

Manuell oder elektrisch putzen – was sagt die Forschung?

Ein Beitrag von Prof. Dr. med. dent. Clemens Walter und Priv.-Doz. Dr. med. dent. Julia C. Difflöe-Geisert

Parodontale Erkrankungen haben eine nachgewiesene mikrobielle Ätiologie. Voraussetzung für den therapeutischen Erfolg ist die mechanische Zerstörung, idealerweise die Entfernung, des infektiösen pathogenen Biofilmes. Während der subgingivale Biofilm von den zahnärztlichen Fachkräften mit geeigneten Methoden angesprochen wird, obliegt das kontinuierliche Management supragingivaler Biofilme dem Patienten. Unter den Hilfsmitteln zur täglichen Plaque-entfernung sind für elektrische Zahnbürsten mittlerweile deutliche Vorteile gegenüber Handzahnbürsten – aus Labor- und epidemiologischen Untersuchungen – aufgezeigt. Das impliziert für viele Patienten neben dem Hinweis für eine adäquate Zahnzwischenraumpflege eine Empfehlung für elektrische Zahnbürsten mit geprüfter Effektivität bezüglich des Biofilmanagements.

Einleitung

Parodontale Erkrankungen sind multifaktorielle, chronische Krankheiten. Die wesentliche Voraussetzung für Entstehung und Progression einer Parodontitis ist eine (meist) polymikrobielle opportunistische Infektion mit pathogenen Mikroorganismen des oralen Biofilmes.¹ Dabei wirken die Bakterien nicht nur direkt; eine entzündliche Reaktion des Parodontiums wird vielmehr auch ohne eine bakterielle Invasion in die entsprechenden Kompartimente des Zahnhalteapparates durch die Immunantwort des Wirtes auf den bakteriellen Reiz hervorgerufen.^{5,3}

Vor dem Hintergrund dieses pathogenetischen Verständnisses parodontaler Erkrankungen sollen in dieser Arbeit nun wissenschaftlich basierte und praxisnahe Empfehlungen für die tägliche Mundhygiene (Abb. 1) herausgearbeitet werden.

Mikrobielle Ätiologie parodontaler Erkrankungen – von der Plaque zum Biofilm

Die Bedeutung einer Ansammlung oraler Mikroorganismen für die Entstehung entzündlicher parodontaler Erkrankungen wurde lange vermutet und später durch die klassischen 21-Tage Gingivitis-Experimente bewiesen.^{3,4} Hier wurde eine unzureichende Mundhygiene durch das Einstellen des Zähneputzens durch die Ver-

suchspersonen simuliert. Die kontinuierliche Akkumulation von Mikroorganismen, bakteriellen Stoffwechselprodukten, Nahrungsresten und Speichelbestandteilen auf den Zahnoberflächen führte nach einigen Tagen zu einer Veränderung der bakteriellen Zusammensetzung.^{3,4} Der Körper selbst reagierte mit einer Entzündungsreaktion – einer Gingivitis. Durch eine Wiederaufnahme der Mundhygiene wurde die Plaque entfernt und die Entzündung klang nach einigen Tagen auch wieder vollständig ab. Bestehen der mikrobielle Reiz und die Entzündung nun aber über längere Zeit fort, werden bei einem empfänglichen Organismus tiefere Bestandteile des Parodonts involviert, was schlussendlich zum Abbau des Zahnhalteapparates, das heißt zur Entstehung einer Parodontitis führt.⁵ Dieser Prozess ist dann nicht mehr vollständig reversibel.

In einer skandinavischen Population konnte gezeigt werden, welchen langfristigen Einfluss mikrobielle Plaque auf den Entzündungsgrad der Gingiva und den folgenden Attachmentverlust an den untersuchten Stellen besitzt.⁵ Die klinisch sichtbare Plaqueansammlung an den analysierten Zahnstellen korrelierte mit dem Entzündungsgrad der Gingiva. Darüber hinaus zeigten Zahnstellen, die über den Untersuchungszeitraum von 26 Jahren auf Sondierung geblutet hatten, ca. 70 % mehr Attachmentverlust als entzündungsfreie Stellen.

Die oralen Mikroorganismen – es sind nicht nur Bakterien – sind dabei in Form eines Biofilmes organisiert (Abb. 2).⁶ Diese besondere Struktur schützt unter anderem die Bakterien vor dem wirtseigenen Immunsystem und vor antimikrobiellen Agenzien. In einem Biofilm sind die Mikroorganismen von einer schützenden extrazellulären Matrix aus Exopolysacchariden umgeben. Derartig „eingepackte“ Bakterien weisen eine deutlich höhere Widerstandskraft (Resistenz) gegen antimikrobielle Substanzen auf als „frei schwimmende“ (planktonische) Bakterien.^{7,8} Antimikrobielle Wirkstoffe oder auch die Bestandteile des Immunsystems können intakte Biofilme nicht oder nur sehr unzureichend penetrieren.^{1,10} In oralen Biofilmen bietet zudem der horizontale Gentransfer den Bakterien ein erhebliches Potenzial zur Anpassung. Es steht die Gesamtheit der genetischen Information der Mikroorganismen des Biotops Mundhöhle, das sog. orale Metagenom, potenziell für den Gentransfer zur Verfügung. Dieses Reservoir an Genen ist insofern auch von therapeutischer Relevanz, als dass beispielsweise Virulenz- und Resistenzgene ausgetauscht werden können. Solche Biofilm-assoziierten Interaktionen sind daher auch für die Entwicklung neuer antimikrobieller Wirkstoffe von großer Bedeutung und werden daher intensiv erforscht. Dabei zeigte sich, dass in Biofilmen noch ein weiterer Mechanismus eine wichtige Rolle zu spielen scheint. Membranvesikel, die

von vielen gramnegativen, aber auch von einigen grampositiven Bakterien freigesetzt werden können, sind ebenfalls in der Lage, unter anderem Nukleinsäuren, Proteine und Polysaccharide innerhalb eines Biofilmes zu verbreiten.¹¹ Ein pathogener oraler Biofilm, wie er z. B. bei Parodontalerkrankungen vorliegt, muss daher mechanisch zerstört werden, um die Mikroorganismen darin überhaupt erreichen zu können.^{1,2,12–15} Die mechanische Entfernung und/oder Zerstörung des subgingivalen Biofilmes durch eine Dentalhygienikerin oder den Zahnarzt ist daher ein integraler Bestandteil der parodontalen Therapie und damit entscheidende Voraussetzung für den langfristigen Zahnerhalt. In einigen klinischen Situationen und bei bestimmten parodontalen Krankheitsbildern ist es zudem sinnvoll, das Behandlungsergebnis der nichtchirurgischen Therapie durch die zusätzliche Gabe antimikrobieller Wirkstoffe, z. B. in Form systemischer Antibiotika, zu optimieren. Dabei ist darauf zu achten, dass der Einnahmebeginn in engem zeitlichen Zu-

sammenhang mit der mechanischen Zerstörung des Biofilmes steht.^{14,17} Für eine solitäre Behandlung parodontaler Erkrankungen mit systemischen Antibiotika gibt es keine überzeugende wissenschaftliche Evidenz.^{14–17}

Aspekte des Biofilmmanagements und der Instrumentierung der erkrankten Parodontien

Wesentliches Ziel der parodontalen Therapie ist die Etablierung eines biologischen Gleichgewichtes zwischen dem kontinuierlichen Angriff pathogener Mikroorganismen im parodontalen Sulkus und der Immunantwort des befallenen Organismus.⁶ Bis heute gibt es trotz intensiver klinischer und mikrobiologischer Forschung zur mechanischen Biofilmzerstörung keine wissenschaftlich fundierten Alternativen. Daher steht die Entfernung der pathogenen sub- und supragingivalen Biofilme nach wie vor im Fokus der initialen wie auch der darauffolgenden unterstützenden Parodontitistherapie (UPT) in der

zahnärztlichen Praxis.^{15,19} Bei der initialen Instrumentierung wird neben der Biofilmzerstörung die Etablierung einer biokompatiblen, d. h. einer glatten, harten und dekontaminierten Wurzeloberfläche angestrebt. Es finden daher in erster Linie herkömmliche Handinstrumente wie etwa Gracey-Küretten und/oder Ultraschallgeräte mit speziellen, an die Zahnform adaptierten Spitzen Verwendung.²⁰ In der darauffolgenden UPT steht bei stabilen Parodontien (Sondierungstiefen <6 mm) „nur noch“ die Biofilmzerstörung im Vordergrund.⁶ Demzufolge sollte in der UPT minimalinvasiven und zahnhartsubstanzschonenden Verfahren des Biofilmmanagements der Vorzug gegeben werden. Dazu können auch niedrigabrasive Pulverwasser-Strahlgemische gewählt werden.^{18,21,22} Letztere erzeugen neben verschiedenen anderen Effekten auch hydrodynamische Phänomene wie Kavitationseffekte und Scherkräfte, die zur supra- und subgingivalen Biofilmentfernung beitragen.²³ Sind für die erfolgreiche Umsetzung dieser Therapieschritte

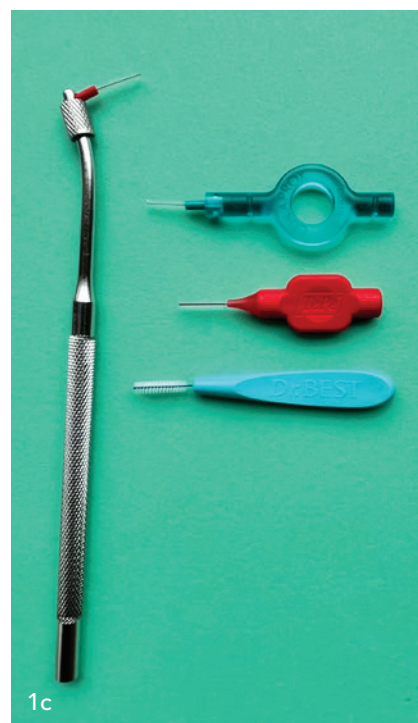


Abb. 1a–c: Varianz der Hilfsmittel für die Zahnhygiene. Für die tägliche Mundhygiene steht heute eine breite Palette an Produkten zur Verfügung. Einerseits sollten die individuellen Präferenzen des Patienten berücksichtigt werden, andererseits findet die tatsächliche – zuvor mittels geeigneter Plaque- und Blutungsindices (Abb. 5–7) bestimmte – Effektivität der Plaqueentfernung Beachtung für die Empfehlungen des Zahnarztes. Gegebenenfalls erfolgt dann eine Umstellung und Instruktion für ein neues Produkt. Wichtig ist jedoch immer, dass neben einer entsprechenden Zahnbürste (Hand- oder elektrische Zahnbürste) zur Reinigung der Glattflächen auch Hilfsmittel für die Zahnzwischenraumpflege (Zahnseide oder Zahnzwischenraumbürstchen) empfohlen werden sollten.

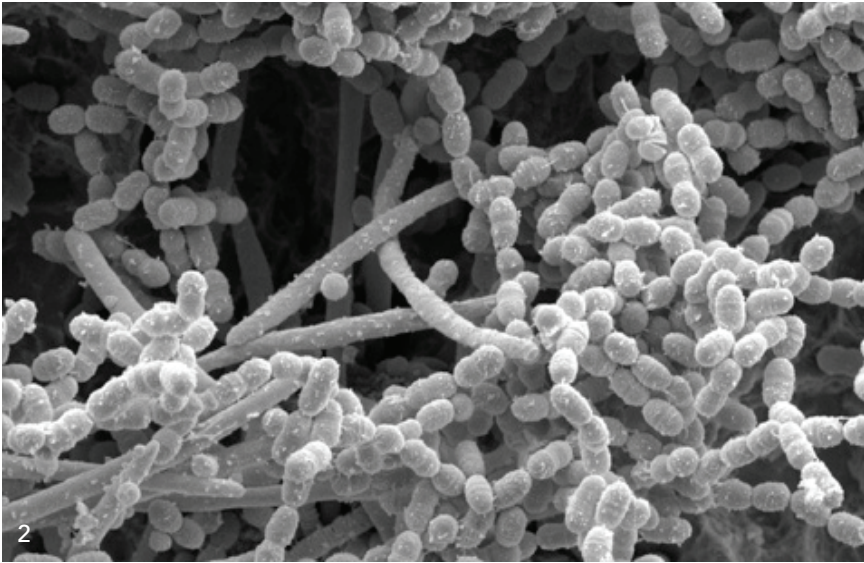


Abb. 2: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme des im Labor generierten Multispeziesbiofilms. Der Biofilm besteht aus drei unterschiedlichen Spezies: Streptococcus sanguinis, Fusobacterium nucleatum und Porphyromonas gingivalis. Die ausgewählten Bakterien stellen Repräsentanten der unterschiedlichen Phasen der oralen Biofilmbildung dar.⁶

der geübte Zahnarzt oder die Zahnärztin mit dem entsprechend aus- und fortgebildeten Personal wie Dentalhygienikerin und/oder Prophylaxeassistentin verantwortlich, spielen für den Langzeiterfolg vor allem die tägliche und penible Mundhygiene sowie die langfristige Mitarbeit des Patienten die entscheidende Rolle.

Herausforderungen in der individuellen täglichen Mundhygiene

Für die regelmäßige Reinigung der Zähne stehen heute verschiedene Hilfsmittel zur Verfügung (Abb. 1). Darunter finden sich manuelle und elektrische Zahnbürsten,

konzipiert in erster Linie für die Säuberung oraler, bukkaler und okklusaler Zahnflächen, sowie Instrumente und Geräte für die Reinigung der Zahnzwischenräume wie Zahnstocher, Zahnseide, Superfloss, Interdentalraumbürstchen oder auch Mundduschen.²⁰ Vor allem die Interdentalraumhygiene stellt für viele Patienten ein Problem dar und Karies und Parodontitis etablieren sich daher bevorzugt an den Zahnflächen der Zahnzwischenräume.^{24–27} Nur wenige Patienten zeigen allerdings die manuelle Geschicklichkeit und Compliance, technisch anspruchsvolle Produkte wie beispielsweise Zahnseide und Interdentalraumbürstchen oder eine entsprechend instruierte Putztechnik auch wirklich vernünftig anzuwenden.²⁸ Für körperlich eingeschränkte Patienten kann die adäquate Reinigung der Zähne auch nahezu unmöglich sein. In einer Reihe von kontrollierten, randomisierten klinischen Studien wurde die adäquate Anwendung und Effektivität von Zahnputztechniken sowie die Patientencompliance bei der Verwendung von Zahnseide untersucht. Es wurde gezeigt, dass

1. trotz wiederholter Instruktion und Remotivation eine manuelle Zahnputztechnik in den meisten Fällen nicht korrekt durchgeführt wird,²⁹
 2. die Verbesserung der Durchführung einer manuellen Zahnputztechnik nicht zu einer höheren Biofilmreduktion führt,³⁰
 3. häufig die gleichen Zahnputztechniken bei manuellen und elektrischen Zahnbürsten angewendet werden³¹ und
 4. nur wenige Patienten Zahnseide benutzen, und dies häufig nicht korrekt.³²
- Abgesehen davon, dass der zusätzliche Nutzen der Anwendung von Zahnseide wohl mindestens als umstritten anzusehen ist.³³ Vor diesem Hintergrund wäre eine Verbesserung und vor allem Vereinfachung der individuellen Mundhygiene, insbesondere in schwierig zu erreichenden Regionen, für die Prävention parodontaler und anderer oraler Erkrankungen überaus erstrebenswert.

Hand- oder elektrische Zahnbürsten?

Elektrische Zahnbürsten stellen durchaus eine Möglichkeit dar, die tägliche Mundhygiene zu vereinfachen. Sie sind seit Jahrzehnten auf dem Markt und wurden kon-

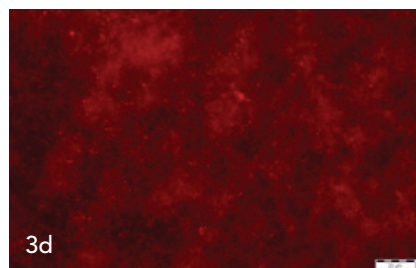
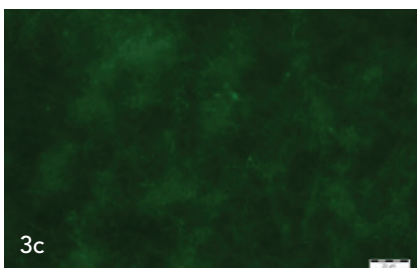
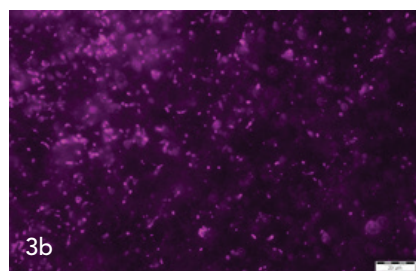
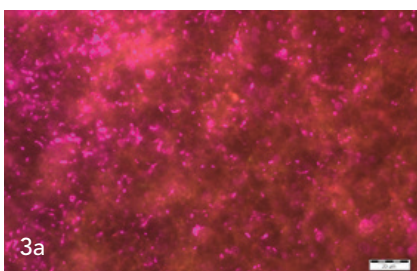


Abb. 3a–d: Fluoreszenzmikroskopische Aufnahmen (CLSM: Confocal Laser Scanning Microscopy) des In-vitro-Multispeziesbiofilms. Darstellung von (a) Streptococcus sanguinis, Fusobacterium nucleatum und Porphyromonas gingivalis, (b) Streptococcus sanguinis, (c) Fusobacterium nucleatum (d) und Porphyromonas gingivalis.

tinuierlich weiterentwickelt, sodass heute zahlreiche Produkte mit unterschiedlichen Wirkmechanismen (und auch Preisklassen) verfügbar sind. Die jeweilige grundlagenorientierte oder klinische Evidenz zur Wirksamkeit der entsprechenden Produkte ist dabei allerdings recht variabel und reicht von „nicht vorhanden“ bis „gut wissenschaftlich abgestützt“. ^{37–40,44} Bemerkenswert ist darüber hinaus, dass bislang nur wenige Studien die Langzeitwirksamkeit elektrischer gegenüber manuellen Zahnbürsten auf „harte“ Studienendpunkte wie den Zahnverlust (oder dessen Vermeidung) hin dokumentiert haben.

In diesem Kontext verdient eine Arbeit der Greifswalder Gruppe besondere Beachtung. ³⁴ In dieser Publikation wurden Probanden bevölkerungsrepräsentativer Studien (Studies of Health in Pomerania, SHIP) über den Zeitraum von elf Jahren mit klinischen Untersuchungen und Interviews systematisch beobachtet. Insgesamt 2819 Probanden mit einem Durchschnittsalter von $52,1 \pm 14,4$ Jahren wurden dabei statistisch ausgewertet. Die Probanden, die elektrische Zahnbürsten benutzten (Abb. 1a), waren demnach jünger ($46,3 \pm 12,4$ Jahre) als solche, die eine Handzahnbürste ($53 \pm 14,5$ Jahre) verwendeten (Abb. 1b). Der Anteil an Nutzern elektrischer Zahnbürsten nahm über den Untersuchungszeitraum kontinuierlich von 18,3 auf 36,9 % zu. Unter statistischer Berücksichtigung etwaiger Co-Faktoren nahmen die durchschnittlichen Sondierungstiefen und der durchschnittliche Attachmentlevel signifikant weniger in der Gruppe der Nutzer elektrischer Zahnbürsten verglichen mit Handzahnbürstennutzern zu. Nutzer elektrischer Zahnbürsten hatten, analysiert über die DMFS – (decayed, missed, filled surfaces) bzw. DFS – (decayed, filled surfaces) Indices, eine geringere Kariesprogression und – das ist von zentraler Bedeutung – Nutzer elektrischer Zahnbürsten verloren über den Untersuchungszeitraum auch deutlich weniger Zähne. Hier wurde somit in einer großen Population und über einen beachtlichen Zeitraum von über zehn Jahren herausgearbeitet, dass die Benutzung elektrischer Zahnbürsten offenbar klinisch und aus der Perspektive des Patienten relevante Vorteile gegenüber Handzahnbürsten aufweist.

Da steht dann die Frage im Raum, woran das liegen könnte. Wichtige Aspekte betreffen wohl die einfachere Handhabung, das durch den Kauf einer elektrischen Zahnbürste dokumentierte gestiegene Gesundheitsbewusstsein und damit verbunden wohl auch die Compliance hinsichtlich der Durchführung der täglichen Mundhygiene. Andere Faktoren betreffen möglicherweise aber den Wirkmechanismus bestimmter elektrischer Zahnbürsten.

Hydrodynamische Effekte von Schallzahnbürsten

Von besonderer Bedeutung ist dabei möglicherweise der sogenannte „Hydrodynamische Effekt“. Es wird vermutet, dass durch die Aktivität der elektrischen Zahnbürste (Schallzahnbürste) ausgelöste Strömungsphänomene, d. h. insbesondere Scherkräfte, Oberflächenspannungskräfte und akustische Schallwellen, an festen Oberflächen adhärierende Bakterien ablösen und In-vitro-Biofilme zu eliminieren vermögen. ^{35,36} Das heißt ganz vereinfacht gesagt eine quasi zusätzliche Putzwirkung ohne einen direkten Kontakt der Zahnbürstenborsten mit der Zahnoberfläche, eben durch den hydrodynamischen Effekt. In einer Analyse von insgesamt 16 in einer systematischen Übersichtsarbeit eingeschlossenen In-vitro-Studien wurde bereits vor einigen Jahren gezeigt, dass verschiedene Schallzahnbürsten einen Biofilm grundsätzlich auch ohne direkten Borstenkontakt reduzieren können. ³⁵ Die Mehrzahl der Studien konnte eine Biofilmbreite um mehr als 50 % (Schwankungsbreite 38 bis 99 %) nachweisen. Es wurden aber auch eine enorme Heterogenität hinsichtlich der Studienparameter und die Notwendigkeit einer Standardisierung des Versuchsdesigns als Herausforderungen künftiger Studien identifiziert. Konkret sollten die folgenden Eckpunkte berücksichtigt werden:

- Verwendung humanen Speichels für die Pellikelbildung
- Vielfalt der oralen Mikroflora in einem Biofilmmodell
- simulierter kontinuierlicher Speichelfluss in einer Fließkammer
- Adaptation des Versuchsablaufes an die übliche Zahnputzdauer

- Aufbau einer interdisziplinären Arbeitsgruppe bestehend aus der Klinik für Parodontologie, Endodontologie und Kariologie und der Klinik für Präventivzahnmedizin und Orale Mikrobiologie, UZB-Universitätszahnkliniken Basel; und dem Department für Physik, Universität Basel, Schweiz

In den letzten Jahren wurde dann in aufeinander aufbauenden Projekten die Wirksamkeit von Schallzahnbürsten auf die In-vitro-Biofilmentfernung ohne direkten Borstenkontakt weiter untersucht. Nach Etablierung und Validierung eines adäquaten Versuchsprotokolles wurden mittlerweile vier In-vitro-Studien durchgeführt. ^{37–41} Hier soll nun eine kurze Übersicht der daraus gewonnenen Erkenntnisse gegeben werden.

Material und Methoden

Die Bildung eines Multispeziesbiofilmes erfolgte stets in einem kombiniert dynamischen und statischen Biofilmmodell auf Titanplättchen (SLActive, Straumann AG, Basel, Schweiz), die zuvor in einem Speichel-Serum-Gemisch (Genehmigung Ethikkommission Nr. 295/08) inkubiert wurden. Der In-vitro-Multispeziesbiofilm bestand aus den drei Bakterienspezies *Streptococcus sanguinis*, *Fusobacterium nucleatum* und *Porphyromonas gingivalis* (Abb. 2 und 3). Die ausgewählten Bakterienspezies repräsentieren einigen Untersuchungen zufolge frühe (*S. sanguinis*) und späte (*P. gingivalis*) Kolonisierer eines oralen Biofilmes. ^{6,42} *Fusobacterium nucleatum* wird dabei als sogenanntes Brückenbakterium angesehen, das über Rezeptoren die Verknüpfung zwischen unterschiedlichen Kolonisierern herstellen kann. ^{1,6,43} Nach Bildung des Multispeziesbiofilmes wurde der Einfluss verschiedener zuvor gekaufter Schallzahnbürsten internationaler und nationaler Firmen auf die Biofilmentfernung untersucht. Die Effektivität der Schallzahnbürsten wurde anhand des verbliebenen Biofilmvolumens im Vergleich zu einer unbehandelten Kontrolle analysiert (Abb. 4). Die Quantifizierung erfolgte mittels Fluoreszenzmikroskopie (CLSM, Zeiss LSM700) und der Software Imaris (Bitplane AG, Zürich, Schweiz). Die Ergebnisse wurden statistisch ausgewertet (SPSS® Statistics, SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

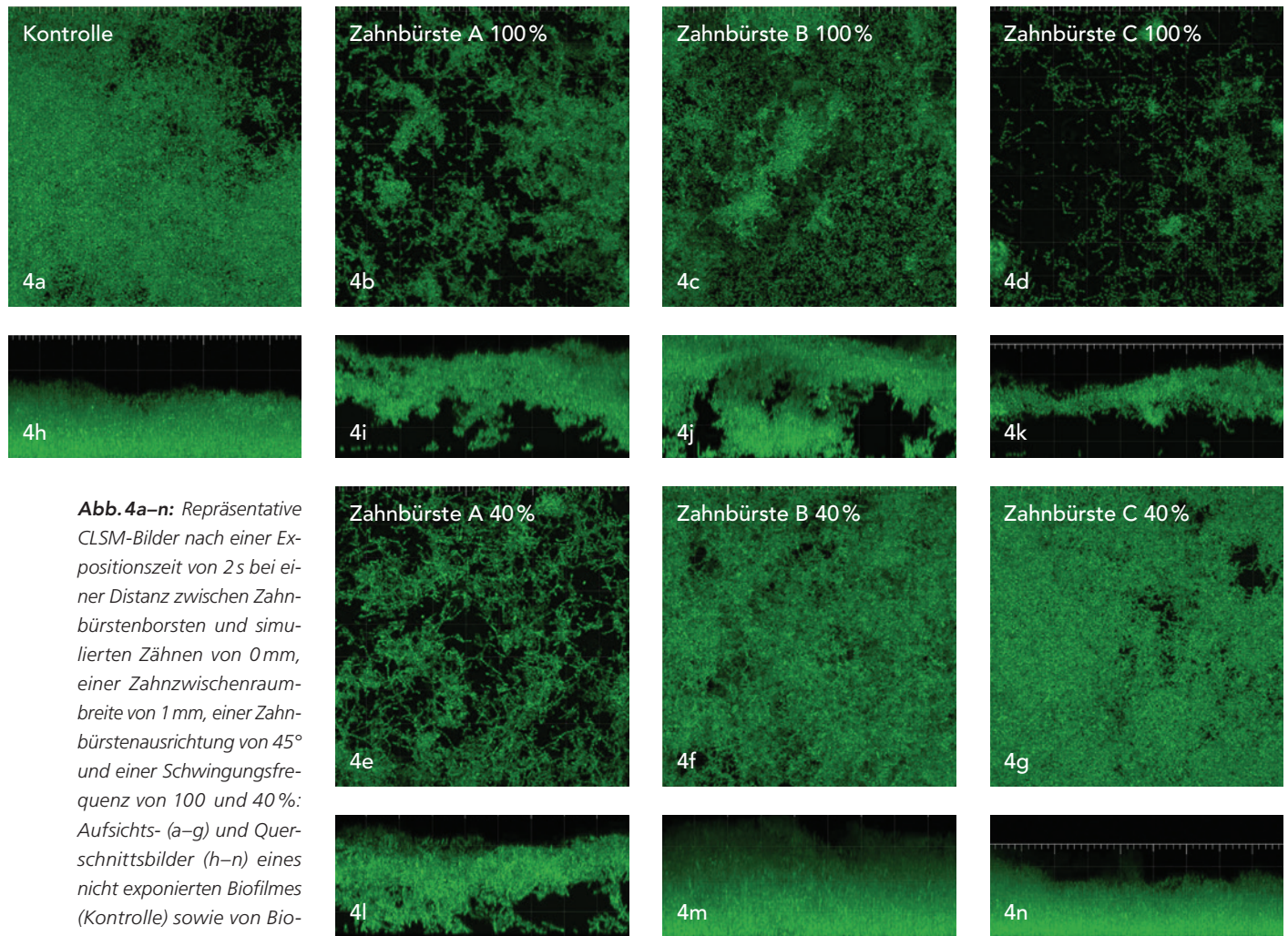


Abb. 4a–n: Repräsentative CLSM-Bilder nach einer Expositionszeit von 2 s bei einer Distanz zwischen Zahnbürstenborsten und simulierten Zähnen von 0 mm, einer Zahnzwischenraumbreite von 1 mm, einer Zahnbürstenausrichtung von 45° und einer Schwingungsfrequenz von 100 und 40 %: Aufsichtsbilder (a–g) und Querschnittsbilder (h–n) eines nicht exponierten Biofilmes (Kontrolle) sowie von Biofilmen, die gegenüber den unterschiedlichen elektrischen Zahnbürsten (A, B und C) exponiert wurden.³⁹ Auf der Plättchenoberfläche (schwarzer Hintergrund in den Aufsichtsbildern a–g bzw. schwarze untere Begrenzung in den Querschnittsbildern h–n) ist nach Schallzahnbürstenexposition mit einer Schwingungsfrequenz von 100 % (b, c, d, i, j, k) weniger Biofilm (grün dargestellt) vorhanden als auf dem nicht exponierten Plättchen (a, h) sowie nach Schallzahnbürstenexposition mit einer Schwingungsfrequenz von 40 % (e, f, g, l, m, n). Balken = 10 µm.

Ergebnisse

Es konnte zunächst gezeigt werden, dass sich Schallzahnbürsten hinsichtlich ihres Potenzials, einen Multispeziesbiofilm ohne direkten Borstenkontakt zu entfernen, produktspezifisch unterscheiden.³⁷ Dabei variierte die Biofilmreduktion erheblich (Schwankungsbreite 9 bis 80 %). Die Effektivität der Schallzahnbürsten war signifikant unterschiedlich ($p < 0,05$). Für zwei der untersuchten Schallzahnbürsten konnte eine statistisch signifikante Biofilmreduktion nachgewiesen werden ($p = 0,001$). In einem nächsten Schritt wurde ein Zahnzwischenraummodell, bestehend aus zwei simulierten benachbarten Zähnen und

einem Zahnzwischenraum, für die weiteren Untersuchungen entwickelt (Department für Physik, Universität Basel).³⁸ In diesem Modell wurden die Titanplättchen nach Bildung des Multispeziesbiofilmes an einer der beiden interdentalen Zahnflächen befestigt. Die Breite des Zahnzwischenraumes betrug 1 mm. Die Borsten der untersuchten Schallzahnbürsten hatten Kontakt zu den simulierten bukkalen Zahnflächen, jedoch nicht zum interdental montierten Biofilm-Titanplättchen. Auch unter diesen modifizierten Bedingungen konnten drei von vier untersuchten Schallzahnbürsten einen Multispeziesbiofilm ohne direkten Borstenkontakt signifikant reduzieren.³⁸ Die untersuchten

Schallzahnbürsten erzielten eine Biofilmreduktion im Bereich von 7 bis 64 %. Die Effektivität der Schallzahnbürsten war deutlich unterschiedlich ($p < 0,05$). Eine Übertragung der Ergebnisse auf nicht untersuchte Schallzahnbürsten ist allerdings nicht möglich und sollte vermieden werden. Es gab jedoch Hinweise, dass die Schwingungsfrequenz der Borstenbewegungen eine Rolle bei der Biofilmentfernung spielen könnte. Die Schallzahnbürsten, die eine signifikante Biofilmreduktion erzielen konnten, arbeiteten in einem höheren Frequenzbereich (31 000, 42 000 und 45 000 Bewegungen/min) als diejenige, die keine signifikante Biofilmreduktion erreichen konnte (26 000 Bewegun-

gen/min).²⁹ Daher wurde in einer weiteren Untersuchung anhand von Dosisreihen (100, 85, 70, 55 und 40 %) der Einfluss der Frequenz der Borstenbewegungen von verschiedenen Schallzahnbürsten (A, B und C) auf eine Biofilmentfernung ohne direkten Borstenkontakt analysiert.³⁹ Dazu wurden zunächst die Frequenzen (in Hertz) der untersuchten Schallzahnbürsten in den Grundeinstellungen im Physiklabor ermittelt. Ausgehend von der jeweils gemessenen Frequenz (= 100 %) wurde die Frequenz anschließend bei jeder Zahnbürste schrittweise reduziert (bis auf 40 % der jeweiligen Ausgangsfrequenz). Gleichzeitig wurde die Amplitude (Auslenkung des Borstenkopfes, gemessen in mm) konstant gehalten. Im Vergleich zu einer Schwingungsfrequenz von 100 % erzielten die untersuchten Schallzahnbürsten bei tieferen Frequenzen (bis 40 %) eine geringere Biofilmreduktion (mediane Biofilmreduktion bis zu 53 % bei einer Frequenz von 100 %, und bis zu 13 % bei einer Frequenz von 40 %; $p \geq 0,03$).³⁰ Ferner trat bei tieferen Frequenzen eine erhöhte Variabilität hinsichtlich der Biofilmreduktion auf, d. h. die Biofilmreduktion war weniger vorhersagbar. Zur Untersuchung der Amplitude des Borstenkopfes der Schallzahnbürsten (A, B und C) anhand von Dosisreihen wurden die Amplituden, die jeweils bei maximaler Frequenz (100 %) vorlagen, schrittweise von 100 auf 40 % des Ausgangswertes (in mm) reduziert.⁴⁰ Gleichzeitig wurde die Frequenz konstant gehalten. Auch bei der Untersuchung der Amplitude variierte die Vorhersagbarkeit der Biofilmreduktion unter den untersuchten Schallzahnbürsten. Im Vergleich zu den Zahnbürsten A und B zeigte Zahnbürste C eine geringere Variabilität hinsichtlich der Biofilmreduktion. Zahnbürste C erzielte die höchste Biofilmreduktion bei einer Amplitude von 85 % (Biofilmreduktion 76 %). Die Reduktion der Amplitude von 85 auf 40 % führte zu einer geringeren Biofilmreduktion ($p=0,029$). Bei einer Amplitude von 85 % unterschieden sich die Zahnbürsten C-A ($p=0,029$) und C-B ($p=0,029$) signifikant hinsichtlich ihrer Effektivität.

Zusammenfassung und Diskussion

Gingivitis und Parodontitis sind sehr weitverbreitete Biofilm-assoziierte Erkran-



Abb. 5a–e: Repräsentative klinische Bilder eines 34-jährigen männlichen kaukasischen Patienten. Der Patient berichtet neben Zahnstellungsänderungen auch von einem erhöhten Tabakkonsum (>20 Zigaretten/Tag) seit ca. 14 Jahren.

kungen.^{45,46} Orale Biofilme sind mitunter schwierig zu adressierende therapeutische Herausforderungen.¹ Von zentraler Bedeutung für die Prävention und die Behandlung parodontaler Erkrankungen ist daher die regelmäßige individuell-häusliche und gegebenenfalls professionelle Zerstörung der pathogenen Biofilme. Für die persönliche Zahnpflege stehen zwar verschiedene Hilfsmittel zur Verfügung, oft mangelt es aber an der kontinuierlichen Umsetzung einer eventuell ja sogar zuvor instruierten Putztechnik.

Große epidemiologische Studien über lange Beobachtungszeiträume zeigen eindrucksvoll das enorme Potenzial elektrischer Zahnbürsten bezüglich verbesserter parodontologischer Parameter wie Son-

dierungstiefen und Attachmentverlust sowie der Vermeidung von Zahnverlust.³⁴ Es ist leider nicht bekannt, welche Zahnbürsten konkret von den Studienprobanden verwendet wurden. Unabhängig davon zeigen systematische aufeinander aufbauende In-vitro-Untersuchungen eine Biofilmentfernung ohne direkten mechanischen Borstenkontakt bestimmter Schallzahnbürsten.^{35,37–41} Insbesondere die Frequenz der Borstenbewegungen sowie die Amplitude des Borstenkopfes scheinen die Biofilmreduktion ohne direkten Borstenkontakt zu beeinflussen.^{40,41}

Die genauen physikalischen Mechanismen, mit denen verschiedene Schallzahnbürsten eine Biofilmreduktion ohne mechanischen Borstenkontakt erzielen können,

PALATINAL														LINGUAL													
Furkation														Furkation													
BAS														BAS													
AL														AL													
ST														ST													
GR-SZG														GR-SZG													
GR-MGL														GR-MGL													
GIL-MGL														GIL-MGL													
GR-SZG														GR-SZG													
ST														ST													
AL														AL													
BAS														BAS													
Furkation														Furkation													
Beweglichkeit														Beweglichkeit													
18 17 16 15 14 13 12 11														21 22 23 24 25 26 27 28													
48 47 46 45 44 43 42 41														31 32 33 34 35 36 37 38													

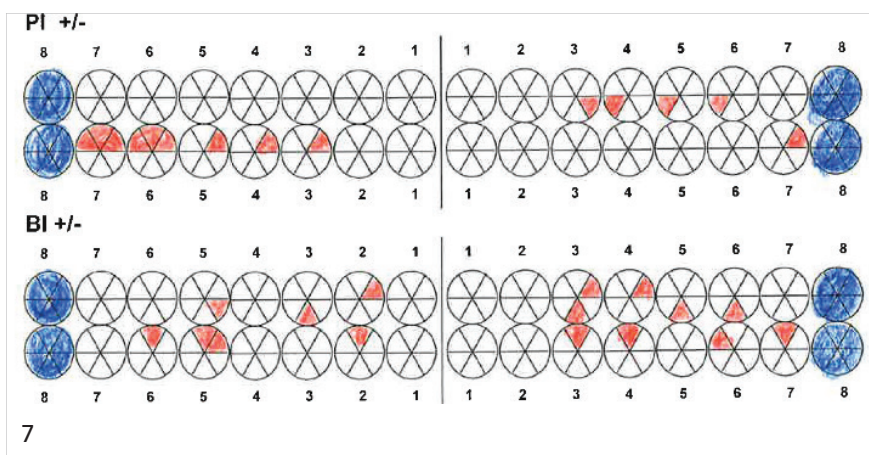


Abb. 6: Ausführlicher parodontaler Befund des Patienten aus Abb. 5. Hier liegen generalisiert erhöhte Sondierungstiefen von >6mm, Furkationsbefall >1, erhöhte Lockerungsgrade > Grad 0 sowie Bluten auf Sondieren und Entleerung von Pus an zahlreichen Zähnen vor. Die damalige Diagnose lautete generalisierte aggressive Parodontitis. Nach aktueller Klassifikation würde man von einer generalisierten Parodontitis Stadium 4, Grad C sprechen. – **Abb. 7:** Evaluation der Mundhygiene und der gingivalen Blutungsneigung mittels Plaque- und Blutungsindizes des Patienten aus Abb. 5. Im Vergleich zum Schweregrad der parodontalen Erkrankung wirkt die Mundhygiene gut. Dieses Missverhältnis wurde früher als Kriterium für die Diagnosestellung mit in Betracht gezogen. Das bedeutete, dass eine unzureichende Mundhygiene allein die Parodontitis nicht erklären konnte. Umso wichtiger sind eine zahnmedizinische Mundhygieneanamnese, die genaue Dokumentation und individualisierte Instruktion. In diesem Fall liegt vor allem in den Zahnzwischenräumen Optimierungspotenzial vor. Der Patient verwendete bereits eine elektrische Zahnbürste sowie Zahnzwischenraumbürstchen und Zahnseide. Da an den oralen und bukkalen Glattflächen bereits eine gute Reinigung erzielt wurde, sollte eine Verbesserung in den Zahnzwischenräumen durch die Anpassung der Größen der Interdentalraumbürstchen erzielt werden.

sind bislang unklar. Die Borsten von Schallzahnbürsten bewegen sich mit einer hohen Geschwindigkeit und können dadurch möglicherweise eine turbulente Bewe-

gung von Flüssigkeiten und/oder von eingeschlossenen Luftbläschen verursachen.⁴⁷ Daraus könnten hydrodynamische und thermodynamische Kräfte sowie

Schallwellen resultieren, die auf einen Biofilm einwirken und Energie übertragen könnten.^{48–51} Ist die übertragene Energie ausreichend, um die adhäsiven Kräfte innerhalb eines Biofilmes und/oder die kohäsiven Kräfte zwischen Biofilm und Substrat zu überwinden, kommt es zu einer Ablösung des gesamten Biofilmes oder einzelner Biofilm-assoziiierter Bakterien.⁴⁷ Die vorliegenden In-vitro-Untersuchungen haben nun gezeigt, dass insbesondere die Schwingungsfrequenz eine Rolle bei der Biofilmreduktion spielt.³⁹ Eine hohe Schwingungsfrequenz der Borstenbewegungen führt möglicherweise zu mehr Turbulenzen und Luftbläschen in einer Flüssigkeit und somit zu einer anderen Energieübertragung als eine niedrige Schwingungsfrequenz.

Der intraorale Biofilm, der sich in vivo als Plaque auf den Zähnen bildet, kann aus mehr als 700 Bakterienspezies bestehen.⁵² Diese bakterielle Vielfalt und die entsprechenden speziesübergreifenden Kommunikationen lassen sich in Laboruntersuchungen bisher nicht nachahmen. Der Multispeziesbiofilm der vorliegenden In-vitro-Untersuchungen bestand aus den Bakterienspezies *S. sanguinis*, *F. nucleatum* und *P. gingivalis*, die üblicherweise in reifer supragingivaler Plaque sowie bei Patienten mit fortgeschrittener Parodontitis nachweisbar sind.⁶ Inwiefern und ob die bakterielle Zusammensetzung eines Biofilmes möglicherweise auch die Biofilmreduktion durch Schallzahnbürsten beeinflusst, wurde bisher nicht untersucht.

Klinische Schlussfolgerungen

Robuste Evidenz aus aktuellen großen bevölkerungsbasierten Studien zeigt eine Überlegenheit der Effektivität elektrischer Zahnbürsten gegenüber Handzahnbürsten. Darüber hinaus legen systematische Übersichtsarbeiten und In-vitro-Studien einen zusätzlichen Effekt – die Putzwirkung auch ohne direkten Borstenkontakt durch unterschiedliche Strömungsphänomene – bestimmter elektrischer Zahnbürsten (Schallzahnbürsten) nahe. Laboruntersuchungen zeigen aber auch große Unterschiede der untersuchten Zahnbürsten hinsichtlich der Effektivität der Biofilmreduktion.

Das bedeutet, dass in der Klinik (Abb. 5–7) in aller Regel eine Empfehlung für elektrische Zahnbürsten und (!) geeignete Hilfsmittel für die Zahnzwischenraumpflege vorliegen sollte. Idealerweise handelt es sich dabei um Produkte, bei denen in entsprechenden unabhängigen Untersuchungen eine überzeugende Effektivität nachgewiesen wurde.

Anmerkung

Die Autoren haben keinen Interessenkonflikt. Die Forschung wurde zum Teil durch den Forschungsfond der Schweizerischen Zahnärzte-Gesellschaft SSO (264–12), den Forschungsfonds der Universität Basel (DZM 2051) sowie den DGPZM-CP GABA-Wissenschaftsfonds finanziell unterstützt.^{37–40} Die Titanplättchen wurden von Straumann AG (Basel, Schweiz) zur Verfügung gestellt.

Das vorliegende Manuskript stellt eine zusammenfassende Aktualisierung der folgenden Publikationen dar:

- Schmidt JC, Walter C (2014) Putzen ohne zu putzen? Hydrodynamische Effekte von Schallzahnbürsten. Parodontologie 25(1):23–29.
- Schmidt JC, Zaugg C, Weiger R, Walter C (2013) Brushing without brushing? – a review of the efficacy of powered toothbrushes in noncontact biofilm removal. Clin Oral Invest 17:687–709.
- Schmidt JC, Astasov-Frauenhoffer M, Hauser-Gerspach I, Schmidt JP, Waltimo T, Weiger R, Walter C (2014) Efficacy of various side-to-side toothbrushes for noncontact biofilm removal. Clin Oral Invest 18:793–800.
- Schmidt JC, Astasov-Frauenhoffer M, Waltimo T, Weiger R, Walter C (2017) Efficacy

of various side-to-side toothbrushes and impact of brushing parameters on noncontact biofilm removal in an interdental space model. Clin Oral Invest 21:1565–1577.

- Schmidt J, Astasov-Frauenhoffer M, Hauser-Gerspach I, Waltimo T, Weiger R, Walter C (2018) Influence of the oscillation frequency of different side-to-side toothbrushes on noncontact biofilm removal. Clin Oral Invest 22:2141–2147.
- Schmidt JC, Walter C: Putzen ohne zu putzen? – Hydrodynamische Effekte von Schallzahnbürsten. Ein Update. Parodontologie 2019, 117: 153–169.



PROF. DR. MED. DENT. CLEMENS WALTER

Abteilung für Parodontologie, Oralchirurgie und Orale Medizin
CharitéCentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Charité – Universitätsmedizin Berlin
Aßmannshäuserstraße 4–6
14197 Berlin
walter.clemens@yahoo.com

- Schmidt J, Astasov-Frauenhoffer M, Hauser-Gerspach I, Waltimo T, Weiger R, Walter C (2019) Influence of the amplitude of different side-to-side toothbrushes on noncontact biofilm removal. Clin Oral Invest 23:1951–1957.

Prof. Dr. Clemens Walter



Priv.-Doz. Dr. Julia C. Difloe-Geisert



Literatur



Zu den eFortbildungen der KZVB:
<https://www.kzvb.de/efortbildungen>



PRIV.-DOZ. DR. MED. DENT. JULIA C. DIFLOE-GEISERT

Zahngesundheit am Tegernsee
MVZ GmbH
Adelhofstraße 1
83684 Tegernsee

ANZEIGE



**DIE DB PRAXISBÖRSE –
IHR SCHLÜSSEL FÜR EINE
ERFOLGREICHE PRAXISSUCHE**

