

**Plaque- und Gingivitiskontrolle –
Vergleich einer Ultraschallzahnbürste mit einer Handzahnbürste**

**Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung eines Doktors der Zahnheilkunde
der
Universität Witten / Herdecke**

**Fakultät für Gesundheit
Department für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde**

vorgelegt von

Sigrun Charlotte Denda

aus Herten

2011

Dekan: Prof. Dr. Stefan Zimmer

Mentor: Prof. Dr. Dr. h.c. Peter Gängler

Tag der Disputation: 23.11.2011

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| 1 Einleitung..... | 5 |
| 2 Literaturübersicht..... | 7 |
| 2.1 Plaque | 7 |
| 2.2 Mundhygiene und Mundhygienemittel | 8 |
| 2.3 Zahnbürsten | 8 |
| 2.3.1 Handzahnbürsten | 8 |
| 2.3.2 Elektrische Zahnbürsten | 9 |
| 2.4 Entfernung oraler Biofilme mit versus ohne Bürstenkontakt | 13 |
| 2.5 Effekte von Ultraschallzahnbürsten auf supra- und subgingivale Plaque | 15 |
| 3 Material und Methode | 16 |
| 3.1 Auswahl der Probanden | 16 |
| 3.1.1 Alter der Probanden | 16 |
| 3.1.2 Voraussetzungen zur Teilnahme | 16 |
| 3.1.3 Studiendauer | 16 |
| 3.1.4 Probandenanzahl..... | 17 |
| 3.2 Probandenaufklärung..... | 17 |
| 3.3 Bewertungsmethoden | 17 |
| 3.3.1 Indizes..... | 18 |
| 3.3.2 Inhalt des Fragebogens | 23 |
| 3.4 Testzahnbürsten und Testzahnpaste | 24 |
| 3.4.1 Emmi®-dental Professional Ultraschallzahnbürste..... | 24 |
| 3.4.2 Ultraschall-Zahncremekonzentrat Emmi® dent..... | 27 |
| 3.4.3 Handzahnbürste Denttabs® | 28 |
| 3.4.4 Zahnputz-Tabletten Denttabs®..... | 31 |
| 3.4.5 Plaquerevelator Mira-2-Ton® Plaque-Färbelösung..... | 33 |
| 3.5 Studienablauf..... | 34 |
| 3.5.1 Studienprotokoll | 34 |
| 3.5.2 Ablauf der Studie | 35 |
| 3.6 Statistische Auswertungen | 37 |
| 4 Ergebnisse..... | 39 |
| 4.1 Gingivaindex | 39 |
| 4.2 Plaqueindex | 46 |

| | |
|---|-----|
| 4.3 Fragebogen | 75 |
| 4.3.1 Fragebogen Ultraschallzahnbürste..... | 76 |
| 4.3.2 Fragebogen Denttabs®/Zahnbürste | 79 |
| 5. Diskussion | 80 |
| 5.1 Studienprotokoll | 80 |
| 5.1.1 Cross-over-Design | 80 |
| 5.1.2 Anzahl der Probanden..... | 80 |
| 5.1.3 Auswahl der Probanden | 81 |
| 5.1.4 Studiendauer | 82 |
| 5.1.5 Professionelle Zahnreinigung und Mundhygienekarenz | 82 |
| 5.1.6 Studien-Zahnbürsten, -Zahnpasta und Zahnputztabletten | 83 |
| 5.1.7 Probandenunterweisung..... | 84 |
| 5.2 Gingivitiswerte | 85 |
| 5.3 Plaquewerte | 87 |
| 5.4 Einschätzung durch Probanden..... | 91 |
| 5.5 Zukünftige Studien | 91 |
| 6. Zusammenfassung | 93 |
| 7. Summary..... | 95 |
| 8. Literaturverzeichnis | 97 |
| 9. Anhang..... | 106 |
| 9.1 Anamnesebogen..... | 106 |
| 9.2 Einverständniserklärung | 107 |
| 9.3 Informationsblatt | 108 |
| 9.4 Anwendungsbogen Ultraschallzahnbürste | 110 |
| 9.5 Anwendungsbogen manuelle Zahnbürste | 111 |
| 9.6 Putzschema | 112 |
| 9.7 Fragebogen Ultraschallzahnbürste..... | 114 |
| 9.8 Fragebogen manuelle Zahnbürste..... | 115 |
| 10. Danksagung | 117 |
| 11. Lebenslauf..... | 118 |
| 12. Eidesstattliche Erklärung | 121 |

1 Einleitung

Die Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie DMS IV (Micheelis und Schiffner 2006) zeigte bei Erwachsenen und Senioren eine fast stagnierende Karieserfahrung sowie eine deutliche Zunahme von mittelschweren und schweren Parodontalerkrankungen. Zwar konnte eine Rückläufigkeit von Zahnverlusten verzeichnet werden, allerdings brachte diese in beiden Altersgruppen einen starken Anstieg der Wurzelkaries mit sich. Das aktive Mundgesundheitsverhalten hat sich in Deutschland in den letzten Jahren verbessert: 72,8 % der Erwachsenen und 60,6 % der Senioren geben an, täglich zweimal die Zähne zu putzen, und mehr als zwei Drittel der Befragten in allen Altersgruppen sind überzeugt, dass man selbst „viel“ bzw. „sehr viel“ zur Erhaltung seiner Mundgesundheit beitragen könne. Im Kontrast hierzu steht allerdings der jährliche Pro-Kopf-Zahnpastenverbrauch in Deutschland, der nur 54 % der empfohlenen notwendigen Mindestmenge von 628 ml erreicht (Staehele 2004).

Wenn man davon ausgeht, dass pro Putzvorgang mindestens 1 g benötigt wird, ergibt sich für ein zweimaliges tägliches Zähneputzen – wie es die American Dental Association (2011) sowie Addy und Adriaens (1998) empfehlen – ein Jahresbedarf von 730 g. Aus Markterhebungen aus den Jahren 2002 bzw. 2003 (Quelle: GABA 2002; Oral B 2003) ergibt sich für Deutschland ein durchschnittlicher Verbrauch von 341 ml, was bei ca. 0,785 ml/g rund 434 g entspricht. Folglich werden nur ca. 60 % der empfohlenen Putzfrequenz erreicht. Somit wird in Deutschland im Schnitt 1,2-mal täglich geputzt.

Der jährliche Pro-Kopf-Verbrauch von Handzahnbürsten in Deutschland liegt laut einer Umfrage bei 1,9 bis 2,2 Stück (Quelle: GABA 2002; Oral B 2003), und der Pro-Kopf-Verbrauch von Bürstenköpfen für maschinell betriebene Zahnbürsten beträgt in Deutschland 0,26. Zusammenfassend bedeutet dies, dass eine Zahnbürste in Deutschland durchschnittlich für eine Dauer von sechs Monaten benutzt wird. Rechnet man hier noch den Verbrauch von elektrischen Zahnbürsten hinzu, ergeben sich keine wesentlichen Veränderungen an dieser Feststellung. Insgesamt ist der Verbrauch von Zahnbürsten in Deutschland also deutlich zu gering. Trotz verzeichneter Verbesserung des aktiven Mundgesundheitsverhaltens ist eine weitere Verbesserung, besonders auch durch die Entwicklung von Produkten, die die Mundhygiene erleichtern, erstrebenswert.

Ende der 1960er Jahre kamen die ersten Modelle elektrischer Zahnbürsten auf den Markt, welche die Mundhygiene einfacher und effektiver gestalten sollten. Diese Zahnbürsten erwiesen sich hinsichtlich ihrer Funktion als effektiv, einfach anzuwenden und sogar der Handzahnbürste mindestens ebenbürtig. Die weiterentwickelten rotierend-oszillierenden Bürstensysteme und Schallzahnbürsten reinigen den Zahnfleischrand und Approximalraum

gut. Neben der Plaqueentfernung wurde auch eine Reduktion der Gingivitis festgestellt (Cochrane Review: 2005 Robinson et al.).

Eine Studie von Terezhalmly et al. (1995) mit der Schall-/Ultraschallzahnbürste UltraSonex Ultima® konnte kurzfristig keine bessere Plaquekontrolle als mit einer Handzahnbürste verzeichnen. Nach drei Monaten waren die Gingivaindex-Werte leicht besser. Danach waren Plaque- und Gingivaindex-Werte wieder gleich. Im Gegensatz hierzu bestätigte eine spätere Untersuchung von Forgas-Brockmann et al. (1998) die Fähigkeit dieser Schall-/Ultraschallzahnbürste (UltraSonex Ultima®, Salton-Maxim, Columbia-USA), Plaque zu entfernen und Entzündungen zu reduzieren. Zimmer et al. (2002) fanden eine leicht bessere Plaqueentfernung mit dieser Schall-/Ultraschallzahnbürste (UltraSonex Ultima®) im Vergleich zu einer konventionellen manuellen Zahnbürste bei Patienten ohne Parodontalerkrankungen.

Eine neuere Studie ergab, dass auch eine Entfernung von Plaque mittels Ultraschallzahnbürste, bei der kein direkter Kontakt zwischen Bürste und Zahnoberfläche besteht, möglich ist. Bis zu 80 % des Biofilms können so entfernt werden (Busscher et al. 2010). Die Autoren vermuteten allerdings, dass eine noch effizientere Reinigung durch eine Verbesserung der Zahnpasta als Leitmedium erzielt werden kann. Weitere Untersuchungen sollten hierzu laut Studie noch erfolgen.

Nach dem Cochrane Review von 2005 (Robinson et al.) – mit drei eingeschlossenen Studien, die Schall-/Ultraschallzahnbürsten zum Untersuchungsgegenstand hatten – ist im Cochrane Review 2010 (Deacon et al.) nur eine entsprechende Studie dazugekommen. Deren Datenlage der Schall-/Ultraschallzahnbürste bei kieferorthopädischen Patienten zeigte vergleichbare Plaquewerte mit einer multidimensionalen elektrischen Zahnbürste (Costa et al. 2007).

Die in diesen Metaanalysen (Cochrane Review 2005: Robinson et al.; Cochrane Review 2010: Deacon et al.) eingeschlossenen Studien zu Ultraschallzahnbürsten berücksichtigten bisher immer nur kombinierte Schall-/Ultraschall-Modelle. Es war deshalb das Ziel der vorliegenden Studie, erstmalig eine – nach Herstellerangaben – ausschließlich Ultraschall-aktivierte elektrische Zahnbürste (powered toothbrush) im Vergleich zu einer schonenden und abrasionsarmen Handzahnbürste zu testen.

In einem Cross-over-Studienprotokoll sollte für beide Zahnbürsten die Effektivität der Plaquekontrolle zusammen mit den Gingivitis-Werten verglichen werden. Ziel der Studie war die Plaque-Reduktion und Gingivitiskontrolle bei informierten Probanden mit Einverständniserklärung. Deshalb wurde die Plaque-Planimetrie verblindet erhoben und ebenso verblindet statistisch weiterverarbeitet, um Ergebnisverfälschungen auszuschließen.

2 Literaturübersicht

2.1 Plaque

Die unterschiedlichen komplexen Biofilme der Mundhöhle einschließlich der Zahnplaque übernehmen bei der Auslösung und Aufrechterhaltung der lokalen und systemischen Immunität eine wichtige Rolle. Es handelt sich um ein Gleichgewicht zwischen einem komplexen physikochemischen Mechanismus zur Adhärenz und adäquaten Mitteln der Wirtsabwehr.

Nach der Geburt beginnt die Primärbesiedelung der Mundhöhle mit Keimen der Streptokokken-Gruppe wie *Streptococcus salivarius*, *Streptococcus mitis* und *Streptococcus oralis*, denen gramnegative Anaerobier folgen. Mit dem Durchbruch des ersten Zahns entstehen fortan unikale Bedingungen für die Bildung eines spezifischen Biofilms.

Das bakterielle Adhärenzvermögen ist das wichtigste Charakteristikum der oralen Biofilmbildung. Die Polysaccharid-Glykokalix der Streptokokken, wie vor allem *Streptococcus mutans* und *Streptococcus sobrinus*, gilt hier als Initialmechanismus der Adhärenz. In ihr und auch in den bis zu 20 nm langen Pili sind Adhäsine lokalisiert, die für die eigentliche Bindung der Bakterien an die Pellikel der Zahnoberfläche verantwortlich sind. Das höchste Adhärenzvermögen zur Zahnoberfläche hat *Streptococcus sanguis*, der als Pionierkeim der frühen Besiedelungsphase gilt (Gängler 2010).

Die Bakterienmasse nimmt durch Produktion dieser extrazellulären Polysaccharide, an deren dreidimensionalem Netzwerk gramnegative Kokken wie *Neisseriae* und Stäbchen anheften, schnell zu. Das Dickenwachstum der Plaque bedingt einen Sauerstoffgradienten bis hin zu vollständig anaeroben Bedingungen, welches in einem unterschiedlichen Wachstum verschiedener Spezies resultiert und zu einem zunehmend heterogenen und komplexen Ökosystem führt. Lokale Rahmenbedingungen, wie die Verfügbarkeit von Nährstoffen, das Vorhandensein von Fluoriden und der Schutz vor Abwischen, beeinflussen und verändern die Plaqueentwicklung (Dörfer 2010). Dabei ist der Übergang von einem physiologischen Biofilm mit eubiotischen Verhältnissen zur pathogenen Plaquekariesflora mit dysbiotischen Verhältnissen fließend (Gängler 2010).

Veränderungen des Biofilms und der lokalen Abwehr führen zur Auslösung einer Präkaries oder schließlich einer manifesten Karies einerseits oder/und einer initialen und später manifesten Gingivitis andererseits.

Die wichtigsten die Pathogenität der Plaque bestimmenden Faktoren sind die Mineralisationsfaktoren. Ihnen kommt eine „Schlüsselbedeutung beim Umschlag einer

maturierten Plaque in eine kariesauslösende Plaque zu“ (Gängler 2010). Sie bestimmen, wann und wie gegebenenfalls ein Mineralisationsungleichgewicht vorliegt und eine kariöse Läsion in ihren unterschiedlichen Ausprägungen entstehen kann.

Orland et al. (1954) bewiesen, dass keimfrei gehaltene Ratten trotz kariogener Nahrung keine Karies entwickelten. Das gezielte Einbringen von Enterokokken und Stäbchen führte dann zur Entstehung von Karies an den Rattenzähnen.

Ausschlaggebend für die Entstehung einer Karies durch Plaquebakterien ist die Säureproduktion, vor allem Laktat, durch die Aufspaltung von Mono- und Disacchariden. Besonders Streptokokken und Actinomyzeten decken so ihren Energiebedarf.

Lange Zeit nach den Entdeckungen der Orland-Gruppe (1954) gelang erst 1965 durch Loe et al. die Erkenntnis des pathogenen Potentials des maturierten Biofilms der Zahnplaque. Durch Mundhygienekarenz von vier bis 21 Tagen führte die Plaquebesiedelung zu einer klinisch und histologisch eindeutigen Entzündungsreaktion auf die veränderte Plaqueflora (Gängler et al. 2010).

2.2 Mundhygiene und Mundhygienemittel

Zur Prophylaxe von Karies, Gingivitis und Parodontitis ist die regelmäßige und systematische Entfernung von Plaque erforderlich. Die Zahnreinigung sollte deshalb mindestens zweimal täglich erfolgen. Manuelle oder elektrische Zahnbürsten mit abgerundeten Borstenenden und kleinem Bürstenkopf sowie fluoridhaltige Zahnpasta stellen die Grundvoraussetzungen zur Zahnreinigung dar (DGZMK 9/1995).

2.3 Zahnbürsten

2.3.1 Handzahnbürsten

Handzahnbürsten liegen heute mit unterschiedlichen Bürstenkonfigurationen in den Stärken „weich“, „mittel“ und „hart“ vor. Die Borstenenden sind abgerundet oder laufen konisch dünn aus. Konische Filamente sind für die Zähne non-abrasiv (Elmex®: GABA GmbH, Lörrach-D; Denttabs®: Innovative Zahnpflegegesellschaft mbH, Berlin-D) und mit entsprechender Zahnpasta oder Zahnputztabletten ausgesprochen zahnschonend.

Nach heutiger Sicht werden allgemein Kurzkopfzahnbürsten mit einem planen Borstenfeld, dichtem Besatz und parallel angeordneten, mittelharten Nylonfilamenten empfohlen. Das

Borstenfeld passt sich bei korrekter Angulation zur Zahnoberfläche und mit seitlichem Andruck am Gingivalsaum der vestibulären und oralen Zahnoberflächen an und ist universell einsetzbar.

Ein Nachteil der Standardzahnbürste ist die gegenseitige Behinderung der gleich langen Filamente bei dem Eindringen in enge Fissuren und Approximalräume (Dörfer 2010). Moderne Handzahnbürsten mit kreuzartig verlaufenden Borstenbüscheln scheinen bezüglich der Plaqueentfernung eine geringfügig bessere Reinigungsleistung zu bieten als konventionelle Handzahnbürsten (Dörfer 2002).

2.3.2 Elektrische Zahnbürsten

Je nach Bewegungsmuster können elektrische Zahnbürsten in sieben unterschiedliche Gruppen eingeteilt werden (Cochrane Review 2010: Deacon et al.):

- a) Seitwärtsbewegungen: Der Bürstenkopf bewegt sich lateral von einer zur anderen Seite.
- b) Konter-Oszillation: Benachbarte Borstenbüschel von gewöhnlich sechs bis acht Borsten pro Büschel rotieren unabhängig voneinander in die eine und anschließend in die andere Richtung. Dabei rotieren benachbarte Büschel immer in entgegengesetzter Richtung zum anderen Büschel.
- c) Rotation-Oszillation: Der Bürstenkopf rotiert in die eine und dann in die andere Richtung.
- d) Kreisbewegungen: Der Bürstenkopf dreht sich nur in eine Richtung.
- e) Ultraschall: Die Borsten vibrieren mit einer Frequenz von > 20 kHz.
- f) Ionisch: Die Bürste übermittelt eine elektrische Ladung auf die Zahnoberfläche, um dadurch die Haftung des dentalen Plaquefilms zu zerstören und ihn zu zerreißen. Die Polarität der Zahnoberfläche wird geändert, um dadurch die Plaque vom Zahn Richtung Borsten zu leiten. Diese Bürsten haben keine angetriebene mechanische Bewegung/Borstenaktivität.
- g) Multidimensional: Eine Bürste, die mehr als ein Bewegungsmuster ausübt. Solche Zahnbürsten üben in der Regel zwei der oben genannten Bewegungsmuster aus.

2.3.2.1 Elektrische Zahnbürsten mit Lateralbewegungen

Für diese Art der Bürsten lassen sich als Beispiel die Philips Sonicare und Sonicare Elite (Philips GmbH, Hamburg-D) anführen. Bei einem Vergleich von verschiedenen Studien (Cochrane Review 2005: Robinson et al.) konnte bei keiner der insgesamt acht verglichenen Studien (Glass 1965; Ho und Niederman 1997; Johnson und McInnes 1994; Lobene 1964a; O'Beirne et al. 1996; Tritten und Armitage 1996; Walsh et al. 1989; Yankell und Emling 1997) ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den untersuchten Zahnbürsten mit Seitwärtsbewegung und einer Handzahnbürste hinsichtlich Plaqueentfernung und Gingivitisreduktion nachgewiesen werden.

Auch die Studien von Khocht et al. (1992) und Shibly et al. (1997), die die Reduktion von Plaque und Gingivitis einer Zahnbürste mit Seitwärtsbewegungen der einer Bürste mit Konter-Oszillation gegenüberstellten, konnten keine signifikanten Unterschiede feststellen (Cochrane Review 2010: Deacon et al).

Rotierend-oszillierende Zahnbürsten erzielten jedoch in einem Vergleich von fünf unterschiedlichen Studien (Grossman et al. 1995; Hefti und Stone 2000; Isaacs et al. 1998; Robinson et al. 1997; Yankell und Emling 1997) in einem Studienzeitraum von ein bis drei Monaten eine effizientere Plaqueentfernung als Zahnbürsten mit Lateralbewegungen der Borsten (Cochrane Review 2010: Deacon et al.).

2.3.2.2 Elektrische Zahnbürsten mit Konter-Oszillation

Ein Beispiel ist hier die Interplak Zahnbürste (Interplak Conair Corporation, Stamford-USA) Im Cochrane Review 2005 (Robinson et al.) wurden insgesamt fünf Studien mit Daten von 224 Probanden verglichen. Ein statistisch signifikanter Unterschied in der Plaqueentfernung oder der Reduktion einer Gingivitis gegenüber einer Handzahnbürste konnte nicht festgestellt werden.

Bei längerfristigem Gebrauch der elektrischen Zahnbürste konnte allerdings im Vergleich zur Handzahnbürste eine größere Plaquereduktion nachgewiesen werden. Eine Cross-over-Studie von Trimpeneers et. al (1997) verglich Zahnbürsten mit Konter-Oszillation und Rotations-Oszillation. Es konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die Autoren berichteten allerdings von einer deutlichen Verbesserung der Gingiva-und Plaqueindex-Werte nach zwei Monaten bei der Anwendung einer Konter-Oszillations-Zahnbürste im Vergleich zu einer Zahnbürste mit einer kreisförmigen Bürstenkopfbewegung.

2.3.2.3 Rotierend-oszillierende Elektrozahnbürsten

Bei einer rotierend-oszillierende Zahnbürste bewegt sich der Bürstenkopf, anders als bei üblichen elektrischen Zahnbürsten mit kreisförmigen Bewegungen oder Seitwärtsbewegungen, erst in die eine und dann in die andere Richtung. Zahnbürsten mit einer rotierend-oszillierenden Bewegung entfernen statistisch signifikant besser Plaque und reduzieren eine Gingivitis mehr als eine Handzahnbürste (Cochrane Review 2005: Robinson et al.). Beispiele sind die Zahnbürstentypen Braun Oral B D9, D7, D5, D3, D17 (Oral B Braun AG, Kronberg-D).

Yankell und Emling (1997) fanden keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Plaqueentfernung zwischen einer rotierend-oszillierenden Zahnbürste und einer Zahnbürste mit kreisförmiger Bürstenkopfbewegung bei 64 Probanden in einem Anwendungszeitraum von einem Monat. Dagegen konnte ein Rückgang der Gingivitis bei der Zahnbürste mit kreisförmigem Bewegungsmuster festgestellt werden (Cochrane Review 2010: Deacon et al.). Insgesamt kann eine rotierend-oszillierende Zahnbürste nicht als effektiver angesehen werden als andere elektrische Zahnbürsten, da bislang immer nur indirekte Vergleiche unter den einzelnen Modellen möglich waren (Cochrane Review 2010: Deacon et al.). Indirekte Vergleiche sind immer beeinflusst und verzerrt (Glenny et al. 2005).

2.3.2.4 Schallzahnbürsten

Schallzahnbürsten werden elektromagnetisch angetrieben. Eine Magnetspule im Inneren des Handstücks erzeugt hierfür ein permanent wechselndes Magnetfeld. Das sich ständig ändernde Feld versetzt Magneten an der Unterseite des Bürstenkopfes in Schwingungen mit einer Frequenz von ca. 500 Hz. Hierdurch werden seitliche elliptische Bewegungen des Bürstenkopfes ausgeübt. In einer Langzeitstudie von sechs Monaten zeigten Robinson et al. (1997) bei einem Vergleich der Sonicare Schallzahnbürste (Philips GmbH, Hamburg-D) gegenüber einer oszillierend-rotierenden Zahnbürste (Braun Oral B) eine deutliche Verringerung gingivaler Entzündungen durch die Anwendung der Schallzahnbürste.

Im Vergleich mit einer Handzahnbürste war die Plaqueentfernung der Sonicare genauso gut oder besser (Tritten und Armitage 1996). Ho und Niederman (1997) untersuchten in einer vierwöchigen Studie an Jugendlichen im Alter von elf bis 17 Jahren die Effektivität der Sonicare und einer Handzahnbürste auf eine Reduktion von Plaque, Gingivitis, Sondierungstiefen der Taschen und subgingivale Bakterien während einer orthodontischen Therapie. Die Ergebnisse zeigten eine signifikant bessere Plaquereduktion von 57 % der Sonicare gegenüber 10 % der Handzahnbürste. Der Gingivaindex-Wert fiel um 29 % in der Schall-Zahnbürstengruppe und nur 3 % in der Handzahnbürstengruppe. Es konnte eine

deutliche Reduktion der Blutungen beim Sondieren sowie eine messbare Reduktion der gram-negativen Keime bei den Probanden in der Sonicare Gruppe verzeichnet werden. Eine Studie von O'Beirne et al. (1996) zeigte bei dem Vergleich einer Handzahnbürste gegenüber einer Schallzahnbürste bei Patienten mit einer moderaten Parodontitis eine größere Verbesserung der klinischen Parameter wie Gingivaindex, Blutungsindex und Sondierungstiefen bei den Probanden, die die Schallzahnbürste verwendeten.

2.3.2.5 Ultraschallzahnbürsten

Ultraschallzahnbürsten üben Bewegungen in einem Bereich von 18 KHz bis 1,6 MHz (emmi®-dental Professional) aus. In den letzten Jahren wurden verschiedene Ultraschallzahnbürsten hinsichtlich ihrer Effektivität in der Plaqueentfernung und damit auch der Reduktion einer Gingivitis untersucht. Ein Beispiel ist hier die UltraSonex Ultima®. Diese elektrische Zahnbürste kombiniert Schallwellen (300 Hz) und Ultraschallwellen (1,6 MHz) miteinander. Der Hersteller verspricht, dass die Ultraschallwellen, subgingival weitergeleitet, adhärenente bakterielle Plaque entfernen, bakterielles Wachstum hemmen und dadurch eine signifikante Reduktion einer Entzündung hervorrufen können. Terezhalmly et al. (1995) und Zimmer et al. (2002) konnten bei dieser Zahnbürste eine bessere Plaqueentfernung und Reduktion einer Gingivitis nachweisen als mit einer Handzahnbürste.

Zimmer et al. (2002) untersuchten insgesamt 64 Probanden in einem Zeitraum von acht Wochen, wobei – anders als in früheren Studien (Zimmer et al. 1999a, 1999b, 2000) – das Parallel-Design angewandt wurde. Die Plaqueindex-Werte (PI) und Gingivaindex-Werte (PBI) waren bei der UltraSonex Ultima®-Gruppe um fast 50 % geringer als bei der Gruppe, welche die Handzahnbürste benutzte. In der Plaqueentfernung und Prävention einer Gingivitis war diese Zahnbürste effizienter als die Handzahnbürste. Forgas-Brockmann et al. (1998) untersuchten ebenfalls die UltraSonex Ultima® im Vergleich zu einer Handzahnbürste, aber an 62 erwachsenen Probanden mit ausgeprägter Gingivitis. Ein Plaqueindex-Wert von 2,0 nach Turesky und ein Blutungsindex von 50 % nach Eastman waren unter anderem die Auswahlkriterien der Probanden. Bei beiden Zahnbürsten zeigte sich eine deutliche Reduktion der Gingivitis sowie die Fähigkeit, Plaque zu reduzieren. Im Gegensatz zu dieser Studie konnten in einer ähnlichen Studie mit ebenfalls 30-tägiger Dauer von Terezhalmly et al. (1994) keine statistisch oder klinisch signifikanten Unterschiede in der Reduktion von gingivalen Entzündungen oder Blutungen durch die Ultraschallzahnbürste gegenüber einer Handzahnbürste festgestellt werden. Costa et al. (2007) verglichen die Schall-/Ultraschallzahnbürste mit einer multidimensionalen elektrischen Zahnbürste und mit einer Handzahnbürste bei Patienten mit kieferorthopädischer Bracket-Behandlung, ohne Unterschiede in der Effektivität der Bakterienreduktion festgestellt zu haben.

Ein weiteres Beispiel stellt die Ultreo® (Ultreo, Inc., Redmond-USA) dar. Sie kombiniert nach Herstellerangaben Schall-Technologie der oszillierenden Borsten mit einer normalen

Schall-Frequenz mit nicht näher bezeichnetem Ultraschall. Ein Energieumwandler bzw. Wellenleiter (Patented Ultrasound Waveguide) in der Mitte des Bürstenkopfes sorgt, laut Angaben des Herstellers, zusammen mit den schallaktivierten Borsten für die Einschleusung der Ultraschallenergie in kleinste Mikroböhlen, die die Zahnoberfläche reinigen. Während der Zahnreinigung soll laut Hersteller darauf geachtet werden, einen leichten Druck mit den Borsten auf die Zahnoberfläche auszuüben, den Wellenleiter in der Mitte des Bürstenkopfes allerdings nicht auf den Zahn zu drücken. Als Übertragungsmedium soll sich möglichst viel Flüssigkeit während des Putzens um den Zahn befinden. Eine Studie von He et al. (2008) zeigte im Vergleich der Ultreo® mit einer rotierend-oszillierenden Zahnbürste (Oral B Triumph Professional Care 9000, Oral B, Kronberg-D) eine statistisch signifikant bessere Plaqueentfernung der Oral B von 23,9 %. Die Autoren wendeten die Ultreo® des Weiteren als manuelle Handzahnbürste an (power off) und erzielten eine weitaus höhere Plaqueentfernung als bei eingeschalteter Zahnbürste und dem empfohlenen Putzmuster des Herstellers.

2.4 Entfernung oraler Biofilme mit versus ohne Bürstenkontakt

Die Zahnbürste ist das meist verwendete Hilfsmittel zur Entfernung von Plaque, obwohl sie nur mäßige Ergebnisse in Interdentalbereichen und am Marginalsaum erzielt (Fischman 1997). Verschiedenste Entwicklungen und Änderungen des Zahnbürstendesigns sollten diese Schwierigkeiten verbessern (Stanford et al. 1997). Dabei ist der möglichst intensive Bürstenkontakt gesucht.

Die Markteinführung der ersten elektrischen Zahnbürsten mit seitwärts-schwenkendem Bewegungsmuster fand in den frühen 1960er Jahren in den USA statt (Chilton et al. 1962a; Elliot 1963). Broxodent war die nach dem zweiten Weltkrieg weltweit meistverkaufte elektrische Zahnbürste mit raschen Wischbewegungen, sie ist nicht mehr auf dem Markt. Zu der ersten Generation zählten im Jahr 1964 über 40 verschiedene Modellarten mit vibrierenden oder rotierenden Bewegungen des Bürstenkopfes.

Die zweite Generation der elektrischen Zahnbürsten – mit rundem kurzen Kopf und rotierend-oszillierendem Bewegungsmuster – wurde 1985 eingeführt. Hierzu zählten die gegenläufig-oszillierende Interplak und die Kreisbewegung ausführende Rotadent (ProDentec) (Kielbassa und Derdilopoulou 2006). Die heute auf dem Markt befindlichen rotierend-oszillierenden Rundkopfbürsten wurden nach der Markteinführung von Oral B 1991 stetig weiterentwickelt. Ein externes Display (Oral-B Triumph mit SmartGuide) und später eine visuelle Andruckkontrolle (Oral-B Professional Care Linie) sind hinzugekommen. Auch für die ersten beiden Generationen elektrischer Zahnbürsten ist der direkte Bürstenkontakt mit den Zähnen oberstes Ziel.

Die dritte Generation der elektrischen Zahnbürsten wurde 1993 erstmals vorgestellt. Zu den ersten dieser schallaktiven Bürsten zählten die Philips Sonicare und die Rowenta Dentasonic (Rowenta GmbH, Offenbach am Main-D). Später folgten Ultraschallzahnbürsten wie die Ultreo® oder UltraSonex Ultima®. Ziel der Kombination Schall-aktivierter und Schall-/Ultraschall-aktivierter elektrischer Zahnbürsten war es durch Mikrobläschen auch subgingival bakterielle Plaque zu reduzieren, bakterielles Wachstum zu hemmen und die Zahnoberfläche an schwer zugänglichen Stellen reinigen zu reinigen.

Busscher et al. (2010) untersuchten deshalb die Entfernung von Plaque ohne direkten Bürstenkontakt an einem 16 Stunden alten Biofilm durch verschiedene Schallzahnbürsten und rotierend-oszillierende Zahnbürsten. Es wurde ein Abstand der Borsten zur Plaque von 1 mm bis zu 6 mm eingehalten. Für die Studie wurden zwei früh-kolonisierende Bakterienstämme ausgesucht: *Streptococcus oralis* und *Actinomyces naeslundii*. Beide Zahnbürstentypen – die rotierend-oszillierenden und die Schallzahnbürsten – riefen Strömungen der Flüssigkeiten und den Einschluss von Mikrobläschen hervor. Die Energieübertragung ohne Kontakt der Bürsten nahm mit der zunehmenden Entfernung beider Zahnbürstentypen ab. Wenn die Energie durch den Biofilm absorbiert wird, expandiert der visko-elastische Biofilm zunächst. Erfolgt die Deformation über die Dehnungsgrenze hinaus, wird der Biofilm gelöst und entfernt. Entfernt man die Zahnbürste zu weit vom Biofilm und die absorbierte Energie bleibt im plastischen Bereich, aber geht nicht über die Dehnungsgrenze hinaus, so expandiert zwar der Biofilm, eine Ablösung erfolgt aber nicht (Busscher et al., 2010). Alle Bürsten entfernten bei einem Abstand der Borsten von 1 mm zum Biofilm zwischen 60 und 78 % des Biofilms. Selbst bei einem Abstand von 6 mm konnte die S18 Sonic Complete (Oral B Braun AG, Kronberg-D) 40 % des Biofilms entfernen, die D18 Professional Care mit EB18 Pro White Bürstenkopf (Oral B Braun AG, Kronberg-D) sowie die Panasonic EW 1045 (Panasonic GmbH, Hamburg-D) konnten jeweils 31 % des Biofilms entfernen.

Eine Studie von Adams et al. (2002) untersuchte ebenfalls die Entfernung eines Biofilms ohne direkten Kontakt der Borsten. Es wurde hier die Sonicare Elite, eine Schallzahnbürste mit rotierender Seitwärtsbewegung zur Reinigung simulierter Approximalbereiche, verwendet. Der große Unterschied zur oben beschriebenen Studie bestand aber darin, dass nur ein Bakterienstamm (*Streptococcus mutans*) verwendet wurde. Die Sonicare Elite entfernte bei einem Abstand von 0-5 mm der Borsten zum Biofilm 57 %, und bei einem Abstand von 10-15 mm konnten 43 % des Biofilms entfernt werden. In beiden Studien wurde keine Zahnpasta verwendet.

Busscher et al. (2010) vermuteten, dass die klinische Anwendung einer handelsüblichen Zahnpasta den Energietransfer abschwächen könne und die damaligen erhältlichen Zahnpasten nicht entwickelt wurden, um die Ablösung eines oralen Biofilms ohne direkten Kontakt optimal zu unterstützen. Eine optimierte Zahnpasta, die die Schallenergie direkt von

der Bürste auf den Biofilm transferiert, könne zu einer erhöhten Entfernung des Biofilms beitragen.

Biesbrock et al. (2008) untersuchten anhand der Ultreo® das non-contact-brushing, durchgeführt von einer Dentalhygienikerin. Die Zahnbürste wurde dabei zwei Minuten lang in einem Abstand von drei Millimetern über der Zahnoberfläche gehalten. Die Ergebnisse der Plaqueentfernung waren dabei aber signifikant schlechter als bei einem Kontakt der Borsten mit der Zahnoberfläche.

2.5 Effekte von Ultraschallzahnbürsten auf supra- und subgingivale Plaque

Costa et al. (2010) untersuchten an 21 Patienten mit festen orthodontischen Apparaturen den Effekt der supragingivalen Plaqueentfernung einer Handzahnbürste, einer Schallzahnbürste und einer Ultraschallzahnbürste auf die Zusammensetzung der subgingivalen Plaque. Die Quantität von insgesamt 22 Bakterienspezies wurde bestimmt. Die Autoren entnahmen Proben der subgingivalen Plaque von behandelten Molaren vor und nach einer Zahnputzperiode von insgesamt 30 Tagen. Eine Washout-Phase von 14 Tagen zwischen den einzelnen Zahnbürsten wurde eingehalten. Alle verwendeten Zahnbürstentypen reduzierten die Bakterienzahl. Insgesamt konnten bei den mikrobiologischen Parametern zwischen den getesteten Zahnbürsten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

3 Material und Methode

Die vorliegende Studie (Antrag Nr. 35/2010) lag der Ethik-Kommission der Universität Witten/Herdecke zur Beratung vor. Ethische oder datenschutzrechtliche Bedenken bestanden nicht, somit wurde der Antrag am 17.06.2010 freigegeben. Die erhobenen Daten wurden in anonymisierter Form ausgewertet. Als Vergütung erhielt jeder Proband am Ende der Studie ein Entgelt von 100,00 Euro. Die im Rahmen der Studie überlassenen Produkte durften die Probanden ohne weitere Kosten behalten.

3.1 Auswahl der Probanden

3.1.1 Alter der Probanden

Um eine homogene Altersgruppe mit vergleichbaren Dentitionsverhältnissen zu erzielen, wurde das Alter der Probanden auf 20 bis 34 Jahre festgelegt.

3.1.2 Voraussetzungen zur Teilnahme

Um zu der Studie zugelassen zu werden erfüllten die Teilnehmer folgende Voraussetzungen:

- a) oraler Befund
 - mindestens 26-28 Zähne
 - keine orthodontischen Apparaturen

- b) allgemeiner Gesundheitszustand
 - keine den oralen Befund beeinflussenden systemischen Erkrankungen
 - keine Einnahme von Antibiotika
 - keine Gravidität

- c) Sonstiges
 - keine Teilnahme an einer anderen Studie innerhalb des letzten Monats
 - keine physische Beschränkung, die ein adäquates Zähneputzen verhindert

3.1.3 Studiendauer

Analog zur Empfehlung der Cochrane Metaanalytik wurde die Dauer der Cross-over-Studie auf zweimal 28 Tage festgelegt (Robinson et al.2005; Deacon et al.2010).

3.1.4 Probandenanzahl

Es wurde eine Probandenanzahl von 16 Studienteilnehmern entsprechend dem Vorgehen bei Plaque-Planimetrie-Untersuchungen festgelegt, um statistisch auswertbare Ergebnisse zu erreichen.

3.2 Probandenaufklärung

An die Probanden wurde ein Informationsblatt (siehe Abschnitt 9.3 Informationsblatt) ausgeteilt, das über die Absicht und die Vorgehensweise der Studie aufklärt. Bestehende Fragen der Probanden konnten sofort geklärt werden.

Eine schriftliche Einverständniserklärung wurde dokumentiert (siehe Abschnitt 9.2 Einverständniserklärung). Die Probanden konnten jederzeit ohne Angaben von Gründen die Studie abbrechen.

3.3 Bewertungsmethoden

Die Aufnahme der Werte des Probanden erfolgte anhand der vorbereiteten Befundungskriterien (siehe Abschnitt 3.1.2 Voraussetzungen zur Teilnahme).

Es wurden zwei Indizes zur Kontrolle des Plaquebefalls und der gingivalen Verhältnisse angewendet:

- a) der Gingivaindex GI (Löe und Silness 1963)
- b) der modifizierte Navy-Plaque-Index (Mod. nach Claydon und Addy 1995) in der Modifikation nach Lang et al. (2011)

Zu Beginn der Studie wurden Gingivaindex-Werte und Plaqueindex-Werte (Prebrush-Werte) erhoben. Diese erfolgten nach einer dreitägigen Mundhygienekarenz. Als erstes wurde der Gingivaindex GI nach Löe und Silness visuell ermittelt.

Die Evaluation der Prebrush-Plaqueindex-Werte erfolgte mit einer Revelatorlösung Mira-2-Ton® (Hager & Werken, Duisburg-D), mit welcher die Zähne angefärbt wurden. Durch das Betupfen der zuvor mit dem Luftbläser getrockneten Zähne mit einem durchtränkten Schaumstoffpellet färben sich ältere, d.h. über 24 Stunden bestehende Beläge blau/lila und jüngere rot. Die fotografische Dokumentation jedes Quadranten diente der Verblindung des modifizierten Navy-Plaque-Index.

Anschließend putzten die Probanden mit der jeweiligen Test-Zahnbürste. Die korrekte Handhabung wurde anhand des Putzschemas sichergestellt und erfolgte exakt drei Minuten supervidiert durch die Prüfarztin. Nach erneutem Anfärben wurde erneut die planimetrische Fotodokumentation durchgeführt (Postbrush-Zeitpunkt). Die Probanden sollten bis zum nächsten Untersuchungstermin (nach sieben bzw. 21 Tagen) mit den jeweiligen Zahnbürsten zweimal am Tag, d.h. morgens und abends, für exakt drei Minuten die Zähne putzen. Sie erhielten eine Sanduhr, mit der zu Hause die exakte Putzzeit gesichert werden konnte. Als Testzahnpaste wurde bei der Ultraschallzahnbürste das vom Hersteller empfohlene Ultraschall-Zahncremekonzentrat verwendet. Bei der Anwendung der manuellen Zahnbürste verwendeten die Probanden ausschließlich Zahnputz-Tabletten statt Zahnpaste. Die korrekte Anwendung der Zahnputz-Tablette wurde ebenfalls demonstriert.

3.3.1 Indizes

3.3.1.1 Plaqueindex

Zur Beurteilung der Plaque wurde der modifizierte Navy-Plaque-Index nach Claydon und Addy (1995) in der Modifikation nach Lang et al. (2011) angewendet.

Der Index beurteilt das Vorhandensein von Plaque in drei Graden in jeweils neun Feldern (AI) pro Zahn an den Glattflächen oral und vestibulär:

Grad 0 = Abwesenheit von Plaque

Grad 1 = wenig Plaque ($\leq 50\%$)

Grad 2 = viel Plaque ($> 50\%$)

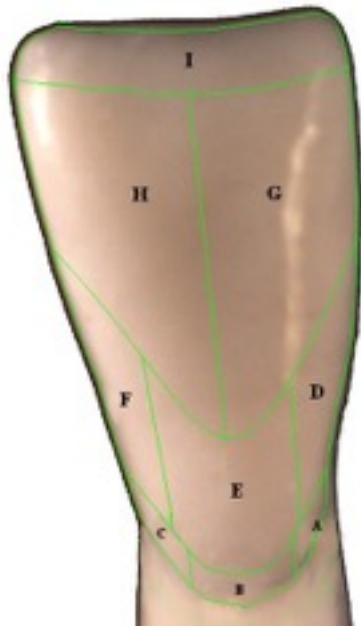
Dieser Plaqueindex ist somit definiert als Summe der Plaque-Grade (0 - 2) über alle Zahnfelder (18 pro Zahn) geteilt durch die Anzahl der Zähne, ist damit also der Mittelwert der Summen der Plaque-Grade der 18 Felder pro Zahn und somit ein Wert zwischen null und 36.

Als anatomische Bezugspunkte werden der gingivale Sulkus, der proximale Kontaktpunkt und die vertikale Mittellinie verwendet. Zur fotografischen Dokumentation der angefärbten Plaque-Areale wurde eine Spiegelreflexkamera mit Makroobjektiv verwendet. Damit wurden durch Mundspiegel zur intraoralen Fotografie quadrantenweise Fotos erstellt. Außerhalb der Prüfeinrichtung erfolgte die von einem Untersucher verblindete Auswertung. Dabei wurden folgende Felder erfasst:

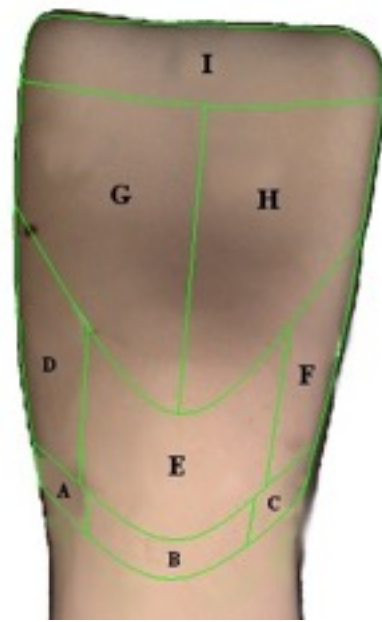
- Oberkiefer vestibulär Felder A-I: 126 Felder
- Oberkiefer oral Felder A-I: 126 Felder
- Unterkiefer vestibulär A-I: 126 Felder
- Unterkiefer oral Felder A-I: 126 Felder

Planimetrie-Felder auf den Glattflächen der Frontzähne

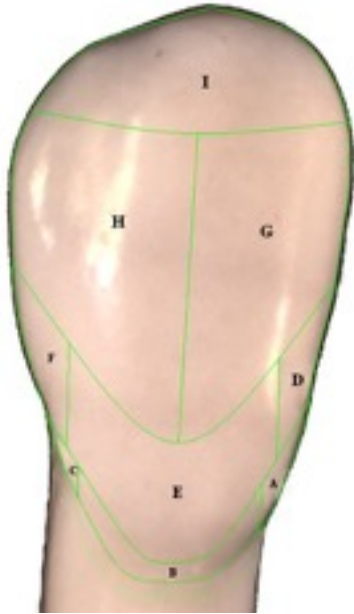
Die nachfolgenden Darstellungen zeigen die Felder A-I des modifizierten Navy-Plaque-Index nach Claydon und Addy (1995) in der Modifikation nach Lang et al. (2011) an den Glattflächen eines Frontzahns. Beispielhaft für alle Frontzähne des Oberkiefers und Unterkiefers wurde hier der Zahn 41 und für alle Eckzähne des Oberkiefers und Unterkiefers der Zahn 43 ausgewählt.



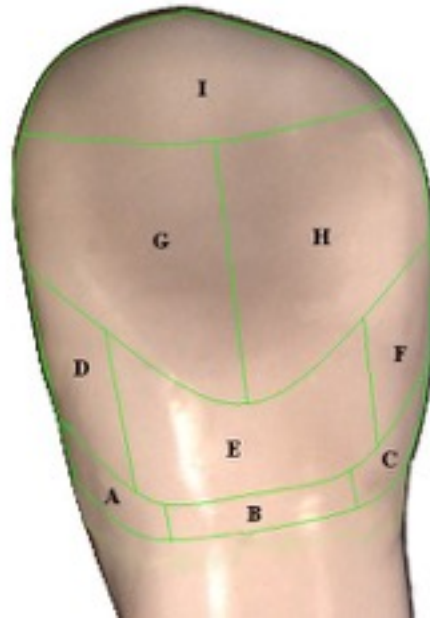
**Abbildung 1: Felder A-I an
Zahn 41 vestibulär**



**Abbildung 2: Felder A-I an
Zahn 41 oral**



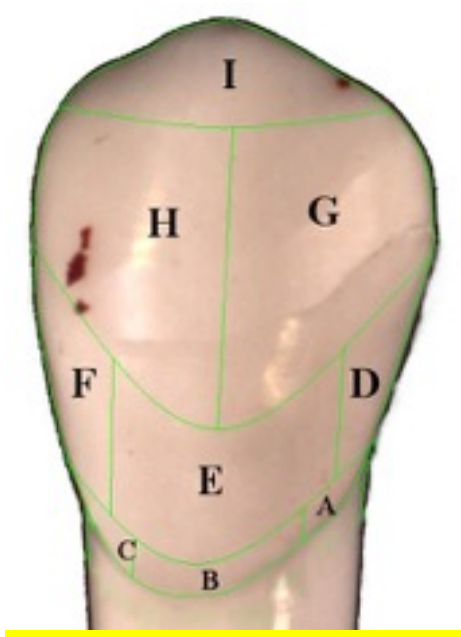
**Abbildung 3: Felder A-I an
Zahn 43 vestibulär**



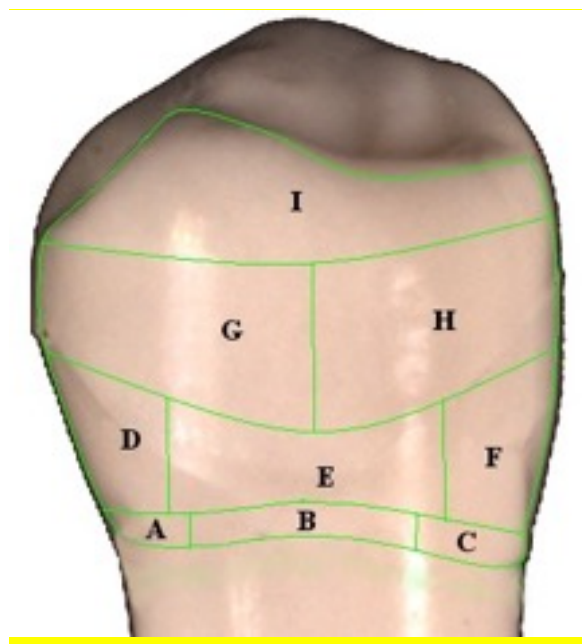
**Abbildung 4: Felder A-I an
Zahn 43 oral**

Planimetrie-Felder auf den Glattflächen der Seitenzähne

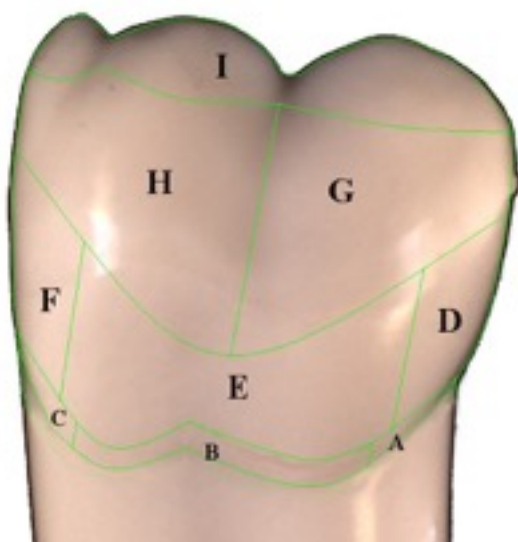
Die nachfolgenden Darstellungen zeigen die Felder A-I des modifizierten Navy-Plaque-Index nach Claydon und Addy (1995) in der Modifikation nach Lang et al. (2011) an den Glattflächen eines Seitenzahns. Beispielhaft für alle Prämolaren des Oberkiefers und Unterkiefers wurde hier der Zahn 44 und für alle Molaren des Oberkiefers und Unterkiefers der Zahn 46 ausgewählt.



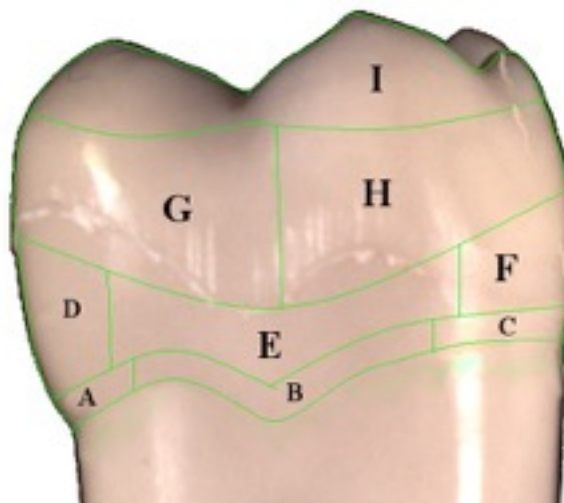
**Abbildung 5: Felder A-I an
Zahn 44 vestibulär**



**Abbildung 6: Felder A-I an
Zahn 44 oral**



**Abbildung 7: Felder A-I an
Zahn 46 vestibulär**



**Abbildung 8: Felder A-I an
Zahn 46 oral**

Die dritten Molaren wurden nicht indexiert. Die Feldeinteilung der Plaque-Planimetrie ermöglichte eine sehr genaue Plaquekontrolle der Risikoflächen der Zähne: Entlang des Zahnfleischsaumes (Felder A, B, C) und in den Zahnzwischenräumen (Felder A, D, C, F). Diese Risikoflächen – sowohl oral als auch vestibulär – gingen auch in eine gesonderte statistische Auswertung ein.

3.3.1.2 Gingivaindex

Der **Gingivaindex GI** (Löe und Silness 1963) ist ein viergradiger Index zur Erfassung der Gingiva-Gesundheit. Er erfasst den Grad der Entzündung der Gingiva an vier Messstellen – und zwar an drei vestibulären Messstellen (distal, median und mesial, insgesamt als „d-v-m“ bezeichnet) sowie an einer oralen Messstelle.

Der Zahn wurde mit dem Luftbläser getrocknet und der Marginalsaum stumpf sondiert. Ein hoher Index-Wert bedeutet eine ausgeprägte Gingivitis.

Tabelle 1: Einteilung des Gingivaindex GI (Löe u. Silness 1963)

| Grad 0 | Grad 1 | Grad 2 | Grad 3 |
|--|---|---|---|
| keine Entzündung keine Rötung, Schwellung oder Blutung | geringe Entzündung geringe Oberflächenveränderung aber keine Blutung | mäßige Entzündung Rötung, Schwellung, Blutung bei Sondierung | starke Entzündung starke Rötung und Schwellung Spontanblutung möglich; ggf. Ulzeration |

Der Gingivaindex GI ist folglich definiert als der Mittelwert der Gingiva-Grade (0 - 3) über alle bewerteten Zahnflächen (vier pro vorhandenem Zahn, dritte Molaren ausgenommen) eines Probanden.

3.3.2 Inhalt des Fragebogens

Die Probanden erhielten nach dem Abschluss der jeweiligen Testphase einen Fragebogen mit verschiedenen Fragen (Bedienung der Zahnbürste und Verständlichkeit der Anleitung, Reinigungsempfinden der jeweiligen Zahnbürste, Design der Zahnbürste von „sehr gut“, „gut“, „mittel“, „schlecht“ bis „sehr schlecht“). Danach sollten die Probanden mit ja/nein beantworten, ob Missempfindungen am Zahnhals oder Zahnfleisch aufgetreten waren. Schließlich wurden die Probanden gefragt, ob sie die Testzahnbürste kaufen würden und ob sie Verbesserungsvorschläge hätten.

3.4 Testzahnbürsten und Testzahnpaste

3.4.1 Emmi®-dental Professional Ultraschallzahnbürste

Der plane Bürstenkopf der emmi®-dental Professional (EMAG Technologies®, Mörfelden-Walldorf-D) weist ein oval-konisches Borstenfeld auf. Das Besteckungsfeld hat eine Länge von 27 mm und eine Breite von 12 mm. Die Anzahl, Anordnung und Länge der Borsten sind laut Hersteller speziell für eine Ultraschall-Übertragung ausgelegt.

Die Borsten der emmi®-dental Professional weisen im gesamten Borstenfeld eine Länge von 9,0 mm auf. Jeweils 28 Filamente sind zu einem Borstenbüschel zusammengefasst. Auf dem Besteckungsfeld befinden sich insgesamt 23 Borstenbüschel in der Reihenfolge: 3-4-4-4-3-3-2 (von unten nach oben). Das Material der Borsten ist ein Kunststoff der Firma DuPont, der eigens für diese Zahnbürste hergestellt wurde und speziell für eine Ultraschall-Übertragung ausgelegt ist.

Auf 13 cm der Gesamtlänge des Bürstengriffs sind seitlich beidseitig Gummi-Einsätze als Anti-Rutsch-Belag in den Griff eingearbeitet. Das Handstück ist 166 mm lang mit einem Durchmesser von 23 bis 31 mm.

Nach dem Anschalten der Zahnbürste leuchtet die grüne LED unterhalb des Schalters und zeigt damit an, dass die Ultraschallfunktion einwandfrei funktioniert. Da Ultraschall nicht sensorisch, akustisch oder visuell wahrgenommen werden kann, wurde in das Handstück ein Motor mit 8.000 U/Min. max. und 8 V integriert, damit der Benutzer fühlt und hört, dass das Gerät eingeschaltet ist.

Die Bürste führt 1,6 Millionen Schwingungen in der Sekunde aus. Das entspricht einer Frequenz von 1,6 MHz. Es werden (vertikale) Longitudinalwellen beschrieben. Der Hersteller empfiehlt, die Borsten des Ultraschallaufsatzes kurz unter fließendem Wasser zu befeuchten und dann ca. eine doppelte Erbsengröße Ultraschall-Zahncremekonzentrat von Emmi® dent aufzutragen. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, keine andere marktübliche Zahnpasta zu verwenden, da sonst eine Bildung von Mikrobläschen nicht ermöglicht werden kann.

Die Zahncreme soll vor Beginn mit den Borsten leicht über die Zahninnen- und -außenseiten verteilt werden. Anschließend sollen die Borsten erst von innen und dann von außen und schließlich an die Okklusalfächen der Zähne gehalten werden – ohne dabei die Borsten zu bewegen. Die Borsten erfassen dabei zwei bis drei Zähne. Nach einer Verweildauer von fünf bis zehn Sekunden soll zum nächsten Zahn gewechselt werden. Der Hersteller gibt an, dass die tatsächliche Verweildauer je nach Plaquebelag und Verfärbungsgrad der Zähne variieren kann und es ggf. einer längeren Verweildauer pro Zahn bedarf. Es wird auf einen Zeitaufwand

von üblicherweise drei bis vier Minuten zweimal täglich hingewiesen. Bei täglich zweimaligem Gebrauch soll der Ultraschallaufsatz nach drei Monaten ausgetauscht werden.

Die Wirkungsweise der Ultraschallzahnbürste soll nicht durch mechanische Reibung und damit Entfernung der Plaque funktionieren, sondern es findet eine Übertragung der Ultraschallwellen in die Medien Ultraschallzahncreme und Speichel statt. Dadurch bilden sich Millionen von kleinen Mikrobällchen, die durch Implosion Plaquebeläge ohne mechanischen Druck oder Reibung entfernen sollen.



Abbildung 9: Ultraschallzahnbürste emmi®-dental Professional (EMAG Technologies®)

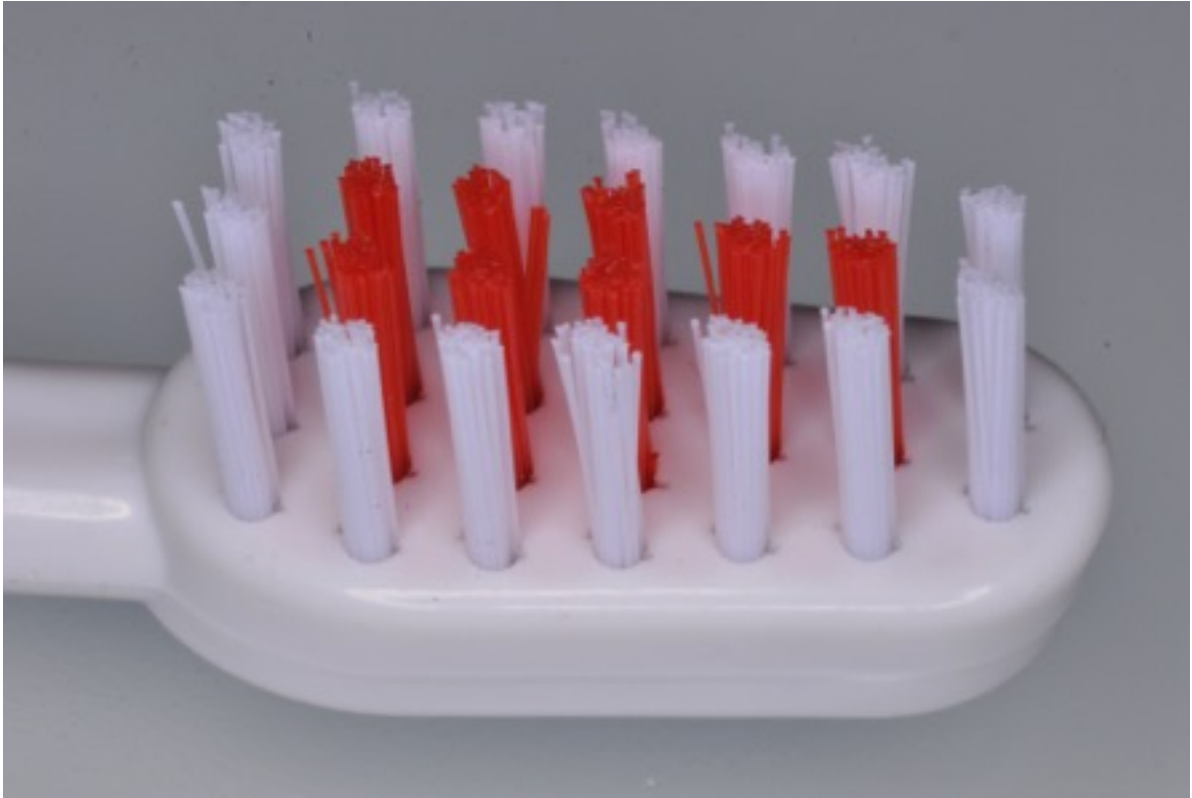


Abbildung 10: Ultraschallzahnbürste emmi®-dental Professional (EMAG Technologies®): Bestückung des Bürstenkopfes



Abbildung 11: Ultraschallzahnbürste emmi®-dental Professional (EMAG Technologies®): Vergrößerte Darstellung der Borstenbüschel

3.4.2 Ultraschall-Zahncremekonzentrat Emmi® dent

Das Ultraschall-Zahncremekonzentrat Emmi® dent besteht aus folgenden Inhaltsstoffen:

- hydriertes Silicat (Kieselerde)
- Kalium-Pyrophosphat
- Propylenglycol
- Sorbitol
- Xanthan
- Natriumsulfonat
- Titandioxid
- Natriumsaccharin
- Allantoin
- Natriummethylparaben
- Limonen
- ätherische Öle
- 1450 ppm Fluorid als Natriumfluorid in einer wässrigen Suspension
- sowie nicht näher bezeichnete Highlandsalz-Kristalle



**Abbildung 12: Ultraschall-Zahncremekonzentrat
Emmi® dent (EMAG Technologies®)**

3.4.3 Handzahnbürste Denttabs®

Der Bürstenkopf der Denttabs®-Handzahnbürste hat eine schlanke, ovale Form. Die Länge des Besteckungsfeldes beträgt 30 mm, die Breite beträgt 12 mm. Die Borsten der Denttabs®-Zahnbürste sind Normal Tip Slim Bristels (NTSB-Borsten) und weisen im gesamten Borstenfeld eine Länge von 12 mm auf. Jeweils 46 bis 54 (Toleranzbereich) mikrofeine Filamentenden sind zu einem Borstenbüschel zusammengefasst. Diese Mikrofilamente werden mittels chemischer Aufspaltung geformt. Es finden sich insgesamt 36 Büschel auf

dem Besteckungsfeld. Im vorderen Teil des Besteckungsfeldes sind sieben Bündel sternförmig angeordnet, dahinter findet man eine lineare Anordnung der Büschel bis zu vier Reihen.

Die Zahnbürste hat eine Gesamtlänge von 186 mm. An der Rückseite des Zahnbürstengriffs sind im mittleren Drittel Querrillen aus Gummi als Anti-Rutsch-Belag eingearbeitet. Diese findet man im oberen Drittel an der Vorderseite des Griffs in vertikaler Anordnung. Der Hersteller empfiehlt bei täglich zweimaligem Gebrauch einen Wechsel der Zahnbürste nach sechs bis acht Wochen.



Abbildung 13: Handzahnbürste Denttabs® (Innovative Zahnpflegegesellschaft mbH)



**Abbildung 14: Handzahnbürste Denttabs®: Bestückung des Bürstenkopfes
(Innovative Zahnpflegegesellschaft mbH)**



**Abbildung 15: Handzahnbürste Denttabs® (Innovative Zahnpflegegesellschaft mbH):
Normal Tip Slim Bristels (vergrößerte, invertierte Darstellung)**

3.4.4 Zahnputz-Tabletten Denttabs®

Die Denttabs® Zahnputz-Tablette (Innovative Zahnpflegegesellschaft mbH, Berlin-D) ist 5 mm dick und weist einen Durchmesser von 9 mm auf. Zwischen den Zähnen zerkleinert und zusammen mit Speichel und der angefeuchteten Zahnbürste, entwickelt sich im Mund ein „Zahnpasta-Schaum“. Bei dieser auf dem Markt neuen Alternative zu herkömmlicher Zahnpasta konnten durch ein minimalistisches Formulierungskonzept viele Inhaltsstoffe vermieden werden. So müssen keine Konservierungsstoffe, Feuchthaltemittel und Bindemittel zugesetzt werden. Verdickungsmittel und Konsistenzgeber sind nicht enthalten. Der hohe Wasseranteil einer normalen Zahnpasta von mehr als 50 % ist durch die Darreichungsform als Tablette nicht notwendig. Als Tensid findet man Natriumlaurylsulfat mit einer geringen Schaumbildung.

Weitere Inhaltsstoffe der Zahnputztablette sind:

1. mikrokristalline Zellulose als Poliermittel
2. hydriertes Silikat
3. ätherische Öle
4. Vitamin C (pH Einstellung 5,5)
5. Natriumfluorid (mit einem Fluoridgehalt äquivalent zu 1 g Zahnpasta von 1450 ppm)

Als nahezu abrasionsfreies Zahnputzmittel mit einem RDA (Radioactive Dentin Abrasion) von 35 dienten Denttabs® als angemessener Vergleich zur Ultraschall-Technologie.



Abbildung 16: Zahnputz-Tabletten Denttabs® (Innovative Zahnpflegegesellschaft mbH)



Abbildung 17: Zahnputz-Tablette Denttabs® (Innovative Zahnpflegegesellschaft mbH): Vergrößerte Darstellung

3.4.5 Plaquerevelator Mira-2-Ton® Plaque-Färbelösung

Die Plaque-Färbelösung Mira-2-Ton® ist erythrosin- und glutenfrei und gilt als nicht allergen. Die Inhaltsstoffe sind: Wasser, Natriumbenzoat, Kaliumsorbat. Zum Anfärben der Plaque dienen C.I.45410: Colour index name: acid red 92 und C.I.42090: acid blue 9.



**Abbildung 18: Plaquerevelator Mira-2-Ton®
Plaque-Färbelösung (Hager & Werken)**

3.5 Studienablauf

3.5.1 Studienprotokoll

Durchgeführt wurde eine Cross-over-Studie. Die Probanden erhielten die Ultraschallzahnbürste oder die manuelle Vergleichsbürste. Diese wurde vier Tage lang nach der angewiesenen Putzmethode, Putzdauer und Häufigkeit angewendet, um den Probanden vor allem bei der Ultraschallzahnbürste an diese neuartige Putzmethode zu gewöhnen. Danach demonstrierte der Proband in der Praxis die Anwendung der Zahnbürste und erhielt anschließend eine professionelle Zahnreinigung. Es folgte eine dreitägige Mundhygienekarenz. Nach diesen drei Tagen wurden die Gingivaindex-Werte erhoben.

Zu diesem Prebrush-Zeitpunkt wurde anschließend die intraorale Planimetrie-Fotografie der angefärbten Plaque durchgeführt. Danach putzten die Probanden mit der jeweiligen Test-Zahnbürste unter Supervision. Diese wurde während der genau drei Minuten durch die Prüffärztin verfolgt. Eine individuelle, aber nach dem vorliegenden Putz-Schema abgearbeitete Methodik wurde strikt eingehalten, wobei jedoch individuelle Bewegungsmuster der Probanden nicht korrigiert wurden. Nach erneutem Anfärben der Zähne erfolgte die Wiederholung der intraoralen Planimetrie-Fotografie zum Postbrush-Zeitpunkt. Eine dritte und vierte Befunderhebung erfolgte weitere sieben bzw. 21 Tage später. In der fünften Untersuchungssitzung wurden nun dem Probanden die zweite zu untersuchende Zahnbürste und die zugehörigen Zahnputzmittel vorgestellt und erklärt. Um eine mögliche Beeinflussung der ersten Anwendung auf die neue Testreihe zu vermeiden, putzte der Proband zwischenzeitlich für acht Tage mit einer ihm vertrauten Zahnbürste (Washout-Phase). Eine dreitägige Mundhygienekarenz schloss sich an. Nun begann derselbe Untersuchungsrythmus wie bei der ersten Studienzahnbürste. Am letzten Untersuchungstag der jeweiligen Zahnbürste wurde dem Probanden ein Fragebogen ausgehändigt (siehe

9.7 Fragebogen Ultraschallzahnbürste und 9.8 Fragebogen manuelle Zahnbürste).

3.5.2 Ablauf der Studie

Tag 1: **1. Untersuchungssitzung:**

- Anamnese
- Vergabe der Testzahnbürste A oder B und der Informationsblätter
- Demonstration der Ultraschallzahnbürste emmi®-dental/Handzahnbürste/Denttabs®
- Beginn der viertägigen Testphase

Tag 5: **2. Untersuchungssitzung:**

- Proband demonstriert Anwendung der ersten Testzahnbürste
- Professionelle Zahnreinigung in der Prüfeinrichtung
- Drei Tage Mundhygienekarenz

Tag 8: **3. Untersuchungssitzung (Zeitpunkte „Prebrush“ und „Postbrush“):**

- Bestimmung der Gingiva-Werte und intraorale Planimetrie-Fotografie nach Plaque-Revelation (Prebrush-Zeitpunkt)
- Supervidierte klinische Anwendung der Zahnbürste mit zugehöriger Zahnpasta
- Erneut Plaque-Revelation nach dem Putzen (Postbrush-Zeitpunkt) und weitere intraorale Planimetrie-Fotografie
- Proband putzt weitere sechs Tage mit Zahnbürste A oder B

Tag 15: **4. Untersuchungssitzung (Zeitpunkt „7 Tage“):**

- Bestimmung der Gingivaindex-Werte und intraorale Planimetrie-Fotografie nach Plaque-Revelation
- Proband putzt weitere 13 Tage mit der jeweiligen Zahnbürste A oder B

Tag 29: **5. Untersuchungssitzung (Zeitpunkt „21 Tage“):**

- Bestimmung der Gingivaindex-Werte und intraorale Planimetrie-Fotografie nach Plaque-Revelation
- Beantwortung des Fragebogens zur ersten Testzahnbürste
- **Ende des ersten Testlaufs**
- Vom jetzigen Zeitpunkt an acht Tage Mundhygiene mit einer dem Probanden vor Beginn der Studie vertrauten Zahnbürste und Zahnpasta; keine Anwendung der Studienzahnbürste (**Washout-Phase**)

Tag 37: **6. Untersuchungssitzung:**

- Aushändigung der zweiten Testzahnbürste B oder A
- Demonstration der Anwendung
- Beginn der viertägigen Trainingsphase
- Professionelle Zahnreinigung
- **Beginn des zweiten Testlaufs**
- Drei Tage erneute Mundhygienekarenz

Tag 44: **7. Untersuchungssitzung (Zeitpunkte „Prebrush“ und „Postbrush“):**

- Bestimmung der Gingivaindex-Werte und intraorale Planimetrie-Fotografie nach Plaque-Revelation
- Supervidierte Anwendung der zweiten Testzahnbürste Erneut Plaque-Revelation nach dem Putzen (Postbrush-Zeitpunkt) und weitere intraorale Planimetrie-Fotografie
- Proband putzt weitere sechs Tage mit der zweiten Testzahnbürste

Tag 51: **8. Untersuchungssitzung (Zeitpunkt „7 Tage“):**

- Bestimmung der Gingivaindex-Werte und intraorale Planimetrie-Fotografie nach Plaque-Revelation
- Proband putzt weitere 13 Tage mit der zweiten Testzahnbürste

Tag 65: **9. Untersuchungssitzung (Zeitpunkt „21 Tage“):**

- Bestimmung der Gingivaindex-Werte und intraorale Planimetrie-Fotografie nach Plaque-Revelation
- Beantwortung des Fragebogens zur zweiten Testzahnbürste
- **Ende des zweiten Testlaufs**

3.6 Statistische Auswertungen

Zur Bestimmung von Gingivaindex-Werten und Plaqueindex-Werten wurden die jeweiligen Rohdaten von insgesamt 16 Probanden (neun Männer und sieben Frauen) erhoben. 13 Probanden begannen mit der Ultraschallzahnbürste als erste Test-Zahnbürste, drei Probanden verwendeten zuerst die manuelle Zahnbürste. Entsprechend des Cross-over-Designs wurde anschließend als zweite Test-Zahnbürste die jeweils andere Zahnbürste verwendet.

Für jeden der drei GI-Messzeitpunkte („Baseline“, „7 Tage“, „21 Tage“) wurde je verwendeter Zahnbürste (Ultraschall, manuell) jeweils ein GI-Wert pro Proband bestimmt. Außerdem wurde für jeden dieser Zeitpunkte für jeden Probanden noch die intraindividuelle Differenz der beiden Messwerte berechnet. Aus diesen drei Werten (Ultraschall, manuell, Ultraschall - manuell) und den drei Messzeitpunkten ergaben sich also neun Messreihen mit je 16 Werten.

Zur Erhebung der für die Berechnung des Plaqueindex für die erste Zahnbürste notwendigen Daten wurden nach dreitägiger Mundhygienekarenz sowohl zum Pre- als auch Postbrush-Zeitpunkt Fotos aufgenommen, ebenso nach sieben und nach 21 Tagen. Nach einer achttägigen Washout-Phase wurde ebenso für die Anwendung der zweiten Zahnbürste verfahren. Insgesamt gab es also acht Messreihen. Analog zu den GI-Messreihen wurden auch hier auf Basis intraindividuellere Differenzen noch vier Differenzen-Messreihen ermittelt.

Falls aufgrund fehlender Zähne Werte fehlten, so wurden diese durch die Werte des jeweils entsprechenden kontralateralen Zahns ersetzt. Fehlte dieser ebenfalls, so wurden die Werte durch die des nächst hinteren Zahns ersetzt. Die dritten Molaren wurden bei der Berechnung nicht berücksichtigt. Aus den vorliegenden Daten wurde ebenfalls auch der Plaqueindex für Teilmengen von Zähnen, beispielsweise für die Frontzähne oder die Oberkiefer-Zähne, berechnet.

Weiterhin wurden die Mittelwerte der Plaque-Grade über ausgesuchte Zahnflächen (beispielsweise alle vestibulären Felder) berechnet und analysiert. Dies sind also jeweils Werte zwischen null und zwei, womit es sich um einen zahnfelderbezogenen Plaqueindex handelt.

Sowohl für den Gingivaindex als auch für den Plaqueindex wurde zum Vergleich der Lage der Verteilung der Index-Werte zweier verbundener Stichproben (z.B. „Ultraschall 7 Tage“, „manuell 7 Tage“) jeweils entweder der eine Normalverteilung des Datenmaterials voraussetzende t-Test für verbundene Stichproben oder der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Test für den alternativen Fall verwendet. Zuvor wurde die Normalverteilungsannahme mit dem

Shapiro-Wilk Test überprüft; bei einem p-Wert $< 0,1$ wurde die Normalverteilungshypothese verworfen und der Wilcoxon Test verwendet, anderenfalls der t-Test für gepaarte Stichproben.

Wurde der t-Test verwendet, so wurde die Nullhypothese aufgestellt, dass die Erwartungswerte der beiden Messreihen gleich sind. Beim Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Test wurde die Nullhypothese aufgestellt, dass die Mediane der beiden Messreihen gleich sind.

Sowohl für den t-Test als auch für den Wilcoxon Test wurde das Signifikanzniveau auf jeweils 0,05 festgelegt. In den nachfolgenden Tabellen werden p-Werte, die unter diesem Niveau liegen, jeweils fett gedruckt.

4 Ergebnisse

4.1 Gingivaindex

Ergebnis des Vergleichs der Zahnputzmethoden bzgl. des Gingivaindex

Nachfolgend werden die deskriptiven Größen der neun Messreihen dargestellt. Für jeden der drei Zeitpunkte („Baseline“, „7 Tage“, „21 Tage“) werden dabei jeweils drei Messreihen verwendet. Hierbei handelt es sich jeweils um die beiden Messreihen für die Ultraschallzahnbürste und für die manuelle Zahnbürste und zusätzlich um eine virtuelle, intraindividuelle „Messreihe“, deren Werte (für gegebenen Zeitpunkt und Probanden) sich jeweils aus den Differenzen der entsprechenden Messwerte für die Ultraschall- und die manuelle Zahnbürste ergeben.

Da bei keiner der Messreihen die Normalverteilungshypothese abgelehnt werden musste, ergeben sich deren entsprechenden nachfolgend aufgeführten p-Werte jeweils aus dem t-Test für verbundene Stichproben.

Obwohl für die Baseline optimalerweise nicht signifikante Unterschiede der Gingivaindex-Werte erwartet wurden, sind tatsächlich die Mittelwerte statistisch signifikant unterschiedlich. Diese signifikanten Unterschiede bleiben auch nach sieben und nach 21 Tagen bestehen. Eine Verschlechterung der extrem niedrigen Gingivaindex-Werte trat jedoch nicht ein.

Tabelle 2: Deskriptive Kenngrößen des Gingivaindex getrennt für Zeitpunkt und Putzmethode

Δ US- man.: Messreihe Ultraschall minus manuell (auf Basis intraindividueller Differenzen)
 N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum.
 25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75 % Perzentil. Max: Maximum.

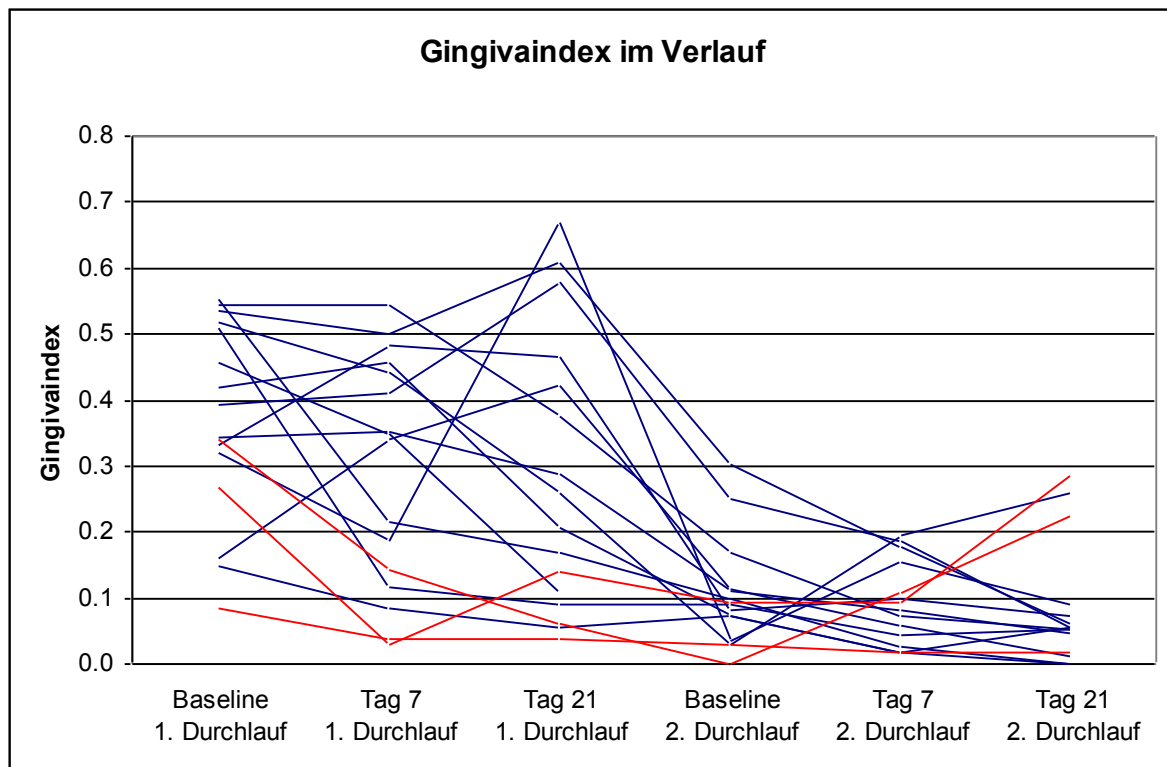
| Zeitpunkt | Methode | N | Mittel | SDA | Min | 25 %-Perz. | Median | 75 %-Perz. | Max | p-Wert |
|------------------|----------------|----------|---------------|------------|------------|-------------------|---------------|-------------------|------------|---------------|
| Baseline | Ultraschall | 16 | 0,33 | 0,19 | 0,00 | 0,15 | 0,37 | 0,51 | 0,55 | |
| | Manuell | 16 | 0,14 | 0,10 | 0,03 | 0,08 | 0,09 | 0,21 | 0,34 | |
| | Δ US- man. | 16 | 0,20 | 0,24 | -0,34 | 0,06 | 0,24 | 0,37 | 0,49 | 0,004 |
| | Ultraschall | 16 | 0,29 | 0,17 | 0,02 | 0,11 | 0,34 | 0,45 | 0,54 | |

Tabelle 2: Deskriptive Kenngrößen des Gingivaindex getrennt für Zeitpunkt und Putzmethode

Δ US- man.: Messreihe Ultraschall minus manuell (auf Basis intraindividueneller Differenzen)
 N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum.
 25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75 % Perzentil. Max: Maximum.

| Zeitpunkt | Methode | N | Mittel | SDA | Min | 25 %-Perz. | Median | 75 %-Perz. | Max | p-Wert |
|-----------|------------|----|--------|------|-------|------------|--------|------------|------|---------------|
| 7 Tage | Manuell | 16 | 0,09 | 0,06 | 0,02 | 0,03 | 0,08 | 0,15 | 0,19 | |
| | Δ US- man. | 16 | 0,20 | 0,16 | -0,04 | 0,06 | 0,24 | 0,30 | 0,47 | 0,0001 |
| 21 Tage | Manuell | 16 | 0,06 | 0,06 | 0,00 | 0,02 | 0,05 | 0,07 | 0,26 | |
| | Δ US- man. | 16 | 0,24 | 0,20 | -0,02 | 0,07 | 0,19 | 0,40 | 0,58 | 0,0003 |

Für alle drei Zeitpunkte wurden kleine p-Werte ermittelt, die jeweils deutlich unter dem Signifikanzniveau von 5 % lagen.



Grafik 1: Individuelle Verlaufskurven des Gingivaindex (blau = Start mit Ultraschall-Zahnbürste, rot = Start mit manueller Zahnbürste)

Der Gingivaindex im graphischen Verlauf zeigt das typische Muster einer klinischen Studie. Bei hoher Streuung einer weitgehend gesunden Gingiva zu Beginn der Studie sinken die Werte durch Training und Supervision während der Kontrolltermine im zweiten Durchlauf weiter, wobei auch die Streuung abnimmt. Insgesamt wird über beide Studiendurchläufe eine im Wesentlichen gesunde Gingiva aufrecht erhalten.

Aus den obigen neun Messreihen werden nachfolgend durch Berechnung intraindividuelle GI-Wert-Differenzen der jeweiligen Messreihen der Zeitpunkte „7 Tage“ bzw. „21 Tage“ zur jeweils zugehörigen Baseline-Messreihe (für die drei bisherigen „Messreihen“ (Ultraschall, manuell, Ultraschall - manuell)) sechs virtuelle (Differenz-)Messreihen erzeugt.

Die p-Werte hierzu sind Ergebnis des jeweiligen Tests, welcher die Werte der beiden Zahnputzmethoden bzgl. der Differenzen vergleicht.

Tabelle 3: Deskriptive Kenngrößen der Differenzen des Gingivaindex zur Baseline (Zeitpunkte „7 Tage“ bzw. „21 Tage“ minus „Baseline“) getrennt für die Putzmethode

Δ US- man.: Messreihe Ultraschall minus manuell (auf Basis intraindividuelle Differenzen)

N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum.

25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75 % Perzentil. Max: Maximum.

*p-Wert des t-Tests für verbundene Stichproben

**p-Wert des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests (für verbundene Stichproben)

| Zeitpunkt | Methode | N | Mittel | SDA | Min | 25 %- Perz. | Media n | 75 %- Perz. | Ma x | p-Wert |
|-----------|-------------|----|--------|------|-------|----------------|------------|----------------|---------|---------------|
| Tag 7 | Ultraschall | 16 | -0,04 | 0,15 | -0,39 | -0,09 | -0,00 | 0,03 | 0,18 | 0,473** |
| | Manuell | 16 | -0,05 | 0,10 | -0,24 | -0,08 | -0,05 | -0,02 | 0,17 | 0,065* |
| | Δ US- man. | 16 | 0,01 | 0,20 | -0,35 | -0,17 | 0,06 | 0,12 | 0,30 | 0,867* |
| Tag 21 | Ultraschall | 16 | -0,03 | 0,25 | -0,42 | -0,24 | -0,03 | 0,19 | 0,35 | 0,598* |
| | Manuell | 16 | -0,08 | 0,12 | -0,28 | -0,12 | -0,08 | -0,03 | 0,23 | 0,022* |
| | Δ US- man. | 16 | 0,04 | 0,30 | -0,49 | -0,20 | 0,02 | 0,32 | 0,50 | 0,583* |

Die beiden p-Werte des Vergleichs der beiden Zahnputzmethoden (Ultraschall - manuell) sind recht groß, weswegen die Hypothese gleicher Erwartungswerte nicht verworfen werden kann, was darauf hinweist, dass hier keine wesentlichen Unterschiede bestehen.

Bei der Ultraschallzahnbürste gibt es keine signifikanten Unterschiede, bei der manuellen Zahnbürste gibt es sogar eine signifikante Verbesserung (p = 0,022) zwischen Baseline und

21 Tagen. Außerdem haben sich für beide Zahnbürsten nach sieben und nach 21 Tagen im Mittel die GI-Werte verringert. Demzufolge tragen beide Zahnbürsten zur Aufrechterhaltung einer gesunden Gingiva bei.

Ergebnis des Vergleiches der oralen mit den vestibulären Zahnflächen bzgl. der Gingiva-Grade

Im Folgenden wurden ohne Unterscheidung der beiden Zahnbürstentypen die Mittelwerte aller gingivalen Grade der oralen und vestibulären („d-v-m“) Zahnflächen miteinander verglichen, unter der Annahme, dass die Daten unabhängig voneinander sind. Die Anzahl N = 32 ergibt sich aus den zusammengefasst sechs Messzeitpunkten der beiden Zahnputzmethoden.

Die nachfolgende Tabelle teilt die mittleren Gingiva-Grade getrennt nach beiden Lokalisationen und den unterschiedlichen Zeitpunkten ein. Weiterhin wurden intraindividuelle Differenzen zwischen den Werten der Lokalisationen berechnet (oral minus d-v-m).

Tabelle 4: Deskriptive Kenngrößen der mittleren Gingiva-Grade getrennt für Zeitpunkt und Lokalisation

oral: ein oraler Messpunkt

d-v-m: drei vestibuläre Messpunkte

Δ oral - d-v-m: Messreihe oral minus vestibulär (auf Basis intraindividuelle Differenzen)

N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum.

25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75 % Perzentil. Max: Maximum.

*p-Wert des t-Tests für verbundene Stichproben

| Zeitpunkt | Lokalisation | N | Mitte 1 | SD A | Min | 25 %- Perz. | Median | 75 %- Perz. | Max | p-Wert |
|-----------|-----------------------|--------|------------|---------|-----------|-------------------|--------|-------------------|------|------------------------|
| | oral | 3 2 | 0,04 | 0,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,33 | |
| Baseline | d-v-m | 3 2 | 0,30 | 0,23 | 0,00 | 0,12 | 0,19 | 0,47 | 0,73 | |
| | Δ oral - d-v-m | 3 2 | -0,26 | 0,24 | -0,7 3 | -0,43 | -0,15 | -0,08 | 0,06 | <0,0001 * |
| | oral | 3 2 | 0,02 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,18 | |

Tabelle 4: Deskriptive Kenngrößen der mittleren Gingiva-Grade getrennt für Zeitpunkt und Lokalisation

oral: ein oraler Messpunkt

d-v-m: drei vestibuläre Messpunkte

Δ oral - d-v-m: Messreihe oral minus vestibulär (auf Basis intraindividuelle Differenzen)

N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum.

25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75 % Perzentil. Max: Maximum.

*p-Wert des t-Tests für verbundene Stichproben

| Zeitpunkt | Lokalisation | N | Mitte 1 | SD A | Min | 25 %- Perz. | Median | 75 %- Perz. | Max | p-Wert |
|-----------|-----------------------|--------|------------|---------|-----------|-------------------|--------|-------------------|-------|------------------------|
| 7 Tage | d-v-m | 3 2 | 0,25 | 0,22 | 0,02 | 0,09 | 0,17 | 0,42 | 0,70 | |
| | Δ oral - d-v-m | 3 2 | -0,22 | 0,20 | -0,6 7 | -0,33 | -0,15 | -0,07 | -0,02 | <0,0001 * |
| | oral | 3 2 | 0,03 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,29 | |
| 21 Tage | d-v-m | 3 2 | 0,23 | 0,24 | 0,00 | 0,07 | 0,12 | 0,35 | 0,89 | |
| | Δ oral - d-v-m | 3 2 | -0,21 | 0,22 | -0,8 9 | -0,29 | -0,12 | -0,07 | 0,01 | <0,0001 * |
| | oral | 3 2 | 0,03 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,29 | |

Die Tabelle zeigt bezüglich der mittleren Gingiva-Grade deutliche Unterschiede zwischen den Lokalisationen „oral“ und „d-v-m“. Für alle Messzeitpunkte ergaben sich jeweils sehr kleine p-Werte. Der Mittelwert der oralen Grade ist jeweils kleiner als der der anderen Zahnflächen, was darauf beruht, dass die ermittelten Gingiva-Grade sehr häufig null waren. Der Gesundheitszustand der Marginalsäume der vestibulären Glattflächen blieb über den Messzeitraum stabil und zeigte sogar Tendenzen zur Verbesserung. Die Gingiva der oralen Flächen blieb entzündungsfrei.

Nachfolgend werden nun auch hier wieder aus den obigen neun Messreihen durch Berechnung intraindividuelle Messwert-Differenzen der jeweiligen Messreihen der Zeitpunkte „7 Tage“ bzw. „21 Tage“ zur jeweils zugehörigen Baseline-Messreihe sechs virtuelle (Differenz-)Messreihen erzeugt.

Die in der folgenden Tabelle angegebenen p-Werte sind entsprechend wieder jeweils das Ergebnis des Tests, welcher innerhalb einer Lokalisation die Werte der Zeitpunkte „7 Tage“ bzw. „21 Tage“ mit den Baseline-Werten vergleicht.

Tabelle 5: Deskriptive Kenngrößen der Differenzen der mittleren Gingiva-Grade zur Baseline (Zeitpunkte „7 Tage“ bzw. „21 Tage“ minus „Baseline“) getrennt für Lokalisation

oral: ein oraler Messpunkt

d-v-m: drei vestibuläre Messpunkte

Δ oral - d-v-m: Messreihe oral minus vestibulär (auf Basis intraindividuelle Differenzen)

N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum.

25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75 % Perzentil. Max: Maximum.

*p-Wert des t-Tests für verbundene Stichproben

**p-Wert des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests

| Zeitpunkt | Lokalisation | N | Mittel | SDA | Min | 25 %-Perz. | Median | 75 %-Perz. | Max | p-Wert |
|-----------|----------------|----|--------|------|-------|------------|--------|------------|------|--------|
| Tag 7 | oral | 32 | -0,02 | 0,08 | -0,26 | -0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,185* |
| | d-v-m | 32 | -0,05 | 0,16 | -0,52 | -0,10 | -0,06 | 0,02 | 0,23 | 0,063* |
| | Δ oral - d-v-m | 32 | 0,03 | 0,17 | -0,36 | -0,07 | 0,05 | 0,10 | 0,52 | 0,269* |
| Tag 21 | oral | 32 | -0,02 | 0,10 | -0,22 | -0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,29 | 0,322* |
| | d-v-m | 32 | -0,07 | 0,25 | -0,56 | -0,24 | -0,09 | 0,07 | 0,54 | 0,142* |
| | Δ oral - d-v-m | 32 | 0,05 | 0,27 | -0,75 | -0,07 | 0,09 | 0,24 | 0,56 | 0,285* |

Die p-Werte des Vergleichs der beiden Lokalisationen – also die p-Werte in den Zeilen „Δ oral - d-v-m“ – sind relativ groß, weswegen die Hypothese gleicher Erwartungswerte nicht

verworfen werden kann – insofern bestehen keine wesentlichen Unterschiede. Aus der Betrachtung der Mittelwerte ergibt sich allerdings, dass die Verringerung der mittleren Gingiva-Grade von Baseline zu den nachfolgenden Zeitpunkten für die „d-v-m“-Zahnflächen (mit 0,05 bzw. 0,07) größer ist als für die oralen Zahnflächen, was auch unmittelbar daraus folgt, dass der orale Baseline-Messwert mit 0,04 schon sehr klein war.

Auch hier zeigt sich keine Verschlechterung des Gesundheitszustands der Gingiva an den vestibulären Glattflächen oder an den oralen Flächen.

4.2 Plaqueindex

Vergleich der Zahnputzmethoden bezüglich des Plaqueindex

Bei einem Maximalwert der Plaqueplanimetrie von 36 lagen für den Prebrush-Zeitpunkt für die Ultraschallzahnbürste Werte von 23,52 und für die manuelle Zahnbürste Werte von 22,21 vor, die zum Postbrush-Zeitpunkt zu Werten von 18,54 für die Ultraschallzahnbürste und 15,72 für die manuelle Zahnbürste führten.

Für jeden Probanden wurde für alle vier Zeitpunkte („Prebrush“ / „Postbrush“ / „7 Tage“ / „21 Tage“) jeweils für Ultraschall bzw. manuell der Plaqueindex auf Basis der Foto-Auswertungen berechnet. Ebenso wurde für jeden Zeitpunkt jeweils eine Reihe der intraindividuellen Differenzen (manuell - Ultraschall) errechnet.

Tabelle 6: Deskriptive Kenngrößen des Plaqueindex getrennt für Zeitpunkt und Putzmethode

Δ man. - US: Messreihe manuell minus Ultraschall (auf Basis intraindividuelle Differenzen)

N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum. 25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75 % Perzentil. Max: Maximum.

*p-Wert des t-Tests für verbundene Stichproben

**p-Wert des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests (für verbundene Stichproben)

| Zeitpunkt | Methode | N | Mitte | SD | Min | 25 %-Perz. | Median | 75 %-Perz. | Max | p-Wert |
|-----------|-------------|----|-------|------|--------|------------|--------|------------|-------|--------|
| t | | | l | A | | | | | | |
| Prebrush | Ultraschall | 16 | 23,52 | 3,60 | 17,07 | 21,75 | 22,71 | 26,91 | 29,29 | |
| | manuell | 16 | 22,21 | 3,29 | 14,07 | 21,46 | 22,59 | 24,77 | 26,50 | |
| | Δ man. - US | 16 | -1,31 | 3,49 | -8,39 | -3,02 | -0,45 | 0,89 | 4,57 | 0,156* |
| Postbrush | Ultraschall | 16 | 18,54 | 4,82 | 11,79 | 14,18 | 18,88 | 21,84 | 27,50 | |
| | manuell | 16 | 15,72 | 5,07 | 6,18 | 12,64 | 15,20 | 18,54 | 25,68 | |
| | Δ man. - US | 16 | -2,83 | 5,39 | -12,39 | -7,16 | -2,34 | 1,13 | 7,29 | 0,053* |

Tabelle 6: Deskriptive Kenngrößen des Plaqueindex getrennt für Zeitpunkt und Putzmethode

Δ man. - US: Messreihe manuell minus Ultraschall (auf Basis intraindividuel­ler Differenzen)

N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum. 25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75 % Perzentil. Max: Maximum.

*p-Wert des t-Tests für verbundene Stichproben

**p-Wert des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests (für verbundene Stichproben)

| Zeitpunkt | Methode | N | Mitte | SD | Min | 25 %-Perz. | Median | 75 %-Perz. | Max | p-Wert |
|-----------|-------------|----|-------|------|-------|------------|--------|------------|-----------|---------------|
| t | | | l | A | | | | | | |
| 7 Tage | Ultraschall | 16 | 22,35 | 4,01 | 14,86 | 20,43 | 22,36 | 25,96 | 28,2 1 | |
| | manuell | 16 | 19,44 | 4,78 | 8,04 | 18,38 | 20,57 | 22,77 | 24,8 9 | |
| | Δ man. - US | 16 | -2,91 | 3,63 | -8,68 | -5,86 | -3,07 | -0,29 | 3,79 | 0,006* |
| 21 Tage | Ultraschall | 16 | 21,47 | 3,80 | 13,71 | 18,02 | 22,80 | 24,14 | 26,8 2 | |
| | manuell | 16 | 19,84 | 3,84 | 11,86 | 17,46 | 20,61 | 22,32 | 26,0 0 | |
| | Δ man. - US | 16 | -1,63 | 2,72 | -8,11 | -3,16 | -0,96 | 0,16 | 1,89 | 0,037* |

Wie erwartet, bestanden zum Prebrush-Zeitpunkt keine signifikanten Unterschiede bei den Ausgangsbedingungen für beide Zahnbürsten.

Auch wenn nach sieben Tagen und nach 21 Tagen ein statistisch signifikanter Unterschied zugunsten der manuellen Zahnbürste bestand, der mit 13 % bzw. 8 % geringeren Plaqueindex-Werten als bei der Ultraschallzahnbürste einherging, so waren für beide Zahnbürsten zum Postbrush-Zeitpunkt und für die Zeitpunkte „7 Tage“ bzw. „21 Tage“ die Plaqueindex-Werte kleiner als zum Prebrush-Zeitpunkt. Beide Zahnbürsten entfernen somit im Mittel über alle Zähne effizient Plaque. Die kleinsten Plaqueindex-Werte erreichen beide Zahnbürsten jeweils zum Postbrush-Zeitpunkt.

Vergleich der Zahnputzmethoden bzgl. des Plaqueindex (berechnet für die Frontzähne)

Im Vergleich zu oben werden nun nur die Plaqueindex-Werte für die Frontzähne ausgewertet.

Tabelle 7: Deskriptive Kenngrößen des Plaqueindex (berechnet für die Frontzähne) getrennt für Zeitpunkt und Putzmethode

Δ man. - US: Messreihe manuell minus Ultraschall (auf Basis intraindividuel­ler Differenzen)

N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum. 25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75 % Perzentil. Max: Maximum.

*p-Wert des t-Tests für verbundene Stichproben

| Zeitpunkt | Methode | N | Mittel | SDA | Min | 25 % Perz. | Median | 75 % Perz. | Max | p-Wert |
|-----------|-------------|----|--------|------|--------|------------|--------|------------|-------|--------|
| Prebrush | Ultraschall | 16 | 23,05 | 4,62 | 13,92 | 20,75 | 22,50 | 26,50 | 30,67 | |
| | manuell | 16 | 20,99 | 4,61 | 11,67 | 18,75 | 21,79 | 23,92 | 27,17 | |
| | Δ man. - US | 16 | -2,05 | 4,99 | -11,92 | -4,00 | -2,08 | -0,04 | 8,67 | 0,121* |
| Postbrush | Ultraschall | 16 | 17,19 | 5,43 | 9,92 | 12,08 | 16,50 | 20,88 | 29,50 | |
| | manuell | 16 | 14,27 | 5,85 | 4,08 | 10,13 | 14,04 | 18,67 | 23,67 | |
| | Δ man. - US | 16 | -2,93 | 5,80 | -13,75 | -6,33 | -3,46 | 1,38 | 7,42 | 0,062* |
| 7 Tage | Ultraschall | 16 | 21,32 | 5,32 | 11,25 | 18,33 | 21,58 | 25,79 | 28,25 | |
| | manuell | 16 | 17,45 | 5,48 | 5,67 | 14,54 | 18,88 | 21,83 | 22,83 | |
| | Δ man. - US | 16 | -3,88 | 4,33 | -12,67 | -5,50 | -4,67 | -1,96 | 4,75 | 0,003* |
| 21 Tage | Ultraschall | 16 | 20,85 | 4,85 | 11,50 | 16,46 | 21,67 | 24,21 | 27,75 | |
| | manuell | 16 | 17,72 | 5,13 | 8,75 | 13,75 | 18,33 | 21,58 | 25,67 | |
| | Δ man. - US | 16 | -3,13 | 3,58 | -9,42 | -5,88 | -2,50 | -0,21 | 1,83 | 0,003* |

Die Ausgangswerte zum Prebrush-Zeitpunkt waren für beide Zahnbürsten statistisch insignifikant.

Supervidiert ergibt sich eine erhebliche Plaquerreduktion (Postbrush-Zeitpunkt), während nicht supervidiert nach sieben Tagen die Plaque-Planimetrie-Werte wieder anstiegen mit statistischer Signifikanz zugunsten der manuellen Zahnputzmethode, die bis zum „21 Tage“-Zeitpunkt anhielten.

Die Plaquerreduktion war bei beiden Zahnbürsten an den Frontzähnen stärker ausgeprägt als an den Seitenzähnen. Dabei erreichte die manuelle Zahnbürste nach sieben Tagen um 3,88 (und damit um ca. 18 %) und nach 21 Tagen um 3,13 (und damit um ca. 17 %) geringere Plaqueindex-Werte und reinigte signifikant besser als die Ultraschallzahnbürste.

Vergleich der Zahnputzmethoden bzgl. des Plaqueindex (berechnet für die Seitenzähne)

Im Vergleich zu oben werden nun nur die Plaqueindex-Werte für die Seitenzähne ausgewertet.

Tabelle 8: Deskriptive Kenngrößen des Plaqueindex (berechnet für die Seitenzähne) getrennt für Zeitpunkt und Putzmethode

Δ man. - US: Messreihe manuell minus Ultraschall (auf Basis intraindividuellder Differenzen)

N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum. 25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75 % Perzentil. Max: Maximum.

*p-Wert des t-Tests für verbundene Stichproben

**p-Wert des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests (für verbundene Stichproben)

| Zeitpunkt | Methode | N | Mittel | SDA | Min | 25 %-Perz. | Median | 75 %-Perz. | Max | p-Wert |
|-----------|-------------|----|--------|------|--------|------------|--------|------------|-------|--------|
| Prebrush | Ultraschall | 16 | 23,87 | 2,95 | 19,19 | 22,19 | 22,97 | 26,88 | 28,75 | |
| | manuell | 16 | 23,12 | 3,02 | 15,88 | 22,22 | 23,06 | 25,00 | 28,81 | |
| | Δ man. - US | 16 | -0,75 | 3,02 | -6,38 | -3,66 | -0,03 | 1,53 | 3,06 | 0,553* |
| Postbrush | Ultraschall | 16 | 19,56 | 4,78 | 12,81 | 15,66 | 20,19 | 22,81 | 27,75 | |
| | manuell | 16 | 16,80 | 5,05 | 7,75 | 13,91 | 16,19 | 19,06 | 28,56 | |
| | Δ man. - US | 16 | -2,75 | 5,60 | -12,38 | -7,91 | -1,31 | 0,41 | 7,19 | 0,068* |
| 7 Tage | Ultraschall | 16 | 23,12 | 3,43 | 16,81 | 20,63 | 23,56 | 25,50 | 29,38 | |
| | manuell | 16 | 20,93 | 4,63 | 8,94 | 20,78 | 21,38 | 23,22 | 26,56 | |
| | Δ man. - US | 16 | -2,19 | 3,48 | -7,88 | -5,47 | -1,88 | 0,66 | 3,06 | 0,024* |
| 21 Tage | Ultraschall | 16 | 21,94 | 3,33 | 15,38 | 19,59 | 22,91 | 24,03 | 26,81 | |
| | manuell | 16 | 21,43 | 3,26 | 14,19 | 20,16 | 21,34 | 23,72 | 26,25 | |
| | Δ man. - US | 16 | -0,51 | 2,46 | -7,13 | -1,88 | 0,03 | 1,31 | 2,19 | 0,715* |

Auch hier waren die Ausgangswerte zum Prebrush-Zeitpunkt für beide Zahnbürsten statistisch insignifikant. Während zu den Zeitpunkten „Postbrush“ und „7 Tage“ die manuelle Zahnbürste mehr Plaque entfernte, waren nach 21 Tagen die Werte wieder annähernd gleich.

Nach sieben Tagen bestanden signifikante Unterschiede hinsichtlich des Plaqueindex, der in diesem Fall für die manuelle Zahnbürste um 2,19 (ca. 9 %) kleiner als für die Ultraschallzahnbürste war.

Vergleich der Zahnputzmethoden bzgl. des Plaqueindex (berechnet für die Zähne des Oberkiefers)

Nun werden die Plaqueindex-Werte nur für die Zähne des Oberkiefers ausgewertet.

Tabelle 9: Deskriptive Kenngrößen des Plaqueindex (berechnet für die Zähne des Oberkiefers) getrennt für Zeitpunkt und Putzmethode

Δ man. - US: Messreihe manuell minus Ultraschall (auf Basis intraindividuelle Differenzen)

N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum. 25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75 % Perzentil. Max: Maximum.

*p-Wert des t-Tests für verbundene Stichproben

| Zeitpunkt | Methode | N | Mittel | SDA | Min | 25 %-Perz. | Median | 75 %-Perz. | Max | p-Wert |
|-----------|--------------------|----|--------|------|--------|------------|--------|------------|-------|--------|
| Prebrush | Ultraschall | 16 | 23,39 | 3,33 | 18,07 | 21,14 | 23,04 | 25,00 | 30,14 | |
| | manuell | 16 | 22,37 | 3,51 | 14,79 | 20,43 | 22,46 | 25,00 | 27,36 | |
| | Δ man. - US | 16 | -1,03 | 3,36 | -7,86 | -3,43 | -0,71 | 1,39 | 4,93 | 0,240* |
| Postbrush | Ultraschall | 16 | 18,44 | 4,46 | 10,36 | 15,46 | 18,89 | 21,11 | 26,43 | |
| | manuell | 16 | 15,53 | 4,20 | 6,71 | 12,93 | 15,82 | 17,96 | 24,00 | |
| | Δ man. - US | 16 | -2,91 | 4,77 | -10,21 | -6,18 | -3,39 | -0,07 | 5,79 | 0,028* |
| 7 Tage | Ultraschall | 16 | 21,49 | 3,81 | 12,57 | 19,93 | 21,54 | 23,96 | 27,71 | |
| | manuell | 16 | 19,65 | 4,53 | 9,71 | 18,11 | 20,36 | 22,18 | 26,50 | |
| | Δ man. - US | 16 | -1,84 | 3,20 | -6,57 | -4,50 | -2,04 | 0,54 | 3,86 | 0,036* |
| 21 Tage | Ultraschall | 16 | 20,42 | 4,32 | 10,64 | 16,71 | 21,57 | 22,96 | 26,14 | |
| | manuell | 16 | 19,96 | 4,00 | 12,50 | 18,39 | 19,96 | 22,89 | 25,93 | |
| | Δ man. - US | 16 | -0,46 | 2,47 | -4,71 | -2,46 | -0,39 | 1,68 | 2,86 | 0,465* |

Bei gleichen Anfangsbedingungen ergaben sich zum Postbrush-Zeitpunkt sowie zum Zeitpunkt „7 Tage“ für die manuelle Zahnbürste jeweils signifikant kleinere Plaqueindex-

Werte als für die Ultraschallzahnbürste. Zum Postbrush-Zeitpunkt war dieser Wert für die manuelle Zahnbürste im Mittel um 2,91 (das entspricht ca. 16 %) kleiner, nach sieben Tagen entsprechend um 1,84 (ca. 9 %) kleiner als für die Ultraschallzahnbürste. Analog zu den Seitenzähnen nivellierte sich dieser Unterschied nach 21 Tagen.

Vergleich der Zahnputzmethoden bzgl. des Plaqueindex (berechnet für die Zähne des Unterkiefers)

Nun werden die Plaqueindex-Werte nur für die Zähne des Unterkiefers ausgewertet.

Tabelle 10: Deskriptive Kenngrößen des Plaqueindex (berechnet für die Zähne des Unterkiefers) getrennt für Zeitpunkt und Putzmethode

Δ man. - US: Messreihe manuell minus Ultraschall (auf Basis intraindividuel­ler Differenzen)

N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum. 25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75 % Perzentil. Max: Maximum.

*p-Wert des t-Tests für verbundene Stichproben

**p-Wert des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests (für verbundene Stichproben)

| Zeitpunkt | Methode | N | Mittel | SDA | Min | 25 %-Perz. | Median | 75 %-Perz. | Max | p-Wert |
|-----------|-------------|--------|--------|------|------------|------------|--------|------------|-------|---------------|
| Prebrush | Ultraschall | 1 6 | 23,64 | 4,33 | 14,43 | 20,79 | 23,46 | 27,68 | 29,86 | |
| | manuell | 1 6 | 22,05 | 3,57 | 12,00 | 20,43 | 22,75 | 24,75 | 25,64 | |
| | Δ man. - US | 1 6 | -1,58 | 4,09 | -9,36 | -3,46 | -0,96 | 0,64 | 4,21 | 0,142* |
| Postbrush | Ultraschall | 1 6 | 18,65 | 6,15 | 8,71 | 15,21 | 16,14 | 23,89 | 29,00 | |
| | manuell | 1 6 | 15,90 | 6,16 | 5,64 | 12,57 | 15,18 | 19,04 | 27,36 | |
| | Δ man. - US | 1 6 | -2,75 | 6,72 | -18,7 9 | -6,61 | -2,32 | 1,64 | 8,79 | 0,123* |
| 7 Tage | Ultraschall | 1 6 | 23,21 | 4,54 | 13,79 | 20,43 | 22,82 | 27,29 | 29,79 | |
| | manuell | 1 6 | 19,23 | 5,45 | 6,36 | 17,46 | 21,46 | 23,07 | 24,64 | |
| | Δ man. - US | 1 6 | -3,98 | 4,78 | -12,2 9 | -7,18 | -3,46 | -0,07 | 3,71 | 0,005* |
| 21 Tage | Ultraschall | 1 6 | 22,53 | 3,45 | 16,79 | 19,54 | 23,25 | 25,46 | 28,14 | |
| | manuell | 1 6 | 19,72 | 4,14 | 11,21 | 16,64 | 20,29 | 22,68 | 27,21 | |
| | Δ man. - US | 1 6 | -2,80 | 3,37 | -11,7 1 | -3,61 | -2,43 | -0,29 | 1,29 | 0,001* |

Bei gleichen Anfangsbedingungen erreichte die manuelle Zahnbürste bei allen folgenden Messzeitpunkten deutlich bessere Ergebnisse als die Ultraschallzahnbürste, die ab dem Zeitpunkt „7 Tage“ signifikant waren. Nach sieben Tagen war der Plaqueindex-Wert für die manuelle Zahnbürste im Mittel um 3,98 (das entspricht ca. 17 %) kleiner, nach 21 Tagen entsprechend um 2,80 (ca. 12 %) kleiner als für die Ultraschallzahnbürste.

Vergleich von Ober- und Unterkiefer des Plaqueindex getrennt für die Zahnputzmethoden

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Vergleichsanalyse des Oberkiefers mit dem Unterkiefer bzgl. des Plaqueindex erörtert, wozu der Plaqueindex getrennt für Ober- und Unterkiefer berechnet wurde.

Zahnputzmethode: Ultraschall

Tabelle 11: Deskriptive Kenngrößen des Plaqueindex für die Ultraschallzahnbürste getrennt für Ober- und Unterkiefer sowie Zeitpunkt.

Δ OK - UK: Messreihe Ober- minus Unterkiefer (auf Basis intraindividueneller Differenzen)

N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum.

25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75 % Perzentil. Max: Maximum.

*p-Wert des t-Tests für verbundene Stichproben

| Zeitpunkt | Kiefer | N | Mittel | SDA | Min | 25 %- Perz. | Median | 75 %- Perz. | Max | p-Wert |
|-----------|-------------|----|--------|------|-------|-------------|--------|-------------|------|--------------------|
| Prebrush | Oberkiefer | 16 | 23,39 | 3,33 | 18,07 | 21,14 | 23,04 | 25,00 | 30,1 | |
| | Unterkiefer | 16 | 23,64 | 4,33 | 14,43 | 20,79 | 23,46 | 27,68 | 29,8 | |
| | Δ OK- UK | 16 | -0,25 | 2,76 | -5,64 | -1,86 | -0,36 | 1,46 | 5,29 | 0,727* |
| Postbrush | Oberkiefer | 16 | 18,44 | 4,46 | 10,36 | 15,46 | 18,89 | 21,11 | 26,4 | |
| | Unterkiefer | 16 | 18,65 | 6,15 | 8,71 | 15,21 | 16,14 | 23,89 | 29,0 | |
| | Δ OK- UK | 16 | -0,21 | 4,74 | -8,93 | -3,07 | -0,61 | 4,18 | 6,43 | 0,859* |
| 7 Tage | Oberkiefer | 16 | 21,49 | 3,81 | 12,57 | 19,93 | 21,54 | 23,96 | 27,7 | |
| | Unterkiefer | 16 | 23,21 | 4,54 | 13,79 | 20,43 | 22,82 | 27,29 | 29,7 | |
| | Δ OK- UK | 16 | -1,72 | 2,43 | -6,57 | -3,36 | -1,61 | -0,29 | 2,21 | 0,013* |
| 21 Tage | Oberkiefer | 16 | 20,42 | 4,32 | 10,64 | 16,71 | 21,57 | 22,96 | 26,1 | |
| | Unterkiefer | 16 | 22,53 | 3,45 | 16,79 | 19,54 | 23,25 | 25,46 | 28,1 | |
| | Δ OK- UK | 16 | -2,11 | 1,84 | -6,14 | -3,36 | -1,79 | -1,00 | 1,07 | < 0,001* |

Beginnend mit gleichen Anfangsbedingungen und gleichen Werten zum Postbrush-Zeitpunkt entwickeln sich nach sieben und mehr noch nach 21 Tagen deutliche, signifikante Unterschiede der Plaqueindex-Werte zugunsten des Oberkiefers.

Mit der Ultraschallzahnbürste werden also die Zähne des Oberkiefers zunehmend besser als die des Unterkiefers gereinigt: Nach sieben Tagen war der Mittelwert des Oberkiefer-Plaueindex um 1,72 (ca. 7 %) kleiner als derjenige des Unterkiefers, nach 21 Tagen war der Plaueindex des Oberkiefers sogar um 2,11 (ca. 9 %) kleiner als der des Unterkiefers.

Auffällig ist weiterhin, dass für alle vier Zeitpunkte der Mittelwert des Plaueindex für den Unterkiefer größer ist als derjenige für den Oberkiefer.

Zahnputzmethode: Manuell

Tabelle 12: Deskriptive Kenngrößen des Plaqueindex getrennt für die manuelle Zahnbürste für Ober- und Unterkiefer sowie Zeitpunkt.

Δ OK - UK: Messreihe Ober- minus Unterkiefer (auf Basis intraindividuelle Differenzen)

N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum.

25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75% Perzentil. Max: Maximum.

*p-Wert des t-Tests für verbundene Stichproben

| Zeitpunkt | Kiefer | N | Mittel | SDA | Min | 25 % Perz. | Median | 75 % Perz. | Max | p-Wert |
|-----------|-------------|----|--------|------|-------|------------|--------|------------|------|--------|
| Prebrush | Oberkiefer | 16 | 22,37 | 3,51 | 14,79 | 20,43 | 22,46 | 25,00 | 27,3 | |
| | Unterkiefer | 16 | 22,05 | 3,57 | 12,00 | 20,43 | 22,75 | 24,75 | 25,6 | |
| | Δ OK- UK | 16 | 0,31 | 2,64 | -4,36 | -1,18 | 0,04 | 2,68 | 4,14 | 0,642* |
| Postbrush | Oberkiefer | 16 | 15,53 | 4,20 | 6,71 | 12,93 | 15,82 | 17,96 | 24,0 | |
| | Unterkiefer | 16 | 15,90 | 6,16 | 5,64 | 12,57 | 15,18 | 19,04 | 27,3 | |
| | Δ OK- UK | 16 | -0,37 | 2,91 | -7,29 | -2,07 | 0,14 | 1,46 | 3,86 | 0,618* |
| 7 Tage | Oberkiefer | 16 | 19,65 | 4,53 | 9,71 | 18,11 | 20,36 | 22,18 | 26,5 | |
| | Unterkiefer | 16 | 19,23 | 5,45 | 6,36 | 17,46 | 21,46 | 23,07 | 24,6 | |
| | Δ OK- UK | 16 | 0,42 | 3,03 | -6,29 | -1,25 | 0,21 | 3,21 | 4,14 | 0,588* |
| 21 Tage | Oberkiefer | 16 | 19,96 | 4,00 | 12,50 | 18,39 | 19,96 | 22,89 | 25,9 | |
| | Unterkiefer | 16 | 19,72 | 4,14 | 11,21 | 16,64 | 20,29 | 22,68 | 27,2 | |
| | Δ OK- UK | 16 | 0,23 | 2,71 | -5,36 | -1,89 | 0,89 | 2,32 | 4,57 | 0,737* |

Im Gegensatz zur Ultraschallzahnbürste reinigt die manuelle Zahnbürste die Zähne des Oberkiefers und des Unterkiefers gleich gut.

Vergleich der Zahnputzmethoden bzgl. des Plaqueindex (berechnet für die vestibulären Flächen)

Dieser Abschnitt beinhaltet die Ergebnisse der Vergleichsanalyse der beiden Putzmethoden bzgl. des Plaqueindex, berechnet für die vestibulären Flächen. Dies bedeutet, dass jeweils – also für jeden Probanden für jeden der vier Zeitpunkte und für beide Putzmethoden – die Mittelwerte der Plaque-Grade über die neun vestibulären Felder aller ausgewerteten Zähne, also jeweils Werte zwischen null und zwei, berechnet wurden. Neben den Reihen für beide Putzmethoden wurde für jeden Zeitpunkt jeweils noch die zugehörige Reihe der intraindividuellen Differenzen (manuell - Ultraschall) errechnet.

Tabelle 13: Deskriptive Kenngrößen des Plaqueindex (berechnet für die vestibulären Flächen) getrennt für Zeitpunkt und Putzmethode

Δ man. - US: Messreihe manuell minus Ultraschall (auf Basis intraindividuel­ler Differenzen)

N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum. 25 % Perz.: 25% Perzentil. 75% Perz.: 75% Perzentil. Max: Maximum.

*p-Wert des t-Tests für verbundene Stichproben

| Zeitpunkt | Methode | N | Mittel | SDA | Min | 25 %-Perz. | Median | 75 %-Perz. | Max | p-Wert |
|-----------|-------------|----|--------|------|-------|------------|--------|------------|------|---------------|
| Prebrush | Ultraschall | 16 | 1,50 | 0,21 | 0,94 | 1,44 | 1,50 | 1,67 | 1,77 | |
| | manuell | 16 | 1,38 | 0,22 | 0,88 | 1,31 | 1,43 | 1,52 | 1,68 | |
| | Δ man. – US | 16 | -0,12 | 0,21 | -0,60 | -0,25 | -0,07 | -0,03 | 0,22 | 0,038* |
| Postbrush | Ultraschall | 16 | 1,08 | 0,30 | 0,65 | 0,81 | 1,10 | 1,35 | 1,59 | |
| | manuell | 16 | 0,83 | 0,34 | 0,27 | 0,56 | 0,84 | 0,97 | 1,54 | |
| | Δ man. – US | 16 | -0,25 | 0,36 | -0,77 | -0,53 | -0,28 | 0,01 | 0,48 | 0,014* |
| 7 Tage | Ultraschall | 16 | 1,29 | 0,31 | 0,68 | 1,11 | 1,34 | 1,58 | 1,68 | |
| | manuell | 16 | 1,09 | 0,34 | 0,42 | 0,94 | 1,08 | 1,34 | 1,75 | |
| | Δ man. – US | 16 | -0,20 | 0,29 | -0,77 | -0,41 | -0,21 | 0,03 | 0,30 | 0,014* |
| 21 Tage | Ultraschall | 16 | 1,22 | 0,31 | 0,56 | 0,95 | 1,27 | 1,42 | 1,71 | |
| | manuell | 16 | 1,05 | 0,25 | 0,52 | 0,88 | 1,11 | 1,24 | 1,38 | |
| | Δ man. – US | 16 | -0,16 | 0,22 | -0,62 | -0,33 | -0,10 | -0,01 | 0,14 | 0,010* |

Zu allen Zeitpunkten waren die Plaqueindex-Werte für die manuelle Zahnbürste signifikant kleiner als für die Ultraschallzahnbürste. Zum Prebrush-Zeitpunkt lag die Differenz bei 0,12 (das entspricht ca. 8 %), zum Postbrush-Zeitpunkt bei 0,25 (ca. 23 %), nach sieben Tagen bei 0,20 (ca. 16 %) und nach 21 Tagen bei 0,16 (ca. 14 %).

Vergleich der Zahnputzmethoden bzgl. des Plaqueindex (berechnet für die palatinalen und lingualen Flächen)

Dieser Abschnitt beinhaltet die Ergebnisse der Vergleichsanalyse der beiden Putzmethoden bzgl. des Plaqueindex, berechnet für die palatinalen und lingualen Flächen, die analog zu der entsprechenden Vergleichsanalyse für die vestibulären Flächen erfolgt.

Tabelle 14: Deskriptive Kenngrößen des Plaqueindex (berechnet für die palatinalen und lingualen Flächen) getrennt für Zeitpunkt und Putzmethode

Δ man. - US: Messreihe manuell minus Ultraschall (auf Basis intraindividuelle Differenzen)

N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum. 25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75 % Perzentil. Max: Maximum.

*p-Wert des t-Tests für verbundene Stichproben

**p-Wert des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests (für verbundene Stichproben)

| Zeitpunkt | Methode | N | Mittel | SDA | Min | 25 %-Perz. | Median | 75 %-Perz. | Max | p-Wert |
|-----------|--------------------|----|--------|------|-------|------------|--------|------------|------|---------|
| Prebrush | Ultraschall | 16 | 1,11 | 0,25 | 0,58 | 0,98 | 1,02 | 1,33 | 1,54 | |
| | manuell | 16 | 1,09 | 0,17 | 0,68 | 1,04 | 1,11 | 1,21 | 1,29 | |
| | Δ man. - US | 16 | -0,02 | 0,22 | -0,42 | -0,19 | 0,02 | 0,15 | 0,29 | 0,679* |
| Postbrush | Ultraschall | 16 | 0,98 | 0,27 | 0,60 | 0,77 | 0,93 | 1,18 | 1,46 | |
| | manuell | 16 | 0,92 | 0,28 | 0,42 | 0,72 | 0,93 | 1,15 | 1,31 | |
| | Δ man. - US | 16 | -0,07 | 0,29 | -0,70 | -0,31 | 0,00 | 0,17 | 0,33 | 0,376* |
| 7 Tage | Ultraschall | 16 | 1,19 | 0,16 | 0,92 | 1,10 | 1,17 | 1,29 | 1,57 | |
| | manuell | 16 | 1,07 | 0,25 | 0,47 | 1,02 | 1,13 | 1,21 | 1,44 | |
| | Δ man. - US | 16 | -0,12 | 0,18 | -0,50 | -0,20 | -0,11 | 0,02 | 0,12 | 0,017* |
| 21 Tage | Ultraschall | 16 | 1,17 | 0,17 | 0,96 | 1,02 | 1,15 | 1,27 | 1,55 | |
| | manuell | 16 | 1,15 | 0,21 | 0,80 | 1,02 | 1,14 | 1,29 | 1,52 | |
| | Δ man. - US | 16 | -0,02 | 0,20 | -0,30 | -0,13 | -0,01 | 0,05 | 0,55 | 0,624** |

Zwar wurden mit der manuellen Zahnbürste zum Zeitpunkt „7 Tage“ um 0,12 (ca. 10 %) und damit signifikant kleinere Plaqueindex-Werte als mit der Ultraschallzahnbürste erreicht. Insgesamt reinigten beide Zahnbürsten die oralen Glattflächen jedoch gleich gut.

Vergleich des vestibulären mit dem palatinalen/lingualen Plaqueindex getrennt für die Zahnputzmethoden

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Vergleichsanalyse der vestibulären mit den palatinalen/lingualen Zahnflächen bzgl. des Plaqueindex erörtert, wozu der Plaqueindex getrennt für die vestibulären und die palatinalen/lingualen Flächen berechnet wurde.

Zahnputzmethode: Ultraschall

Tabelle 15: Deskriptive Kenngrößen des Plaqueindex für die Ultraschallzahnbürste getrennt für vestibulär und palatinal/lingual sowie Zeitpunkt

vestibulär: neun vestibuläre Zahnfelder

pal./ling.: neun palatinale/linguale Zahnfelder

Δ v. - p./l.: Messreihe vestibulär minus palatinal/lingual (auf Basis intraindividuelle Differenzen)

N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum.

25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75 % Perzentil. Max: Maximum.

*p-Wert des t-Tests für verbundene Stichproben

**p-Wert des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests (für verbundene Stichproben)

| Zeitpunkt | Seite | N | Mittel | SDA | Min | 25 %-Perz. | Median | 75 %-Perz. | Max | p-Wert |
|-----------|---------------------|----|--------|------|-------|------------|--------|------------|------|--------------------|
| Prebrush | vestibulär | 16 | 1,50 | 0,21 | 0,94 | 1,44 | 1,50 | 1,67 | 1,77 | |
| | pal./ling. | 16 | 1,11 | 0,25 | 0,58 | 0,98 | 1,02 | 1,33 | 1,54 | |
| | Δ v. - p./l. | 16 | 0,40 | 0,22 | -0,01 | 0,25 | 0,40 | 0,51 | 0,87 | < 0,001* |
| Postbrush | vestibulär | 16 | 1,08 | 0,30 | 0,65 | 0,81 | 1,10 | 1,35 | 1,59 | |
| | pal./ling. | 16 | 0,98 | 0,27 | 0,60 | 0,77 | 0,93 | 1,18 | 1,46 | |
| | Δ v. - p./l. | 16 | 0,09 | 0,19 | -0,09 | 0,03 | 0,06 | 0,10 | 0,63 | 0,021** |
| 7 Tage | vestibulär | 16 | 1,29 | 0,31 | 0,68 | 1,11 | 1,34 | 1,58 | 1,68 | |
| | pal./ling. | 16 | 1,19 | 0,16 | 0,92 | 1,10 | 1,17 | 1,29 | 1,57 | |
| | Δ v. - p./l. | 16 | 0,10 | 0,22 | -0,29 | -0,06 | 0,17 | 0,27 | 0,44 | 0,087* |
| 21 Tage | vestibulär | 16 | 1,22 | 0,31 | 0,56 | 0,95 | 1,27 | 1,42 | 1,71 | |
| | pal./ling. | 16 | 1,17 | 0,17 | 0,96 | 1,02 | 1,15 | 1,27 | 1,55 | |
| | Δ v. - p./l. | 16 | 0,05 | 0,27 | -0,40 | -0,10 | 0,04 | 0,17 | 0,73 | 0,483* |

Zu Beginn waren mit $p < 0,001$ die palatinalen/lingualen Plaqueindex-Werte für die Ultraschallzahnbürste signifikant – und zwar um 0,40 (das entspricht ca. 26 %) – geringer als die vestibulären. Dieser Unterschied verringerte sich zwar im Verlauf, jedoch war die

Plaqueakkumulation an den vestibulären Glattflächen zu jedem Zeitpunkt ausgeprägter als an den oralen Flächen.

Zahnputzmethode: Manuell

Tabelle 16: Deskriptive Kenngrößen des Plaqueindex für die manuelle Zahnbürste getrennt für vestibulär und palatinal/lingual sowie Zeitpunkt

vestibulär: neun vestibuläre Zahnfelder

pal./ling.: neun palatinale/linguale Zahnfelder

Δ v. - p./l.: Messreihe vestibulär minus palatinal/lingual (auf Basis intraindividuellder Differenzen)

N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum.

25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75 % Perzentil. Max: Maximum.

*p-Wert des t-Tests für verbundene Stichproben

| Zeitpunkt | Seite | N | Mittel | SDA | Min | 25 %-Perz. | Median | 75 %-Perz. | Max | p-Wert |
|-----------|---------------------|----|--------|------|-------|------------|--------|------------|------|-----------------|
| Prebrush | vestibulär | 16 | 1,38 | 0,22 | 0,88 | 1,31 | 1,43 | 1,52 | 1,68 | |
| | pal./ling. | 16 | 1,09 | 0,17 | 0,68 | 1,04 | 1,11 | 1,21 | 1,29 | |
| | Δ v. - p./l. | 16 | 0,30 | 0,14 | -0,09 | 0,23 | 0,30 | 0,37 | 0,52 | < 0,001* |
| Postbrush | vestibulär | 16 | 0,83 | 0,34 | 0,27 | 0,56 | 0,84 | 0,97 | 1,54 | |
| | pal./ling. | 16 | 0,92 | 0,28 | 0,42 | 0,72 | 0,93 | 1,15 | 1,31 | |
| | Δ v. - p./l. | 16 | -0,09 | 0,25 | -0,61 | -0,22 | -0,02 | 0,05 | 0,29 | 0,177* |
| 7 Tage | vestibulär | 16 | 1,09 | 0,34 | 0,42 | 0,94 | 1,08 | 1,34 | 1,75 | |
| | pal./ling. | 16 | 1,07 | 0,25 | 0,47 | 1,02 | 1,13 | 1,21 | 1,44 | |
| | Δ v. - p./l. | 16 | 0,02 | 0,28 | -0,40 | -0,10 | -0,05 | 0,18 | 0,74 | 0,786* |
| 21 Tage | vestibulär | 16 | 1,05 | 0,25 | 0,52 | 0,88 | 1,11 | 1,24 | 1,38 | |
| | pal./ling. | 16 | 1,15 | 0,21 | 0,80 | 1,02 | 1,14 | 1,29 | 1,52 | |
| | Δ v. - p./l. | 16 | -0,10 | 0,15 | -0,30 | -0,22 | -0,14 | 0,05 | 0,17 | 0,023* |

Auch hier lagen zu Beginn hochsignifikante Unterschiede der Plaqueindex-Werte zugunsten der palatinalen/lingualen Zahnflächen vor, die aber im Verlauf von der manuellen Zahnbürste mehr als kompensiert wurden.

Die vestibulären Zahnflächen wurden von der Handzahnbürste besser erreicht als die palatinalen/lingualen. Die manuelle Zahnbürste entfernte bei den vestibulären Flächen auch geringfügig mehr Plaque als die Ultraschallzahnbürste. Die palatinalen/lingualen Flächen wurden von beiden Zahnbürsten gleich gut gereinigt (Tabellen 15 und 16).

Vergleich der Zahnputzmethoden bzgl. des Plaqueindex (berechnet für die Felder am Marginalsaum)

Dieser Abschnitt beinhaltet die Ergebnisse der Vergleichsanalyse der beiden Putzmethoden bzgl. des Plaqueindex, berechnet für die Felder am Marginalsaum (ABC), die analog zu der entsprechenden Vergleichsanalyse für die vestibulären Flächen erfolgt.

Tabelle 17: Deskriptive Kenngrößen des Plaqueindex (berechnet für die Felder am Marginalsaum) getrennt für Zeitpunkt und Putzmethode

Δ man. - US: Messreihe manuell minus Ultraschall (auf Basis intraindividuellder Differenzen)

N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum.

25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75 % Perzentil. Max: Maximum.

*p-Wert des t-Tests für verbundene Stichproben

**p-Wert des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang Tests (für verbundene Stichproben)

| Zeitpunkt | Methode | N | Mittel | SD A | Min | 25 %- Perz. | Median | 75 %- Perz. | Max | p-Wert |
|-----------|-----------------------|----|--------|---------|-------|-------------------|--------|----------------|------|---------|
| Prebrush | Ultraschall | 16 | 1,73 | 0,18 | 1,35 | 1,63 | 1,74 | 1,88 | 1,99 | |
| | manuell | 16 | 1,68 | 0,21 | 1,16 | 1,68 | 1,76 | 1,81 | 1,94 | |
| | Δ man. – US | 16 | -0,05 | 0,18 | -0,46 | -0,14 | -0,04 | 0,07 | 0,22 | 0,275* |
| Postbrush | Ultraschall | 16 | 1,39 | 0,30 | 0,96 | 1,13 | 1,41 | 1,63 | 1,92 | |
| | manuell | 16 | 1,21 | 0,36 | 0,49 | 0,99 | 1,21 | 1,51 | 1,75 | |
| | Δ man. – US | 16 | -0,18 | 0,30 | -0,76 | -0,39 | -0,19 | 0,03 | 0,46 | 0,029* |
| 7 Tage | Ultraschall | 16 | 1,67 | 0,25 | 1,15 | 1,50 | 1,73 | 1,85 | 1,96 | |
| | manuell | 16 | 1,46 | 0,35 | 0,63 | 1,37 | 1,60 | 1,69 | 1,74 | |
| | Δ man. – US | 16 | -0,21 | 0,22 | -0,56 | -0,39 | -0,17 | -0,07 | 0,20 | 0,002* |
| 21 Tage | Ultraschall | 16 | 1,61 | 0,27 | 1,12 | 1,35 | 1,72 | 1,82 | 1,92 | |
| | manuell | 16 | 1,50 | 0,25 | 1,02 | 1,29 | 1,58 | 1,71 | 1,80 | |
| | Δ man. – US | 16 | -0,11 | 0,19 | -0,62 | -0,19 | -0,07 | 0,00 | 0,15 | 0,020** |

Die einzelne Betrachtung der Plaquekontrolle am Zahnfleischsaum zeigte an dieser Risikofläche eine deutliche Reduktion für beide Zahnbürsten, die statistisch zugunsten der Handzahnbürste ausfiel.

Hierbei war zum Postbrush-Zeitpunkt der Plaqueindex-Wert für die manuelle Zahnbürste um 0,18 (ca. 13 %) kleiner als derjenige für die Ultraschallzahnbürste, nach sieben Tagen um 0,21 (ca. 13 %) und nach 21 Tagen um 0,11 (ca. 7 %).

Vergleich der Zahnputzmethoden bzgl. des Plaqueindex (berechnet für die Approximalräume)

Dieser Abschnitt beinhaltet die Ergebnisse der Vergleichsanalyse der beiden Putzmethoden bzgl. des Plaqueindex, berechnet für die Approximalräume (Felder ADCF), die analog zu der entsprechenden Vergleichsanalyse für die vestibulären Flächen erfolgt.

Tabelle 18: Deskriptive Kenngrößen des Plaqueindex (berechnet für die Approximalräume) getrennt für Zeitpunkt und Putzmethode

Δ man. - US: Messreihe manuell minus Ultraschall (auf Basis intraindividuelle Differenzen)

N: Probandenanzahl. Mittel: Mittelwert. SDA: Standardabweichung. Min: Minimum. 25 % Perz.: 25 % Perzentil. 75 % Perz.: 75 % Perzentil. Max: Maximum.

*p-Wert des t-Tests für verbundene Stichproben

| Zeitpunkt | Methode | N | Mittel | SDA | Min | 25 % Perz. | Median | 75 % Perz. | Max | p-Wert |
|-----------|--------------------|----|--------|------|-----------|------------|--------|------------|------|--------|
| Prebrush | Ultraschall | 16 | 1,66 | 0,20 | 1,22 | 1,58 | 1,67 | 1,81 | 1,98 | |
| | manuell | 16 | 1,60 | 0,22 | 1,10 | 1,58 | 1,67 | 1,73 | 1,91 | |
| | Δ man. – US | 16 | -0,06 | 0,19 | -0,4 4 | -0,21 | -0,01 | 0,06 | 0,25 | 0,223* |
| Postbrush | Ultraschall | 16 | 1,39 | 0,29 | 1,00 | 1,12 | 1,39 | 1,66 | 1,86 | |
| | manuell | 16 | 1,20 | 0,33 | 0,46 | 1,01 | 1,19 | 1,44 | 1,73 | |
| | Δ man. – US | 16 | -0,18 | 0,33 | -0,7 4 | -0,41 | -0,21 | 0,03 | 0,61 | 0,044* |
| 7 Tage | Ultraschall | 16 | 1,65 | 0,23 | 1,12 | 1,54 | 1,66 | 1,81 | 1,93 | |
| | manuell | 16 | 1,46 | 0,32 | 0,63 | 1,40 | 1,54 | 1,68 | 1,75 | |
| | Δ man. – US | 16 | -0,19 | 0,23 | -0,5 2 | -0,37 | -0,18 | -0,03 | 0,28 | 0,005* |
| 21 Tage | Ultraschall | 16 | 1,59 | 0,27 | 1,02 | 1,36 | 1,61 | 1,80 | 1,95 | |
| | manuell | 16 | 1,49 | 0,24 | 1,12 | 1,29 | 1,53 | 1,68 | 1,88 | |
| | Δ man. – US | 16 | -0,10 | 0,18 | -0,5 6 | -0,19 | -0,07 | 0,01 | 0,16 | 0,048* |

Auch die Plaquekontrolle in den Approximalräumen zeigte eine deutliche Reduktion für beide Zahnbürsten, die auch hier wieder statistisch zugunsten der Handzahnbürste ausfiel.

Hierbei war zum Postbrush-Zeitpunkt der Plaqueindex-Wert für die manuelle Zahnbürste um 0,18 (ca. 14 %) kleiner als derjenige für die Ultraschallzahnbürste, nach sieben Tagen um 0,19 (ca. 12 %) und nach 21 Tagen um 0,10 (ca. 6 %).

Zusammenfassung

Auf dem vorab festgelegten Signifikanzniveau ergibt sich für alle neun Vergleichsanalysen jeweils signifikant ein Unterschied bzgl. des Plaqueindex zwischen manueller Zahnbürste und Ultraschallzahnbürste für den Zeitpunkt „7 Tage“, wobei die Plaqueindex-Werte jeweils geringer für die manuelle Zahnbürste waren. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass diese Aussage für die Vergleichsanalyse hinsichtlich der vestibulären Flächen zu relativieren ist, da in diesem Fall bereits zum Prebrush-Zeitpunkt die Plaqueindex-Werte für die manuelle Zahnbürste signifikant kleiner als für die Ultraschallzahnbürste waren.

Von den verbleibenden acht Vergleichsanalysen, bei denen nicht auf Unterschiede bzgl. der Anfangsbedingungen geschlossen werden konnte, war bei drei Vergleichen (Oberkiefer, Marginalsaum Felder ABC und Approximalräume Felder ADCF) zum Postbrush-Zeitpunkt ein Unterschied signifikant. Dabei waren jeweils die Plaqueindex-Werte bei der manuellen Zahnbürste kleiner.

Von den acht Vergleichsanalysen, bei denen nicht auf Unterschiede bzgl. der Anfangsbedingungen geschlossen werden konnte und die ja alle nach sieben Tagen signifikant einen Unterschied bzgl. des Plaqueindex aufwiesen, war dieser nur noch in fünf Fällen auch nach 21 Tagen signifikant. Bei den anderen drei Analysen (Seitenzähne, Oberkiefer, palatinale/linguale Flächen) bestand nach 21 Tagen keine signifikante Abweichung mehr.

Für die Ultraschallzahnbürste ergab sich nach sieben Tagen signifikant ein Unterschied der Plaqueindex-Werte für Ober- und Unterkiefer, wobei die Plaqueindex-Werte für den Oberkiefer kleiner waren. Nach 21 Tagen bestand dieser Unterschied sogar hochsignifikant.

Sowohl bei der manuellen als auch bei der Ultraschallzahnbürste waren die Plaqueindex-Werte zum Ausgangszeitpunkt (Prebrush) für die palatinalen/lingualen Flächen hochsignifikant kleiner als für die vestibulären Zahnflächen.

4.3 Fragebogen

Die nachfolgenden Tabellen enthalten zusammenfassend die Ergebnisse der Fragebögen zur Ultraschallzahnbürste und zur Handzahnbürste.

Aus den Daten der Tabellen ergibt sich, dass sechs von 16 Probanden die manuelle Zahnbürste in Bezug auf Handlichkeit besser bewerteten als die Ultraschallzahnbürste und umgekehrt nur drei Probanden die Ultraschallzahnbürste besser bewerteten. Das Design der manuellen Zahnbürste erhielt von zehn Probanden eine bessere Bewertung als das der Ultraschallzahnbürste – eine umgekehrte Bewertung gab es nur zweimal. Bezüglich der Reinigungswertung wurde die manuelle Zahnbürste von elf Probanden besser und nur von drei Probanden schlechter bewertet als die Ultraschallzahnbürste. Drei Probanden würden die Ultraschallzahnbürste kaufen und immerhin zwölf Probanden (und damit 75 %) würden die manuelle Zahnbürste kaufen. Die direkten Vergleiche fielen also deutlich zugunsten der manuellen Zahnbürste aus.

4.3.1 Fragebogen Ultraschallzahnbürste

Tabelle 19: Auswertung des Fragebogens zur Ultraschallzahnbürste

| m/ w | Handlichkeit, Bedienung | Reinigungswirkung | Reinigung ohne Putzbewegung | Design | Missempfindung | | kaufen | Verbesserung | vorher |
|---------|----------------------------|-------------------|-----------------------------|---------------|-------------------------|-------------|--------|--------------------------------|---------------|
| | | | | | Gingiva | Zahnfleisch | | | |
| w | mittel | mittel | schlecht | mittel | nein | nein | nein | Kopf kleiner | elektr. +man. |
| m | sehr gut | gut | gut | sehr gut | nein | nein | ja | Design | man |
| m | sehr gut | gut | mittel | mittel | nein | nein | nein | Design | elektr. +man. |
| w | gut | gut | mittel | mittel | nein | nein | nein | Kopf kleiner | elektr. +man. |
| m | gut | gut | mittel | gut | nein | nein | ja | Kopf kleiner | elektr. |
| m | gut | mittel | mittel | gut | nein | nein | nein | Kopf rund | man. |
| w | sehr gut | mittel | mittel | sehr gut | ja, Gingiva geschwollen | nein | nein | Kopf rund | man. |
| w | mittel | mittel | schlecht | mittel | nein | nein | nein | Kopf kleiner | man. |
| m | gut | mittel | schlecht | mittel | nein | nein | nein | Design | elektr. |
| w | gut | sehr schlecht | sehr schlecht | mittel | ja, Gingiva geschwollen | nein | nein | Kopf kleiner und rund | elektr. +man. |
| m | gut | mittel | mittel | schlecht | nein | nein | nein | Design | elektr. +man. |
| m | sehr gut | gut | mittel | schlecht | nein | nein | ja | Kopf kleiner, Timer | elektr. +man. |
| w | gut | schlecht | mittel | mittel | nein | nein | nein | Kopf kleiner, Design | elektr. |
| m | sehr gut | mittel | gut | schlecht | nein | nein | nein | Design, Griff handlicher | elektr. +man. |
| w | gut | mittel | mittel | sehr schlecht | nein | nein | nein | Kopf kleiner, Griff handlicher | elektr. +man. |
| m | gut | gut | mittel | schlecht | nein | nein | nein | Kopf kleiner, Design | man. |

4.3.2 Fragebogen Denttabs®/Zahnbürste

Tabelle 20: Auswertung des Fragebogens zur manuellen Zahnbürste

| m/ w | H andlich- keit | Desig n | R einigungs- wirkung | Missempfindung | | kaufe n | Verbesserun g | vorher | Änderung Leben |
|---------|-----------------------|------------|----------------------------|----------------|--------------|------------|---|------------------|-------------------|
| | | | | Gingiv a | Zahnhal s | | | | |
| w | gut | gut | gut | nein | nein | ja | kleinerer Kopf | elektr. +man. | nein |
| m | gut | gut | mittel | nein | nein | nein | - | man. | nein |
| m | mittel | gut | gut | nein | nein | ja | Griff zu flexibel | elektr. +man. | nein |
| w | sehr gut | mittel | gut | nein | nein | ja | | elektr. | nein |
| m | gut | gut | sehr gut | nein | nein | ja | Griff zu flexibel | elektr. | nein |
| m | sehr gut | gut | schlecht | nein | nein | nein | Borsten zu weich | man. | nein |
| w | sehr gut | gut | gut | nein | nein | ja | - | man. | nein |
| w | gut | mittel | gut | nein | nein | ja | kleinerer Kopf | elektr. | nein |
| m | gut | gut | gut | nein | nein | ja | handlicherer Griff | elektr. | nein |
| w | mittel | gut | sehr gut | nein | nein | nein | handlicherer Griff | man. | nein |
| m | sehr gut | mittel | gut | nein | nein | ja | Design: Farbe | elektr. +man. | nein |
| m | sehr gut | gut | sehr gut | nein | nein | ja | - | elektr. +man. | nein |
| w | gut | gut | sehr gut | nein | nein | ja | - | elektr. | nein |
| m | sehr gut | gut | sehr gut | nein | nein | ja | - | elektr. +man. | nein |
| w | sehr gut | gut | sehr gut | nein | nein | ja | - | elektr. | nein |
| m | gut | gut | mittel | nein | nein | nein | weiche + mittlere Borsten- kombination | man. | nein |

5. Diskussion

5.1 Studienprotokoll

5.1.1 Cross-over-Design

Durchgeführt wurde eine Cross-over-Studie. Dieses Protokoll hat sich als valide Methode bewährt, die Effektivität von Zahnbürsten in klinischen Studien zu vergleichen (McCracken 2005) und ist in einer Vielzahl von Zahnbürstenstudien zur Anwendung gekommen. (Claydon und Addy 1995; Moschèn et al. 1999; Zimmer et al. 1999b; Moritis et al. 2002; Biesbrock et al. 2002; Cronin et al. 2002). Gegenüber dem Parallel-Design liegen die Vorteile in einer kleineren Probandenanzahl und der möglichen Erfassung intraindividuelle Unterschiede, jedoch auf Kosten einer längeren Studiendauer.

Weiterhin besteht ein Nachteil des Cross-over-Designs in den möglichen Wechselwirkungen zwischen erster und zweiter Untersuchungsphase (Heinecke et al. 1992). Eine achttägige Washout-Phase wurde in der vorliegenden Studie eingehalten, um diese Wechselwirkungen zu eliminieren. Anhand der gleichen Plaque-Ausgangswerte zeigt sich, dass die Dauer der festgelegten Washout-Phase ausreichend war. Die GI-Werte zeigen allerdings unterschiedliche Ausgangswerte.

Obwohl viele Autoren eine professionelle Zahnreinigung zur Erzielung gleicher Mundhygieneverhältnisse empfehlen (Sharma et al. 1994; Zimmer et al. 1999b; Zimmer et al. 2005), konnten keine gleichen Gingiva-Verhältnisse geschaffen werden. Dies mag auf schon vor Beginn der Studie und der professionellen Zahnreinigung bestehende Unterschiede der gingivalen Verhältnisse zurückzuführen sein, die auch durch diese einzelne Mundhygienemaßnahme nicht angeglichen werden konnten.

Ein Screening vor Beginn zukünftiger Studien mit einem festgelegten Ausgangswert für den GI könnte dies in Zukunft verhindern.

5.1.2 Anzahl der Probanden

In den unterschiedlichen Zahnbürstenstudien variiert die Größe der Probandengruppe von 13 (Niemi et al. 1987) bis 270 (Soparkar und Quigley 1964). Dabei sollte sich die Anzahl der Probanden nach dem ausgewählten Studiendesign richten; somit ist bei Studien mit Cross-over-Design eine kleinere Anzahl von Probanden notwendig als bei Studien mit Parallel-Design.

Da pro Proband zu je vier Zeitpunkten („Prebrush“, „Postbrush“, „7 Tage“, „21 Tage“) je Zahnbürste jeweils mindestens 19 Aufnahmen angefertigt wurden, wurde auch im Hinblick auf den Zeit-/Kostenaufwand und die Realisierbarkeit eine Probandenanzahl von 16 Studienteilnehmern als ausreichend erachtet, um statistisch auswertbare Ergebnisse zu erreichen.

5.1.3 Auswahl der Probanden

Bezüglich des Alters der Probanden in Mundhygienestudien findet man in der Literatur unterschiedliche Angaben, etwa 18-65 Jahre (Barnes et al. 1993; Cronin et al. 1998; Warren et al. 2001), 18 bis 70 Jahre (Soparkar et al. 2000; Sowinski et al. 2000; Biesbrock et al. 2002), 18 bis 30 Jahre (Stoltze und Bay 1994), 17 bis 21-jährige College-Studentinnen (Lobene 1964a).

An der vorliegenden Studie nahmen ausschließlich erwachsene Probanden im Alter von 20 bis 34 Jahren teil. Laut Micheelis und Reich (1999) weisen Frauen in der Regel eine bessere Mundhygiene auf als Männer, deswegen wurde in dieser Studie versucht das Verhältnis der beiden Geschlechter möglichst ausgeglichen zu halten. Da in dieser Studie die Auswahl der Probanden willkürlich getroffen wurde, ergab sich eine Anzahl von sieben weiblichen und neun männlichen Teilnehmern.

Ein guter allgemeiner Gesundheitszustand, der Ausschluss von systemischen Erkrankungen und physischen Einschränkungen, die ein adäquates Zähneputzen verhindern, waren Grundvoraussetzungen für die Teilnahme an der Studie. Ausschlusskriterien waren Gravidität und die Einnahme von Medikamenten, welche Einfluss auf die orale Flora oder den Speichelfluss nahmen.

In der Literatur findet man unterschiedliche Angaben einer Mindestanzahl von Zähnen, die bei einer Zahnbürstenstudie berücksichtigt werden sollte. Forgas-Brockmann et al. (1998) setzten eine Mindestanzahl von mehr als 16 Zähnen fest. Viele Studien wie Baab und Johnson (1989), Barnes et al. (1993), Dentino et al (2002), Heasman et al. (1999), Johnson und McInnes (1994), Lazarescu et al. (2003) forderten mehr als 20 Zähne. Dörfer et al. (2001) legten eine Grenze von mindestens 24 Zähnen fest. Die vorliegende Studie forderte eine Zahnanzahl von mindestens 26. Überkronte Zähne oder Zähne mit orthodontischen Apparaturen wurden ebenso ausgeschlossen wie dritte Molaren.

Aus den Rohdaten der Studie ergab sich, dass das Geschlecht der Probanden ebenso wenig Auswirkung auf die Ergebnisse hatte wie die vor der Studie angewandte Putzmethod. Auch

Variationen der Uhrzeit der intraoralen Planimetriefotografie zeigten keine Auswirkungen auf die erhobenen Daten, so dass insgesamt von einer Validität der verwendeten Methodik ausgegangen werden kann.

5.1.4 Studiendauer

In der Literatur findet man eine Vielzahl von Ansätzen von Zahnbürstenstudien, die sich in der Studiendauer und im Umfang stark unterscheiden. Reine Plaque-Veränderungen sind bereits nach kurzer Studiendauer von nur einer Woche erkennbar (Zimmer et al. 1999b; Claydon et al. 2000; Cronin et al. 2001).

In einer Studie von Khocht et al. (1992) erwies sich eine Dauer von einem Monat als ausreichend, um Veränderungen der Gingiva registrieren zu können. Hier wurden sowohl Plaque- als auch Gingivaindex-Werte erhoben.

Bei der Dokumentation von Plaquereduktionen gilt eine kurze Testphase als ausreichend, um Veränderungen zu erfassen (Cronin et al. 2001). Wenn zugleich auch Gingivitiswerte erhoben werden, so findet man bei verschiedenen Autoren Zeiträume, die vier Wochen nicht unterschreiten, da sich die Gingivitiswerte erst innerhalb von drei Monaten und länger manifestieren bzw. bei einer Verbesserung der Mundhygiene Ausheilungsprozesse diese Zeit benötigen. Somit wurde eine Studiendauer von mindestens 30 Tagen als sinnvoll erachtet. Insgesamt erstreckte sich diese Studie auf 64 Tage – zwei Testläufe zu je 28 Tagen sowie dazwischen acht Tage Washout-Phase – und insgesamt neun Termine pro Proband.

5.1.5 Professionelle Zahnreinigung und Mundhygienekarenz

Um gleiche Ausgangsbedingungen zu schaffen wurde bei jedem Probanden vor der dreitägigen Mundhygienekarenz eine professionelle Zahnreinigung durchgeführt.

Auch Zimmer et al. (2002) und Böshagen et al. (2005) führten ebenfalls eine Zahnreinigung vor Beginn der Studie durch. Über die Dauer der Mundhygienekarenz werden in der Literatur unterschiedliche Angaben gemacht, die von zwölf Stunden (Williams et al. 2003) bzw. 24 Stunden (Cronin et al. 2002) bis zu vier Tagen (Renton-Harper et al. 1999; Claydon et al. 2002) reichen. Ein three-day-plaque-regrowth ermöglichte in der vorliegenden Studie eine ausreichende, mit Hilfe des planimetrischen Index bewertbare Ansammlung von Plaque, ohne dabei bleibende Schäden an Hart- oder Weichgewebe auszulösen.

5.1.6 Studien-Zahnbürsten, -Zahnpasta und Zahnputztabletten

In dieser Studie unterscheiden sich die beiden Testzahnbürsten zunächst grundlegend durch manuelle bzw. elektrische Antriebskraft. Zusätzlich differierten sie bezüglich der Größe des Borstenfeldes und der Anordnung der Borsten. Die unterschiedliche Härte der Borsten dürfte in diesem Zusammenhang keine Rolle spielen, da bei der Anwendung der Ultraschallzahnbürste keine Putzbewegung durchgeführt wird und die Borsten nur als Überträger des Ultraschalls dienen sollen.

Beim Gebrauch der Ultraschallzahnbürste gaben viele Probanden an, der Bürstenkopf sei zu groß und sie könnten schwieriger die hinteren Molaren erreichen als mit der Handzahnbürste. Möglicherweise hat dieser Umstand die Plaqueentfernung beeinflusst. Die Anwendung des Ultraschall-Gels bzw. der Zahnputztabletten stellt einen weiteren Unterschied dar. Die Forderung von Saxer und Yankell (1997a), in einer Studie soll immer dieselbe Zahnpasta verwendet werden, kann in diesem Fall nicht Berücksichtigung finden, da der Hersteller der Ultraschallzahnbürste nur eine effiziente Zahnreinigung in Zusammenhang mit dem speziellen Ultraschallgel angibt. Mit der Verwendung einer anderen Zahnpasta ist eine Bildung von Mikrobläschen mit der Ultraschallzahnbürste laut Herstellerangaben nicht gewährleistet.

Eine Studie von Böshagen et al. (2005) zeigte, dass die Mundhygieneeffektivität der Zahnputztablette der Zahnpasta ebenbürtig ist. Dennoch ist es möglich, dass die in der vorliegenden Studie verwendete manuelle Zahnbürste gerade in Kombination mit den Tabletten aufgrund von Synergie-Effekten besonders effektiv ist. Der in den Tabletten enthaltene Anteil an mikrokristalliner Zellulose führt zu einem zusätzlichen Poliereffekt. Sowohl die abrasionsfreie Führung der Ultraschallzahnbürste über die einzelnen Zahngruppen als auch der sehr niedrige Gehalt an Abrasivstoffen in den Zahnputztabletten in Kombination mit den konischen Filamentenden der Handzahnbürste lassen Nebenwirkungen wie chronische Zahnhartsubstanzschäden ausschließen.

Die Anwendung neuer Produkte beeinflusst die Mundhygiene positiv (Schafer et al. 2003). Da sowohl die Ultraschallzahnbürste als auch die manuelle Zahnbürste in Verbindung mit den Zahnputztabletten eine für die Probanden neue Möglichkeit der Zahnreinigung darstellt, kann hier von gleicher Motivation der Probanden bei beiden Zahnbürsten ausgegangen werden. Saxer und Yankell (1997b) forderten schon vor längerem eine Reinigungswirkung von Zahnbürsten, die so wenig wie möglich von der individuellen Putztechnik beeinflusst wird. Bezüglich der Ultraschallzahnbürste kann hier von einem deutlichen Fortschritt in diese Richtung gesprochen werden.

5.1.7 Probandenunterweisung

Als erwünschte Zahnputzdauer werden in den USA üblicherweise zwei Minuten angegeben, während es in Europa meistens drei Minuten sind (Zimmer und Roulet 2003). 1999 führten Micheelis und Reich in Deutschland eine repräsentative Studie durch, in der „gute Mundhygiene“ über Verhaltensparameter definiert wurde. „Gute Mundhygiene“ betrieb in dieser Untersuchung jeder, der zweimal täglich – morgens und abends – für jeweils zwei Minuten seine Zähne putzte. Dies traf für rund 80 % der Deutschen nicht zu (Micheelis u. Reich 1999).

Beals et al. 2000 ermittelten eine durchschnittliche Zahnputzzeit von 46 Sekunden; laut einer Untersuchung von Saxer et al. (1998) sind es durchschnittlich 80 Sekunden. Betrachtet man die Literatur, so findet man unterschiedliche Angaben für die Zahnputzzeit der Probanden in Mundhygienestudien. In der hier vorliegenden Studie reinigten sich die Probanden zweimal täglich für jeweils drei Minuten die Zähne mit der vorgegebenen Testzahnbürste. Wie auch in einer Untersuchung von Zimmer et al. (2002) benutzten die Probanden hierfür eine Sanduhr. Auch die American Dental Association (ADA Council on Dental Therapeutics 1977) rät zu einer Zahnputzdauer von drei Minuten. Studien von Zimmer et al. (2002), Lazarescu (2003) und Heasman (1998) legten ebenfalls eine Zahnputzzeit von drei Minuten fest.

Um mögliche Fehlerquellen zu minimieren und möglichst einheitliche Testbedingungen zu schaffen werden in vielen Zahnbürstenstudien Unterweisungen hinsichtlich der Putztechnik gegeben. So wurden in Studien von Forgas-Brockmann et al. (1998), Johnson und McInnes (1994) und O’Beirne et al. (1996) die Probanden instruiert, die modifizierte Bass-Technik anzuwenden.

Zimmer et al. (2002) und Moritis et al. (2002) ließen hingegen ihre Probanden die Bass-Technik anwenden. Da in der Regel Zahnbürsten vom Patienten gekauft und ohne eine vorherige Unterweisung benutzt werden, wurde in dieser Studie bei der manuellen Zahnbürste auf keine bestimmte Putztechnik hingewiesen, und die Probanden wurden nicht instruiert, eine bestimmte Technik zu verfolgen.

Bei der Anwendung der Ultraschallzahnbürste konnte hingegen nicht gänzlich auf eine Unterweisung verzichtet werden. Da laut Herstellerangaben die Bürste mit den Borsten in leichten Zahnkontakt gebracht, aber keine Putzbewegung durchgeführt werden soll, wurde den Probanden ein Putzschema ausgehändigt und erläutert. So konnten die Probanden sich die drei Minuten Zahnputzzeit gut einteilen. Auch bei der Anwendung der manuellen Zahnbürste folgten die Probanden dem Putzschema und begannen immer im selben Quadranten mit der Zahnreinigung, individuelle Bewegungsmuster wurden allerdings nicht korrigiert.

Wie auch bei der Untersuchung von Zimmer et al. (2002) sollten die Probanden dieser Studie auf zusätzliche Hilfsmittel wie Zahnseide und Interdentalbürsten verzichten. So konnte die Plaqueentfernung der Zahnbürsten auch in den schwieriger erreichbaren Approximalräumen besser kontrolliert werden.

5.2 Gingivitiswerte

Der Gingivaindex nach Loe und Silness (1963) wird in vielen Studien zur Untersuchung der gingivalen Verhältnisse verwendet (Terezhalmay et al. 1994; Terezhalmay et al. 1995; Tritten und Armitage 1996; O'Beirne et al. 1996; Forgas-Brockmann et al. 1998; Zimmer et al. 2002).

In den meisten epidemiologischen Studien werden allerdings nur die sechs ausgewählten „Ramfjord-Zähne“ (Ersatzzähne: 16, 21, 24, 36, 41, 44) beurteilt. Sie gelten repräsentativ für das Gesamtgebiss (Fleiss et al. 1987; Di Murro et al. 1990). In der vorliegenden Studie wurden alle vorhandenen und den oben genannten Studienanforderungen entsprechenden Zähne, außer den dritten Molaren, in die Untersuchung mit einbezogen.

Die einzelne Betrachtung der Plaquekontrolle am Gingivalsaum sowie in den Approximalräumen zeigte gerade an diesen Risikoflächen der Zähne für eine Karies- bzw. Gingivitisauslösung eine deutliche Reduktion für beide Zahnbürsten, die statistisch zu Gunsten der Handzahnbürste ausfiel.

Die parallele Erhebung der Gesundheit der Gingiva mittels Gingivaindex führte bei beiden Zahnbürsten zu sehr niedrigen Werten über den ganzen Untersuchungszeitraum, so dass die große Mehrzahl aller untersuchten Situs an allen Zähnen immer entzündungsfrei geblieben war. Beide Zahnbürsten tragen demnach zur Aufrechterhaltung einer gesunden Gingiva bei.

Ein näherer Blick in die statistische Auswertung zeigt, dass bei 21-tägiger Anwendung der manuellen Zahnbürste – im Gegensatz zu einer entsprechend langen Anwendung der Ultraschallzahnbürste – signifikant mit einer Verringerung des GI im Vergleich zum Startzeitpunkt (Baseline) zu rechnen ist.

Aus den Messdaten ergab sich, dass die GI-Werte zum zweiten Baseline-Messzeitpunkt deutlich besser als zum ersten waren, obwohl eine achttägige Washout-Phase eingehalten wurde. Dies steht ebenso im Einklang mit der Mehrheit der entsprechenden Studien wie auch die Verwendung des Cross-over-Designs (McDaniel et al. 1997; Zimmer et al. 1999b).

Die ursächlichen Einflussfaktoren für diesen Effekt sind nicht bekannt. Unter den Gründen mögen sich abnehmende Testangst der Probanden oder Lerneffekte in Bezug auf die Mundhygiene finden. Die bestmögliche Kompensation dieser Unterschiede in den Baseline-Werten ist in diesem Fall durch Differenzbildung zu erzielen: Man betrachtet die zeitliche Veränderung der Messwerte in Bezug auf den Startwert. Hieraus ergibt sich das beschriebene, signifikante Ergebnis.

In der Literatur gibt es relativ wenige Studien, die die Wirkung manueller Zahnbürsten mit jener von Ultraschallzahnbürsten auf Entzündungs-Parameter der Gingiva vergleichen. Konsens dieser Studien ist, dass entweder keine signifikanten Unterschiede in der Wirkung nachgewiesen werden konnten oder – in einigen Studien – Ultraschallzahnbürsten besser abschnitten. Bislang konnte in isolierten Kurzzeitstudien ein Erfolg hinsichtlich einer Gingivitisreduktion bei Ultraschallzahnbürsten gezeigt werden (Cochrane Review 2010: Deacon et al.).

In einer 30-Tage-Studie von Forgas-Brockmann (1998) zeigte sich, dass sowohl die manuelle als auch die Ultraschallzahnbürste den GI statistisch signifikant verringern, jedoch waren keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen beiden Zahnbürstentypen nachweisbar, allenfalls leichte Tendenzen zugunsten der besseren diesbezüglichen Wirksamkeit der verwendeten Ultraschallzahnbürste waren zu beobachten.

Auch aus einer Studie von Zimmer et al. (2002) ergab sich, dass die Ultraschallzahnbürste bessere Ergebnisse in der Prävention einer Gingivitis als eine manuelle Zahnbürste erzielte.

Vandana und Penumatsa (2004) kamen zu dem Ergebnis, dass sowohl die manuelle Zahnbürste als auch die Ultraschallzahnbürste effektiv waren bzgl. der Reduzierung von Gingivitis, wobei die Ultraschallzahnbürste tendenziell besser abschnitt.

Im Vergleich mit diesen drei Studien, die ebenfalls die Wirkung manueller Zahnbürsten auf gingivale Parameter untersuchen, zeigen die vorliegenden Ergebnisse hier eine signifikante Wirkung bei der manuellen Zahnbürste, aber nicht bei der Ultraschallzahnbürste.

Bei den unterschiedlichen veröffentlichten Studien ist insgesamt auffallend, dass häufig elektrische Zahnbürsten unterschiedlichen Typs (Ultraschall, Schall, rotierend-oszillierende, etc.) in ihrer Wirkung miteinander verglichen wurden. Der Cochrane Review 2010 (Deacon et al.) betont, dass es selbst innerhalb der unterschiedlichen Modelle wesentliche Unterschiede innerhalb der Wirkung gibt, und er unterstreicht außerdem, dass, wenn es sein kann, dass in einer Studie ein spezielles Zahnbürsten-Design eine Wirkung erzielt und zu einem anderen Zeitpunkt wieder nicht, weitere Forschung notwendig ist.

Ähnlich wie in der vorliegenden Studie wurde in der Studie von Forgas-Brockmann et al. (1998) unter Verwendung des gleichen GI (Löe und Silness 1963), jedoch lediglich unter Einbeziehung der Ramfjord-Zähne, ein Vergleich der „UltraSonex Ultima®“ mit einer Handzahnbürste zu ebenfalls drei Messzeitpunkten („Baseline“, „15 Tage“, „30 Tage“) durchgeführt. Sowohl in der Gruppe, die die manuelle Zahnbürste verwendet hatte, als auch in der „UltraSonex Ultima®“-Gruppe wurden zwischen den Zeitpunkten „Baseline“ und „15 Tage“ bzw. „Baseline“ und „30 Tage“ jeweils signifikante Reduktionen des GI nachgewiesen. Zwischen den Gruppen gab es jedoch zu keinem Zeitpunkt einen signifikanten Unterschied, was im Kontrast zur vorliegenden Studie steht, bei der sich nach 21 Tagen ein signifikanter Unterschied zugunsten der Handzahnbürste ergab.

Bei der Studie von Forgas-Brockmann et al. (1998) zeigte sich sogar eine leichte, wenn auch weder klinisch noch statistisch relevante Tendenz zugunsten besserer Gingivitis-Reduktion der Ultraschallzahnbürste.

5.3 Plaquewerte

Unter fünf verschiedenen Plaque-Indizes wurde von Quirynen et al. (1991) das planimetrische Verfahren als das mit der größten Messempfindlichkeit bezeichnet. Viele Plaquebewertungsmethoden basieren auf der subjektiven Bewertung einer Plaquemenge auf der Zahnoberfläche oder sie registrieren an bestimmten Stellen vorhandene bzw. nicht vorhandene Plaque (Claydon und Addy 1995). Ein weiterer Nachteil vieler angewandter Plaqueindizes ist eine ungenaue Bewertung der Plaque an schwer zugänglichen Flächen.

Rustogi et al. (1992) modifizierten deshalb den modifizierten Navy-Plaque-Index (Elliot et al. 1972), um die zu bewertenden Zahnflächen in „Approximalbereiche“ und „Gingivabereiche“ zu vergrößern. Klinisch angewandt muss somit der Auswerter in den neun Feldern des Zahnes jeweils bukkal als auch lingual eine Entscheidung über Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Plaque treffen. Claydon und Addy (1995) sehen gerade hier an unteren Prämolaren aufgrund der sehr kleinen Zahnoberfläche und somit auch winzigen

Feldern A-F Schwierigkeiten. Ziel des zweckmäßig modifizierten digitalen Plaque-Index nach Claydon und Addy (1995) ist, die Entscheidung der Bewertungsziffer nicht mehr klinisch, sondern mittels Deckschablone außerhalb der Klinik durchführen zu lassen. Diese Methode kann sowohl durch klinisch geschultes, als auch durch klinisch nicht geschultes Personal durchgeführt werden.

Die meisten Mundhygienestudien beurteilen das Vorhandensein von Plaque mit einer Ja/Nein-Entscheidung. Durch die Beurteilung der Plaque mittels modifiziertem Navy-Plaque-Index nach Claydon und Addy in einer Modifikation nach Lang ist es möglich, durch die neun Felder des Zahnes genaue Aussagen über die Reinigungskraft der jeweiligen Testzahnbürste an bestimmten Bereichen eines Zahnes zu treffen, um die Effektivität besser bestimmen zu können, da auch eine Reduzierung der vorhandenen Plaque ohne vollständige Entfernung ermittelt werden kann. Lang et al. (2011) fanden heraus, dass der Index mittels einer indirekten Auswertung – wie in der vorliegenden Studie anhand von Fotos – Reinigungserfolge detailliert darstellen kann. Nach der vergleichenden Berechnung der Autoren ist das dreigradige System von null bis zwei hinsichtlich der Plaquereduktionswerte wesentlich aussagekräftiger. Wurde beim alten Index ein Vorhandensein von Plaque nur mittels einer Ja/Nein-Entscheidung bewertet, so kann mit dem dreigliedrigen Index zusätzlich differenziert werden, ob ein Feld mehr als halb oder höchstens halb bedeckt ist. Damit ist dieser Index an denjenigen Feldern deutlich präziser, die typischerweise nicht frei von Plaque, aber höchstens bis zu 50 % bedeckt sind. Betroffen sind hier vor allem das Feld E sowie die Felder D und F der Approximalflächen.

Bei Betrachtung der in Metaanalysen eingeschlossenen Studien zu Ultraschallzahnbürsten (Cochrane Review 2005: Robinson et al.; Cochrane Review 2010: Deacon et al.) ist die vorliegende Studie die einzige ihrer Art, die für die Plaquekontrolle diesen dreigliedrigen planimetrischen Index als full-mouth-Planimetrie verwendet und dabei sowohl zum Prebrush- als auch zum Postbrush-Zeitpunkt die Plaque mittels Revelator sichtbar machte. Erst das zweite Anfärben zum Postbrush-Zeitpunkt machte deutlich, dass bei beiden Zahnbürsten-Modellen besonders an den Risikoflächen wie Marginalsaum und Approximalraum ein großer Anteil der planimetrischen Felder beträchtliche Plaquemengen aufwies. Die Plaquereduktion über alle Zahnflächen nach einmaliger Anwendung lag jeweils bei über 20 % gemessen an ungeputzten Zähnen (Ultraschallzahnbürste: 21,2 %, manuelle Zahnbürste: 29,2 %). Ein nur einmaliges Anfärben zum Prebrush-Zeitpunkt hätte folglich deutlich höhere Reduktionswerte erwarten lassen, da noch vorhandenen Plaque unsichtbar geblieben wäre.

Die im Cochrane Review von 2005 (Robinson et al.) zitierten Reduktionswerte für rotierend-oszillierende Bürsten von durchschnittlich 11 % bezüglich des Quigley Hein Plaqueindex (QHI) bei ein- bis dreimonatigen Studien liegen in ähnlicher Größenordnung wie der Reduktionswert von 8,7 % für die Ultraschallzahnbürste bzw. 10,7 % für die manuelle Zahnbürste für den Zeitraum zwischen Prebrush und 21 Tagen, jedoch wird die klinische

Relevanz dieser Zahlen innerhalb des Cochrane Reviews als unbekannt angesehen. Diese Reduktionswerte für die untersuchten Zahnbürstenmodelle beziehen sich jeweils auf den gesamten Studienzeitraum. Aussagen über die Reduktionswerte vom Pre- zum Postbrushzeitraum nach einer vorangegangenen Mundhygienekarenz werden jedoch nicht getroffen. Eine direkte und spezifische Kontrolle der Putzleistung ist erstmals mit der vorliegenden Studie für einen planimetrischen Index möglich.

Der Vergleich der Ultraschall-Testzahnbürste mit der Handzahnbürste zeigte mit der Planimetrie des Plaqueindex eine deutliche Zahnplaquereduktion, die nach vier Trainingstagen und weiteren drei Tagen Mundhygienekarenz für beide Zahnbürsten gleich hoch bei 16 Probanden mit Cross-over-Protokoll ausfiel. Die weitere Nachkontrolle nach sieben und 21 Tagen zeigte statistisch eine geringe Überlegenheit der Handzahnbürste bei ca. 13% bzw. 8% mehr planimetrischer Plaquereduktion.

Die Plaquereduktion war bei beiden Bürsten an den Frontzähnen stärker ausgeprägt als an den Seitenzähnen. Die Zähne des Oberkiefers wurden dagegen gleich gut wie die Zähne des Unterkiefers gereinigt. Nach 21 Tagen waren die Zähne des Unterkiefers mit der Ultraschallzahnbürste gering weniger gereinigt als die des Oberkiefers. Während die vestibulären Zahnflächen von der Handzahnbürste signifikant besser erreicht wurden, war die Plaquereduktion oral an den palatinalen und lingualen Zahnflächen für beide Bürsten gleich gut.

Claydon et al. (2002) verglichen die Plaque-Entfernungs-Fähigkeiten von acht Handzahnbürsten. Bei dieser Studie wurden die Zähne aller Probanden durch dieselbe geschulte Person jeweils 48 Sekunden gereinigt. Zwischen den einzelnen Durchgängen wurde eine dreitägige Washout-Phase eingehalten. Zum Einsatz kam der modifizierte Plaqueindex nach Quigley und Hein (Turesky et al. 1972). Im Gegensatz zur vorliegenden Studie wurden für jeden Durchgang nur die Index-Werte zum Prebrush- und Postbrush-Zeitpunkt erhoben und die jeweilige prozentuale Reduktion der Plaqueindex-Werte zwischen diesen beiden Zeitpunkten berechnet. Signifikante Unterschiede zwischen den Werten für die einzelnen Zahnbürstendesigns bestanden nicht. Analog zur vorliegenden Studie waren auch hier keine Unterschiede zwischen Ober- und Unterkiefer festzustellen (Plaque-Reduktion um 37,6 % im Oberkiefer und 36,6 % im Unterkiefer). Bei beiden Studien war die Plaque-Reduktion bei den Frontzähnen größer als bei den Seitenzähnen (Claydon et al.: Plaque-Reduktion um 44,4 % an den Frontzähnen bzw. 32,1 % an den Seitenzähnen). Ebenso war bei beiden Studien die Plaque-Reduktion an den bukkalen Flächen größer als an den oralen Flächen (Claydon et al.: 45,2 % an den bukkalen Flächen und 26,0 % an den oralen Flächen).

Die entsprechenden Daten für die vorliegende Studie sind (in gleicher Reihenfolge) für die manuelle Zahnbürste 30,6 % Plaque-Reduktion im Oberkiefer, 27,9 % Plaque-Reduktion im Unterkiefer, 32,0 % Plaque-Reduktion an den Frontzähnen, 27,3 % Plaque-Reduktion an den

Seitenzähnen, 39,9 % Plaque-Reduktion an den bukkalen Flächen und 15,6 % an den oralen Flächen. Die entsprechenden Werte für die Ultraschallzahnbürste sind ebenfalls in gleicher Reihenfolge 21,2 %, 21,1 %, 25,4 %, 18,1 %, 28,0 % und 11,7 %.

In der Studie von Claydon et al. (2002) wurde im Vergleich zur vorliegenden Studie eine Mundhygienekarenz von vier statt drei Tagen eingehalten. Dies führte zu einer höheren Plaque-Akkumulation. Somit konnte auch eine größere Plaque-Reduktion erzielt werden, was durch die professionelle Zahnreinigung durch eine kalibrierte Mundhygienikerin während 48 Sekunden pro Proband unterstützt wurde. Außerdem war durch die geschulte Person trotz kürzerer Putzdauer eine effizientere Plaque-Reduktion möglich. Dabei wird erneut deutlich, dass die studienbedingte Plaqueakkumulation durch Mundhygienekarenz ein aussagekräftiger Zugang zur Effektivitätsbewertung der Mundhygiene ist, was übrigens auch für die medikamentöse Plaquekontrolle gilt.

So hat schon Vandekerckhove et al. (1995) im Verlauf einer Studie, bei der Cetylpyridiniumchlorid (CPC) in drei unterschiedlichen Darreichungsformen Probanden dreier Gruppen unter gleichzeitiger mechanischer Mundhygienekarenz verabreicht wurde, festgestellt, dass es bei allen beteiligten Probanden sowohl zu erhöhter Plaquebildung als auch zu einer Erhöhung der Gingivaindex-Werte kam. Zwar lässt sich mit CPC eine beschränkte aber immerhin signifikante Wirkung bezüglich Plaquereduktion mit allerdings fragwürdiger klinischer Relevanz erreichen. Insgesamt ist CPC jedoch nur als adjuvantes Mundhygienemittel zu sehen.

5.4 Einschätzung durch Probanden

Die Studie von Claydon et al. (2002) basiert auf der Annahme, dass der Anwender selbst die bedeutsamste Einflussgröße ist, weswegen zur Eliminierung dieses Störeffektes in dieser Studie jegliche Zahnreinigung immer von der gleichen Fachkraft in der gleichen Zeit und auf gleiche Art durchgeführt wurde. Bei Verwendung der emmi®-dental Professional Ultraschallzahnbürste sollte dieser Störeffekt zu vernachlässigen sein, da die Probanden keine aktiven Putzbewegungen ausführten. Zur Unterstützung des Anwenders für die gleichmäßige Reinigung aller Zähne und Flächen wäre ein Timer mit wahlweise akustischen oder optischen Signalen nützlich. Dies ergab sich auch aus den Probanden-Befragungen. Ebenso wurde eine Miniaturisierung des Bürstenkopfes angeregt. Eine Weiterentwicklung der Ultraschallzahnbürste in Richtung einer innovativen Filament-Bestückung zur besseren Erreichbarkeit des Marginalsaumes und der Approximalräume könnte gegebenenfalls die Plaquerreduktion weiter verbessern. Für die Handzahnbürste wünschten sich einige Probanden Anpassungen im Griffdesign.

5.5 Zukünftige Studien

Die vorliegende klinisch-kontrollierte Prüfung der Effektivität einer reinen Ultraschall-aktivierten Zahnbürste ist die einzige ihrer Art. In Metaanalysen eingeschlossene Studien zu Ultraschallzahnbürsten berücksichtigten bisher immer nur kombinierte Schall-/Ultraschall-Modelle (Cochrane Review 2005: Robinson et al.; Cochrane Review 2010: Deacon et al.). Mehrere Studien (Adams et al. 2002; Biesbrock et al. 2008; Busscher et al. 2010) haben bereits gezeigt, dass bei Schallzahnbürsten die Entfernung des oralen Biofilms auch bei non-contact-brushing möglich ist. Mit der emmi®-dental Professional als rein Ultraschall-aktivierter Zahnbürste könnten gerade die schwer erreichbaren Risikoflächen wie Approximalräume und Marginalsaum Gegenstand weiterer Untersuchungen sein. Eine Einbeziehung des Ultraschall-Zahncremekonzentrats als optimales Leitmedium sollte dabei berücksichtigt werden.

Die zukünftige Anwendung eines objektiven Indexsystems bei der Plaqueerhebung mittels oraler Planimetrie-Fotografie wie der in dieser Studie angewendete modifizierte Navy-Plaque-Index (Mod. nach Claydon und Addy 1995) in der Modifikation nach Lang et al. (2011) könnte hier als sensitives Verfahren auch bei nicht vollständiger Entfernung des Biofilms aufschlussreich sein.

Für zukünftige Studien ist es auch interessant, die Ultraschall-Wirkung hinsichtlich der Plaquekontrolle und auch der Entzündungskontrolle der Gingiva während der parodontalen Erhaltungstherapie zu untersuchen. In einer Studie von May A (2011) – Antrag an die

Ethikkommission Nr. 36/2010 – steht die Wirksamkeit der emmi®-dental Professional hinsichtlich einer Keimreduktion sowie einer damit verbundenen anti-inflammatorischen Wirkung auf die Gingiva im Fokus der Untersuchung.

Insgesamt bietet die Ultraschall-aktivierte Zahnputzmethode ohne Bürstenkopfbewegung in Zukunft möglicherweise eine effektive Methode, non-abrasive Mundhygiene zu betreiben und Schäden insbesondere an der Zahnhartsubstanz somit gänzlich zu vermeiden.

6. Zusammenfassung

In dieser Cross-over-Studie ist die klinische Prüfung der Plaquekontrolle und Entzündungskontrolle der Gingiva im Vergleich zwischen der Ultraschallzahnbürste emmi®-dental Professional (EMAG Technologies®, Mörfelden-Walldorf-D) und der Handzahnbürste Denttabs® (Innovative Zahnpflegegesellschaft mbH, Berlin-D) durchgeführt worden. Untersucht wurden 16 Probanden im Alter von 20 bis 34 Jahren.

Zur Bewertung wurden der modifizierte Navy-Plaque-Index (Mod. nach Claydon und Addy 1995) in der Modifikation nach Lang et al. (2011) mittels intraoraler Planimetrie-Fotografie und der Gingivaindex GI (Löe und Silness 1963) evaluiert. Untersucht wurden die Reduktion der Zahnplaque und der Gesundheitszustand der Gingiva an allen Flächen aller Zähne (außer den dritten Molaren). Anschließend wurden die erhobenen Daten verblindet statistisch ausgewertet. Insgesamt betrug der Studienzeitraum je getesteter Zahnbürste nach vorangegangener professioneller Zahnreinigung 28 Tage, unterteilt in vier Tage Trainingsphase mit der zugeordneten Zahnbürste, drei Tage Mundhygienekarenz zur Plaqueakkumulation (three-day-plaque-regrowth) sowie nachfolgende Indexerhebungen nach sieben und 21 Tagen.

Viermal wurde die Plaque-Planimetrie berechnet (Prebrush, Postbrush, sieben Tage, 21 Tage) und dreimal wurden die Gingivaindex-Werte erhoben (Baseline, sieben Tage, 21 Tage). Die vorliegende Studie ist die erstmalige Untersuchung einer rein Ultraschall-aktivierten Zahnbürste im klinischen Vergleich mit einer Handzahnbürste. Alle bisherigen Studien untersuchten immer kombinierte Schall-/Ultraschallzahnbürsten.

Die Ergebnisse der Ultraschallzahnbürste zeigten an allen Flächen aller Zähne – bei Aufrechterhaltung der gingivalen Gesundheit – eine deutliche Plaque-Reduktion, die klinisch der Reduktion der Handzahnbürste ebenbürtig ist. Die Reduktion bei akkumulierter Plaque betrug für die emmi®-dental Professional 21,2 % und für die Denttabs®-Zahnbürste 29,2 %. Die Plaque-Reduktion war an den Frontzähnen (emmi®-dental Professional: 25,4 %; Denttabs®: 32,0 %) bei beiden Zahnbürsten stärker ausgeprägt als an den Seitenzähnen (emmi®-dental Professional: 18,1 %; Denttabs®: 27,3 %). Vestibuläre Flächen wurden statistisch besser von der Handzahnbürste gereinigt, während die Plaquereduktion oral für beide Zahnbürsten gleich gut war.

Der besondere Vorteil der Ultraschallzahnbürste liegt in der vollständig abrasionsfreien Führung der Bürste über die einzelnen Zahngruppen, womit putzbedingte Zahnhartsubstanzsäden ausgeschlossen werden können.

Bei Betrachtung der Risikoflächen der Zähne wie Approximalbereiche und Gingivalsaum zeigte sich für beide Zahnbürsten eine deutliche Reduktion, die statistisch zu Gunsten der Handzahnbürste ausfiel.

Fazit:

Die geprüfte ausschließlich Ultraschall-aktivierte Zahnbürste entfernt Zahnplaque ebenso sicher wie eine Handzahnbürste als bisheriger Goldstandard. Sie garantiert die Aufrechterhaltung gesunder Zahnfleischverhältnisse und verhindert vollständig abrasive Bürstenbewegungen. Damit kann das Risiko von Abrasionsschäden an Zähnen und Zahnfleisch ausgeschlossen werden.

7. Summary

The purpose of this clinical study was to evaluate the effectiveness of the emmi®-dental Professional ultrasonic toothbrush (EMAG AG, Moerfelden-Walldorf-D) to reduce plaque and gingival inflammation in comparison with the Denttabs® manual toothbrush (Innovative Zahnpfleugesellschaft mbH, Berlin-D).

In all, 16 healthy participants (seven females, nine males) aged 20-34 years with at least 26-28 teeth, except the third molars, took part in the cross-over design study. After a professional cleaning and a four-day-training with the toothbrush, the participants accumulated plaque over a three day no oral hygiene period (three-day-plaque-regrowth). The modified Navy-Plaque-Index (Claydon and Addy 1995) in a modification by Lang et al. (2011) was performed by intraoral planimetric-photography at baseline (Prebrush-time), after three-minutes supervised brushing (Postbrush-time), seven and 21 days. The Löe and Silness gingival index (GI) was recorded at baseline, seven and 21 days at the beginning of every appointment. A wash-out period of eight days was then allowed prior to the next period during which normal oral hygiene was resumed.

For four times the plaque-planimetry was calculated (Prebrush-time, Postbrush-time, seven days, 21 days). As per manufacturers` instructions the emmi®-dental Professional toothbrush is exclusively activated by ultrasonic sound. This clinical study is the first research of an absolute ultrasonic-activated toothbrush compared with a manual brush. Previous studies always proved sonic/ultrasonic-combined toothbrushes.

While maintaining gingival health, the ultrasonic toothbrush reduced plaque obviously at all mesial, mid and distal sites of the buccal and lingual surfaces of the assessed teeth. Clinically the plaque removal of the ultrasonic brush is equal to the removal of a manual brush. The emmi®-dental Professional removed 21.2 % and the Denttabs® manual brush 29.2 % of the accumulated plaque. The reduction of plaque accumulation for the anterior teeth (emmi®-dental Professional: 25.4 %; Denttabs®: 32.0 %) was greater than for the posterior teeth (emmi®-dental Professional: 18.1 %; Denttabs®: 27.3 %) for both toothbrushes. Statistically the manual brush removed more plaque of the buccal surfaces, while there were no differences between both toothbrushes for the plaque reduction of oral surfaces. Both toothbrushes reduced plaque obviously in the interproximal spaces and at the gingival margin. The Denttabs® manual brush provided statistically more plaque reduction than the emmi®-dental Professional ultrasonic toothbrush.

In conclusion, the results of this study support the ability of the emmi®-dental Professional ultrasonic toothbrush to remove plaque as well as the Denttabs® manual toothbrush. The ultrasonic brush keeps gingiva healthy and prevents mechanical deterioration by the

movement of the bristles. The risk of adverse effects such as hard or soft tissue injury is excluded.

8. Literaturverzeichnis

1. Adams H, Winston MT, Heersink J, Buckingham-Meyer KA, Costerton JW, Stoodley P: Development of a laboratory model to assess the removal of biofilm from interproximal spaces by powered tooth brushing. *Am J Dent* 15: 2B-17B (2002)
2. Addy M, Adriaens P: Consensus Report of Group A. In: Lang NP, Attström R, Loe H: Proceedings of the European workshop on mechanical plaque control. Quintessenz, Chicago 1998
3. American Dental Association Council on Dental Therapeutics: Accepted Dental Therapeutics. (ed 37) Chicago: Am Dent Ass (1977)
4. American Dental Association: Cleaning your teeth and gums (oral hygiene). <http://www.ada.org/2624.aspx> Stand: (2011)
5. Baab DA, Johnson RH: The effect of a new electric toothbrush on supragingival plaque and gingivitis. *J Periodontol* 60: 336-41. (1989)
6. Barnes CM, Weatherford TW 3rd, Menaker L: A comparison of the Braun Oral-B Plaque Remover (D5) electric and a manual toothbrush in affecting gingivitis. *J Clin Dent* 4: 48-51 (1993)
7. Beals D, Ngo T, Feng Y, Cook D, Grau DG, Weber DA: Development and laboratory evaluation of a new toothbrush with a novel brush head design. *Am J Dent* 13: 6A-16A (2000)
8. Biesbrock AR, Walters P, Bartizek RD, Ruhlmann D, Donly KJ: Dental plaque removal with a novel battery-powered toothbrush. *Am J Dent* 15: 77-80 (2002)
9. Biesbrock AR, He T, Walters PA, Bartizek RD: Clinical evaluation of the effects of a sonic toothbrush with ultrasound waveguide in disrupting plaque with and without bristle contact. *Am J Dent* 21: 83-87 (2008)
10. Böshagen C, Eifler H, Gängler P: Klinische Bewertung der Mundhygieneeffektivität einer Zahnputztablette. *Zahn Prax* 8,9: 420-424 (2005)
11. Busscher HJ, Jager D, Finger G, Schaefer N, van der Mei HC: Energy transfer, volumetric expansion and removal of oral biofilms by non-contact brushing. *Eur J Oral Sci* 118: 177-182 (2010)

12. Chilton NW, Didio A, Rothner JT: Comparison of the clinical effectiveness of an electric and a standard toothbrush in normal individuals. *J Am Dent Assoc* 64 :777-782 (1962a)
13. Claydon N, Addy M: The use of planimetry to record and score the modified Navy index and other area-based plaque indices. A comparative toothbrush study. *J Clin Periodontol* 22: 670-673 (1995)
14. Claydon N, Leach K, Newcombe RG, Ley F, Scratcher C, Addy M: The use of professional brushing to compare three toothbrushes for plaque removal from Individuals with gingival recession. *J Clin Periodontol* 27: 749-752 (2000)
15. Claydon N, Addy M, Scratcher C, Ley F, Newcombe R: Comparative professional plaque removal study using 8 branded toothbrushes. *J Clin Periodontol* 29: 310-316 (2002)
16. Costa MR, Marcantonio RAC, Cirelli JA: Comparison of manual versus sonic and ultrasonic toothbrushes: A review. *Int J Dent Hygiene* 5: 75-81 (2007).
17. Costa MR, da Silva VC, Miqui MN, Colombo AP, Cirelli JA: Effects of ultrasonic, electric, and manual toothbrushes on subgingival plaque composition in orthodontically banded molars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*: 137: 229-35 (2010 Feb)
18. Cronin M, Dembling W, Warren PR, King DW: A three month clinical investigation comparing the safety and efficacy of a novel electric toothbrush (Braun Oral- B 3D Plaque Remover) with a manual toothbrush. *Am J Dent* 11: (Spec No): 17-21 (1998)
19. Cronin MJ, Dembling W, Conforti NJ, Liebmann J, Cugini M, Warren PR: A single-use and 3month clinical investigation of the comparative efficacy of a battery-operated power toothbrush and a manual toothbrush. *Am J Dent* 14: 19B-24B (2001)
20. Cronin MJ, Dembling W, King DW, Goodman D, Cugini M, Warren PR: A clinical study of plaque removal with an advanced rechargeable power toothbrush and a battery-operated device. *Am J Dent* 15: 365-368. (2002)
21. Deacon SA, Glenny A-M, Deery C, Robinson PG, Heanue M, Walmsley AD, Shaw WC: Different powered toothbrushes for plaque control and gingival health. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2010, Issue 12. Art. No.: CD004971. DOI: 10.1002/14651858.CD004971.pub2
22. Dentino A, Derderian G, Wolf M, Cugini M, Johnson R, Van Swol RL, et al.: Six month comparison of powered versus manual toothbrushing for safety and efficacy in the absence of professional instruction in mechanical plaque control. *J Periodontol* 73: 770-778 (2002)

23. Derdilopoulou FV, Kielbassa AM: Elektrische Zahnbürsten – Ja, aber welches Modell? *Dentalhygiene Journal* (2): 12-14 (2006)
24. Di Murro C, Paolantonio M, Gerboni G, De Leonardis D: The reliability of different groups of sample teeth in assessing the status of periodontal disease in epidemiological studies. *Minerva Stomatol* 36: 123-127 (1990)
25. Dörfer CE: Hilfsmittel zur effektiven Mundhygiene- die Qual der Wahl. Spitta Verlag & Co.KG (2002). Stand: 22.10.2002.
http://www.spitta.de/Produktfamilien/Fachinformationen/Prophylaxe/87_index+M59ab3e805d0.html
26. Dörfer CE: Ätiologische Grundlagen In: Gängler P u.a. (Hrg.): *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie* 349-350
3. Aufl. (2010) Georg Thieme Verlag, Stuttgart
27. Dörfer CE, von Bethlenfalvy ER, Staehle HJ, Pioch T: Comparison of the safety and efficacy of an oscillating/rotating battery-powered toothbrush and a standard manual toothbrush. *Am Dent* 14: 25B-28B (2001)
28. Elliot JR: A comparison of the effectiveness of a standard and electric toothbrush. *J Clin Periodontol* 34: 375-379 (1963)
29. Elliot JR, Bowers GM, Clemmer BA, Rovelstad GH: Evaluation of an oral physiotherapy center in the reduction of bacterial plaque and periodontal disease.
J Periodontol 43: 221-224 (1972)
30. Fischman SL: The history of oral hygiene products: How far have we come in 6000 years? *Periodontol* 2000: 7-14 (1997)
31. Fleiss JL, Park MH, Chilton NW: Representativeness of the Ramfjord teeth for epidemiologic studies of gingivitis and periodontitis. *Community Dent Oral Epidemiol* 15: 221-224 (1987)
32. Forgas-Brockmann LB, Carter-Hanson C, Killoy WJ: The effects of an ultrasonic toothbrush on plaque accumulation and gingival inflammation
J Clin Periodontol 25: 375-379 (1998)
33. GABA International Scientific Affairs für das Jahr 2002. Stand: 25.02.2004 (Korrektur der Erstversion vom 19.01.2004) in Staehle HJ: *Das aktive Mundgesundheitsverhalten in Deutschland und der Schweiz. Schweiz Monatsschr Zahnmed* 114: 1236-1251 (2004)

34. Gängler P, Arnold WH, Steinberg D: Mikrobiologie und Biochemie der Zahnplaque
In: Gängler P u.a. (Hrg.): Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie 113-118
3. Aufl. (2010) Georg Thieme Verlag, Stuttgart
35. Glass RL: A clinical study of hand and electric toothbrushing.
J Periodontol 36: 322-327 (1965)
36. Glenny AM, Altman DG, Song F, Sakarovitch C, Deeks JJ, D'Amico R, et al.: Indirect
comparisons of competing interventions. Health Technology Assessment 9: 1-134 (2005)
37. Grossman E, Dembling W, Proskin HM: A comparative clinical investigation of the
safety and efficacy of an oscillating/rotating electric toothbrush and a sonic toothbrush.
J Clin Dent 6: 108-112 (1995)
38. He T, Biesbrock AR, Walters PA, Bartizek RD: A comparative clinical study of the
plaque removal efficacy of an oscillating/rotating power toothbrush and an ultrasonic
toothbrush. J Clin Dent 19: 138-142 (2008)
39. Heasman PA, Stacey F, Heasman L, Sellers P, Macgregor ID, Kelly PJ: A comparative
study of the Philips HP 735, Braun/Oral B D7 and the Oral B 35 Advantage toothbrushes.
J Clin Periodontol 26: 85-90 (1999)
40. Heasman P, Wilson Z, Macgregor I, Kelly P: Comparative study of electric and manual
toothbrushes in patients with fixed orthodontic appliances. Am J Orthod & Dentofacial
Orthop 114: 45-49 (1998)
41. Hefti AF, Stone C: Power toothbrushes, gender, and dentin hypersensitivity. Clin Oral
Invest 4: 91-97 (2000)
42. Heinecke A, Hultsch E, Repges R: Medizinische Biometrie. Berlin, Springer Verlag:
29-38 (1992)
43. Ho HP, Niederman R: Effectiveness of the Sonicare sonic toothbrush on reduction of
plaque, gingivitis, probing pocket depth and subgingival bacteria on adolescent
orthodontic patients. J Clin Dent 8 (1 Spec No): 15-19 (1997)
44. Isaacs RL, Beiswanger BB, Rosenfield ST, Crawford JL, Mau MS, Eckert GJ, et al.: A
crossover clinical investigation of the safety and efficacy of a new oscillating/rotating
electric toothbrush and a high frequency electric toothbrush. Am J Dent 11: 7-12 (1998)
45. Johnson BD, McInnes C: Clinical evaluation of the efficacy and safety of a new sonic
toothbrush. J Periodontol 65: 692-697 (1994)

46. Khocht A, Spindel L, Person P: A comparative clinical study of the safety and efficacy of three toothbrushes. *J Periodontol* 63: 603-610 (1992)
47. Lang T, Bretz MJ, Jennes B, Gaengler P: Planimetric plaque assessment of in-between oral hygiene products. *J Dent Res* 90 (Spec Iss A) Abstr No 713 (2011) (www.dentalresearch.org)
48. Lazarescu D, Boccaneala S, Illiescu A, De Boever JA: Efficacy of plaque removal and learning effect of a powered and a manual toothbrush. *J Clin Periodontol* 30: 726-731 (2003)
49. Lobene RR: Evaluation of altered gingival health from permissive powered toothbrushing. *J Am Dent* 69: 585-588 (1964a)
50. Loe H, Silness J: Periodontal disease in pregnancy. II. Prevalence and severity. *Acta Odontol Scand.* 21: 533-551 (1963)
51. Loe HE, Theilade E, Jensen SR: Experimental gingivitis in man. *J Periodontol* 36: 177-187 (1965)
52. McCracken GI, Steen N, Preshaw PM, Heasman L, Stacey F, Heasman PA: The crossover design to evaluate the efficacy of plaque removal in tooth-brushing studies. *J Clin Periodontol* 32: 1157-1162 (2005)
53. McDaniel TF, Miller DL, Jones RM, Davis MS, Russel CM: Effects of toothbrush design and brushing proficiency on plaque removal. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* 18: 572-577 (1997)
54. Micheelis W, Reich E: Dritte deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS III). Institut der deutschen Zahnärzte (IDZ). In: Deutscher Ärzteverlag Köln, Jg. 1999
55. Micheelis W, Schiffner U : Institut der Deutschen Zahnärzte: Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV) Institut der deutschen Zahnärzte (2006)
56. Moritis K, Delaurenti M, Johnson MR, Berg J, Boghosian AA: Comparison of the sonicare Elite and a manual toothbrush in the evaluation of plaque reduction. *Am J Dent.* 15 (Spec No): 23B-25B. (2002)
57. Moschèn I, Furtlehner H, Kulmer S, Hörl R, Falk M, Kemmler G: Klinischer Vergleich einer Handzahnbürste und dreier elektrischer Zahnbürsten mit verschiedenen mechanischen Bewegungsmustern. *Dtsch Zahnärztl Z* 54: 372-379 (1999)

58. Niemi ML: Gingival abrasion and plaque removal after toothbrushing with an electric and a manual toothbrush. *Acta Odontol Scand* 45: 367-370 (1987)
59. Niemi ML, Ainamo J, Etemadzadeh H: The effect of toothbrush grip on gingival abrasion and plaque removal during toothbrushing. *J Clin Periodontol* 14: 19-21 (1987)
60. O'Beirne G, Johnson RH, Persson GR, Spektor MD: Efficacy of a sonic toothbrush on inflammation and probing depth in adult periodontitis. *J Periodontol* 67: 900-908 (1996)
61. Oral B für das Jahr 2003. Stand: 06.01.2004 in: Staehle HJ: Das aktive Mundgesundheitsverhalten in Deutschland und der Schweiz. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 114: 1236-1251 (2004)
62. Orland FJ, Blayney JR, Harrison RW, Reyniers JA, Trexler PC, Wagner M, Gordon HA, Luckey TD: Use of the germfree animal technic in the study of experimental dental caries. I. Basic observations on rats reared free of all microorganisms. *J Dent Res* 33 : 147-174 (1954)
63. Quirynen BA, Dekeyser C, van Steenberghe D: Discriminating power of five plaque indices. *J Periodontol* 62: 100-105 (1991)
64. Renton-Harper P, Claydon N, Warren P, Newcombe RG, Addy M: Conversion of plaque-area measurements to plaque index scores. An assessment of variation and discriminatory power. *J Clin Periodontol* 26: 429-433 (1999)
65. Robinson PJ, Maddalozzo D, Breslin S: A six-month clinical comparison of the efficacy of the Sonicare and the Braun Oral-B electric toothbrushes on improving periodontal health in adult periodontitis patients. *J Clin Dent* 8 (1 Spec No): 4-9 (1997)
66. Robinson P, Deacon SA, Deery C, Heanue M, Walmsley AD, Worthington HV, Glenny A-M, Shaw BC: Manual versus powered toothbrushing for oral health. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2005, Issue 2. Art. No.: CD002281. DOI: 10.1002/14651858.CD002281.pub2
67. Rustogi KN, Curtis JP, Volpe AR: Refinement of the modified Navy plaque index to increase plaque scoring efficiency in gumline and interproximal tooth areas *J Clin Dent* 3: 9-12 (1992)
68. Saxer UP, Barbakow J, Yankell SL: New studies on estimated and actual toothbrushing times and dentifrice use. *J Clin Dent* 9: 49-51 (1998)

69. Saxer UP, Yankell SL: Impact of improved toothbrushes on dental diseases I. *Quintessence Int* 28: 513-525 (1997a)
70. Saxer UP, Yankell SL: Impact of improved toothbrushes on dental diseases II. *Quintessence Int* 28: 573-593 (1997b)
71. Schafer F, Nicholson J, Gerritsen N, Wright RL, Gillam DG, Hall C: The effect of oral care feed-back devices on plaque removal and attitudes towards oral care. *Int Dent J* 53 (6 Suppl 1): 404-408 (2003)
72. Sharma NC, Galustians J, McCool JJ, Rustogi KN, Volpe AR: The clinical effects on plaque and gingivitis over three-month's use of four complex-design manual toothbrushes. *J Clin Dent* 5: 114-118 (1994)
73. Shibly O, Schifferle RE, Ciancio SG, Tarakji M, Mather ML: A clinical comparison of two electric toothbrush designs. *J Clin Periodontol* 24: 260-263 (1997)
74. Soparkar PM, Quigley GA: Power versus hand brushing: effect on gingivitis. *J Am Dent Ass* 68: 182-187 (1964)
75. Soparkar PM, Rustogi KN, Petrone ME, Volpe AR: Comparison of gingivitis and plaque efficacy of a battery-powered toothbrush and an ADA-provided manual toothbrush. *Compendium of Continuing Education in Dentistry Supplement* 31: 14-18 (2000)
76. Sowinski JA, Battista GW, Petrone DM, Petrone ME, Rustogi KN, Chaknis P, et al.: Comparative efficacy of Colgate Actibrush battery-powered toothbrush and Colgate Plus (manual) toothbrush on established plaque and gingivitis: a 30-day clinical study in new Jersey. *Compendium of Continuing Education in Dentistry Supplement* 31: 4-8 (2000)
77. Staehle HJ: Das aktive Mundgesundheitsverhalten in Deutschland und der Schweiz. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 114: 1236-1251 (2004)
78. Stanford CM, Srikantha R, Wu CD: Efficacy of the Sonicare toothbrush fluid dynamic action on removal of human supragingival plaque. *J Clin Dent* 8: 10-14 (1997)
79. Stoltze K, Bay L: Comparison of a manual and a new electric toothbrush for controlling plaque and gingivitis. *J Clin Periodontol* 21: 86-90 (1994)
80. Terezhalmay GT, Gagliardi VB, Rybicki LA, Kauffman MJ: Clinical evaluation of the efficacy and safety of the UltraSonex ultrasonic toothbrush: a 30-day study. *Compendium* 15 (7): 866, 868, 870-872 (1994)

81. Terezhalmay GT, Iffland H, Jelepsis C, Waskowski J: Clinical evaluation of the effect of an ultrasonic on plaque, gingivitis, and gingival bleeding: a six-month study. *J Prosth Dent* 73: 97-103 (1995)
82. Trimpeneers LM, Wijngaerts IA, Grogard NA, Dermout LR, Adrieans PA: Effect of electric toothbrushes versus manual toothbrushes on removal of plaque and periodontal status during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 111: 492-497 (1997)
83. Tritten CB, Armitage GC: Comparison of a sonic and a manual toothbrush for efficacy in supragingival plaque removal and reduction of gingivitis. *J Clin Periodontol* 23: 641-648 (1996)
84. Turesky S, Glickman I, Sandberg R: In vitro chemical inhibition of plaque formation. *J Periodontol* 43: 263-269 (1972).
85. Vandana KL, Penumatsa GS: A comparative evaluation of an ultrasonic and a manual toothbrush on the oral hygiene status and stain removing efficacy. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 22: 33-35 (2004)
86. Vandekerckhove BNA, Van Steenberghe D, Tricio J, Rosenberg D, Encarnacion M: Efficacy on supragingival plaque control of cetylpyridinium chloride in a slow-release dosage form. *J Clin Periodontol* 22: 824-829 (1995)
87. Walsh M, Heckman B, Leggott P, Armitage G, Robertson PB: Comparison of manual and power toothbrushing, with and without adjunctive oral irrigation, for controlling plaque and gingivitis. *J Clin Periodontol* 16: 419-27 (1989)
88. Warren PR, Cugini M, Marks P, King DW: Safety, efficacy and acceptability of a new power toothbrush: a 3-month comparative clinical investigation. *Am J Dent* 14: 3-7 (2001)
89. Yankell SL, Emling RC: A thirty-day safety and efficacy evaluation of the Rowenta, Braun and Sonicare powered toothbrushes and a manual toothbrush. *J Clin Dent* 8:120-127 (1997)
90. Zimmer S, Didner B, Roulet JF: Klinische Studie zur Effektivität von elektrischen Zahnbürsten. *Prophylaxe Impuls* 3: 164-196. (1999a)
91. Zimmer S, Didner B, Roulet JF: Clinical study on the plaque-removing ability of a new triple-headed toothbrush. *J Clin Periodontol* 26: 281-185 (1999b)
92. Zimmer S, Fosca M, Roulet JF: Clinical study of the effectiveness of two sonic toothbrushes. *J Clin Dent* 11: 24-27 (2000)

93. Zimmer S, Nezhat V, Bizhang M, Seeman R, Barthel C: Clinical efficacy of a new sonic/ultrasonic toothbrush. *J Clin Periodontol* 29: 496-500 (2002)
94. Zimmer S, Strauss J, Bizhang M, Krage T, Raab WH-M, Barthel C: Efficacy of the Cybersonic in comparison with the Braun 3D Exel and manual toothbrush. *J Clin Periodontol* 32: 360-363 (2005)
95. Zimmer S: Kariesprophylaxe als multifaktorielle Präventionsstrategie. Habilitationsschrift (Abteilung für Zahnerhaltung und Präventivmedizin Humboldt-Universität zu Berlin Charité, Campus Virchow-Klinikum, Direktor: Prof. Dr. Roulet): S. 40 (2000b)
96. Zimmer S, Roulet JF: Prophylaxe und Präventivzahnmedizin. In Rateitschak, KH (Hrsg.): *Farbatlanten der Zahnmedizin*, Band 16. Thieme, Stuttgart (2003)

9. Anhang

9.1 Anamnesebogen

Anamnesebogen

Praxis:

Proband Nr.:

Alter:

Geschlecht: w () m ()

Voraussetzungen/ Untersuchungsparameter:

1. Allgemeiner Gesundheitszustand

- keine systemischen Erkrankungen ?
- Antibiotika-Einnahme ?
- Schwangerschaft ?
- körperliche Beeinträchtigung ?

2. Oraler Befund

- mindestens 26 Zähne ?
- keine orthodontische Apparatur ?
- keine Teil-, Prothesen, Kronen oder Brücken an den zu befundenen Zähnen

Angaben zur Mundhygiene

- Wie oft Anwendung der Zahnbürste? 1x, 2x, 3x täglich?
- Zahnputzdauer) > 2 min?
- Putztechnik (bei Manueller Zahnbürste); kurze Beschreibung
- Interdentalräume mit Zahnseide oder Bürstchen gereinigt? (wie häufig angewendet?)

9.2 Einverständniserklärung

Einverständniserklärung

Hiermit erkläre ich mich einverstanden, dass die im Rahmen der zahnärztlichen Untersuchung erhobenen Daten in der Zahnarztpraxis am Goetheplatz in Frankfurt a.M. bzw. Zahnarztpraxis Dr. May & Kollegen in Walldorf für wissenschaftliche Zwecke genutzt werden dürfen.

Titel der Untersuchung: „Plaque- und Gingivitiskontrolle – Vergleich einer Ultraschallzahnbürste mit einer Handzahnbürste“

Ich wurde darüber aufgeklärt, dass keine persönlichen Daten, wie z.B. der Name des Probanden veröffentlicht und nur statistisch signifikante Werte verwendet werden.

Die anonymisierten Daten werden an den Hersteller weitergegeben.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser Studie Befunde erhoben und jeweils in anonymisierter Form gespeichert, verarbeitet und zu wissenschaftlichen Zwecken publiziert werden.

Die Teilnahme ist freiwillig und kann jederzeit ohne Angabe von Gründen abgebrochen werden.

Ort und Datum

Unterschrift

9.3 Informationsblatt

Informationsblatt für Probanden

Lieber Proband, liebe Probandin,

in dieser Studie soll die Plaque-Entfernung einer Ultraschallzahnbürste (emmi®-dental Professional) mit der Effizienz eine Handzahnbürste (Denttabs®-Zahnbürste) verglichen werden.

Es sind insgesamt neun kurze Behandlungssitzungen für beide Test-Zahnbürsten erforderlich. Bei Ihrem ersten Termin erfolgt eine kurze Befundaufnahme und Sie erhalten die Ultraschallzahnbürste. Eine Einweisung zur Anwendung des Geräts erfolgt direkt in der Praxis. Sie haben nun vier Tage Zeit sich zu Hause an die neue Zahnbürste zu gewöhnen, da eine typische Putzbewegung wie Sie von Ihrer früheren Zahnbürste gewöhnt sind, nicht notwendig ist und auch nicht durchgeführt werden sollte.

Nach dieser Eingewöhnungsphase erfolgt ein kurzer Kontroll-Termin in der Praxis, zu dem Sie bitte Ihre Ultraschallzahnbürste mitbringen. Sie erhalten zusätzlich an diesem Termin eine professionelle Zahnreinigung. Anschließend möchten wir Sie bitten **drei Tage lang keine Mundhygiene** durchzuführen! D.h.: keine Anwendung von Zahnbürste, Zahnpasta, Mundspüllösung und weiteren Hilfsmitteln zur Zwischenraumpflege wie Zahnseide oder Interdental-Bürstchen. Am letzten dieser drei Tage sollten Sie bevorzugt weiche Kost und klebrige Speisen zu sich nehmen: Fastfood, Süßigkeiten, Pasta, Kartoffelchips... also keine Rohkost wie z.B. Karotten, Sellerie oder Äpfel.

Es folgt dann die zweite Untersuchung, bei der durch Anfärben der Zähne die angesammelten Zahnbeläge sichtbar gemacht werden. Diese Beläge werden an allen Zahnflächen beurteilt und dokumentiert. Anschließend reinigen Sie in der Praxis mit der Ultraschallzahnbürste.

Nun werden die Zähne ein zweites Mal angefärbt.

Diese Untersuchung wird nach sieben und 14 Tagen Anwendung wiederholt. Dann erhalten Sie die zweite Zahnbürste (Denttabs®- Handzahnbürste) und die dazugehörigen Zahnputz-Tabletten. Bevor Sie diese allerdings direkt benutzen, putzen Sie acht Tage lang mit Ihrer alten und vertrauten Zahnbürste. Es wiederholt sich nun der gleiche Untersuchungszyklus wie bei der Ultraschallzahnbürste.

Um verwertbare Untersuchungsergebnisse zu erhalten, möchten wir Sie bitten, in den angegebenen Untersuchungszeiträumen nur die Ihnen ausgehändigten Zahnbürsten und Zahnputz-Tabletten bzw. das Ultraschall-Zahncremekonzentrat zu verwenden!

Die Ultraschallzahnbürste sowie die Handzahnbürste dürfen Sie nach Beendigung der Studie selbstverständlich gerne behalten!

9.4 Anwendungsbogen Ultraschallzahnbürste

Die Anwendung der Ultraschallzahnbürste emmi®-dental Professional

Lieber Proband, liebe Probandin,

um exakte Studienergebnisse zu erhalten möchten wir Sie bitten, folgende Regeln einzuhalten:

- bitte reinigen Sie Ihre Zähne **zweimal täglich** (morgens und abends) für genau **drei Minuten**
- bitte benutzen Sie immer die Ihnen ausgehändigte **Sanduhr**: wann ein Wechsel der Zahnbürste zur anderen Kieferhälfte erfolgen soll zeigt Ihnen die Skalierung auf der Sanduhr (nach 1,5 Minuten sollten Sie vom Oberkiefer in den Unterkiefer wechseln)
- bitte benutzen Sie **ausschließlich** das Emmi® dent **Ultraschall-Zahncremekonzentrat**
- bitte führen Sie **keine Putzbewegungen** durch, wie Sie es von Ihrer früheren Zahnbürste gewohnt sind
- bitte beginnen Sie immer am gleichen Zahn mit der Reinigung und folgen Sie dann dem **Putzschema** wie es Ihnen in der Praxis demonstriert wurde (siehe Bild)
- während der Studien-Phase dürfen **keine Mundspüllösungen** verwendet werden
- während der Studien-Phase dürfen **keine Zahnseide oder Interdentalbürstchen** verwendet werden

9.5 Anwendungsbogen manuelle Zahnbürste

Die Anwendung der Denttabs®-Zahnbürste und der Denttabs®-Zahnputztabletten

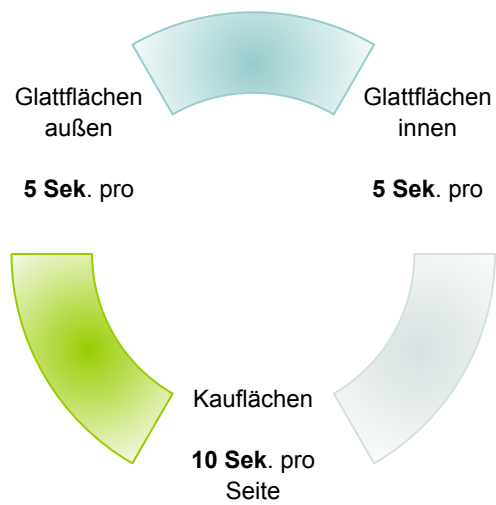
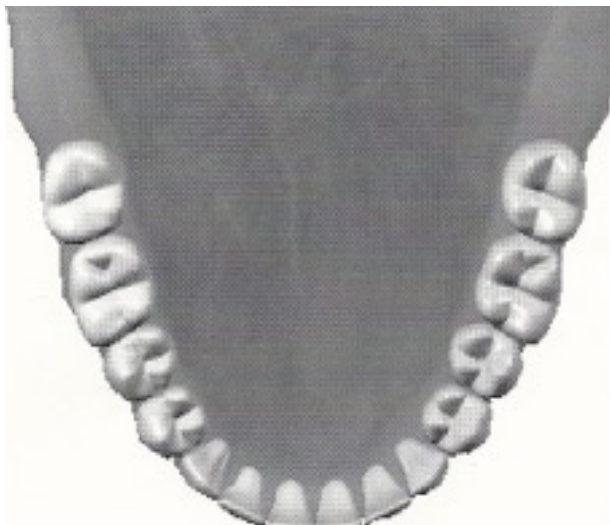
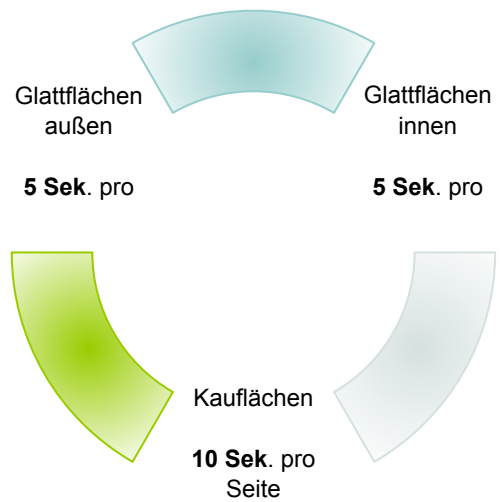
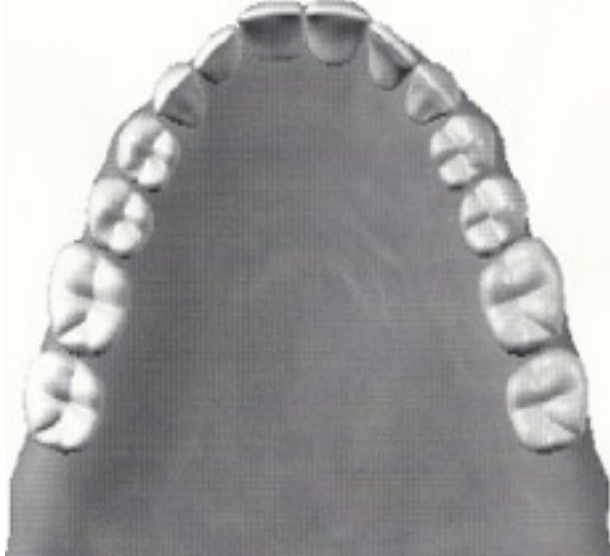
Lieber Proband, liebe Probandin,

um exakte Studienergebnisse zu erhalten möchten wir Sie bitten, folgende Regeln einzuhalten:

- bitte reinigen Sie Ihre Zähne **zweimal täglich** (morgens und abends) für genau **drei Minuten (Sanduhr)**
- Zerkauen Sie die Zahnputztablette zwischen den Schneidezähnen und putzen Sie mit der angefeuchteten Denttabs®-Zahnbürste wie gewohnt Ihre Zähne
- während der Studien-Phase dürfen **keine Mundspüllösungen** verwendet werden
- während der Studien-Phase dürfen **keine Zahnseide oder Interdentalbürstchen** verwendet werden

9.6 Putzschema

Oberkiefer



Unterkiefer

Putzschema

Die Probanden begannen immer am endständigen Zahn des I. Quadranten mit dem Putzen der vestibulären Glattflächen. Nachdem die vestibuläre Glattfläche des letzten Zahns des II. Quadranten gereinigt wurde, erfolgte das Reinigen der oralen Glattflächen beginnend am endständigen Zahn des II. Quadranten und endend am letzten Zahn des I. Quadranten. Danach begann das Putzen der vestibulären Glattflächen des IV. Quadranten. Das Putzschema im Unterkiefer erfolgte analog dem des Oberkiefers. Zum Schluss wurden die Kauflächen jeweils zehn Sekunden pro Kieferhälfte geputzt.

9.7 Fragebogen Ultraschallzahnbürste

Fragebogen zur Ultraschallzahnbürste emmi®-dental Professional

Name, Vorname:

Bitte ankreuzen:

1. Wie kamen Sie mit der Zahnbürste allg. zurecht? d.h. Bedienung, Verständlichkeit der Anleitung ?

Sehr gut () gut () mittel () schlecht () sehr schlecht ()

2. Wie empfanden Sie die Reinigungswirkung ?

Sehr gut () gut () mittel () schlecht () sehr schlecht ()

3. Wie empfanden Sie die Zahnreinigung ohne typische Putzbewegungen?

Sehr gut () gut () mittel () schlecht () sehr schlecht ()

4. Wie gefällt Ihnen das Design der Zahnbürste ?

Sehr gut () gut () mittel () schlecht () sehr schlecht ()

5. Gab es Missempfindungen beim Putzen?

am Zahnfleisch ? Ja () Nein () wenn ja, wo genau ? : _____

beschreiben Sie das Gefühl: _____

am Zahnhals ? Ja () Nein ()

beschreiben Sie das Gefühl:

6. Würden Sie die Testzahnbürste selbst kaufen?

Ja () Warum ? : _____

Nein () Warum ? : _____

7. Was könnte Ihrer Meinung nach an der Zahnbürste verbessert werden?

8. Haben Sie vor Beginn der Studie mit einer elektrischen Zahnbürste oder mit einer

Handzahnbürste geputzt?

elektrisch () Handzahnbürste ()

9.8 Fragebogen manuelle Zahnbürste

Fragebogen zur Denttabs® - Handzahnbürste

Name, Vorname:

Bitte ankreuzen:

1. Wie kamen Sie mit der Zahnbürste allg. zurecht? Handlichkeit?

Sehr gut () gut () mittel () schlecht () sehr schlecht ()

2. Wie fanden Sie das Design der Zahnbürste ?

Sehr gut () gut () mittel () schlecht () sehr schlecht ()

3. Wie empfanden Sie die Reinigungswirkung ?

Sehr gut () gut () mittel () schlecht () sehr schlecht ()

4. Gab es Missemfindungen beim Putzen?

am Zahnfleisch ? Ja () Nein () wenn ja, wo genau ? : _____

beschreiben Sie das Gefühl: _____

am Zahnhals ? Ja () Nein ()

beschreiben Sie das Gefühl:

5. Würden Sie die Testzahnbürste selbst kaufen?

Ja () Warum ? : _____

Nein () Warum ? : _____

6. Was könnte Ihrer Meinung nach an der Zahnbürste verbessert werden?

7. Haben Sie vor Beginn der Studie mit einer elektrischen Zahnbürste oder einer Handzahnbürste geputzt?

elektrisch () Handzahnbürste ()

8. Haben sich Ihre Lebens- oder Essgewohnheiten seit der Anwendung der
Ultraschall- Zahnbürste verändert?

Ja () wie genau? : _____

Nein ()

10. Danksagung

Zuerst gebührt mein Dank meinem sehr geschätzten und verehrten Doktorvater Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. Peter Gängler sowie Herrn Dr. Tomas Lang für die intensive Unterstützung und Beratung bei der Erstellung dieser Arbeit.

Außerdem spreche ich für die statistische Beratung Frau Dr. Barbara Jennes und Frau Dr. Silke Lange einen herzlichen Dank aus.

Nicht zu vergessen ist Herr Christian Greune, der mich bei der planimetrischen Auswertung unterstützte.

Mein Dank gilt ebenfalls Herrn Hugo R. Hosefelder, Entwicklungsleiter der Firma EMAG Technologies® aus Mörfelden-Walldorf, für das Bereitstellen der Ultraschallzahnbürsten emmi®-dental Professional nebst dem Ultraschall-Zahncremekonzentrats und den Herren Axel Kaiser und Matthias Kaiser, Geschäftsführer der Firma Innovative Zahnpflegegesellschaft mbH in Berlin für das Überlassen der Handzahnbürsten Denttabs® und der Denttabs® Zahnputztabletten.

Weiterhin gilt mein Dank allen Probanden und Probandinnen der Studie, deren gewissenhafte Mitarbeit, Geduld und Ausdauer die Basis für diese Arbeit lieferten.

Ganz besonders möchte ich mich an dieser Stelle auch bei Frau Dr. Sabine Gängler bedanken, da sie mich mein ganzes Studium hindurch aufmunternd und aufbauend begleitet hat.

Auch meiner Familie, besonders meinen Eltern, sei gedankt, die mich stets unterstützt und gefördert haben.

11. Lebenslauf

Persönliche Daten

Familienname: Denda
Vorname: Sigrun Charlotte
Anschrift: Finkenweg 5
64546 Mörfelden-Walldorf
Geboren am: 16.06.1982
Geburtsort: Herten, Deutschland
Familienstand: ledig
Staatszugehörigkeit: deutsch

Bildungsweg

1988-1992 Grundschrift: Pfefferackerschule Gelsenkirchen-Buer
1992-2001 Annette-von-Droste-Hülshoff-Gymnasium Gelsenkirchen-Buer
Schulabschluss allgemeine Hochschulreife

Berufliche Ausbildung

2001-2002 Praktikum in der Ambulanz für Spezielle Zahnärztliche Betreuung an der Universität Witten/Herdecke
WS 2002 Beginn des Studiums der Zahnheilkunde an der Universität Witten/Herdecke
14.12.2007 Abschluss des Studiums der Zahnheilkunde an der Universität Witten/Herdecke
18.12.2007 Erteilung der Approbation als Zahnärztin durch die Bezirksregierung Arnsberg
01.02.2008 Beginn der Tätigkeit als Assistenz-Zahnärztin in der „Zahnarztpraxis am Goetheplatz“ Dr. Tarun Sarkar, Rossmarkt 13, Frankfurt a.M.
31.01.2010 Beendigung der Tätigkeit als Assistenz-Zahnärztin in der „Zahnarztpraxis am Goetheplatz“ Dr. Tarun Sarkar, Rossmarkt 13, Frankfurt a.M.
01.02.2010 - 02.03.2010 Tätigkeit als angestellte Zahnärztin in der „Zahnarztpraxis am Goetheplatz“ Dr. Tarun Sarkar, Rossmarkt 13, Frankfurt a.M.
03.03.2010 Erhalt der Zulassung zur vertragszahnärztlichen Tätigkeit

12.03.2010 Niederlassung in der Praxisgemeinschaft „Zahnarztpraxis am Goetheplatz“ Rossmarkt 13, 60311 Frankfurt am Main

01.01.2011 „Gemeinschaftspraxis am Goetheplatz“
Dr. Sarkar / Dr. de Weerth / ZÄ Denda
Rossmarkt 13, Frankfurt a.M.

12. Eidesstattliche Erklärung

Sigrun Charlotte Denda
Finkenweg 5
64546 Mörfelden-Walldorf

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere (an Eides statt), dass ich die zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema „Plaque- und Gingivitiskontrolle – Vergleich einer Ultraschallzahnbürste mit einer Handzahnbürste“ selbständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und die in der Arbeit verwendete Literatur vollständig zitiert habe.

Ich habe diese Dissertation weder in dieser noch in einer ähnlichen Form an einer anderen Hochschule eingereicht.

Mörfelden-Walldorf, den 22.07.2011

Sigrun Charlotte Denda

