Drisko et al., 2000; Gupta et al., 2014).

4.2 Limitationen

Zur Ermittlung der effektivsten Methode für die Sichtbarmachung des Aerosols und dessen Ausbreitungstendenz wurde zum Vergleich zu Uranin in einem Vorversuch 8 %ige Erythrosinlösung (Erythrosin B, Certistain, Merck KGaA, Darmstadt, Deutschland) unter Tageslicht-Bedingungen mit Weißabdeckung des Materials und des Behandlungsraumes getestet. Der direkte Vergleich zwischen beiden Produkten hinsichtlich der Ausbreitungstendenz des Aerosols ergab keinen signifikanten Unterschied, jedoch konnte unter Schwarzlichtbedingungen eine bessere Darstellung des mit Uranin eingefärbten Aerosols erreicht werden. Da in der vorliegenden In-vitro-Untersuchung die Ausbreitungstendenz von Aerosolen untersucht werden sollte, entfiel eine ergänzende mikrobiologische Testung zur Darstellung der Kontamination von Aerosolen. Solche In-vivo-Untersuchungen wurden bereits von Sawhney et al. (2015) und Singh et al. (2016) durchgeführt.

Die In-vitro-Studie ist durch die Verwendung von Kunststoffzähnen, Gingivamaske und Gesichtsmaske nur eingeschränkt vergleichbar und nicht exakt auf den Patienten umsetzbar, jedoch sorgt sie aufgrund der immer gleichbleibenden Bedingungen für vergleichbare Ergebnisse.

Allgemein war ein verblindetes Design dieser Studie kaum möglich, da dem Behandler bewusst war, welches Instrument und welche Absaugkanüle verwendet wurde.

Während der supragingivalen Wurzeloberflächenbearbeitung war es dem Behandler möglich, den Biofilm, simuliert durch den unter Schwarzlichtbedingungen fluoreszierenden Nagellack, unter Sicht zu entfernen. Dies ist vergleichbar mit angefärbtem Biofilm bei einer regulären Prophylaxesitzung. Bei dem subgingivalen Scaling war dies aufgrund der verwendeten Gingivamaske nicht mehr möglich. Dennoch wurde auf die Auswertung der Effektivität zur Biofilmentfernung im Rahmen dieser Dissertationsarbeit verzichtet.

Bei der Interpretation der Ergebnisse muss weiterhin beachtet werden, dass die angewandte Technologie zwar Spritzer, Tröpfchen, Ablagerungen, teils sogar die temporäre Aerosolwolke sichtbar machte, trotz allem vermag dies nicht alle abgelagerten, aerogenen Partikel einzuschließen. Auch Ablagerungen an senkrechten Oberflächen waren nicht messbar, da durch die Zweidimensionierung lediglich die horizontale Ebene fotografisch dokumentiert wurde.

Als eine weitere Einschränkung bei der Interpretation der Ergebnisse muss die selektive Auswahl der maschinellen Scaler und Saugkanülen gesehen werden. Zwar wurden in dieser In-vitro-Studie keine signifikanten Vorteile der neu entwickelten Prophylaxekanüle für die getesteten maschinellen Scaler gefunden, möglicherweise gibt es diese aber bei der Verwendung von Pulver-Wasser-Strahlgeräten (PWS), welche aber mit dem Versuchsdesign nicht zu untersuchen waren. Diese Geräte verwenden ein Pulver und die Verwendung von fluoreszierendem Kühlwasser schienen technisch an den vorhandenen Dentaleinheiten und auch aufgrund möglicher Verklumpungen Pulver/Färbemittel nicht lösbar. Dies sollte in folgenden Untersuchungen aber nachgeholt werden, da aufgrund der Funktionsweise eines PWS-Gerätes in deutlich größerem Umfang Aerosole zu erwarten sind (Harrel et al., 1999) und die neu entwickelte Saugkanüle möglicherweise diese besser zu reduzieren vermag.

5 Zusammenfassung

Das zahnärztliche Personal ist vor allem beim alleinigen Arbeiten während der Prophylaxe einem hohen Infektionsrisiko durch das entstehende Aerosol bei der maschinellen Instrumentierung ausgesetzt. Das Ziel der vorliegenden In-vitro-Studie war es, die Effektivität der Saugleistung einer neu entwickelten Prophylaxekanüle bei der Wurzeloberflächenbearbeitung mit einem Schall- und zwei Ultraschallscalern im Vergleich zu einer Standard-Saugkanüle und einem Speichelzieher zu untersuchen. Ebenso wurde die Ausbreitungstendenz der dabei entstehenden Aerosole der maschinellen Scaler bestimmt. In 18 Versuchsdurchläufen wurde an 144 künstlichen Zähnen der mit fluoreszierendem Nagellack simulierte Biofilm bei der Wurzeloberflächenbearbeitung entfernt. Um die Kontamination des Raumes während der Behandlung messen zu können, wurde die verwendete Kühlflüssigkeit mit einer fluoreszierenden Substanz eingefärbt und so unter Schwarzlichtbedingungen sichtbar gemacht.

Entgegen der Annahme des Herstellers beseitigte die Prophylaxekanüle bei der Wurzeloberflächenbearbeitung mit maschinellen Scalern nicht mehr Aerosol als die Standard-Saugkanüle. Einen signifikanten Unterschied gab es hingegen beim alleinigen Arbeiten mit einem Speichelzieher. Hierbei kam es zur größten Kontamination im Raum. Die Ergebnisse zeigten, dass nur eine Hochleistungsabsauganlage in Kombination mit einer im Durchmesser optimierten Absaugkanüle in der Lage ist, die durch Aerosol kontaminierte Fläche während des maschinellen Instrumentierens wirksam zu minimieren. Im Vergleich zu den beiden Ultraschallscalern sorgte der verwendete Schallscaler durch seine systemimmanente Arbeitsweise für mehr Aerosol und damit für die größte Kontamination im Raum, unabhängig von den verwendeten Saugkanülen. Neben diesen technisch bedingten Merkmalen zur Aerosolausbreitung beeinflusst auch der Behandler selbst die Ausbreitung des Aerosols. So konnte die größte Ausbreitung in der 11 bis 12-Uhrposition ermittelt werden.

Da es keine absolute Reduktion des Aerosols bei der maschinellen Instrumentierung gibt, sollten Schutzmaßnahmen ergriffen und vom gesamten Praxisteam umgesetzt werden. Bei der Behandlung von hochinfektiösen Patienten wird von einer Instrumentierung mit maschinell betriebenen Scalern abgeraten und der Einsatz von Handinstrumenten empfohlen.

Um die Aussage der Herstellerfirma, dass die Prophylaxekanüle gegenüber der Standard-Saugkanüle das Doppelte an Aerosol auffangen kann, bestätigen zu können, müsste eine weitere, gleich aufgebaute Versuchsreihe ausschließlich mit einem Pulver-Wasser-Strahlgerät erfolgen. Zudem könnte in weiteren Untersuchungen nach neuen Möglichkeiten zur Gestaltung von Absaugkanülen geforscht werden.

6 Anhang

- Produktdatenblatt Uranin



Uranin (Natrium Fluorescin)

Produktdatenblatt

Produktinformationen

INCI-Bezeichnung CI 45350
 Synonyme Uranin, Natrium Fluorescin, Fluorescin Natrium, Fluorescein sodium salt
 Summenformel C₂₀H₁₀Na₂O₅
 EG-Nummer 208-253-0
 CAS-Nummer 518-47-8
 Löslichkeit in Wasser 500 g/l (20 °C)
 Schmelzpunkt >300 °C
 pH-Wert 8,3 (10 g/l, H₂O, 20 °C)
 Farbe (Pulver) Braunorange
 Farbe (Lösung in H₂O) Grün fluoreszierend

GHS - Gefahrstoffkennzeichnung
 Entfällt

Anwendung

Bereits in einer Verdünnung von 1:100 Millionen (entspricht 1 g Uranin auf 100 Kubikmeter Wasser) lässt sich Uranin unter günstigen Bedingungen erkennen. Werden 10 g Uranin auf 100 Kubikmeter Wasser gegeben (Verdünnung 1:10 Millionen) kann die gelbgrüne Fluoreszenz auch unter ungünstigen Bedingungen mit dem dem Auge ohne Hilfsmittel erkannt werden.

Wir empfehlen eine Konzentration von 1 – 20 g Uranin / 1000 l Wasser.

Uranin löst sich hervorragend in Wasser und ist einfach in der Anwendung. In den empfohlenen Einsatzkonzentrationen ist Uranin toxikologisch unbedenklich.

Anwendungsgebiete von Uranin sind:

Dichtheitsprüfung von Flachdächern und Wänden oder Rohren in Kühl- und Heizungsanlagen.
 Darstellung des Strömungsverhaltens in Schwimmbädern.
 Tracer zur Verwendung in der Hydrogeologie.

Uranin ist lichtempfindlich und deshalb nicht zur Anwendung bei starker Sonneneinstrahlung geeignet.

Uranin (Natrium Fluorescin) von Niepötter Labortechnik ist nur für technische Anwendungen und nicht zur Verwendung in Lebensmitteln oder pharmazeutischen Produkten geeignet.

Der Verkauf erfolgt ausschließlich an gewerbliche Endverbraucher und den Fachhandel.

Packungsgrößen:		
Bestellnummer 807 465.0100	Uranin (Natrium Fluorescin)	100 g Dose
Bestellnummer 807 465.0500	Uranin (Natrium Fluorescin)	500 g Dose
Bestellnummer 807 465.1000	Uranin (Natrium Fluorescin)	1000 g Dose

Stand: 24. September 2015 - Ersetzt frühere Versionen - Produktdatenblatt Uranin (Natrium Fluorescin)

7 Literaturverzeichnis

Akesson, I., Lundborg, G., Horstmann, V., Skerfving, S. (1995): Neuropathy in female dental personnel exposed to high frequency vibrations. *Occup Environ Med* 52, 116-123

Arabaci, T., Cicek, Y., Canakci, C. F. (2007): Sonic and ultrasonic scalers in periodontal treatment: a review. *Int J Dent Hyg* 5, 2-12

Barnes, J. B., Harrel, S. K., Rivera-Hidalgo, F. (1998): Blood contamination of the aerosols produced by in vivo use of ultrasonic scalers. *J Periodontol* 69, 434-438

Basu, M. K., Browne, R. M., Potts, A. J., Harrington, J. M. (1988): A survey of aerosol-related symptoms in dental hygienists. *J Soc Occup Med* 38, 23-25

Bennett, A. M., Fulford, M. R., Walker, J. T., Bradshaw, D. J., Martin, M. V., Marsh, P. D. (2000): Microbial aerosols in general dental practice. *Br Dent J* 189, 664-667

Brand, H. S., Entjes, M. L., Nieuw Amerongen, A. V., van der Hoeff, E. V., Schrama, T. A. (2007): Interference of electrical dental equipment with implantable cardioverter-defibrillators. *Br Dent J* 203, 577-579

Busslinger, A., Lampe, K., Beuchat, M., Lehmann, B. (2001): A comparative in vitro study of a magnetostrictive and a piezoelectric ultrasonic scaling instrument. *J Clin Periodontol* 28, 642-649

Catuna, M. C. (1953): Sonic energy: a possible dental application, preliminary report on ultrasonic cutting method. *Ann Dent* 12, 256-260

Costerton, J. W., Stewart, P. S., Greenberg, E. P. (1999): Bacterial biofilms: a common cause of persistent infections. *Science* 284, 1318-1322

Cottone, J. A., Molinari, J. A. (1991): State-of-the-art infection control in dentistry. *J Am Dent Assoc* 122, 33-41

Day, C. J., Sandy, J. R., Ireland, A. J. (2006): Aerosols and splatter in dentistry--a neglected menace? *Dent Update* 33, 601-602, 604-606

Donlan, R. M. (2002): Biofilms: microbial life on surfaces. *Emerg Infect Dis* 8, 881-890

Drisko, C. H. (1998): Root instrumentation. Power-driven versus manual scalers, which one? *Dent Clin North Am* 42, 229-244

Drisko, C. L., Cochran, D. L., Blieden, T., Bouwsma, O. J., Cohen, R. E., Damoulis, P., Fine, J. B., Greenstein, G., Hinrichs, J., Somerman, M. J., Iacono, V., Genco, R. J., Research, S., Therapy Committee of the American Academy of, P. (2000): Position paper: sonic and ultrasonic scalers in periodontics. Research, Science and Therapy Committee of the American Academy of Periodontology. *J Periodontol* 71, 1792-1801

Dutil, S., Meriaux, A., de Latremoille, M. C., Lazure, L., Barbeau, J., Duchaine, C. (2009): Measurement of airborne bacteria and endotoxin generated during dental cleaning. *J Occup Environ Hyg* 6, 121-130

Faecher, R. S., Thomas, J. E., Bender, B. S. (1993): Tuberculosis: a growing concern for dentistry? *J Am Dent Assoc* 124, 94-104

Fine, D. H., Furgang, D., Korik, I., Olshan, A., Barnett, M. L., Vincent, J. W. (1993): Reduction of viable bacteria in dental aerosols by preprocedural rinsing with an antiseptic mouthrinse. *Am J Dent* 6, 219-221

Fine, D. H., Mendieta, C., Barnett, M. L., Furgang, D., Meyers, R., Olshan, A., Vincent, J. (1992): Efficacy of preprocedural rinsing with an antiseptic in reducing viable bacteria in dental aerosols. *J Periodontol* 63, 821-824

Flemmig, T. F., Petersilka, G. J., Mehl, A., Hickel, R., Klaiber, B. (1998): The effect of working parameters on root substance removal using a piezoelectric ultrasonic scaler in vitro. *J Clin Periodontol* 25, 158-163

Flemmig, T. F., Petersilka, G. J., Mehl, A., Rudiger, S., Hickel, R., Klaiber, B. (1997): Working parameters of a sonic scaler influencing root substance removal in vitro. *Clin Oral Investig* 1, 55-60

Flemming, H. C., Neu, T. R., Wozniak, D. J. (2007): The EPS matrix: the "house of biofilm cells". *J Bacteriol* 189, 7945-7947

Gankerseer, E. J., Walmsley, A. D. (1987): Preliminary investigation into the performance of a sonic scaler. *J Periodontol* 58, 780-784

Glenwright, H. D., Knibbs, P. J., Burdon, D. W. (1985): Atmospheric contamination during use of an air polisher. *Br Dent J* 159, 294-297

Goldman, H. S., Hartman, K. S. (1986): Infectious diseases. Their disease, our unease: infectious diseases and dental practice. *Va Dent J* 63, 10-19

Graetz, C., Bräuning, A., Plaumann, A., Springer, C., Kahl, M., Dörfer, C. E. (2016a): Antiinfektiöse Therapie - Instrumente zur Wurzloberflächenbearbeitung im Fokus. *Parodontol* 27, 165-183

Graetz, C., Plaumann, A., Bielfeldt, J., Dörfer, C. E. (2015a): Eine erfolgreiche Parodontitistherapie - Effektivität versus Destruktion! (Teil I). *Prophylaxe Impulse* 03, 118-127

Graetz, C., Plaumann, A., Rauschenbach, S., Bielfeldt, J., Dorfer, C. E., Schwendicke, F. (2016b): Removal of simulated biofilm: a preclinical ergonomic comparison of instruments and operators. *Clin Oral Investig* 20, 1193-1201

Graetz, C., Plaumann, A., Wittich, R., Springer, C., Kahl, M., Dorfer, C. E., El-Sayed, K. F. (2016c): Removal of simulated biofilm: an evaluation of the effect on root surfaces roughness after scaling. *Clin Oral Investig*

Graetz, C., Schwendicke, F., Plaumann, A., Rauschenbach, S., Springer, C., Kahl, M., Salzer, S., Dorfer, C. E. (2015b): Subgingival instrumentation to remove simulated plaque in vitro: influence of operators' experience and type of instrument. *Clin Oral Investig* 19, 987-995

Grenier, D. (1995): Quantitative analysis of bacterial aerosols in two different dental clinic environments. *Appl Environ Microbiol* 61, 3165-3168

Gross, K. B., Overman, P. R., Cobb, C., Brockmann, S. (1992): Aerosol generation by two ultrasonic scalers and one sonic scaler. A comparative study. *J Dent Hyg* 66, 314-318

Gupta, G., Mitra, D., Ashok, K. P., Gupta, A., Soni, S., Ahmed, S., Arya, A. (2014): Efficacy of preprocedural mouth rinsing in reducing aerosol contamination produced by ultrasonic scaler: a pilot study. *J Periodontol* 85, 562-568

Harrel, S. K. (1996): Clinical use of an aerosol-reduction device with an ultrasonic scaler. *Compend Contin Educ Dent* 17, 1185-1193

Harrel, S. K. (2004): Airborne spread of disease--the implications for dentistry. *J Calif Dent Assoc* 32, 901-906

Harrel, S. K., Barnes, J. B., Rivera-Hidalgo, F. (1996): Reduction of aerosols produced by ultrasonic scalers. *J Periodontol* 67, 28-32

Harrel, S. K., Barnes, J. B., Rivera-Hidalgo, F. (1998): Aerosol and splatter contamination from the operative site during ultrasonic scaling. *J Am Dent Assoc* 129, 1241-1249

Harrel, S. K., Barnes, J. B., Rivera-Hidalgo, F. (1999): Aerosol reduction during air polishing. *Quintessence Int* 30, 623-628

Holbrook, W. P., Muir, K. F., Macphee, I. T., Ross, P. W. (1978): Bacteriological investigation of the aerosol from ultrasonic scalers. *Br Dent J* 144, 245-247

Iff, M., Marinello, C. P. (1998): Ultraschallgeräte, Anwendunge in der Parodontologie. Eine Literaturübersicht. *Acta Med Dent Hevl* 3, 149-160

Jacks, M. E. (2002): A laboratory comparison of evacuation devices on aerosol reduction. *J Dent Hyg* 76, 202-206

Jotikasthira, N. E., Lie, T., Leknes, K. N. (1992): Comparative in vitro studies of sonic, ultrasonic and reciprocating scaling instruments. *J Clin Periodontol* 19, 560-569

Kimmel, K. (2001): Zahnärztliche Praxis- und Arbeitsgestaltung: Ergonomie als Grundlage der Leistungs- und Lebensqualität, Dt. Zahnärzte-Verlag, Köln/München

Kocher, T. (1994): Entwicklung eines Arbeitskonzeptes zur maschinellen Wurzeloberflächenbearbeitung mit diamantierten Airscaleransätzen unter spezieller Berücksichtigung von Molaren mit Furkationsbefall, Quintessenz, Berlin

Kocher, T., Plagmann, H. C. (1996): Heat propagation in dentin during instrumentation with different sonic scaler tips. *Quintessence Int* 27, 259-264

Lang, N. P., Schatzle, M. A., Loe, H. (2009): Gingivitis as a risk factor in periodontal disease. *J Clin Periodontol* 36, Suppl 10, 3-8

Larato, D. C., Ruskin, P. F., Martin, A. (1967): Effect of an ultrasonic scaler on bacterial counts in air. *J Periodontol* 38, 550-554

Lea, S. C., Felver, B., Landini, G., Walmsley, A. D. (2009): Three-dimensional analyses of ultrasonic scaler oscillations. *J Clin Periodontol* 36, 44-50

Lea, S. C., Landini, G., Walmsley, A. D. (2003): Displacement amplitude of ultrasonic scaler inserts. *J Clin Periodontol* 30, 505-510

Leggat, P. A., Kedjarune, U. (2001): Bacterial aerosols in the dental clinic: a review. *Int Dent J* 51, 39-44

Legnani, P., Checchi, L., Pelliccioni, G. A., D'Achille, C. (1994): Atmospheric contamination during dental procedures. *Quintessence Int* 25, 435-439

Macher, J., K. Willek, Martinez, K. F., Morey, P. R., Martyny, J. (1999): *Bioaerosols: Assessment and Control*, ACGIH, Cincinnati, Ohio

Menne, A., H., G., Jepsen, S., Albers, H., Jepsen, K. (1994): Vibration characteristics of oscillating scalers. *J Dent Res* 73, 434

Meyer, K., Lie, T. (1977): Root surface roughness in response to periodontal instrumentation studied by combined use of microroughness measurements and scanning electron microscopy. *J Clin Periodontol* 4, 77-91

Mittal, A., Nichani, A. S., Venugopal, R., Rajani, V. (2014): The effect of various ultrasonic and hand instruments on the root surfaces of human single rooted teeth: A Planimetric and Profilometric study. *J Indian Soc Periodontol* 18, 710-717

Nejatidanesh, F., Khosravi, Z., Goroohi, H., Badrian, H., Savabi, O. (2013): Risk of contamination of different areas of dentist's face during dental practices. *Int J Prev Med* 4, 611-615

Nicoll, B. K., Peters, R. J. (1998): Heat generation during ultrasonic instrumentation of dentin as affected by different irrigation methods. *J Periodontol* 69, 884-888

Oethinger, M. (2004): *Kurzlehrbuch Mikrobiologie und Immunologie*, Urban & Fischer, München

Page, R. C., Kornman, K. S. (1997): The pathogenesis of human periodontitis: an introduction. *Periodontol* 2000 14, 9-11

Palakuru, S. K., Lakshman, V. K., Bhat, K. G. (2012): Microbiological analysis of oral samples for detection of *Mycobacterium tuberculosis* by nested polymerase chain reaction in tuberculosis patients with periodontitis. *Dent Res J (Isfahan)* 9, 688-693

Pantaleon, V., Bouttier, S., Soavelomandroso, A. P., Janoir, C., Candela, T. (2014): Biofilms of clostridium species. *Anaerobe* 30, 193-198

Petersilka, G., Stypmann, J. (2014): Die Verwendung von Ultraschallscalern bei Patienten mit Herzschrittmachern und implantierten Defibrillatoren. *Deutsche Gesellschaft für Parodontologie e.V.* 25(3)

Petersilka, G. J., Ehmke, B., Flemmig, T. F. (2002): Antimicrobial effects of mechanical debridement. *Periodontol* 2000 28, 56-71

Petersilka, G. J., Flemmig, T. F. (2005): Schall- und Ultraschallscaler in der Parodontistherapie. *Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK)* 60 (6)

Peterson, S. N., Meissner, T., Su, A. I., Snesrud, E., Ong, A. C., Schork, N. J., Bretz, W. A. (2014): Functional expression of dental plaque microbiota. *Front Cell Infect Microbiol* 4, 108

Plagmann, H. C. (2004): *Lehrbuch der Parodontologie*, Reprint; Print&Copy Paradies KG; Kiel

Plagmann, H. C., Kocher, T., Engelsmann, U. (1988): Epitheliales Neu-Attachement nach Wurzeloberflächenbearbeitung mit verschiedenen Instrumenten. *Dtsch Zahnärztl Z* 43, 686-692

Reitemeier, B., Jatzwauk, L., Jesinghaus, S., Reitemeier, C., Neumann, K. (2010): Effektive Reduktion des Spraynebel-Rückpralls - Möglichkeiten und Grenzen. ZMK 26, 662-673

Rinne, A. F. (2012): Infektionsquelle Aerosol - aktuelle Schutzstrategie. ZWP 18, 66-70

Rühling, A., Graetz, C. (2008): Trainingsprogramm zur maschinellen Wurzeloberflächenbearbeitung mit dem Sonicflex® Airscaler, Gut Gedruckt, Kiel

Rühling, A., Schlemme, H., König, J., Kocher, T., Schwahn, C., Plagmann, H. C. (2002): Learning root debridement with curettes and power-driven instruments. Part I: a training program to increase effectivity. J Clin Periodontol 29, 622-629

Ryan, D. L., Darby, M., Bauman, D., Tolle, S. L., Naik, D. (2005): Effects of ultrasonic scaling and hand-activated scaling on tactile sensitivity in dental hygiene students. J Dent Hyg 79, 9

Sachs, M. (2014): Maschinelle Belagsentfernung. PLAQUE N CARE 8, 66-70

Sawhney, A., Venugopal, S., Babu, G. R., Garg, A., Mathew, M., Yadav, M., Gupta, B., Tripathi, S. (2015): Aerosols how dangerous they are in clinical practice. J Clin Diagn Res 9, ZC52-57

Setz, J., Borneff-Lipp, M. (2000): Virusinfektion in der Zahnarztpraxis. Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) 55 (00)

Singh, A., Shiva Manjunath, R. G., Singla, D., Bhattacharya, H. S., Sarkar, A., Chandra, N. (2016): Aerosol, a health hazard during ultrasonic scaling: A clinico-microbiological study. Indian J Dent Res 27, 160-162

Stoodley, P., Lewandowski, Z., Boyle, J. D., Lappin-Scott, H. M. (1998): Oscillation characteristics of biofilm streamers in turbulent flowing water as related to drag and pressure drop. *Biotechnol Bioeng* 57, 536-544

Szymanska, J. (2007): Dental bioaerosol as an occupational hazard in a dentist's workplace. *Ann Agric Environ Med* 14, 203-207

Timmerman, M. F., Menso, L., Steinfort, J., van Winkelhoff, A. J., van der Weijden, G. A. (2004): Atmospheric contamination during ultrasonic scaling. *J Clin Periodontol* 31, 458-462

Tinschert, J. (2005): *Zahnheilkunde in Checklisten* Spitta Verl., Balingen

Trenter, S. C., Walmsley, A. D. (2003): Ultrasonic dental scaler: associated hazards. *J Clin Periodontol* 30, 95-101

Tunkel, J., Heinecke, A., Flemmig, T. F. (2002): A systematic review of efficacy of machine-driven and manual subgingival debridement in the treatment of chronic periodontitis. *J Clin Periodontol* 29 Suppl 3, 72-81

Varga, K. D. (2014): Biofilm-Management: Folgen einer unzureichenden Therapie und Prophylaxe. *ZWP* 20, 74-77

Veksler, A. E., Kayrouz, G. A., Newman, M. G. (1991): Reduction of salivary bacteria by pre-procedural rinses with chlorhexidine 0.12%. *J Periodontol* 62, 649-651

Walmsley, A. D. (1988): Potential hazards of the dental ultrasonic descaler. *Ultrasound Med Biol* 14, 15-20

Walmsley, A. D., Lea, S. C., Landini, G., Moses, A. J. (2008): Advances in power driven pocket/root instrumentation. J Clin Periodontol 35, 22-28

Walmsley, A. D., Walsh, T. F., Laird, W. R., Williams, A. R. (1990): Effects of cavitation activity on the root surface of teeth during ultrasonic scaling. J Clin Periodontol 17, 306-312

Westfelt, E. (1996): Rationale of mechanical plaque control. J Clin Periodontol 23, 263-267

Wolf, H. F., Rateitschak-Plüss, E. M., Rateitschak, K. (2012): Farbatlant der Zahnmedizin 1: Parodontologie, Thieme Verlag, Stuttgart

Zähle, K. (2007): Mit Ultraschall erfolgreich gegen Parodontitis. Dentalzeitung 9, 16

Zinner, D. D. (1955): Recent ultrasonic dental studies, including periodontia, without the use of an abrasive. J Dent Res. 34, 748-749

8 Danksagung

Herrn PD Dr. Christian Graetz, Oberarzt des Funktionsbereiches der Parodontologie der Klinik für Zahnerhaltung und Parodontologie im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel an der Christian Albrechts-Universität zu Kiel gilt mein besonderer Dank für die Vergabe des interessanten Themas sowie für die Durchführung der Untersuchungen.

Ich schulde dir besonderen Dank für die großartige Betreuung, Unterstützung und Motivation während der gesamten Zeit. Danke, dass du mir immer sofort geantwortet und mich jedes Mal neu ermutigt hast.

Herzlichst danke ich der Abteilung der Parodontologie und dort vor allem Anna Plaumann für die Hilfe bei der statistischen Auswertung und vielen Dank, dass ich dich immer alles fragen durfte und du fachlich und freundschaftlich immer für mich da warst.

Frau Dr. Nicole Graetz danke ich von Herzen für die Hilfe bei der Auswertung der Fotos.

Außerdem danke ich der medizinisch technischen Assistentin Frau Regina Marquardt für ihre Herzlichkeit und die Bereitstellung von Materialien und Räumlichkeiten.

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern und meinem Freund Gábor, die Tag und Nacht für mich da waren und ohne deren emotionale und finanzielle Unterstützung ich nie so weit gekommen wäre.

Zu guter Letzt danke ich der Firma Dürr für die finanzielle Unterstützung.

9 Lebenslauf

Persönliche Angaben

Name: Anica Tillner

Geburtstag: 24.01.1986

Geburtsort: Berlin

Familienstand: ledig

Staatsangehörigkeit: deutsch

Universitärer Werdegang

November 2014 Staatsexamen Zahnmedizin/Approbation

März 2013 Beginn der Dissertationsarbeit im Funktionsbereiches der Parodontologie der Klinik für Zahnerhaltung und Parodontologie im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel an der Christian Albrechts-Universität zu Kiel

März 2012 Ablegung der zahnärztlichen Vorprüfung/Physikum

September 2010 Ablegung der naturwissenschaftlichen Vorprüfung für Studierende der Zahnheilkunde

Oktober 2009 Beginn des Zahnmedizinstudiums an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Beruflicher Werdegang

April 2015- heute	Anstellung als Assistenz Zahnärztin bei Dr. Anne Kehler-Barow, Zahnarztpraxis in Berlin- Lichtenberg
August 2006- Oktober 2009	Anstellung als Büroaushilfskraft bei Brinkmann & Partner in Berlin-Tiergarten
August 2006- September 2006	Geringfügiges Beschäftigungsverhältnis (Steuerklasse IV) bei Kaufland Warenhandel Berlin GmbH & Co.KG in Berlin- Köpenick
August 2005- Juli 2006	Anstellung als Zahnmedizinische Fachangestellte bei Dipl.-Med. Wilbert Lange, Zahnarztpraxis in Berlin- Altglienicke
August 2002- Juni 2005	Ausbildung zur Zahnmedizinischen Fachangestellten Berufsschule in Berlin-Hellersdorf (OSZ Gesundheit II) Praktische Ausbildung in Berlin-Altglienicke

Schulischer Werdegang

August 2006- Juni 2009	Besuch der Kläre-Bloch-Schule in Berlin/Charlottenburg- Wilmersdorf Allgemeine Hochschulreife
1998 bis 2002	Besuch der Isaac-Newton-Oberschule in Berlin-Köpenick (Realschule) Realschulabschluss
1992 bis 1998	Besuch der Grundschule im Fischerkiez in Berlin-Köpenick

Teilnahme an Fortbildungsveranstaltungen

- 2016: 30. Berliner Zahnärztetag „Neue Impulse aus der Prothetik – innovativ, effektiv, sicher“
- 2015: Möglichkeiten in der Implantatprothetik Schritt für Schritt bei Dr. Manfred Böhm/Dr. Tarek Karasholi
- 2014: Trainingskurs Implantatprothetik „Aktuelle Konzepte und Entwicklungen in der Implantatprothetik aus Praxis und Wirtschaft“ bei PD Dr. Sönke Harder/ PD Dr. Christian Mehl
- 2013: Implantologie Live bei Dr. Oliver Zernial/Dr. Lars Ossenkop/Dr. Friedrich Hey

10 Publikation

Veröffentlichungen

Graetz, C., Bielfeldt, J., **Tillner, A.**, Plaumann, A., Dorfer, C. E. (2014): Spatter contamination in dental practices--how can it be prevented? Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi 118, 1122-1134

Graetz, C., Plaumann, A., Bielfeldt, J., **Tillner, A.**, Salzer, S., Dorfer, C. E. (2015): Efficacy versus health risks: An in vitro evaluation of power-driven scalers. J Indian Soc Periodontol 19, 18-24

Posterpräsentationen

Graetz C, Bielfeldt J, **Tillner A**, Sälzer S, Graetz N, Plaumann A, Dörfer CE. (2014) Risks and effectiveness of root scaling – an in-vitro study. IADR Program Book Abstr. No 1312