

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie  
der Ludwig-Maximilians-Universität München  
(Direktor: Prof. Dr. Reinhard Hickel)

# **Vergleich der Plaque-Entfernung zweier elektrischer Zahnbürsten gegenüber einer Handzahnbürste**

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Astrid Polig  
aus  
Bad Aibling  
2006

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München**

Berichterstatter: Prof. Dr. med. dent. R. Hickel

Mitberichterstatter: Prof. Dr. R. Breul

Mitbetreuung durch die  
promovierten Mitarbeiter:

Dr. med. dent. P. Wöhrl

Dr. phys. rer. nat. G. Hamm

Dekan:

Prof. Dr. med. D. Reinhardt

Tag der mündl. Prüfung:

19.10.2006

Meinen lieben Eltern  
Ingrid und Franz-Josef Polig  
und Frank

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	1
<b>2</b>	<b>Literaturübersicht</b> .....	3
2.1	Biofilm bzw. Plaque .....	3
2.2	Plaqueschichten .....	10
2.3	Bedeutung der Mundhygiene in der Prävention .....	13
2.4	Mundhygienestudien .....	41
<b>3</b>	<b>Material und Methode</b> .....	48
3.1	Auswahl der Probanden .....	48
3.2	Anamnesebogen .....	49
3.3	Testzahnbürsten, Plaquerevelator und Testzahnpaste .....	49
3.4	Studiendesign und Studienablauf .....	55
3.5	Bewertungsmethoden .....	58
3.6	Statistische Auswertungen .....	62
3.7	Wiederholung der Auswertungen als Training .....	70
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	71
4.1	Probanden .....	71
4.2	Plaqueschichten .....	74
4.3	Bürstläsionen .....	103
4.4	Ergebnisse des Fragebogens .....	115
<b>5</b>	<b>Diskussion</b> .....	124
5.1	Studiendesign .....	124
5.2	Material .....	127
5.3	Methodik .....	128

5.4	Ergebnisse der Plaquereduktionen und Bürstläsionen .....	132
5.5	Ergebnisse des Fragebogens .....	140
5.6	Ausblick .....	143
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>145</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>147</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>174</b>
<b>9</b>	<b>Danksagung</b> .....	<b>179</b>
<b>10</b>	<b>Lebenslauf</b> .....	<b>180</b>

# 1 Einleitung

In der Ätiologie der Karies und entzündlich bedingten Parodontopathien ist die mikrobielle Plaque ein wichtiger Faktor. 1965 zeigten Loe et al. den Zusammenhang zwischen bakteriellen Belägen und entzündlichen Erkrankungen des Parodontiums auf. Die Ergebnisse der dritten deutschen Mundgesundheitsstudie von 1997 (Micheelis und Reich 1999) und zahlreiche weitere Studien belegen noch immer eine unzureichende Mundhygiene bei Vielen (Garcia-Godoy et al. 2001, Moschèn et al. 1999, Saxer und Yankell 1997a, b, Warren et al. 2001).

So reinigen 24 % der deutschen 11-Jährigen Schulkinder ihre Zähne einmal täglich und weniger (Kuusela et al. 1997). Bei 32 % der dänischen Erwachsenen wird die tägliche Mundhygiene einmal oder weniger oft vorgenommen (Christensen et al. 2003). Außerdem beträgt die durchschnittliche Bürstdauer nur 30 bis 60 Sekunden (Cancro und Fischman 1995), wobei meist ein systematisches Vorgehen fehlt (MacGregor et al. 1986). Täglich wenden nur 11 % der Bevölkerung zusätzlich Zahnseide zur Reinigung der Zahnzwischenräume an.

Um eine gründliche Reinigung aller Zahnflächen zu erreichen, werden ein sorgfältiges Bürsten von etwa drei Minuten Dauer und ein systematisches Putzen der Zahnflächen empfohlen (American Dental Association 1977). Einmal täglich soll zusätzlich der Zahnzwischenraum gereinigt werden.

Die Hersteller von Zahnpflegemitteln verbessern laufend Zahnbürsten und elektrische Zahnbürsten. So gibt es verschiedene elektrische Zahnbürsten, die eine bessere Plaqueentfernung ermöglichen als es mit Handzahnbürsten möglich wäre (Dörfer et al. 2001, Heanue et al. 2003, Ruhlman et al. 2001, Tritten und Armitage 1996, Walmsley 1997, Williams et al. 2003, Zimmer et al. 2005).

Diese Studie soll die Plaqueentfernung einer neuen Schallzahnbürste gegenüber einer rotierend-oszillierenden Elektrozahnbürste und einer Handzahnbürste untersuchen.

---

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Biofilm bzw. Plaque

Zahnplaque ist ein strukturierter, zäher bakterieller Zahnbelag (Biofilm), bestehend aus Speichelbestandteilen, bakteriellen Stoffwechselprodukten, Nahrungsresten und Bakterienzellen. Er ist histologisch strukturiert und trotz der im Mund stattfindenden Selbstreinigung durch Wangen- und Zungenbewegungen, Wasserspray, Spülen oder Spraybehandlung nicht entfernbar (Nolden 1994). Die ausgereifte Plaque besteht aus 100 bis 300 Millionen je mg Nassgewicht dicht gepackter Mikroorganismen, eingebettet in eine amorphe Plaquematrix.

Die Entwicklung der Plaque erfolgt phasenweise (König 1987). Die erste Phase der Plaquebildung ist durch die innerhalb von Minuten bis Stunden ablaufende Absorption und Bildung einer monomolekularen Schicht aus Speichelproteinen gekennzeichnet, es entsteht das so genannte Pellikel. Als erstes finden dabei große Glykoproteinmoleküle einen festen Platz an der Zahnoberfläche. Dazwischen orientieren sich kleinmolekuläre Peptide, die desorbiert und ausgetauscht werden können, bis sich nach Tagen ein reifes Pellikel ausgebildet hat. Dieses exogene Schmelzoberhäutchen ist maximal ein  $\mu\text{m}$  dick, bestehend aus sauren prolinreichen und phosphathaltigen Proteinen, sowie sulfathaltigen Glykoproteinen (Bennick et al. 1981). Aufgrund ihrer Eigenladungen wird das Pellikel an die Kalzium- und Phosphatgruppen des Apatits der Zahnhartsubstanz elektrostatisch gebunden. An ihr beginnen, Stunden nach der Bildung, Bakterien der Mundflüssigkeit über physikalisch-chemische Vorgänge zu haften, die sich als Pionierkolonisatoren vermehren (Ellen et al. 1997). Ergebnis dieser ersten Phase von ein bis zwei Tagen vernachlässigter Plaqueentfernung ist eine 10 bis 20 Zelllagen dicke zusammenhängende Bakterienmasse. Diese besteht überwiegend aus grampositiven Kokken

---

(*Streptococcus sanguis*, *Streptococcus oralis*, *Streptococcus mitis*) und Stäbchen (MacPherson et al. 1991, Nyvad und Kilian 1990). Die säureresistenten Plaquebakterien, wie Streptokokken und Aktinomyzeten, nützen zugeführtes Substrat (niedermolekulare Kohlenhydrate) zur Produktion von intra- und extrazellulären Polysacchariden, welche Grundlage der interzellulären Plaquematrix sind und zum Wachstum der Plaque wesentlich beitragen (Schiffner 1997). Die Primärflora hat sich etabliert (Leach und Saxton 1966).

Die zweite Phase ist gekennzeichnet durch die Entwicklung einer selektiven Flora. In dieser Phase setzt nun mit dem Aufkommen von gramnegativen Kokken, grampositiven und gramnegativen Stäbchen, sowie fusiformen Bakterien, die Pathogenität der Plaque für das Parodontium und der Zahnhartsubstanz ein (Ritz 1967).

In der dritten Phase reift die Plaque weiter und gewinnt durch Teilungsvorgänge bzw. Akkumulation weiterer Bakterien an Dicke (bis zu 0,5 mm). Die Zahnplaque ist in diesem Stadium histologisch deutlich strukturiert und besteht aus etwa 300 Zellschichten unbeweglicher und beweglicher, gramnegativer Bakterien. Je nach Entnahmestelle im Mund findet man in dieser ausgereiften Plaque eine extrem unterschiedliche bakterielle Zusammensetzung (Bowden et al. 1975).

In einer ausgereiften Plaque ist ein relativ stabiles Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Bakterien in der Plaque und ihrer Umgebung anzutreffen (Plaque-Homöostase), so dass die Etablierung pathogener Prozesse unterdrückt werden kann (van der Hoeven und Rogers 1979).

Je nach Lokalisation des gebildeten Zahnbelags lässt sich eine supragingivale Plaque von einer subgingivalen Plaque differenzieren.

Bei gesunder Gingiva setzt sich die supragingivale Plaque zu 75 Prozent aus grampositiven, fakultativ anaeroben Kokken und Stäbchen zusammen. Das veränderte sauerstoffarme Milieu, in der sich die subgingivale Plaque etabliert, begünstigt die Entwicklung anaerober Keime. So finden sich im vertieften Sulkus obligat anaerobe grampositive

Peptostreptokokken, die zur parodontalen Pathogenität der Taschenflora beitragen (König 1987).

Bei gesundem Parodontium findet man eine subgingivale Flora, die vorwiegend aus nichtbeweglichen Mikroorganismen (Kokken und Stäbchen) besteht. Liegt eine Entzündung im Parodontium vor, vermehren sich die beweglichen Mikroorganismen, so dass ein großer Anteil der Plaque dann aus fusiformen bzw. filamentösen Mikroorganismen und beweglicher Stäbchen und Spirochäten besteht (Theilade et al. 1966). Ergebnisse von Listgarten (1976) zeigten, dass die kokkenreiche supragingivale Plaque sich zunächst per continuitatem apikalwärts in subgingivale Bereiche ausbreitet (adhärente Taschenplaque). Erst später wird diese adhärente Plaque sekundär von gramnegativen beweglichen Organismen lose überwachsen (nichtadhärente, sog. „swimming“ Taschenplaque). Im Anteil der „swimming plaque“ findet man überwiegend gramnegative Mikroorganismen, die man für den beschleunigten Verlauf parodontaler Entzündungen verantwortlich macht.

Die wichtigsten Mikroorganismen in der supragingivalen Plaque sind:

Grampositiv (+)		Gramnegativ (-)	
fakultativ anaerob:	anaerob:	fakultativ anaerob:	anaerob:
<i>Streptococcus</i>	<i>Peptostreptococcus</i>	<i>Neisseria</i>	<i>Veillonella</i>
- S. mutans			- V. parvula
- S. sanguis	- P. micros		
- S. salivarius			
- S. milleri			
- S. mitis			
Stomatococcus			
<i>Actinomyces</i>	<i>Actinomyces</i>	<i>Actinobacillus</i>	<i>Porphyromonas</i>
- A. naeslundii	- A. israeli	- A. actinomyce-	- P. gingivalis
- A. viscosus	- A. odontolyticus	temcomitans	<i>Bacteroides</i>
<i>Lactobacillus</i>	<i>Eubacterium</i>	<i>Capnocytophaga</i>	- B. forsythus *
<i>Corynebacterium</i>	<i>Propionibacterium</i>	<i>Eikenella</i>	<i>Prevotella</i>
<i>Rothia</i>		- E. corrodens	- P. intermedia
		<i>Haemophilus</i>	- P. melaninogenica
			<i>Fusobacterium</i>
			- F. nucleatum
			<i>Leptotrichia</i>
			<i>Campylobacter</i>
			- C. rectus

\* : neuerdings benannt als „Tannerella forsythensis“

Abb. 1: Klassifikation der wichtigsten Mikroorganismen in der Plaque  
(Carlsson 1993)

### 2.1.1 Primärer Ursachenkomplex

Die wichtigsten Formen parodontaler Destruktionen sind bakterielle Infektionen, bei denen bestimmte Bakterien beim Zustandekommen der Entzündungsprozesse eine bedeutende Rolle spielen. Zwischen 300 bis 500 Mikroorganismen werden nachgewiesen. Bei einer gingivalen Entzündung werden davon etwa 30 Arten regelmäßig beobachtet (Listgarten 1987).

Zu den Leitkeimen der Parodontopathien zählen *Actinobacillus actinomyces* und *Bacteroides gingivalis* (Nolden 1994).

Die Anlagerung der Bakterien per se verursacht noch keine Entzündung. Die Eigenschaften der parodontopathogenen Bakterien induzieren die Destruktion des Parodonts, welche Müller (2001) als Virulenzfaktoren bezeichnet. Diese, das Parodontium schädigenden Prozesse, beruhen auf direkter oder indirekter Toxizität der Mikroorganismen (Listgarten 1987). Die direkte Toxizität besteht in der bakterieneigenen Produktion von Enzymen wie Kollagenasen, Hyaluronidasen und anderen Proteasen, welche die Interzellulärsubstanz des inneren Saumepithels angreifen und so den Zutritt von Zytotoxinen und Endotoxinen erleichtern. Die indirekte Toxizität stellt die immunologischen Reaktionen des Körpers auf die Stoffwechselprodukte der Plaquebakterien dar. Die Stimulation der Immunabwehr, leukozytäre Infiltration und die Aktivierung des Komplementsystems führen zu einer phlogistischen Reaktion, wobei durch neutrophile Granulozyten und lysosomale Enzyme auch körpereigenes Gewebe geschädigt wird (Renggli et al. 1978).

### **2.1.2 Reaktionen im Parodontium**

Kontrollierte Studien zeigten, dass beim Verzicht auf jegliche Mundhygienemaßnahme innerhalb von wenigen Tagen leichte Entzündungszeichen der Gingiva auftreten (Renggli et al. 1978). Nach fünf bis sieben Tagen tritt klinisch eine Gingivitis in Form einer akuten oder chronischen Entzündung auf. Diese kann allerdings bei Wiederaufnahme der Mundhygiene wieder zurückgehen (Löe et al. 1965). Wie im klassischen Experiment zur experimentellen Gingivitis nachgewiesen wurde, war die supragingivale Plaque Voraussetzung für entzündliche Veränderungen der Gingiva (Listgarten et al. 1985).

Wie schnell sich eine Gingivitis manifestiert hängt dabei von der Immunabwehr des Wirtsorganismus ab (Savitt et al. 1988). Tierversuche zeigten, dass sich bei einer länger dauernden Anwesenheit der Plaque aus einer bestehenden Gingivitis eine Parodontitis entwickeln kann (Lindhe et al. 1973 und 1975). Gleichzeitig war es mit Hilfe dieser

Tierversuche möglich die Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen der Plaqueakkumulation und dem Entstehen der Parodontitis zu belegen: Zwei von zehn Testhunden entwickelten trotz ungestörter Plaqueakkumulation und bestehender Gingivitis keine Parodontitis. Daraus konnte geschlossen werden, dass sich aus der Gingivitis eine Parodontitis entwickeln kann, aber nicht zwangsläufig entwickeln muss.

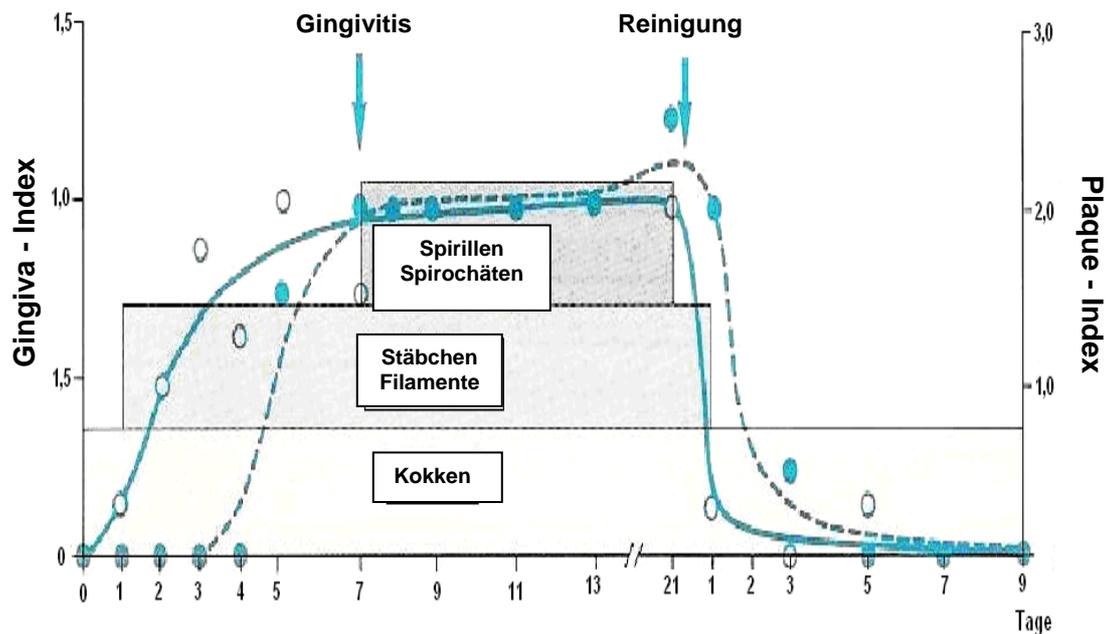


Abb. 2: Experimentelle Gingivitis (Löe et al. 1965)

Die subgingivale Plaque kann verkalken und Zahnstein bilden. Diese Mineralisation bezeichnet man als Konkrement. Im Gegensatz zu supragingivalem Zahnstein sind Konkreme auf Grund ihrer Härte und Zugänglichkeit schwieriger zu entfernen. Weder supra- noch subgingivaler Zahnstein löst ursächlich Entzündungen im Parodontium aus, stellt allerdings für Mikroorganismen eine Retentionsstelle dar (Lange 1981, Theilade 1993).

Die Pathogenität der Plaque wird dabei von der Art der Mikroorganismen und deren Stoffwechselprodukten bestimmt. Die pathogenen Mikroorganismen produzieren Enzyme (Kollagenasen, Hyaluronidasen, Neuramidasen u. a.), welche die Interzellularsubstanz und das kollagene

Stützgerüst auflösen. Damit erleichtern sie das Eindringen weiterer Mikroorganismen ins Gewebe (Renggli et al. 1978).

Eine zusätzliche Schädigung erfährt das Gewebe durch direkten Angriff der bakteriellen Stoffwechselprodukte (Indol, Ammoniak, Schwefelwasserstoff).

### **2.1.3 Auswirkungen auf die Zahnhartsubstanz**

Liegt einmal eine differenzierte Zahnplaque vor, die ohne Hilfsmittel, wie der Zahnbürste, nicht mehr von der Zahnoberfläche zu entfernen ist, so können sich spezifische azidophile, säuretolerante Mikroorganismen ungestört vermehren. Es liegt eine Störung des Gleichgewichtes zwischen De- und Remineralisation vor. Die Plaquemikroorganismen setzen Nahrungsbestandteile, vor allem niedermolekulare Kohlenhydrate, in intra- und extrazelluläre Polysaccharide um. Dabei fallen als Stoffwechselprodukte auch organische Säuren an, welche die Zahnhartsubstanzen demineralisieren können. Erfolgt kein Ausgleich dieser Demineralisierungsvorgänge durch entsprechenden Einbau von Mineralien (Re mineralisation) entwickelt sich ein kariöser Prozess unterschiedlicher Progression. Ist dabei die Schmelzoberfläche in ihrer Struktur noch erhalten, sind die kariösen Läsionen lediglich histologisch als „subsurface“-Läsionen nachweisbar (Soni und Brudevold 1959). Werden diese Veränderungen ausgeprägter erscheinen sie klinisch als Kreidefleck oder white-spot (Newbrun 1989).

Es lässt sich zusammenfassen, dass die Plaque für die Kariesentstehung als notwendiger Faktor gilt. So gelang es Orland et al. 1954 die Bedeutung der Plaque für den Kariesbefall nachzuweisen, indem sie zeigten, dass keimfrei aufgezogene Ratten trotz kariogener Diät keine Karies entwickelten. Nach Tanzer (1989) ist jedoch nicht jede Plaque in der Lage Karies zu verursachen. Eine kariogene Mikroflora ist vielmehr charakterisiert als eine speziell zusammengesetzte mikrobielle Flora (Schiffner 1997).

## **2.2 Plaquehypothesen**

### **2.2.1 Unspezifische und spezifische Plaquehypothese**

Im 17. Jahrhundert beschrieb van Leeuwenhoek Bakterien, die er auf seinen eigenen Zähnen mit seinem selbstgebauten „Mikroskop“ gefunden hatte (Renggli und Mühlemann 1970). In diesem ersten Bericht über die bakterielle Plaque waren fast alle bakteriellen Formen enthalten, die heute mit der Phasenkontrast- und Dunkelfeldmikroskopie nachgewiesen werden können. Man richtete das Augenmerk damals noch nicht auf die Pathogenität oder Virulenz der einzelnen Bakterienarten.

Erst 1955 erkannte man Zusammenhänge zwischen bakteriellen Zahnbelägen und entzündlichen Veränderungen am Parodontium und erhärtete sie in Beobachtungsstudien und epidemiologischen Untersuchungen (Lang et al. 1985).

Früher führte man die Entstehung einer Entzündung des Parodontiums auf die unspezifische Plaquehypothese zurück. Man hielt die Quantität der Plaque für den alleinigen Auslöser eines entzündeten Parodontiums. Gestützt wird die unspezifische Plaquehypothese durch das Humanexperiment von Loe et al., indem die Wechselwirkung zwischen Plaque und Gingivitis deutlich wird (Loe et al. 1965, Abb. 2).

Mit Tierexperimenten haben skandinavische Forschergruppen zusätzlich die Wechselwirkung zwischen Plaque und Parodontitis aufgezeigt und bewiesen (Lindhe et al. 1975). Ausgewählt wurden dazu Beagle-Hunde mit gesunden gingivalen Verhältnissen. Durch weiche Diät wurde die Plaqueakkumulation gefördert, so dass sich im Laufe von vier Jahren eine fortgeschrittene Parodontitis entwickelte. Zwei von zehn ausgewählten Testhunden entwickelten trotz ungestörtem Plaqueswachstum und bestehender Gingivitis keine Parodontitis. Somit gewann man die Erkenntnis, dass sich aus der Gingivitis eine Parodontitis entwickeln kann, aber nicht zwangsläufig entwickeln muss. Daraufhin wurde angenommen, dass andere Faktoren, wie eine spezifische subgingivale Mikroflora, für die

Progression in tieferen Gewebsschichten verantwortlich (Lindhe et al. 1975) wären.

Man konnte schließlich spezifische Bakterienarten mit bestimmten Formen entzündlicher Parodontopathien in Verbindung bringen. So vermutete man eine spezifische Infektion im Sinn der Koch'schen Postulate (Slots 1977 und Slots et al. 1978), nach welchen bestimmte Infektionen von definierten, isolierbaren Mikroorganismen verursacht werden.

So fanden Slots et al. (1978) in der Plaque bei gesunden gingivalen Verhältnissen rund 80 % grampositive fakultative Stäbchen und Kokken und nur rund 15 % gramnegative anaerobe Stäbchen, wie Fusobakterien und Prevotella-Arten. Bei einer chronischen Gingivitis nehmen die gramnegativen anaeroben Stäbchen zu. Bei dem klinischen Bild einer chronischen Parodontitis machen grampositive fakultative Stäbchen und Kokken nur noch ein Viertel der Mikroflora aus. Der Rest der subgingivalen Flora wird von gramnegativen anaeroben Stäbchen, Fusobakterien und Prevotella-Typen dominiert.

### **2.2.2 Opportunistische Plaqueinfektion**

Nach Lang et al. (1985) zählen das Vorhandensein pathogener Keime und ein für die Vermehrung günstiges Milieu zu den wesentlichen Voraussetzungen für das Entstehen einer opportunistischen Erkrankung. Es gelang eine praxisgerechte Situation zu simulieren, in dem Füllungsüberschüsse produziert wurden und somit das subgingivale Ökosystem bewusst verändert wurde. An den Restaurationen mit Überschüssen wurde eine subgingivale Flora, die derjenigen einer chronischen Parodontitis glich, gefunden. Die Veränderungen der subgingivalen Mikroflora nach dem Anbringen der mit Überschüssen versehenen Restaurationen dokumentieren das Entstehen parodontaler Destruktion durch iatrogene Faktoren und unterstützen die opportunistische Natur der parodontalen Plaqueinfektion (Lang et al. 1983).

Da sich bei bestimmten Parodontitisformen einige in der Plaque befindlichen parodontopathogenen Bakterien mehr entfalten und dabei andere verdrängen, beschreibt man diese opportunistische Infektion auch als ökologische Plaquehypothese.

Slots zeigte in einer Studie, dass auch bei gesunden gingivalen Verhältnissen gramnegative anaerobe Bakterien vorkommen. Diese waren mitverantwortlich für parodontale Destruktion (Slots 1977). Kornman belegte ebenfalls den opportunistischen Charakter der Plaqueinfektion. Er entwickelte ein Affenmodell mit dem es gelang, begünstigende Faktoren im subgingivalen Ökosystem der parodontalen Tasche für die Besiedlung mit pathogenen Keimen zu erzeugen (Kornman et al. 1981).

Als Ursache für die parodontale Destruktion wird ebenso das Fehlen bestimmter, nicht-pathogener, stabilisierender Bakterien in der Plaque gesehen (Haffajee und Socransky 1994, Abb. 3).

<b>Pathogene Mikroorganismen</b>	<b>Nicht-pathogene Mikroorganismen</b>
- Actinobacillus actinomycetemcomitans	- Actinomyces species
- Tannerella forsythensis	
- Eikenella corrodens	- Streptococcus mitis
- Fusobacterium nucleatum	
- Peptostreptococcus micros	- Streptococcus sanguis
- Porphyromonas gingivalis	
- Selenomonas species	- Veillonella parvula
- Eubacterium species	
- Prevotella intermedia	- Capnocytophaga ochracea
- Spirochäten	

Abb. 3: Vermutete pathogene und nicht-pathogene Mikroorganismen der Plaque (Haffajee und Socransky 1994)

### **2.2.3 Bedeutung der opportunistischen Infektion für die Kariogenese**

Analog gilt diese Form der opportunistischen Infektion auch für die Kariogenese. Bei gestörtem Gleichgewicht zwischen De- und Remineralisation, bedingt durch häufige Aufnahme niedermolekularer Kohlenhydrate und die damit verbundene Säureproduktion einzelner Mikroorganismen, entsteht im Inneren der Plaque ein saures Milieu. In diesem finden die azidophilen Mikroorganismen *Streptococcus mutans* und Laktobazillen eine ökologische Nische, worin sie sich optimal vermehren können. Unter diesen Bedingungen steigt der Anteil dieser Keime unter Ausbildung einer kariogenen Flora (Bradshaw et al. 1989).

## **2.3 Bedeutung der Mundhygiene in der Prävention**

### **2.3.1 Plaque-Indizes**

Um die Mundhygiene eines Patienten beurteilen zu können, oder um die Reinigungseffizienz einer Zahnbürste zu bewerten, ist es notwendig verlässliche Auswertungen mittels eines Plaque-Indizes zu erhalten.

Die Wahl eines Index-Systems muss auf das Ziel der Untersuchung, den geschätzten Zeitaufwand zur Durchführung der Studie, die Größe der Population und auf den Typ und die Größenordnung der zu erwartenden Veränderung abgestimmt sein. Fischman (1986) zählte bestimmte Anforderungen an den Plaque-Index auf:

- quantitative, evtl. qualitative Aussagen
- hohe Sensitivität und Spezifität
- hoher positiver bzw. negativer Vorhersagewert
- rasche, praktische Anwendung und Ausrechnung (besonders in der zahnärztlichen Praxis)
- einfache Handhabung auch durch nicht speziell geschulte Zahnärzte bzw. geschultes zahnmedizinisches Fachpersonal

---

Die Indizes werden in der Regel an allen Zähnen eines Gebisses erhoben. In Ausnahmefällen erfolgt die Untersuchung nur an den sog. Ramfjord-Zähnen (16, 21, 24, 36, 41, 44), welche als repräsentativ für das gesamte Gebiss angesehen werden (Ramfjord 1959).

Die meisten Indexsysteme verwenden zur Quantifizierung des Plaquebefalls eine numerische Skala, wobei der Plaquebefall mittels einer Ja-/Nein-Entscheidung bewertet wird. Im Wesentlichen lässt sich ein gravimetrisches von einem planimetrischen Verfahren abgrenzen. Das gravimetrische Verfahren bestimmt das Gewicht der vorliegenden Plaque, das planimetrische bestimmt die plaquebedeckenden Zahnflächen.

Für eine Bewertung am Patienten ist ein „einfach“ gehaltener Index (beispielsweise der Approximalraum-Index nach Lange et al. 1977) sinnvoll, um dem Patienten die Effizienz seiner Mundhygiene zu demonstrieren.

Bei wissenschaftlichen Anforderungen müssen die Flächen eines Zahns detailliert betrachtet werden. Dies ist beispielsweise mit der Rustogi-Modifikation des Navy-Plaque-Index gegeben. Dieser Index lässt eine spezifische Beurteilung des Approximalraums, der Glattflächen und der Zahnalsregion zu.

Als akzeptable Indizes wurden von der American Dental Association die Methoden der Plaquebestimmung nach Silness und Loe, sowie die modifizierte Methode nach Turesky vorgeschlagen (American Dental Association 1998).

#### **a) Modifizierter Plaque-Index nach Quigley und Hein (QHI)**

Bei dem 1962 publizierten ursprünglichen Bewertungssystem wurden nur die Fazialfläche und das gingivale Drittel berücksichtigt (Quigley und Hein 1962), wobei die proximale und sulkuläre Plaque nicht ausreichend beurteilt wurde. Heute wird dieser Plaque-Index meist in der von Turesky

et al. modifizierten Form angewendet, die eine verbesserte Objektivität der Quigley-Hein-Kriterien erlaubt (Turesky et al. 1972).

Nach Untersuchungen von Quirynen et al. (1991) weist der QHI neben dem modifizierten Navy-Index und der planimetrischen Auswertung die größte Differenzierungsstärke auf.

Nach Anfärben der Plaque erfolgt eine Bewertung auf den facialen und lingualen Zahnoberflächen, wobei sechs Schweregrade differenziert werden. Im Gegensatz zum Plaque-Index nach Silness und Loe (Silness und Loe 1964), wird die Plaque nicht nur im Bereich des gingivalen Randes erfasst. Die Bewertung reicht von „keiner Plaque“ auf der Zahnoberfläche bis zur „Plaqueausdehnung über mehr als zwei Drittel der klinischen Krone“.

Die Unterteilung einer Zahnoberfläche in jeweils drei Flächen stellt eine Modifikation des Quigley-Hein-Indexes dar (Turesky et al. 1972). So war es möglich, approximale Flächen differenzierter auf Plaquebefall zu prüfen (Saxer und Yankell 1997a).

Ein Vorteil des modifizierten Quigley-Hein-Indexes ist seine Eignung zur Anwendung bei Verlaufsstudien. Für die klinische Prüfung von Medikamenten im Bereich der oralen Prophylaxe ist er ebenso geeignet (Heidemann 1997). Der individuelle Wert wird dadurch ermittelt, indem die Summe aller Plaquewerte gebildet und durch die Anzahl der Messflächen geteilt wird.

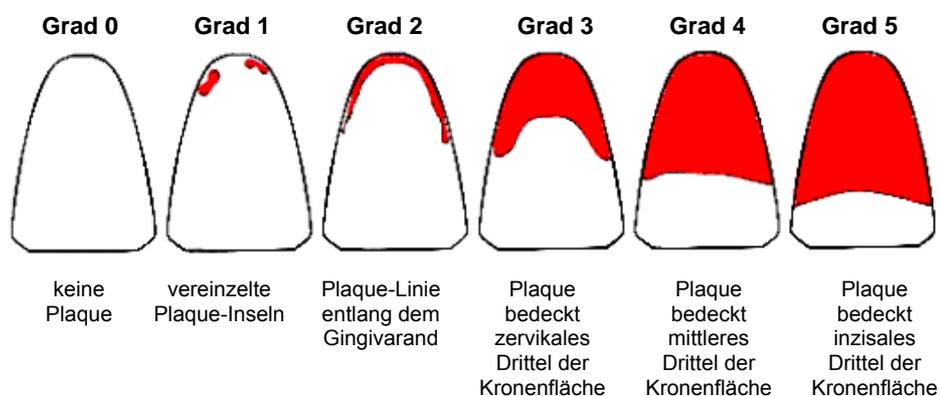


Abb. 4: Modifizierter Plaque-Index nach Quigley und Hein (Turesky et al. 1972)

### b) Modifizierter Navy-Plaque-Index nach Rustogi

Mit dem modifizierten Navy-Plaque-Index wird das Vorhandensein von Plaque in neun Zonen (A bis I) jeder Zahnkrone mit „0“ oder „1“ bewertet (Elliot et al. 1972). Anhand dieses Indexes wird der gingivanahe und proximale Bereich im Verhältnis zum Inzisal- und Glattflächen-Bereich stärker betont. Rustogi et al. (1992) modifizierten den Navy-Index, um besonders im interproximalen und marginalen Bereich eine akkurate Differenzierung zu erlangen. Die Rustogi-Modifikation vergrößert die Felder D/E/F in der interproximalen und marginalen Region und verlegt damit den Schwerpunkt des Indexes auf diese Bereiche (Abb. 5).

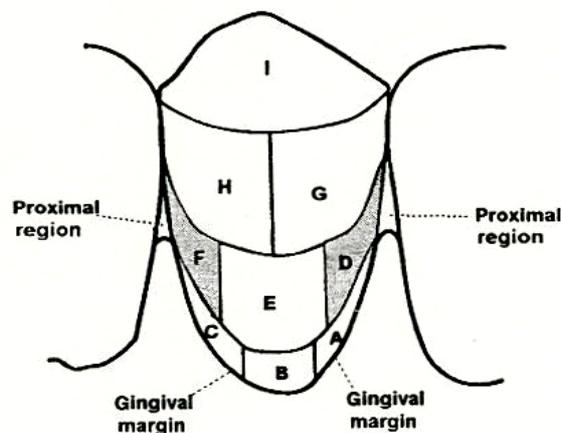
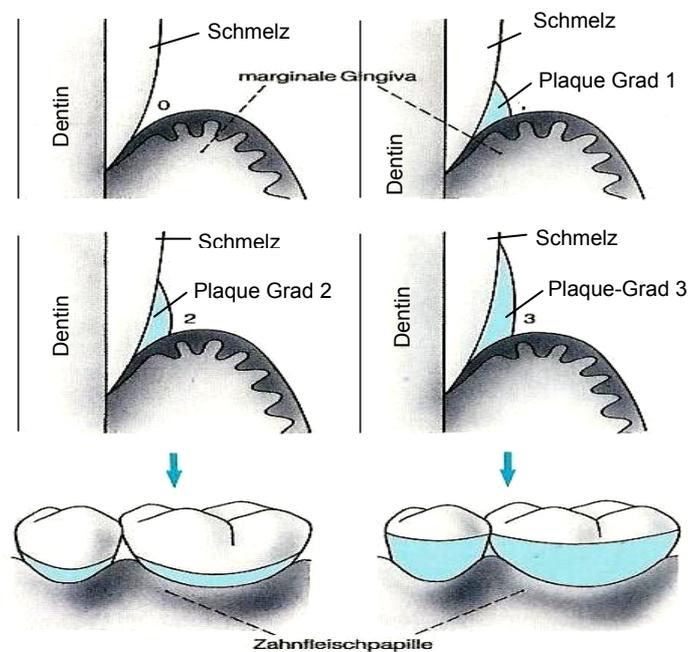


Abb. 5: Modifizierter Navy-Plaque-Index nach Rustogi et al. (1992)

### c) Plaque-Index nach Silness und Løe

Bewertet werden der Plaquebefall und die Plaquedicke im Zahnalsbereich unter Berücksichtigung der Zahnoberfläche, des Gingivarandes und des Sulkus. Es erfolgt keine Plaqueanfärbung, da die Zahnflächen mit Spiegel und Sonde untersucht werden. Alle Zahnoberflächen werden inspiziert, mit der Sonde wird der Sulkus ausgetrichen und die vorhandenen Beläge in vier verschiedene Grade eingeteilt. Die Bewertung reicht von „keine Plaque durch Inspektion und Sondierung nachweisbar“ bis „dickere Zahnbeläge, die mit bloßem Auge erkennbar sind und den Interdentalraum ausfüllen“. Im Rahmen wissenschaftlicher Studien eignet sich dieser Index für die Bewertung des Plaquebefalls im

gingivalen Randbereich. Weniger eignet er sich für die Motivation und Instruktion der Patienten im Rahmen der Initialtherapie, da kein Anfärben der Beläge erfolgt (Silness und Løe 1964).



Plaque Grad 0:	Keine Plaque durch Inspektion und Sondierung zu erkennen
Plaque Grad 1:	Nicht sichtbarer, dünner Plaquefilm, der nur durch Abschaben mit der Sonde zu erkennen ist
Plaque Grad 2:	Mäßige Plaqueablagerung, die mit bloßem Auge zu erkennen ist; die Plaque füllt den Interdentalraum nicht aus.
Plaque Grad 3:	Dicke Plaqueablagerung, die den Interdentalraum ausfüllt.

Abb. 6: Plaque-Index nach Silness und Løe (1964)

#### d) Modifizierter Approximalraum-Plaque-Index nach Lange

Untersucht wird die Plaqueakkumulation im Approximalraum nach Anfärben der Plaque (Ja-/Nein-Entscheidung), wobei der erste und dritte Quadrant oral, der zweite und vierte vestibulär geprüft werden.

Die Angabe dieses Index erfolgt in Prozent. Ein Wert von unter 25 % entspricht dabei einer optimalen Mundhygiene, ein API zwischen 70 % bis 100 % deutet dagegen auf eine unzureichende Hygiene hin. Im Rahmen einer Parodontalbehandlung wird ein API von 35 % und weniger als Ausdruck einer guten Mitarbeit des Patienten gewertet. Durch die

---

Kontrolle der Plaque im Approximalraum kann die Mitarbeit des Patienten gut abgeschätzt werden (Lange 1981).

#### **e) Plaquekomponente des Periodontal Disease Index nach Ramfjord**

Der Periodontal Disease Index war der erste Index, bei dem versucht wurde, durch Einführung einer numerischen Skala die Ausdehnung der Plaque zu erfassen (Ramfjord 1959). Die Plaquekomponente des Indexes wird an sechs „Ramfjord-Zähnen“ (Zähne 16, 21, 24, 44, 41, 36) erhoben, welche auf ihre Repräsentativität geprüft wurden.

Das Vorhandensein bzw. die Ausdehnung der angefärbten Plaque wird auf einer Skala von Null bis Drei angegeben, wobei speziell alle interdentalen, fazialen und lingualen Oberflächen der Referenzzähne untersucht werden. Die Kriterien eignen sich für Verlaufsstudien der Parodontitis. Durch den Ausschluss der Bewertung der Interdentalflächen modifizierten Shick und Ash die Originalkriterien von Ramfjord. Die Bewertung wurde auf die gingivale Hälfte der fazialen und lingualen Oberflächen der Indexzähne beschränkt (Shick und Ash 1961).

Die Plaquekriterien des modifizierten Periodontal Disease Index reichen von „ohne Plaque“ bis zu „Plaque, die zwei Drittel oder mehr der gingivalen Hälfte der fazialen oder lingualen Oberfläche des Zahnes bedeckt“. Der individuelle Wert wird durch Summation aller einzelnen Zahnwerte und Division durch die Anzahl der untersuchten Zähne ermittelt. Der modifizierte Index ist für klinische Studien und zur Testung von Lokalthérapeutika geeignet.

#### **f) Proximal-Marginal Index nach Benson**

Der Proximal-Marginal-Index wurde von Benson et al. (1993a) eingeführt, um die Plaqueausdehnung besonders im interproximalen Bereich zu erfassen und zu dokumentieren. Faziale und linguale Zahnoberflächen werden dabei in drei ungleiche Segmente unterteilt: distal-proximal und mesial-proximal von der Seitenlinie zur Zahnpapille, der Gingival-

randbereich drei Millimeter oberhalb des Gingivalrandes und die Glattfläche von der distalen zur mesialen Seitenlinie. Die Glattfläche wird von der Bewertung ausgeschlossen, da Patienten, die ihre Zähne in der Regel einmal täglich putzen, diese Region plaquefrei halten. Innerhalb jedes bewerteten Segments kommt der Turesky-Plaque-Index zur Anwendung (Turesky et al. 1972). Die Reproduzierbarkeit anhand dieses Index wurde bewiesen (Benson et al. 1993a).

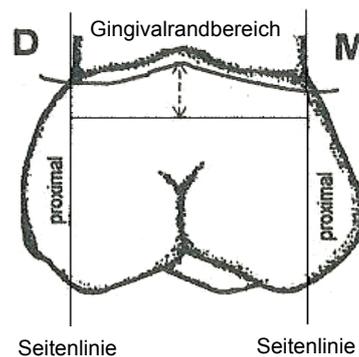


Abb. 7: Proximal-Marginal-Index nach Benson et al. (1993a)

Um eine feinere Differenzierung für die Bewertung der Effizienz von Zahnbürsten bezüglich ihrer Interdentalraumhygiene zu erhalten, wurde der Index nach Benson modifiziert (Saxer und Yankell 1997a).

Dabei erfolgt eine weitere horizontale Unterteilung der proximalen Segmente in drei konforme Segmente. Dieser Index besitzt sieben zu bewertende Flächen und eignet sich zur Anwendung bei Erwachsenen zur Evaluation einer Parodontitisbehandlung. Voraussetzung für die Anwendung des Index ist nach Benson ein mindestens zehn Millimeter langes proximales Segment, das von einer Zahnbürste erreicht werden kann. Dieser Index entspricht dem von Meckel (1973) eingeführtem Index, der von Davis und Rees (1975), sowie Fischman (1986) beschrieben wurde. Auch Finkelstein und Grossman (1984) verwendeten den Index nach Davis und Rees. Dieser Index erscheint als geeignet, wenn es darum geht, den Approximalbereich zu bewerten. In seiner Anwendung ist er jedoch schwierig und sehr zeitintensiv, so dass in der Praxis vermehrt

der einfache Index nach Benson oder der modifizierte Index nach Saxer zur Anwendung kommen.

### g) Oraler Hygieneindex nach Greene und Vermillion

Greene und Vermillion beschrieben 1960 den oralen Hygieneindex (OHI) und entwickelten 1964 eine modifizierte vereinfachte Form (OHI-S). Der OHI-S setzt sich aus zwei Komponenten zusammen: Belagindex (DI-S) und Zahnsteinindex (CI-S). Die ohne Anfärbung durchgeführte Bewertung der Zahnflächen von sechs Referenzzähnen (Bukkalfächen der Zähne 16, 11, 26 und 31 und Lingualflächen der Zähne 36 und 46) erfolgt mittels Mundspiegel und Kuhhornsonde nach einer Skala mit den Werten null bis drei. Die Bedeutung des einfachen und rasch erlernbaren Hygieneindex liegt darin, dass er weltweit bei großen epidemiologischen Studien eingesetzt wurde (Ainamo und Bay 1975).

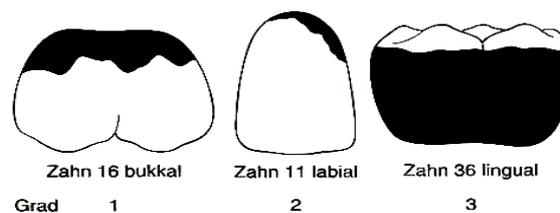


Abb. 8: Oraler Hygieneindex nach Greene und Vermillion (1964)

### h) Weitere Plaqueindizes

Ein Index-System, das besonders den gingivalen und interproximalen Bereich betont, wurde von Cancro und Fischman (1995) als „DMPI-System“ beschrieben (Abb. 9). Die vier gingivalen, sowie die vier interproximalen Bereiche sind in sich nochmals geteilt in drei Bereiche und können so noch diffiziler quantitativ bewertet werden (Werte 0 bis 3). Nur die Glattfläche „R“ wird durch Ja-/Nein-Entscheidung bewertet entsprechend den Werten „0“ oder „1“. Da gerade die zervikalen und approximalen Zahnflächen bei diesem Index-System im Vordergrund stehen, erscheint dieser Index geeignet, um den Effekt chemischer

Hilfsmittel zur Mundhygiene, wie Zahnpasten oder Mundspüllösungen, zu evaluieren.

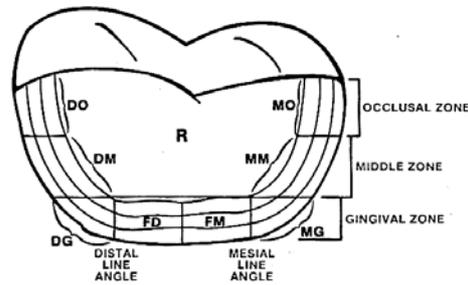


Abb. 9: DMPI-Plaques-Index nach Cancro und Fischman (1995)

Eine Variation des Navy-Plaques-Index stellt der Distal-Mesial-Plaques-Index von Fischman (1986) und Fishman et al. (1987) dar. Bei diesem Index wird auf die schwer mit der Zahnbürste erreichbaren gingivalen und zervikalen Anteile des Zahnes, ebenso wie auf den interdentalen Abschnitt, der Schwerpunkt gelegt. O'Leary et al. (1972) weiteten mit ihrem Irritationsindex die Bewertungskriterien auf supra- und subgingivale Zahnsteinbildung und subgingivale Reizfaktoren wie überhängende oder defekte Restaurationen aus. Der PHP-Index (Podshadley und Haley 1968) dokumentiert den Belagsbefall auf Basis einer Ja-/Nein-Entscheidung (1 oder 0), wobei die Oberflächen von sechs Referenzzähnen (Bukkalfächen der Zähne 16, 11, 26 und 31 und Lingualflächen der Zähne 36 und 46) bewertet werden. Der Index ist einfach und rasch anzuwenden, sein Wert liegt in der individuellen Patientenmotivation.

Für Zähne, welche mit kieferorthopädischen Apparaturen versehen sind, wurde von Ciancio et al. (1984) ein spezieller Index erarbeitet, der „Bonded-Bracket-Index“.

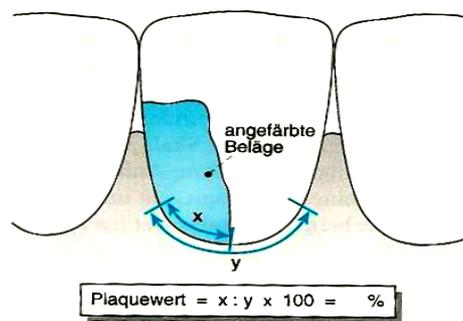


Abb. 10: Gingivalrand-Plaques-Index nach Harrap (1974)

Der Gingivalrand-Plaques-Index nach Harrap (1974) wird ausschließlich auf den Bukkalflächen der Zähne erhoben. Der Untersucher schätzt nach Anfärben der Beläge ihre prozentuale Ausdehnung entlang des Gingivalrandes im Verhältnis zur Gesamtlänge, wobei die Dicke der Plaque unberücksichtigt bleibt.

### 2.3.2 Mundhygiene und Mundhygiene-Hilfsmittel

„Plaquesfreiheit hängt weniger von der Zahnbürstenform, der Zahnpaste oder der Bürsttechnik ab, als vielmehr von einem konsequenten systematischen Vorgehen, bei welchem alle Zahnflächen des Gebisses erfasst werden“ (Rateitschak et al. 1989). In jedem Fall sollte demnach die Gründlichkeit, weniger die Häufigkeit, im Vordergrund stehen. Zudem dauert es 24 bis 36 Stunden, bis sich eine reife Plaque etabliert hat (Lang et al. 1973). Wichtig ist, dass sich der Patient beim Reinigen der Zahnflächen eine gewisse Systematik aneignet (Rateitschak et al. 1989). Weltweit findet, unter den verschiedenen Putztechniken, das „horizontale Schrubben“ die meiste Anwendung (Rugg-Gunn et al. 1979, Mierau 1992). Obwohl diese Putztechnik zu Läsionen, sowohl der Gingiva, als auch des Parodontiums führt, scheint der Patient damit beste Ergebnisse bezüglich der Plaquesentfernung zu erzielen (Frandsen et al. 1972). Nach Mierau (1992) und Mierau et al. (1989) ist das „horizontale Schrubben“ verantwortlich für die Genese parodontaler Rezessionen ohne und mit keilförmigen Defekten, sowie akuter Bürstläsionen einschließlich der Stillman-Spalten. Bleibt eine Instruktion in der Anwendung einer Putztechnik aus, so gibt es, unter den nachfolgend beschriebenen

Methoden, keine die eindeutig besser ist als die andere (Robinson 1976, MacGregor et al. 1979).

### 2.3.3 Systematik des Zähneputzens nach Rateitschak et al. (1989)

Das Ziel, alle Zahnflächen zu reinigen, ist möglich, wenn eine bestimmte Systematik beim Putzen eingehalten wird. Als erstes sollen die schwer zugänglichen Bereiche, die Lingualflächen, anschließend die Bukkalflächen der Zähne gereinigt werden. Die Zahnbürste beschreibt bei der Reinigung des Ober- und Unterkiefers einen Kreis, so dass lingual im Unterkiefer mit dem Putzen begonnen und bukkal im Unterkiefer geendet wird. Zuletzt werden die Okklusalfächen gereinigt. Es werden, je nach Vorliegen einer Erkrankung beziehungsweise nach manuellem Geschick des Patienten und anatomischen Gegebenheiten in der Mundhöhle, verschiedene Zahnputztechniken empfohlen. Allen Techniken gemeinsam ist das senkrechte Ansetzen der Bürste im Lingualbereich der oberen und unteren Schneidezähne. An allen anderen Zahnflächen setzt der Patient die Bürste waagrecht an. Beim Putzen mit einer konventionellen Handzahnbürste werden zehn bis 15 Bewegungen pro Zahn (Rateitschak et al. 1989) durchgeführt. Es wird außerdem empfohlen, die okklusalen Flächen kräftiger mit leicht kreisenden Bewegungen zu reinigen.

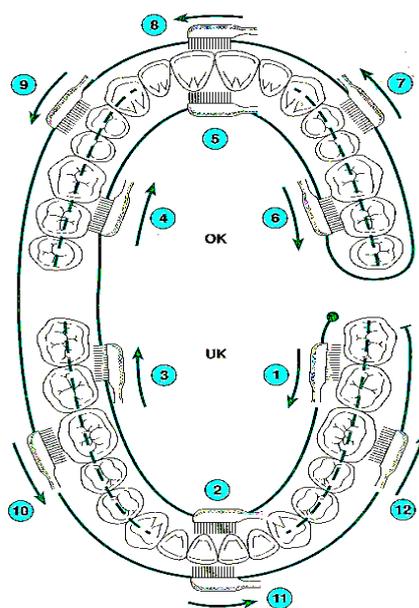


Abb. 11: Systematik des Zähneputzens (Rateitschak et al. 1989)

## **2.3.4 Zahnputztechniken**

### **2.3.4.1 Modifizierte Bass-Methode**

Diese Methode eignet sich sowohl bei gesunden als auch bei krankhaft veränderten Parodontalverhältnissen. Bei weitgehend erhaltenen Interdentalspapillen ist die modifizierte Bass-Methode vorteilhaft.

Die Zahnbürste wird in einem 45° Winkel zur Zahnlängsachse auf Zahn und Gingiva aufgesetzt, um dann pro Zahnfläche zehn bis 15 senkrecht rüttelnde bis leicht kreisende Bewegungen auszuführen. Die Bürste wird dabei immer vom Zahnfleisch Richtung Zahn geführt (Bass 1954a, b). Die gezielte, dreimal wöchentliche Anwendung der modifizierten Bass-Technik verhindert eine Plaqueakkumulation an Bukkalflächen, welche der Zahnbürste zugänglich sind (Waerhaug 1981). Mittels Bass-Technik ist eine Plaqueentfernung selbst in ein Millimeter subgingival gelegene Bereiche möglich (Waerhaug 1981). Nachteil dieser Technik ist die Versuchung für den Patient, das waagrechte Putzen wieder aufzunehmen. Nicht sachgerechtes Anlegen der Bürste, beispielsweise senkrecht zum Zahnhals, oder exzessive weit geführte Rüttelbewegungen können Epithelansatz und Gingiva verletzen (Gülzow 1978, Rateitschak et al. 1989).

### **2.3.4.2 Charters-Methode**

Bei dieser von Charters (1922) angegebenen Vibrationsmethode wird eine Massagewirkung auf die Gingiva ausgeübt, welche die Blutzirkulation aktivieren soll. Die Zahnbürste wird dabei in einem Winkel von 45° von unten an die Gingiva angelegt. Die Borstenenden werden in die Interdentalräume geschoben, wenn die Bürste mit kleinen kreisenden Bewegungen geringfügig forciert bewegt wird. Dabei soll das Arbeitsfeld langsam von distal nach mesial verlagert werden. Für diese Technik geeignet erscheinen Bürsten mit umgekehrt V-förmigem, aber planem Borstenfeld. Nach Peters (1978) sollte die beschriebene Methode als

zusätzliche therapeutische Maßnahme bei der Behandlung entzündlicher Parodontalerkrankungen zur Anwendung kommen. Heute wird die Charters-Methode nicht mehr empfohlen.

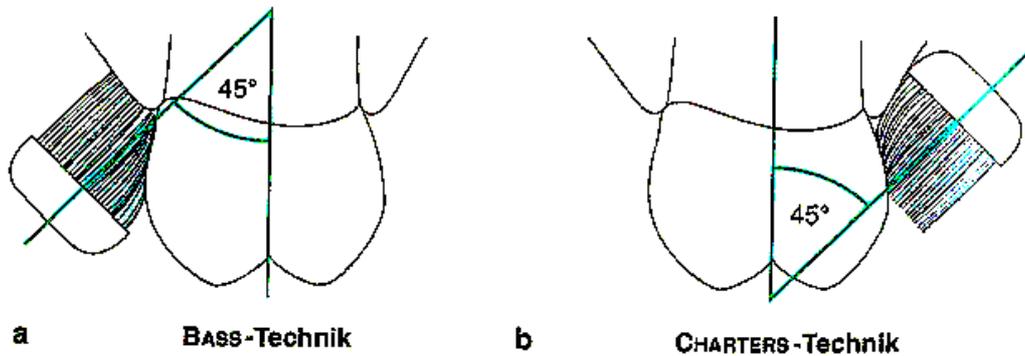


Abb. 12: Zahnputztechniken nach Bass und Charters (Riethe 1994)

### 2.3.4.3 Modifizierte Stillman-Methode

Bei dieser Technik wird eine Stimulation der Gingiva durch Blutdrainage erreicht, indem der Patient intermittierend Druck auf die Schleimhaut ausübt. Die Borstenenden werden dabei im Bereich der Gingiva angesetzt wobei anschließend eine Auswischbewegung vom Zahnfleisch zum Zahn erfolgt (Stillman 1933). Ist der Patient manuell geschickt, sollen auch Rüttelbewegungen in mesio-distaler Richtung während der Auswischbewegung ausgeführt werden. Nach entsprechender Einübung ist diese Technik zur Reinigung der Interdentalräume und zur parodontalen Heimbehandlung empfehlenswert, da die Gingiva apikalwärts angedrückt und Zahnfleischtaschen abgeflacht werden (Sauerwein 1962). Geeignet ist diese Putztechnik ebenso für Patienten mit gesundem Parodont oder gingivalen Rezessionen. Die Reinigungswirkung in interdentalen Nischen ist zwar gegeben, doch wird die subgingivale Plaque nicht vollständig entfernt.

#### **2.3.4.4 Fones-Methode**

Bei der ursprünglich von Fones (1934) angegebenen Technik werden in Abbißstellung oder in Ruheschwebelage zunächst die bukkalen Flächen mit kleinen kreisenden Bewegungen gebürstet. Ebenso verfährt der Patient mit den lingualen und okklusalen Flächen. Vorteilhaft erwies sich dabei eine multi-tufted Zahnbürste, eine Bürste mit dicht und parallel stehenden Borstenbündeln. Diese Rotationsmethode stellt sich als leicht erlernbare Technik dar, weshalb sie vor allem manuell eingeschränkten Patienten und Kindern empfohlen wird. Nach Gülzow und Busse (1970) ist diese Technik bei unüberwachter Ausführung, nach entsprechender Instruktion, gegenüber anderen Putzmethoden als besonders effektiv anzusehen. Die Reinigung im Approximalbereich, sowie die Plaqueentfernung subgingival ist allerdings nicht ausreichend. Wird die Technik nicht exakt durchgeführt, besteht die Gefahr, dass die Kreisbewegungen abflachen und eine schädliche horizontale Bürstenführung resultiert (Sauerwein 1962).

#### **2.3.4.5 Rollmethode**

Bei der von Riethe (1970) empfohlenen Methode, werden die Borsten nahezu parallel zur Längsachse der Zähne angelegt, wobei die freien Borstenenden nach apikal gerichtet sind. Dem Gingivalsaum liegen die Borstenschäfte fest an, so dass das Gewebe blutleer wird. Durch eine drehende Bewegung des Griffes wird das Borstenfeld über Gingiva, Außen- bzw. Innenflächen der Zähne nach inzisal abgerollt („Auswischbewegung“). Am Ende der Bewegung stehen die Borsten etwa im rechten Winkel zur Zahnachse. Nach dem Bewegungsablauf kommt es in der Gingiva wieder zum Bluteintritt. Eine Stimulation der Gingiva erfolgt durch die wiederholten Bewegungen (Rateitschak et al. 1989). Indiziert ist diese Putztechnik bei gesundem Parodont.

#### **2.3.4.6 Rot-Weiß-Methode**

Bei dieser von Leonhard (1949) beschriebenen Methode werden die Borsten der Zahnbürste senkrecht auf die Glattflächen gestellt und die Bürste vom Zahnfleischsaum (Rot) zur Inzisalkante bzw. Okklusalebene (Weiß) geführt, was einer Auswischbewegung „von Rot nach Weiß“ entspricht. Die Kauflächen werden durch Hin- und Herführen der Bürste gesäubert.

Mit Hilfe dieser Putztechnik sollen Verletzungen oder Retraktionen des Gingivalsaumes vermieden und die Plaque des gingivalen Bereichs entfernt werden. Da fortwährend die Arbeitsrichtung der Zahnbürste geändert werden muss, ist die Methode schwer durchzuführen (Peters 1978).

#### **2.3.5 Zahnputzdruck**

Empfohlen wird das Bürsten der Zähne unter leichtem Druck von maximal 2 Newton (Kramer und Holzinger 1999). Nach van der Weijden et al. (1994) betrug der durchschnittlich angewandte Zahnputzdruck bei den Testbürsten Oral-B Plaque Remover (D7) und Philips HP 173 und 175 N. Besonders bei parodontal reduziertem Zahnhalteapparat und Rezessionen ist es wichtig, einen zu starken Anpressdruck zu vermeiden. Bei Schallzahnbürsten führt ein zu hoher Anpressdruck zum Verlust der erzeugten Schwingungen, wodurch die Reinigungsleistung nachlässt. Nach Grossman et al. (1995) ist die Schallzahnbürste „Sonicare“ mit ihren hochfrequenten Borstenbewegungen (258 Hz) anfällig für Friktion und zu hohem Anpressdruck. Dies manifestiert sich in einer raschen Verminderung der Borstenbewegung.

#### **2.3.6 Folgen ungünstiger Zahnputzmethoden**

##### **2.3.6.1 Parodontale Rezessionen**

Infolge eines unsachgerechten oder zu häufigen Gebrauchs von Zahnbürsten, sowie der Anwendung einer ungünstigen Putztechnik, sind

Veränderungen am Zahnfleisch zu beobachten (Mierau 1992). Allerdings sind solche Veränderungen nur im akuten Zustand mit entzündlichen Prozessen am Zahnfleisch verbunden. Im Spätstadium imponieren sie als rezessive Gingivatraumata. Die gingivale Rezession, lokalisiert, gruppiert oder generalisiert auftretend, wird definiert als partielle Denudation der Wurzeloberfläche, verursacht durch Ausweichen des gesamten marginalen Parodontiums nach apikal (Guinard und Caffesse 1977). Die Prävalenz parodontaler (gingivaler) Rezessionen sowie deren Ausdehnung in koronal-apikaler Richtung nehmen mit steigendem Lebensalter zu. In Industrieländern, in denen im Allgemeinen eine regelmäßige Mundhygiene betrieben wird, weisen etwa jeder zweite Erwachsene im Alter von 35 bis 44 Jahren und nahezu jede Person über 64 Jahre Rezessionen an mindestens einem Zahn auf (Brown et al. 1996). Am Anfang steht die Verletzung der keratinisierten Epithellage und somit die Ausbildung einer Wundfläche durch zu häufige und mit übermäßigem Druck ( $> 2 \text{ N}$ ) ausgeführte Zahnbürstenbewegungen (Riethe 1994, Joshipura et al. 1994, Völk et al. 1987). Auch bakterielle Infektionen, wie sie bei unzureichender Mundhygiene auftreten, können für die Entstehung und Progredienz parodontaler Rezessionen wesentlich verantwortlich sein (Schröder und Lindhe 1976). Entweder heilt die verletzte keratinisierte Epithelstruktur innerhalb weniger Tage aus, oder es entsteht eine chronische, nicht plaqueabhängige Entzündung. Die Gingiva verändert sich reizbedingt in eine wulstförmige Stillman-Spalte oder eine U- bzw. V-förmige Rezession.

Als Triggerfaktoren werden eine wenig widerstandsfähige dünne Gingiva sowie Alveolarknochendehiszenzen angesehen (Wennström 1987b).

Auch auf eine kieferorthopädische Behandlung kann eine solche Dehiszenz folgen (Batenhorst et al. 1974).

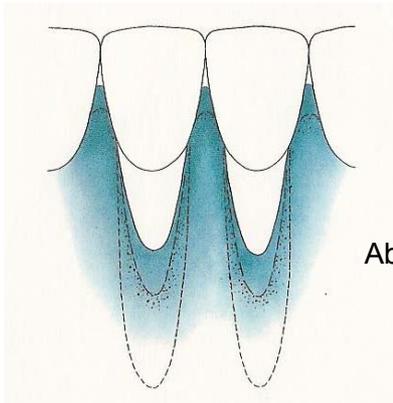


Abb. 13: Parodontale Rezessionen  
(Heidemann 1997)

### 2.3.6.2 Keilförmige Defekte

Die Pathogenese keilförmiger Defekte verläuft in zwei Phasen: die parodontale Phase und die Phase des Zahnschmelzverlustes. Zahnschmelz geht durch überhöhte Bürstkraft bei horizontal schrubbernder Bürstechnik oder auch kleinen kreisenden Bürstbewegungen, an Regionen im schmelznahen Wurzelbereich an Zähnen mit Gingivarezessionen verloren. Diese Regionen sind der direkten Einwirkung von Zahnbürste, Zahnpasta, Interdentalhölzchen, Zahnseide und sonstigen Abrasiva zugänglich. Die dabei entstehenden Defekte imponieren nicht einheitlich, sondern erscheinen in zwei Grundtypen: Mulden- und Keilform. Die Muldenbildung wird durch hohe Bürstkraft und geringe Bürstgeschwindigkeit gefördert, welche ein Umbiegen der Borsten entgegengesetzt zur Bürstrichtung bewirken. Flache muldenförmige Defekte sind charakteristisch für Erosionen.

Die Keilform kann durch zu hohe Bürstgeschwindigkeit entstehen, wobei es bei gering überhöhter Bürstkraft zu einer Versteifung der Borsten kommt und die derart formierten Borstenenden eine Sägeschnittwirkung mit Kerbbildung auf die Zahnhartsubstanz ausüben (Völk et al. 1987, Ott et al. 1991).

### **2.3.6.3 Untersuchungsmethoden zur Darstellung von Bürstläsionen**

Der Nachweis von Bürstläsionen durch Zahnreinigung wird mit unterschiedlichen Methoden erbracht. So werden in der Literatur elektronenmikroskopische Untersuchungen (Sandholm et al. 1982, Drisko et al. 1995), histologische Bewertungen (Anneroth und Poppelmann 1975), sowie licht- und rasterelektronenmikroskopischen Auswertungen (Plagmann et al. 1978) beschrieben. Breitenmoser et al. (1979) untersuchten bei 30 Patienten die Auswirkung der Borstenabrundung auf das Schädigungspotential zweier Handzahnbürsten. Umschriebene Gingiva-Bereiche wurden zunächst rein visuell, anschließend nach Einfärben mit dem Plaquerevelator Mira-2-Tone auf Läsionen untersucht. Diese Methode der Visualisierung und Bewertung nach Einfärbung mit Revelatorlösung erfolgte auch in weiteren Studien (Niemi et al. 1984, van der Weijden et al. 2004) und wurde in einigen Studien modifiziert (Danser et al. 1998b, Mantokoudis et al. 2001). Oft erfolgt die Dokumentation der Bürstläsionen lediglich numerisch (van der Weijden et al. 2004), in anderen Studien wiederum erfolgt eine Einteilung entsprechend der Größe der Läsion (Breitenmoser et al. 1979, Danser et al. 1998b, Mantokoudis et al. 2001).

## **2.3.7 Zahnbürsten**

### **2.3.7.1 Handzahnbürsten**

Die deutsche Industrienorm (DIN) bestimmt die Gestaltung der Zahnbürste, die als das am meisten benutzte Hilfsmittel für die orale Hygiene gilt (DIN 13917, Deutsche Norm Zahnheilkunde 1988).

Die Anforderungen, welche an eine optimale Handzahnbürste zu stellen sind, formulierte Bass (1948):

- Der Bürstengriff ist einfach und gerade
- Die Borstenlänge sollte 10,3 mm betragen

- 
- Die Gesamtlänge der Bürste soll bei 12,25 cm liegen und die Breite des Bürstenkopfes bei 11,1 mm
  - Pro Borstenreihe sollen sechs Borstenbüschel verwendet werden, wobei jeder Büschel 80 Nylon-Borsten enthält
  - Die Borstenbüschel sollen gleichmäßig angeordnet sein
  - Die einzelne Borste ist abgerundet mit einem Durchmesser von 0,18 mm
  - Das Borstenfeld ist plan
  - Kinderzahnbursten sollen entsprechend kleiner dimensioniert sein

Die Anforderungen an die Handzahnbursten heute differieren nur geringfügig. Das alte Dogma von der Zahnburste mit ebenem Borstenfeld und parallel stehenden Borsten gilt nach Zimmer et al. (2000b) allerdings als überholt.

Das Besteckungsfeld einer Zahnburste weist weiche, mittlere oder harte Borsten auf. Der weichen Bürste wurde die nötige Friktion zur wirksamen Plaqueentfernung abgesprochen (Riethe 1994). Nach Sauerwein (1962) lässt sich mit einer weichen Bürste keine zweckmäßige Massage der Gingiva durchführen, noch erscheint eine weiche Besteckung geeignet das Gebiss vor allem die Zahnhalsregion zu reinigen. Vielmehr verschmiert sie, wegen viel zu großer Schmiegsamkeit der Borsten, die Plaque in den Approximalraum. Heute findet man jedoch weiterentwickelte Handzahnbursten mit weichen Borsten, wie die Meridol oder Meridol Paro Zahnburste, auf die dies nicht mehr zutrifft. Die Meridol Zahnburste entfernte in einer in vitro- (Yankell et al. 2003) und in einer in vivo-Studie (Dörfer et al. 2003) signifikant mehr Plaque gegenüber einer konventionellen Zahnburste (ADA-Referenz-Zahnburste) im schwer zugänglichen Approximalraum, an Zahnhälsen sowie subgingival.



Abb. 14: Meridol (Gaba International, Munchenstein-CH)

Als ideal gilt die Kurzkopfbürste mit engem (multi-tufted) Bündelabstand und Abrundung der Monofile (Arnold und Trost 1968, Dreyfus 1955, Sauerwein 1962). Gülzow und Busse (1970) benötigten mit einer Kurzkopfbürste etwa zwei Drittel der Zeit im Vergleich mit einer größeren Bürste. Auch Scully und Wade (1970) fanden für eine Kurzkopfbürste eine effizientere Plaqueentfernung.

Bestandteil des Besteckungsfeldes einer Zahnbürste sind die Monofile, welche als synthetischer Werkstoff eine glatte und porenfreie Oberfläche aufweisen. Aus hygienischen und mechanischen Gründen sind Kunststoffborsten zu bevorzugen (Leimgruber 1951, Wannemacher 1956), da es bei den Naturborsten leicht zu einem Auffasern oder sogar zum Bruch der Borsten kommt, welche dann lanzenartig zugeschärft sind (Sauerwein 1962).

Die Enden der Monofile sollen idealerweise abgerundet sein, um eine Schädigung des gingivalen Hart- und Weichgewebes zu vermeiden (Bass 1948, Dreyfus 1955, Leimgruber 1951, Breitenmoser et al. 1979).

Die auf dem Markt befindlichen verschiedenen Designs der Borsten wurden in zahlreichen Studien getestet. Die multi-tufted Bürste ist aufgrund wissenschaftlicher und klinisch-experimenteller Untersuchungen die Zahnbürste der Wahl geworden (Fanning und Henning 1967, Gülzow und Opel 1975, Saxer und Yankell 1997a). Neben der multi-tufted Anordnung und solchen mit weitem Borstenfeld („spaced“) finden sich Bürsten, bei denen jeweils zwei Borstenbüschel V-förmig gegeneinander

geneigt sind (Beispiel: Jordan V-Shaped, Philips). Eine Zahnbürste mit gestuften und divergierenden Borsten, Colgate Total (Abb. 15), entfernte mehr Plaque als andere Zahnbürsten (Balanyk et al. 1993, de Guzman et al. 1996, Sharma et al. 1994).

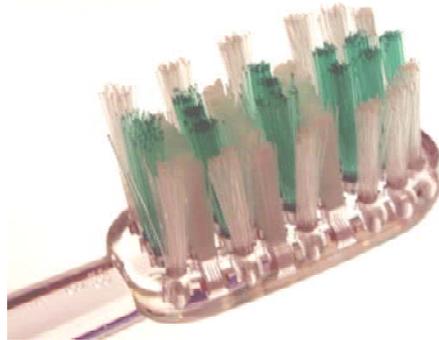


Abb. 15: Colgate Total (Colgate – Palmolive, U.S.A.)

Ein wichtiger Aspekt für die effiziente Zahnreinigung scheint auch die Abwinkelung des Bürstengriffs zu sein (Finkelstein und Grossman 1984). So fanden Allet et al. (1972) eine bessere Plaqueentfernung mit einem um 17 Grad abgewinkelten Griff. Ein um 45 Grad abgewinkelter Griff zeigte ein signifikant besseres Reinigungsergebnis als ein gerader Griff (Kanchanakamol et al. 1993). Der Bürstengriff sollte zudem gut in der Hand liegen und eine Reibfläche für den Daumen aufweisen (Benson et al. 1993b). Neue Bürstengriffe sind dicker und gummiert, was die Handhabung erleichtert.

### **2.3.7.2 Rotierend-oszillierende Elektrozahnbürsten**

Mit elektrischen Zahnbürsten der „ersten Generation“ (Glavind und Zeuner 1986, Boyd et al. 1989a, Silverstone et al. 1992) erreichte man grundsätzlich keine effektivere Zahnreinigung verglichen mit einer Handzahnbürste, wenn der Patient manuelle Geschicklichkeit besaß (Saxer und Yankell 1997b). Die zweite Generation elektrischer Zahnbürsten hat viele verschiedene Modelle hervorgebracht, welche heute die marktführenden elektrischen Zahnbürsten sind. Man

unterscheidet die elektrischen Zahnbürsten bezüglich ihrer Bewegungsmuster und der Frequenz der ausgeführten Schwingungen. Unter den Elektrozahnbürsten, welche rotierend-oszillierende Bewegungen ausführen finden sich verschiedene Modelle von Braun Oral-B (Braun AG, Kronberg - D), die Philips Jordan 2-Action Plaque-Entferner (Philips GmbH, Hamburg-D), sowie die Rowenta Dentacontrol Duo (Rowenta GmbH, Offenbach am Main-D) und andere.

Bei weniger geschickten Patienten oder Patienten mit Behinderung ist die Elektrozahnbürste eine Erleichterung und ermöglicht auch ihnen eine gründliche Mundhygiene (Green et al. 1962, Gertenrich und Lewis 1967). Häufig ist eine anfänglich intensivere Zahnpflege nach Neuerwerb einer elektrischen Zahnbürste zu beobachten, was aber nach einiger Zeit nachlässt (Saxer und Yankell 1997a). Zudem ist eine Elektrozahnbürste nicht von der Trägheit des Benutzers abhängig (Pilz 1985).

Der Antrieb bei Elektrozahnbürsten erfolgt elektromechanisch. Die Bewegungen werden mit Hilfe eines Elektromotors über ein Zahnstangengetriebe in den Bürstenkopf übertragen. Dort generieren sie Vor- und Zurückbewegungen, Auf- und Abschwingbewegungen, Oszillations- oder Rotationsbewegungen. Die üblichen Putzfrequenzen, limitiert durch die beschriebene Technologie, liegen bei 80 bis 150 Oszillationen pro Sekunde.

Das Design der Bürstenköpfe reicht von kleinen runden bis rund-ovalen Formen (Beispiel: Oral-B Professional Care: Ø 12 mm, Abb. 16), ovalen und rechteckigen Formen (Beispiel: John O. Butler: 23 x 9 mm, Interplak Professional: 25 x 13 mm, Abb. 17), bis zu größeren Modellen (Beispiel: Blend-a-Dent Spin Brush: 23 x 12 mm), die das Kurzkopfsystem der Handzahnbürsten nachahmen (Koch 2004). Der kleine Bürstkopf erlaubt eine bessere Zugänglichkeit auch an distalen, schwer zu erreichenden Abschnitten des Gebisses und der oralen Flächen (Peters 1978).

Der Griff der Elektrozahnbürste ist aufgrund des im Inneren befindlichen Motors naturgemäß dicker, als man dies bei einer Handzahnbürste gewohnt ist. Eine Vielzahl der heute erhältlichen Elektrozahnbürsten verfügt zudem über einen eingebauten Timer, der alle 30 Sekunden ein Signal gibt, um den Kieferquadrant während des Putzens zu wechseln und das Ende der Zahnreinigung signalisiert (Koch 2004).



Abb. 16: Bürstkopf der Braun Oral-B Zahnbürste



Abb. 17: Bürstkopf der Interplak Professional



Abb. 18: Plak Control, Plak Control Ultra, Plak Control 3D-Action (Oral-B-Serie, Braun, Kronberg-D)

Für die elektrischen Zahnbürsten von Braun Oral-B wurden die meisten Studien durchgeführt, die belegen, dass rotierend-oszillierende Putzbewegungen den Approximalraum sowie den Zervikalbereich besser als Handzahnbürsten reinigen (Grossman et al. 1996, Warren und Chater 1996, van der Weijden et al. 1993). Die PlakControl 3D bewirkte eine noch bessere Reinigung und Gingivitisreduktion als die PlakControl (Cronin et al. 1998, van der Weijden et al. 1998a). Die Borsten führen bei der Oral-B 3D (D15) Zahnbürste zusätzlich kleine Vor- und Zurückbewegungen in zwei wählbaren Geschwindigkeitsstufen aus. Das Nachfolge Model, die Oral-B 3D Excel (D 17), führt doppelt so schnelle vertikale Bewegungen aus, was die Reinigung, so klinische Studien, weiter verbesserte (Warren et al. 2001).

Die Interplak Professional (Abb. 17), welche drehende Bürstenbüschel besitzt, zeigte gegenüber Handzahnbürsten in Studien eine überlegene Plaqueentfernung (Baab und Johnson 1989, Killooy et al. 1993, Love et al. 1993). Nach Yankell und Emling (1994) wurden jedoch auch Bürstläsionen an der Gingiva beobachtet.

Die Philips Jordan 2-Action Plaque Entferner hat hinter dem oszillierend-rotierenden Bürstenkopf ein zusätzlich hin- und herschwingendes Büschel, womit nach Wiedeman et al. (2001) eine verbesserte Plaqueentfernung des Approximalraums erreicht wurde.

### **2.3.7.3 Schallzahnbürsten mit elliptischen Bewegungen**

Der Antrieb der Schallbürsten erfolgt elektromagnetisch. Hierbei erzeugt eine Magnetspule im Inneren des Handstücks ein sich ständig wechselndes Magnetfeld. Der Bürstkopf trägt an seiner Unterseite Magneten, die durch dieses sich permanent ändernde Feld in Schwingung versetzt werden. Die Frequenz beträgt etwa 500 Hz. Anstelle der Hin- und Herbewegung, wie bei den herkömmlichen Bürsten, führen diese

Elektrobürsten seitliche elliptische Bewegungen aus. Unter dem Stroboskop kann die seitlich elliptische Bewegung visualisiert werden.



Abb. 20: Sonicare (Philips-D), Sonic Max (Water Pik-D), Dentasonic (Rowenta-D)



Abb. 19: Bürstkopf der Sonicare Elite (Philips-D)

Blanco et al. (1997) wiesen mit der Schallbürste Sensonic eine Ablösung von *Treponema denticola* auch von Zahnflächen nach, die nicht direkt von den Borsten erreicht werden. Sie untersuchten die In-vitro-Wirkung von Schallenergie die Membran von *Treponema denticola*, wobei sie direkte Schädigungen der bakteriellen Zellwand als Membranrupturen nachweisen konnten. Für andere, größtenteils pathogene Keime liegen keine Studien vor. Robinson et al. (1997) konnten in einer Langzeitstudie von sechs Monaten eine größere Verringerung gingivaler Entzündungen beim Gebrauch der Sonicare Zahnbürste gegenüber einer konventionellen oszillierend-rotierenden Elektrozahnbürste (Braun Oral-B) nachweisen.

Schallzahnbürsten, welche elliptische Bewegungen ausüben, sind die Cybersonic und Cybersonic 2 (Amden Corporation, Irvine - U.S.A.), Sonicare und Sonicare Elite (Philips GmbH, Hamburg - D), SonicComplete (Oral-B, Kronberg-D) oder die SonicMax bzw. Sensonic (Water Pik,

Intersanté GmbH - Bensheim). Anfänglich wird das Geräusch und das kitzelnde Gefühl am Zahnfleisch als unangenehm empfunden.

Im Vergleich mit der Handzahnbürste war die Plaqueentfernung der Sonicare gleich gut oder besser (Tritten und Armitage 1996). Die Reinigungswirkung war gegenüber den elektrisch betriebenen rotierend-oszillierenden Zahnbürsten von Braun Oral-B (PlakControl und PlakControlUltra; Oral-B, Kronberg-D) vergleichbar (Schemehorn und Henry 1996, van der Weijden et al. 1996b). In der Literatur ist die Cybersonic Schallbürste bislang nicht beschrieben. Lediglich das Nachfolge-Modell, Cybersonic 2, wurde vor kurzem von Zimmer et al. (2005) gegenüber Oral-B 3D Excel und einer Handzahnbürste getestet. Dabei wurde eine signifikant bessere Plaqueentfernung der 3D Excel gegenüber der Cybersonic 2 und einer Handzahnbürste beobachtet.

#### **2.3.7.4 Ultraschallzahnbürsten mit elliptischen Bewegungen**

Diese elektrischen Zahnbürsten üben Bewegungen zwischen 25.000 und 30.000 Schwingungen pro Sekunde aus. Als Beispiel ist die UltraSonex (Sonex, U.S.A.) zu nennen, welche eine Kombination aus Schall- (150 oder 300 Schwingungen pro Sekunde) und Ultraschallwellen (26.667 Schwingungen pro Sekunde) ausführt. Forgas-Brockmann et al. (1998) konnten für eine Ultraschallzahnbürste keine stärkere Gingivitis- und Plaquereduktion als mit einer Handzahnbürste nachweisen. Für die UltraSonex fanden Terezhalmay et al. (1995) und Zimmer et al. (2002) eine signifikant bessere Plaqueentfernung und Gingivitis-Reduktion gegenüber einer konventionellen Handzahnbürste.



Abb. 21: UltraSonex Ultima  
(Sonex, U.S.A.)

## 2.3.8 Hilfsmittel zur Zahnpflege

### 2.3.8.1 Zahnpasten

Die Hauptaufgabe der Zahnpaste ist die Unterstützung der Mundhygiene durch Abrasionsstoffe und oberflächenaktive Stoffe (Renggli et al. 1978). Studien zur Zahnreinigung belegen, dass sich durch die Verwendung von Zahnpasten die Putzeffizienz um etwa 30 % erhöht, als wenn nur mit Wasser gereinigt wird (Thesen und Morck 1987). Nach Peters (1978) reduziert sich ferner die zur Zahnreinigung benötigte Zeit um etwa ein Drittel.

Die Kosmetikverordnung beschränkt den frei verfügbaren Anteil an Fluoriden in der Zahnpaste auf 0,15 %. Der Fluoridzusatz wirkt dabei kariespräventiv. So wurde ein Reduktionseffekt im Karieszuwachs von 30 % bis 50 % nachgewiesen (Bössmann 1985, Jenkins 1985, Newbrunn 1989, Seppa 1989, Stookey 1990).

An Inhaltsstoffen finden sich zudem 15 % bis 55 % Abrasivstoffe. Diese erleichtern die Entfernung der Plaque und polieren die Zahnoberflächen. Entscheidend für die Abrasionswirkung ist neben Partikelform und Partikelgröße, Härte und Anzahl der Partikel auch die vom Patienten angewandte Putzmethode.

Als Maß für die Abrasivität einer Zahnpaste wird die „Radioactive Dentin Abrasion“ (RDA) angegeben (Hefferren 1976), deren Grenzwert bei 250 liegt (Meyle 2002). Niemi et al. (1984) fanden bei gesteigerter Abriebkapazität der Zahnpaste sowie bei erhöhter Steifigkeit der Borsten

vermehrt Zahnfleischverletzungen. Demnach sollen eine zu hohe Abrasivität der Zahnpaste und harte Borsten, mit einem Borstendurchmesser von 0,23 mm und mehr, vermieden werden. Als Putzkörper finden Carbonate, Phosphate, Kieselgele (Silikate), feindisperse Kieselsäuren, Aluminiumoxidhydrate und Kunststoffe Verwendung (Peters 1978).

### **2.3.8.2 Weitere Zahnpflegemittel**

Mit den Zahnbürsten werden die Glattflächen gereinigt, die Zahnzwischenräume werden aber nicht erreicht und deshalb nicht ausreichend gereinigt (König 1987). Zur Reinigung enger Zahnzwischenräume werden Zahnseiden aus Nylon oder Teflon empfohlen. Bei offenen und weiten Interdentalräumen oder frei liegenden Furkationen werden Interdentalraumbürstchen empfohlen. Ein-Büschelbürstchen eignen sich für Einziehungen an Zahnoberflächen und schwer erreichbaren lingualen Flächen oder distalen Flächen endständiger Zähne (König 1987). Eingeklemmte Speisereste (food impaction) und lose anhaftende Plaque können mit Wasserstrahlgeräten (Mundduschen) entfernt werden, indes die Entfernung adhärenter Plaque nicht möglich ist. Deshalb verbessern Wasserstrahlgeräte die Mundhygiene nicht wesentlich.

Aufgrund der mechanisch meist nur unvollkommenen Gebissreinigung wird versucht, durch verschiedene plaquehemmende Substanzen die mechanische Mundhygiene zu unterstützen.

Plaquehemmende Substanzen können mit Hilfe von Zahnpasten, Spüllösungen, Gelen oder Lacken appliziert werden. Für die chemische Plaquehemmung sollten Mittel verwendet werden, die spezifisch gegen die mit Karies und Gingivitis assoziierten Keimarten wirksam sind. Wünschenswert dabei ist eine hohe Substantivität, dass heißt eine möglichst lange Verfügbarkeit der Substanzen in ausreichender

Wirkkonzentration. Um diese Substanzen auch über einen längeren Zeitraum anwenden zu können, sollten sie frei von Nebenwirkungen sein. Eine ideale Substanz zur Plaquereduktion ist bislang noch nicht gefunden worden. Der Wirkstoff Chlorhexidin-Digluconat reduziert Plaque stärker als andere Substanzen wie Metallionen, phenolische Substanzen, Ammoniumverbindungen oder Fluorid (Lange 1981), jedoch beschränken Nebenwirkungen die Anwendung.

## **2.4 Mundhygienestudien**

### **2.4.1 Übersicht über verschiedene Studien**

Studien zur Mundhygiene unterschieden sich bezüglich des Patientenguts, der Anzahl, sowie der Auswahl der Probanden, der Studienlänge, der Zahnbürstentypen, der Unterweisung des Patienten in der Handhabung der jeweiligen Testzahnbürste und anderen Parametern.

Die meisten Studien zur Plaqueentfernung werden im Cross-over Design, seltener im Parallel-Design durchgeführt. Um eine Voreingenommenheit des Untersuchers zu vermeiden, werden die Studien zumindest einfach-blind, aber auch doppelt blind angelegt.

Seit etwa 15 Jahren belegen Studien eine größere Plaqueentfernung durch elektrische Zahnbürsten als mit Handzahnbürsten. Die in letzter Zeit verbesserten rotierend-oszillierenden Bürstensysteme und Schallzahnbürsten reinigten den Zahnfleischrand und Zwischenraum besser (Moschèn et al. 1999, Garcia-Godoy et al. 2001, Tritten und Armitage 1996).

Ruhlmann et al. (2001) fanden neben der besseren Plaque-Entfernung auch eine Reduktion einer manifesten Gingivitis. Bustillo et al. (2000) konnten eine signifikant größere Plaquereduktion einer Elektrozahnbürste (Colgate Actibrush) gegenüber vier Handzahnbürsten nachweisen. Williams et al. (2001) fanden identische Ergebnisse bezüglich der Plaquereduktion einer Schallzahnbürste im Vergleich zu einer

konventionellen Handzahnbürste in parodontalen Taschen und angrenzenden Wurzeloberflächen, die bis zu einem Millimeter subgingival reichten. Auch eine Studie bei Kindern von Garcia-Godoy et al. (2001) ergab eine signifikant bessere Plaqueentfernung, stärkere Motivation und Sicherheit bei der täglich durchgeführten Mundhygiene mit einer Elektrozahnbürste. Die „Cochrane Collaboration Oral Health Group“ (Heanue et al. 2003) veröffentlichte eine systematische Wertung der Effektivität elektrischer Zahnbürsten im Vergleich mit Handzahnbürsten (Meta-Analyse): Nur rotierend-oszillierend und gegenläufig arbeitende Elektrozahnbürsten erzielten eine signifikant größere Plaque- und Gingivitisreduktion (Abb. 22 und 23).

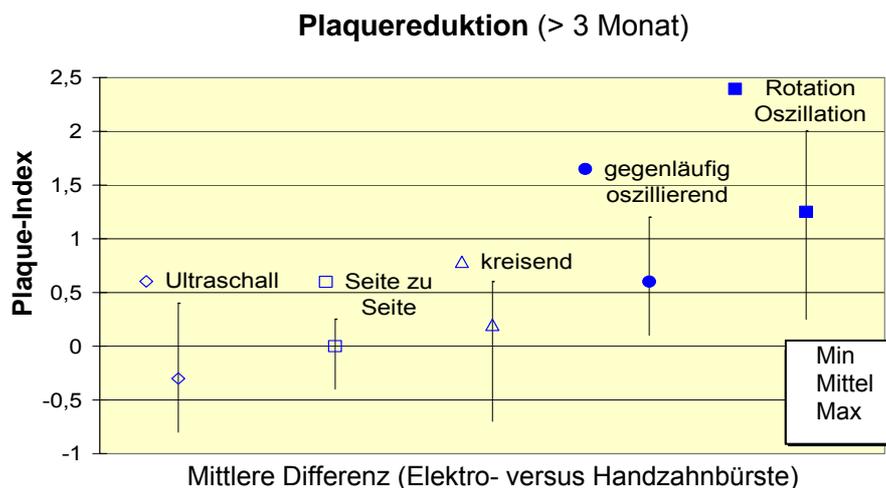


Abb. 22: Nur gegenläufig oszillierende und rotierend-oszillierenden Elektrozahnbürsten entfernen Plaque signifikant besser als Handzahnbürsten (Niedermann 2004)

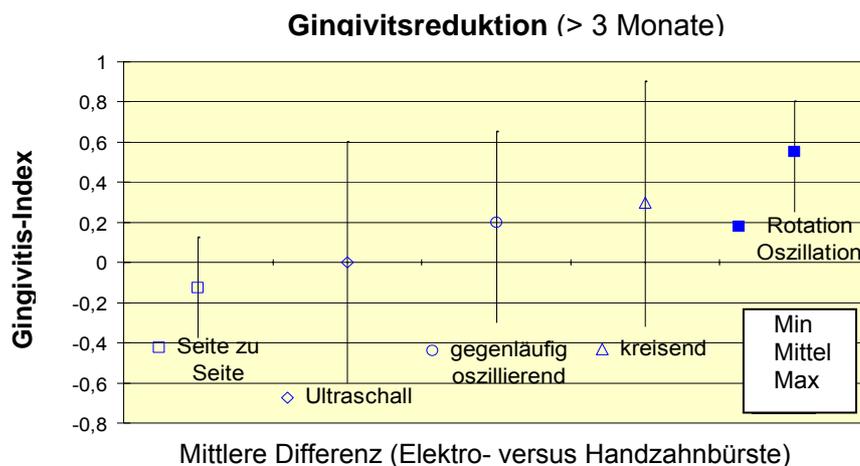


Abb. 23: Die Reduktion einer bestehenden Gingivits ist mit rotierend-oszillierenden Elektrozahnbürsten signifikant stärker als mit Handzahnbürsten (Niedermann 2004)

## 2.4.2 Zahnputz-Gewohnheiten der Bevölkerung

Beals et al. (1999) untersuchten die Putzgewohnheiten der Bevölkerung. Es nahmen 173 Erwachsene zwischen 23 und 65 Jahren teil. Erwachsene putzen im Durchschnitt 46 Sekunden lang ihre Zähne. Eine genaue Analyse der Bewegungsmuster, die mit den Testzahnbürsten ausgeführt wurden, ergaben drei Grundtypen der Putzbewegung: horizontal, vertikal und kreisend. Dabei überwog bei 68,8 % der Putzdauer die horizontale Putzbewegung. Am zweithäufigsten wurden vertikale Bewegungen (17,3 %) beobachtet, gefolgt von kreisenden Bewegungen (14,1 %).

Eine Übersicht über den Stand der Mundgesundheit bietet das Institut der Deutschen Zahnärzte (IDZ). Die Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS III) von 1997 berichtet über den Zeitpunkt, die Häufigkeit sowie die Dauer des Zähneputzens. Als „gute Mundhygiene“ wird mindestens zweimal tägliches Zähneputzen nach einer Mahlzeit bzw. vor dem Ins-Bett-Gehen mit mindestens zwei Minuten Putzdauer angegeben. „Schlechte Mundhygiene“ betreiben alle anderen Personen, die ihre Zähne weniger häufig und weniger lange reinigen (Tab. 1).

<b>Mundhygieneniveau bei Erwachsenen (35 - 44 Jahre) getrennt nach Geschlecht und Schulbildung</b>					
<b>Mundhygiene (Verhaltensindex)</b>	<b>Geschlecht</b>		<b>Schulbildung</b>		
	Männlich	Weiblich	Niedrig	Mittel	Hoch
	n = 535	n = 508	n = 405	n = 349	n = 247
<b>gut (%)</b>	27,3	27,6	24,5	27,2	29,7
<b>schlecht (%)</b>	72,7	72,4	75,5	72,8	70,3

Tab. 1: Mundhygieneniveau (Micheelis und Reich 1999)

Damit ergab sich eine nur mäßige Mundhygiene der Bevölkerung, wobei nur etwa 30 % aller Erwachsenen mit hoher Schulbildung und etwa 25 % aller Erwachsenen mit niedriger Schulbildung eine akzeptable Oralhygiene aufwiesen.

Die Angaben des Patienten über die Häufigkeit und Dauer der Zahnpflege sagt nichts über die Qualität der durchgeführten Mundhygiene aus. So ist aufschlussreich, das Niveau der Mundhygiene mit den Ergebnissen aus dem Plaque-Index zu verknüpfen. Zwischen dem erhobenen Plaque-Index nach Sillness und Loe und den Mundhygienegewohnheiten (als Verhaltensindex) konnte eine signifikante Korrelation nachgewiesen werden. Eine „gute Mundhygiene“ stand in Zusammenhang mit einer guten Plaqueentfernung oder wenig Plaque (Micheelis und Reich 1999, Tab. 2).

<b>Korrelation zwischen Mundhygieneniveau (Verhaltensindex) und klinischem Plaque-Index</b>			
	<b>Alterskohorten</b>		
	12-Jährige	35-44-Jährige*	65-74-Jährige*
	n = 1043	n = 648	n = 981
<b>Korrelationskoeffizient (r)</b>	0,07	0,16	0,14
<b>P</b>	0,016	< 0,001	< 0,001
* ohne Vollprothesenträger			

Tab. 2: Korrelation zwischen Mundhygieneniveau und Plaque-Index nach Sillness und Loe (Micheelis und Reich 1999)

### **2.4.3 Zahnputzdauer, Zeitpunkt und Häufigkeit**

Lang et al. (1973) zeigten, dass die nur alle 48 Stunden durchgeführte vollständige Beseitigung der Plaque zum Erhalt der oralen Gesundheit ausreicht. Allerdings muss dabei beachtet werden, dass diese Situation nicht auf die tägliche Praxis übertragbar ist, da im Rahmen der Studie experimentelle Bedingungen herrschten.

Motivierten Patienten mit guten oralhygienischen Ausgangsbedingungen (keine oder geringe Plaqueakkumulation auf Glattflächen) wird nach Waerhaug (1978) und König (1987) zweimal pro Tag die gründliche Zahnreinigung nach dem Abendessen beziehungsweise vor dem zu Bett gehen und zusätzliches Zähneputzen nach dem Frühstück empfohlen. Patienten mit unzureichender Mundhygiene (Plaque auf Glattflächen) wird empfohlen die Zähne nach jeder Mahlzeit zu reinigen.

Was die angewandte Putzdauer betrifft, so gelten keine Richtwerte, da das Ziel „weitgehende Plaquefreiheit“ gilt und in Abhängigkeit von den manuellen Fähigkeiten des Patienten unterschiedlich schnell erreicht wird (Heidemann 1997). Nach den Ergebnissen der DMS III wird eine Putzzeit von mindestens zwei Minuten Dauer empfohlen, indes empfiehlt die American Dental Association (1977) eine Putzdauer von drei Minuten.

### **2.4.4 Studiendesign**

#### **2.4.4.1 Studiendauer und Probandenauswahl**

Von der American Dental Association (ADA) wurde 1998 ein Richtlinienkript für Mundhygiene-Studien herausgegeben. Nach diesen Richtlinien solle eine Probandengruppe aus mindestens 25 Personen bestehen und die Studiendauer mindestens 30 Tage betragen.

Eine Reihe von publizierten Zahnbürstenstudien differiert stark in Studiendauer und Probandenzahl. Bei der Dokumentation von Plaque-reduktionen gilt eine kurze Testphase als ausreichend um Veränderungen zu erfassen (Cronin et al. 2001). Für die Erkennung von Verletzungen der

Gingiva sind zwei Wochen ausreichend (Niemi 1987). Eine Studiendauer von sechs Wochen bis zu drei Monaten wird für Plaque- und Gingivitiserhebungen gewählt, da sich Veränderungen der Gingiva nur über einen längeren Zeitraum als vier Wochen manifestieren (Sharma et al. 2000c, Bader und Boyd 1999, Yankell et al. 1996 und Galgut 2001).

Die für die einzelne Studie gewählte Probandenzahl differiert zum Teil erheblich, wobei für Langzeitstudien meist eine größere Probandenzahl gewählt wird. So nahmen bei einer dreimonatigen Studie von Conforti et al. (2001) beim Vergleich der batterie-betriebenen Colgate Actibrush mit der Oral-B Plaque Control 113 Probanden teil. In einer sechsmonatigen Langzeitstudie von Yankell et al. (1996) wurden 48 Probanden auf Plaque- und Gingivitiswerte untersucht. Das Alter der Probanden in Studien zur Mundhygiene erstreckt sich von 18 bis 70 Jahren (Biesbrock et al. 2002). In einigen Studien war das Durchschnittsalter der Probanden niedriger, da Studenten bei den Testreihen teilnahmen (Moschèn et al. 1999).

Die Probanden müssen vor Studienbeginn an einem Auswahlverfahren teilnehmen, wobei diejenigen ausgeschlossen werden, die die festgelegten Parameter nicht erfüllen. Cronin et al. (2002) fassten folgende Parameter als Voraussetzung für die Teilnahme an ihrer Studie zusammen:

- Alter zwischen 18 und 70 Jahren
- mindestens 18 natürliche Zähne (ausgeschlossen dritte Molaren, Kronen und orthodontische Apparaturen)
- keine physische Beschränkung, die ein adäquates Zähneputzen verhindert
- keine exzessiv kariösen Läsionen
- keine Erkrankung des Parodontiums
- keine Medikation, welche das Ergebnis der Studie verfälschen könnte (z.B. Antibiotika)
- keine Teilnahme an einer anderen Studie innerhalb des letzten Monats

#### **2.4.4.2 Cross-Over und Parallel-Design**

Für Zahnbürstenstudien kommen meist zwei unterschiedliche Modelle zur Anwendung: das Cross-Over Design und das Parallel-Design (Addy 1998). Das Cross-Over Design sieht vor, dass der einzelne Proband jede in der Versuchsreihe vorgesehene Zahnbürste verwendet. Jeweils für dieselbe Zeitdauer erhält der Proband die verschiedenen Zahnbürsten in aufeinander folgenden Zeiträumen. Es ergibt sich beim Zahnbürstenwechsel innerhalb der Studie (Cross-Over) das Problem einer gegebenenfalls auftretenden Beeinflussung durch das vorangegangene Versuchsintervall. Solch eine Wechselwirkung kann durch Ansetzen einer Pause zwischen den einzelnen Testphasen – einer Wash-out Phase – verhindert werden (Heinecke et al. 1992). Die Mehrzahl der Autoren entschied sich für das Cross-Over Design (Biesbrock et al. 2002, Cronin et al. 2002, Conforti et al. 2001, Moschèn et al. 1999). Vorteilhaft dabei ist die geringere Probandenzahl und kürzere Studiendauer. Ein Nachteil ist der größere Organisationsaufwand.

Beim Parallel-Design werden Probanden durch ein vorangehendes Auswahl-verfahren einer von zwei Gruppen zugewiesen, die parallel mit den Testphasen beginnen. Der Proband testet bei diesem Studiendesign nur eine Zahnbürste. Diese Methode wählten Warren et al. (2001), Garcia-Godoy et al. (2001) und Harpenau (2000). Vorteil dieser Methode ist, dass eine Wechselwirkung der Versuchsintervalle ausgeschlossen werden kann. Nachteilig sind allerdings die größere Probandenzahl, sowie eine insgesamt längere Studiendauer (Heinecke et al. 1992).

## **3 Material und Methode**

### **3.1 Auswahl der Probanden**

36 Probanden wurden gewonnen, wovon drei ausgeschlossen wurden, da bei ihnen eine zu große Anzahl von nicht zu bewertenden Flächen durch Kronen und andere großflächige Restaurationen vorhanden war. Die DMF-S Werte der ausgeschlossenen Probanden betragen 84, 101 bzw. 108. Im Rahmen der Auswertung wurden folglich die Daten von 33 Probanden, davon 14 Männer und 19 Frauen zwischen 25 und 65 Jahren, verwendet. Ein Proband schied nach zwei Untersuchungssitzungen aus. Das Durchschnittsalter der Teilnehmer lag bei  $33,5 \pm 12,5$  Jahren. Um zu der Studie zugelassen zu werden, erfüllten die Teilnehmer, wie bei Khocht et al. (1992) und Pretara-Spanedda et al. (1989), folgende Voraussetzungen:

#### A) Allgemeiner Gesundheitszustand

- keine systemischen Erkrankungen, die den oralen Befund beeinflussen
- keine Einnahme von Antibiotika
- keine Gravidität

#### B) Oraler Befund

- mindestens 24 natürliche Zähne
- keine orthodontischen Apparaturen

#### C) Sonstiges

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

Es wurde bei der Auswahl der Probanden darauf geachtet, dass keiner von ihnen im Bereich der Zahnheilkunde (Student, Dentalhygieniker oder

Zahnarzt) tätig war. Die erforderlichen Auswahl-Kriterien wurden in einer Sitzung vor Beginn der Studie erhoben, indem ein Befund erstellt und die relevanten Angaben zum Gesundheitsstatus mit einem Anamnesebogen (Anhang 8.1) erfasst wurden. Alle Voraussetzungen erfüllend, unterschrieben die Patienten eine Einverständniserklärung, an der Studie teilzunehmen und erhielten ein Informationsblatt mit Instruktionen (Anhang 8.2). Die Probanden konnten die Studie, ohne Angabe von Gründen, jederzeit abbrechen.

### **3.2 Anamnesebogen**

In der ersten Sitzung wurden die Auswahl-Kriterien zum allgemeinen Gesundheitszustand und oralen Befund sowie der DMF-S - Index (Klein et al. 1938) erhoben. Dieser Index beurteilt die Anzahl von Zahnflächen (**S**urfaces) im bleibenden Gebiss, die zerstört bzw. kariös zerstört sind (**D**ecayed), aufgrund von Karies extrahiert (**M**issing) oder gefüllt (**F**illed) wurden. Dabei werden bei Seitenzähnen fünf Zahnflächen, bei Frontzähnen vier Flächen berechnet. Die Weisheitszähne werden nicht mitbewertet.

Bedeutung hat der DMF-S Index insofern, dass kumulativ die kariöse Zerstörung des Gebisses aufsummiert werden kann. Die DMF-S-Werte der einzelnen Probanden werden addiert und durch die Anzahl der Probanden dividiert, so dass Mittelwerte verglichen werden können.

### **3.3 Testzahnbürsten, Testzahnpaste und Plaquerevelator**

#### **3.3.1 Braun Oral-B 3D Excel (Gillette, Kronberg - D)**

Der runde Kopf der elektrischen Zahnbürste 3D Excel (Gillette Braun, Oral-B, Kronberg-D) weist ein schalenförmiges, konkaves Bürstenfeld und einen engen Bündelabstand (multitufted) auf. Die Borsten sind zirkulär in insgesamt 26 Borstenbüschel mit jeweils 60 Filamenten angeordnet. Dabei werden zwei zentrale Borstenbüschel von einer Innenreihe mit zehn

Borstenbüscheln und einer Außenreihe mit 14 Borstenbüschel umgeben. Sechs Borstenbüschel der äußeren Reihe sind länger (8,3 mm) als die restlichen 20 Borstenbüschel (7,2 mm) der äußeren, mittleren und inneren Reihe. Der Durchmesser der Bürstenscheibe beträgt 13,3 mm, der des Borstenkopfes etwa 12 mm. Das Handstück ist 15,5 cm lang mit einem maximalen Durchmesser von 3,4 cm. Die Aufsteckbürste misst eine Länge von 7 cm und hat einen Durchmesser von 10 mm an ihrer Unterseite. Die Bürste führt simultan drei unterschiedliche Bewegungsmuster aus. Dies sind Pulsationen, Rotationen und Oszillationen, worauf die dreidimensionale Reinigungswirkung beruhen soll.

Die 3D-Bewegung der Bürste erfolgt mit 40.000 Vor- und Rückbewegungen pro Minute und gleichzeitiger Rotation und Oszillation durch 7.600 Seitwärtsbewegungen pro Minute. Die 40.000 Vor- und Rückbewegungen entsprechen einer Frequenz von 340 Hz, die 7.600 Seitwärtsbewegungen von etwa 63 Hz. Die Amplitude der Seitwärtsbewegung beträgt dabei 0,15 mm bei einem Oszillationswinkel von 45° Grad.

Einstellbar sind zwei Geschwindigkeitsstufen. Die Bürste signalisiert die empfohlene zweiminütige Putzdauer durch kurzzeitiges Aussetzen der Bürstbewegungen. Drückt der Patient den Bürstkopf während des Putzens mit mehr als 2,5 Newton gegen seine Zähne und/oder die Gingiva, setzen die Vor- und Rückwärtsbewegungen (Pulsationen) aus, die rotierend-oszillierenden Bewegungen laufen allerdings weiter.

Der Hersteller empfiehlt, die Bürste aktiv von Zahn zu Zahn, von mesial nach distal in den Approximalraum zu führen und dabei einige Sekunden auf der Zahnfläche zu verweilen. Begonnen werden soll an den Außenflächen, anschließend sind die Innenflächen und Okklusalfächen zu reinigen. Zusätzliche Putzbewegungen sind nicht nötig, da das Gerät Putzbewegungen ausführt (Abb. 24 bis 26).



Abb.24: Oral-B 3D Excel  
Testzahnbürste



Abb. 25: Bürstkopf der Oral-B 3D Excel  
(Seitansicht)



Abb. 26: Bürstkopf der Oral-B 3D Excel  
(Aufsicht)

### 3.3.2 Cybersonic (Amden Corporation, Irvine - U.S.A.)

Das runde Borstenfeld der Cybersonic weist einen engen Bündelabstand (multitufted) auf. Die Borsten sind auf der gesamten Fläche gleich lang und soft, das Borstenfeld ist plan. Der Durchmesser des Besteckungsfeldes beträgt 12 mm und trägt Borsten von 8,0 mm Länge. Die 70 Monofile sind jeweils zu 21 Borstenbüschel zirkulär auf dem Besteckungsfeld angeordnet. Zentral befinden sich sieben Büschel, außen

13 Büschel (Abb. 27, 28). Das Handstück ist 14,5 cm lang mit einem Durchmesser von 2,0 bis 2,5 cm. Die Aufsteckbürste misst eine Länge von 7,5 cm.

Die Bürste führt 31.000 Vor- und Rückwärtsbewegungen pro Minute quer zur Längsachse der Zähne aus. Dies entspricht einer Frequenz von etwa 260 Hertz. Die seitliche Auslenkung der Bürste beträgt, nach eigenen Beobachtungen, etwa 0,5 bis 1 mm.

Der Hersteller empfiehlt, die Bürste unter leichtem Druck von Zahn zu Zahn zu führen. Dabei soll die Bürste über alle Außen-, Innen-, Okklusal- und Approximalraum-Flächen geführt werden ohne zusätzliche Schrub- oder Bürstbewegungen auszuführen.



Abb. 27: Cybersonic  
(Amden Corporation,  
Irvine, CA, U.S.A.)



Abb. 28: Bürstenkopf der  
Cybersonic

### 3.3.3 Handzahnbürste Oral-B P 35 (Gillette, Kronberg - D)

Der plane Bürstenkopf weist ein ovales, „multitufted“ Borstenfeld auf (Abb. 30). Der Durchmesser des Besteckungsfeldes beträgt längs 27 mm und quer 10 mm. Die Borsten der Oral-B P 35 weisen im gesamten Borstenfeld eine Länge von 10,5 mm auf. Jeweils 35 Filamente sind zu einem Borstenbüschel zusammengefasst. Insgesamt finden sich 30 Büschel auf dem Besteckungsfeld, die in vier Reihen angeordnet sind.

Der Zahnbürstengriff hat eine Länge von 12,5 cm, die Gesamtlänge beträgt 19,5 cm (Abb. 29). Am oberen Drittel der Handzahnbürste sind Querrillen aus Kunststoff als Anti-Rutsch-Belag in den Griff eingearbeitet. In der Aufsicht erscheint die Abgrenzung des Borstenfeldes elliptisch. Ein Indikator-Borstenfeld (blau) verblasst während der Gebrauchsperiode und zeigt bei halb verblasster Borstenlänge an, wann die Bürste zu wechseln ist. Empfohlen wird ein solcher Wechsel etwa alle drei Monate.



Abb. 29: Handzahnbürste Oral-B P 35 (Gillette, Braun Kronberg-D)



Abb. 30: Bürstkopf der Oral-B P35 Handzahnbürste

### 3.3.4 Testzahnpaste Colgate Total und Plaquerevelator Mira-2-Tone (Hager & Werken)

Um auszuschließen, dass das Testergebnis durch die Art der verwendeten Zahnpaste beeinflusst wird, erhielten alle Probanden dieselbe Testzahnpaste Colgate Total (Colgate, Palmolive – U.S.A.).

Die Inhaltsstoffe der Zahnpaste Colgate Total umfassen die Abrasivstoffe Natriummetaphosphat und hydriertes Silikat (Kieselerde). Der RDA-Wert der Colgate Total liegt mit einem Wert von etwa 86 innerhalb der von ISO angegebenen Grenzwerte für die Abrasivität einer Zahnpaste (Meyle 2002). Als Tensid ist Natriumlaurylsulfat enthalten. Als Kariostatikum ist Natrium-Fluorid in einer Konzentration von 1450 ppm beigemischt.

Colgate Total enthält Triclosan mit PVM / MA - Copolymer. Der Wirkstoff Triclosan hat eine plaque- und entzündungshemmende Wirkung (Brading et al. 2004, Niederman 2004). Feuchthaltemittel, wie Glycerin und Sorbitol, verhindern ein Austrocknen der Zahnpaste. Die Zahnpaste enthält außerdem Bindemittel, Konservierungsstoffe, sowie Aromastoffe und Minze.



Abb. 31: Testzahnpaste Colgate Total (Colgate-Palmolive, U.S.A.)

Der Plaquerevelator Mira-2-Tone (Hager & Werken, Duisburg-D) gilt als nicht allergen und geschmacksneutral (Abb. 32). Zu seinen Inhaltsstoffen zählen die Lebensmittelfarbstoffe Phloxin B (C.I. Acid Red 92) und Patentblau (E 133).



Abb. 32: Plaquerevelator Mira-2-Tone

### **3.4 Studiendesign und Studienablauf**

#### **3.4.1 Studiendesign**

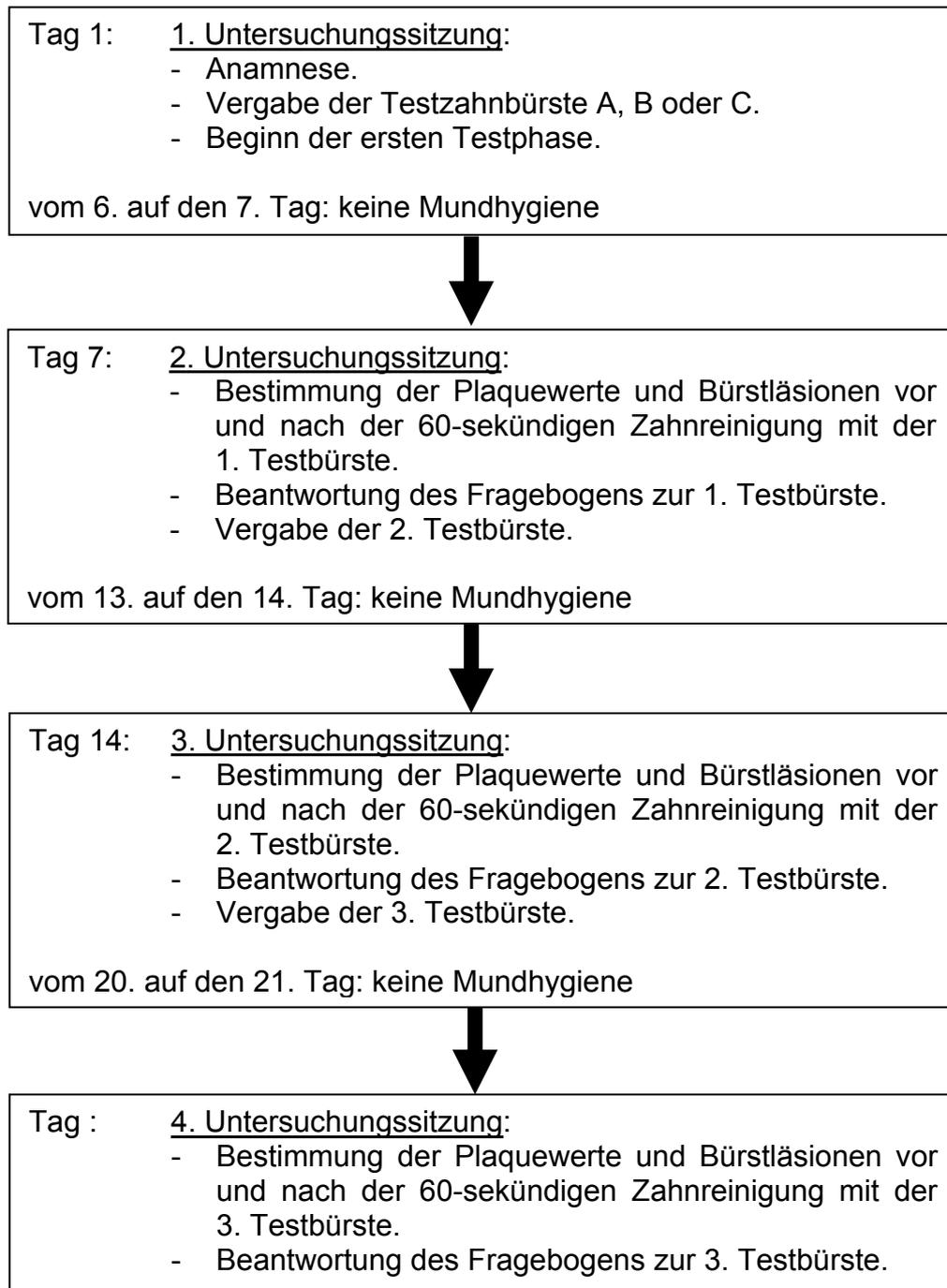
Durchgeführt wurde die Zahnbürstenstudie im einfach-blinden Cross-Over Design (Addy 1998). Die Untersucherin wusste dabei nicht, welche Zahnbürste vom Probanden verwendet wurde.

Entsprechend dem Cross-Over Design begannen acht Probanden mit dem Test der Oral-B Handzahnbürste, 13 Probanden mit der Oral-B Elektrozahnbürste. Zwölf Probanden verwendeten als erstes die Schallzahnbürste Cybersonic. Im Anschluss daran erhielten die Probanden sukzessive die noch nicht getesteten Zahnbürsten von einem wissenschaftlichen Mitbetreuer unter willkürlicher Auswahl. Dieser Mitbetreuer teilte nach Untersuchung der Plaque mit, welche Zahnbürste vom Probanden verwendet wurde.

Jede ausgegebene Zahnbürste wurde sechs Tage lang unter Verwendung der Testzahnpaste Colgate Total und Beibehaltung der gewohnten Putzmethode, Putzdauer und Häufigkeit getestet. Bei den Zahnbürsten Oral-B 3D Excel und Cybersonic wurden die Probanden angewiesen die Elektrozahnbürste nach Empfehlung des jeweiligen Herstellers zu verwenden. Die Gesamtstudiendauer betrug 21 Tage, die jeweilige

Testphase sechs Tage (Wash-out-Phase) mit einem Tag (24 Stunden) Plaqueakkumulation. Insgesamt mussten die Probanden an vier Sitzungen teilnehmen.

### **Ablauf und Inhalt der Studie:**



Die erste Sitzung diente dazu, geeignete Probanden zu gewinnen, über den Studienablauf zu informieren und das Einverständnis zu erhalten. Bei Vorliegen von Zahnstein wurde dieser mittels Schallgerät (Sonicflex, Kavo, Biberach-D) entfernt und die gesäuberten Zahnoberflächen poliert. Die erste der drei Testzahnbürsten wurde willkürlich von einer zweiten Person vergeben. Nach sechstägigem Gebrauch der jeweiligen Testzahnbürste und Mundhygienekarenz von 24 Stunden, fanden sich die Probanden am siebten Tag mit akkumulierter Plaque zur Untersuchung in der Zahnklinik ein. Jede Sitzung hatte folgenden Verlauf:

### **Evaluation der Prebrush-Plaqueswerte**

Zunächst wurden die Zähne mit der Revelatorlösung Mira-2-Tone (Hager & Werken, Duisburg-D) angefärbt. Dabei färben sich ältere Beläge, die über 24 Stunden bestehen, lila / blau und jüngere rot. Außerdem werden durch Mira-2-Tone Bürstläsionen blau angefärbt, wodurch diese sichtbar gemacht werden.

Der Revelator wurde in Einmal-Dappengläser gefüllt und mittels eines Einmal-Pinsels auf labiale, linguale und palatinale Flächen der Zähne appliziert. Das Einfärben des Ober- und Unterkiefers erfolgte getrennt. So konnte ein Verlust der Farbtintensität des Revelators im Kiefer, der gerade nicht aufgenommen wurde, vermieden werden.

Die Aufnahme der Zahnflächen erfolgte mit der intraoralen Kamera DentalVIS 2000 (Polaroid, D) und Aufzeichnung mit Hilfe eines VHS-Rekorders (Panasonic AG-5700, Japan). Dadurch konnte die Auswertung der eingefärbten Zahnflächen wiederholt werden.

Nach der Aufnahme aller Zahnflächen putzten die Probanden unbeaufsichtigt und ohne Spiegel in einem anderen Raum 60 Sekunden lang mit der Testzahnbürste ihre Zähne.

## Evaluation der Postbrush-Plaquewerte

Im Anschluss erfolgten ein erneutes Einfärben der Ober- und Unterkieferzähne und die Aufnahme aller Zahnflächen auf Videoband. Die Probanden erhielten vom wissenschaftlichen Mitbetreuer einen Fragebogen zur jeweiligen Testzahnbürste. Nach Beantwortung dieses Bogens wurde die nächste zu testende Bürste ausgegeben. Die darauf folgenden Sitzungen entsprachen im Ablauf der bereits geschilderten. Durch das Verteilen der Revelatorlösung Mira-2-Tone während des Einfärbens und dem anschließenden Spülen des Probanden erreichte der Revelator auch die Gingiva. Dabei wurden Bürstläsionen in blau-/violetter Färbung erkennbar. Somit war eine Dokumentation der verletzten Gingivabereiche möglich. Die Bürstläsionen wurden unter Orientierung an den Bewertungskriterien von Breitenmoser et al. (1979) ausgewertet.

## 3.5 Bewertungsmethoden

### 3.5.1 Modifizierter Navy-Plaque-Index nach Rustogi

Wie bereits in Kapitel 2.2.1 beschrieben, wird mit Hilfe dieses Plaque-Indexes bei der Bewertung der gingivanahe und proximale Bereich stark betont. Jede Zahnfläche (bukkal, lingual oder palatinal) wird in neun Zonen (A bis I) unterteilt und mit „0“ oder „1“, entsprechend einer Ja-/Nein-Entscheidung, bewertet (Abb. 33).

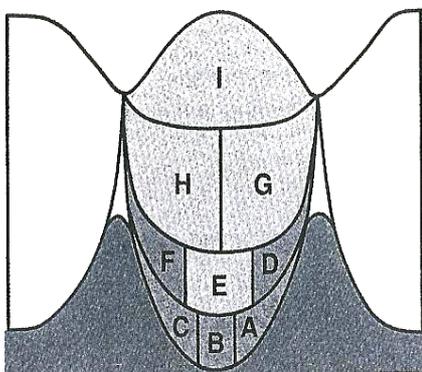


Abb. 33:  
Modifizierter Navy-Plaque-Index  
nach Rustogi et al. (1992)

Zur Erfassung der positiv gefärbten Flächen und ihrem prozentualen Anteil an den gesamt zu bewertenden Zahnflächen diente das im Anhang abgebildete Schema (Anhang 8.3).

Die Auswertung der pre- und post-brushing Plaquewerte des Plaque-Index nach Rustogi (PIR) erfolgte nach folgender Formel:

$$\text{PIR} = \frac{\text{Gesamtsumme der plaquebefallenen Flächenabschnitte}}{\text{Summe der untersuchten Flächenabschnitte}}$$

Die in den Auswertungsbögen eingetragenen Daten (siehe Anhang 8.3) wurden in drei gesonderten Arbeitsblättern für Handzahnbürste, Oral-B 3D Excel oder Cybersonic in eine Excel Datei übertragen und mit einer zweiten Datei verknüpft („Plaque-Auswertung“) und gespeichert. Es wurden Zahngruppen / Zahnflächen wie folgt zusammengefasst:

1. Die Flächen mesial und distal im Zervikalbereich wurden als Flächen „ac“ zusammengefasst
2. Die Approximalraumflächen wurden als Flächen „df“ zusammengefasst
3. Alle anderen Flächen des Rustogi-Index wurden nicht zusammengefasst und blieben als Flächen „b“ für den medianen Zervikalbereich, „e“, „g“ und „h“ für die Glattflächen und „i“ für den inzisalen / okklusalen Bereich erhalten
4. Die Molaren wurden als Zahngruppe zusammengefasst
5. Die Prämolaren wurden als Zahngruppe zusammengefasst
6. Die Frontzähne wurden als Zahngruppe zusammengefasst

Jede Zahngruppe wurde durch insgesamt sieben Merkmale (Flächen ac, df, b, e, g, h und i) beschrieben. Um die Flächendaten vor der Zahnreinigung (pre-brush-Werte) zu erfassen, waren in der Excel-Tabelle 63 Variablen aufgeführt. Dazu kommen entsprechend weitere 63 Variablen für die post-brush-Werte. Im Anschluss daran wurden als synthetische Variablen die 54 Differenzen zu jeder Flächenvariable

zwischen post- und pre-brush-Werten gebildet. Bei diesem Vorgehen wurde für die Fläche „i“ keine Differenz gebildet. Diese Variable wurde von der statistischen Auswertung ausgeschlossen, um den Fokus gezielt auf die schwer zugänglichen Flächen des Approximalraums, des Zervikalbereichs und die Glattflächen zu lenken.

Für pre-brush-Werte wurde „pr“, für post-brush-Werte „po“ jeweils vor die Flächenvariable gesetzt:

1. medianer Zervikalbereich der Bukkalflächen aller Zahngruppen:  
pr\_b\_ac, po\_b\_ac und Diff\_b\_ac
2. medianer Zervikalbereich der Palatinalflächen aller Zahngruppen:  
pr\_p\_ac, po\_p\_ac und Diff\_p\_ac
3. medianer Zervikalbereich der Lingualflächen aller Zahngruppen:  
pr\_l\_ac, po\_l\_ac und Diff\_l\_ac
4. Approximalraum der Bukkalflächen aller Zahngruppen:  
pr\_b\_df, po\_b\_df und Diff\_b\_df
5. Approximalraum der Palatinalflächen aller Zahngruppen:  
pr\_p\_df, po\_p\_df und Diff\_p\_df
6. Approximalraum der Lingualflächen aller Zahngruppen:  
pr\_l\_df, po\_l\_df und Diff\_l\_df
7. Mittelwerte der reduzierten Plaqueflächen (post-brush-Werte – pre-brush-Werte) an allen Molarenflächen als „Diff M“
8. Mittelwerte der reduzierten Plaqueflächen an allen Prämolarenflächen als „Diff P“
9. Mittelwerte der reduzierten Plaqueflächen an allen Frontzähnen als „Diff F“
10. Mittelwerte der reduzierten Plaqueflächen aller Bukkalflächen (ac, df, b, e, g, h und i) als „Diff Bukkal“
11. Mittelwerte der reduzierten Plaqueflächen aller Palatinalflächen als „Diff Palatinal“

12. Mittelwerte der reduzierten Plaqueflächen aller Lingualflächen als „Diff Lingual“

Um die Plaquereduktion im Zervikalbereich (a und c), im Approximalraum, an den Glattflächen und am Zahnhals zu vergleichen wurden zusätzlich die Mittelwerte der Flächen „ac, df, egh, abc“ und deren Differenzen gebildet:

13. Mittelwerte der Zervikalflächen ac: pr\_ac, po\_ac und Diff\_ac

14. Mittelwerte der Approximalflächen df: pr\_df, po\_df und Diff\_df

15. Mittelwerte der Glattflächen egh: pr\_egh, po\_egh; Diff\_egh

16. Mittelwerte des Zervikalbereiches abc: pr\_abc, po\_abc; Diff\_abc

### 3.5.2 Bürstläsionen

Die Bürstläsionen wurden nach der Methode von Breitenmoser et al. (1979) eingeteilt in kleine Läsionen mit einem Durchmesser unter 5 mm (Schweregrad 1) und große Läsionen mit einem Durchmesser über 5 mm (Schweregrad 2). Die Bewertung erfolgte vor und nach der 60-sekündigen Zahnreinigung.

Es erfolgte kein separates Einfärben der Gingiva. Der Plaquerevelator verteilte sich dennoch im Mund des Probanden, mitunter durch die Aktivität der Wangenmuskulatur und das Spülen mit klarem Wasser nach Applikation des Revelators. Die Ergebnisse wurden in Excel-Tabellen als pre- und post-brush Evaluationen für palatinal, bukkal und lingual eingegeben (Anhang 8.4) und in Form von Balkendiagrammen und „Box-Plots“ visualisiert.

### 3.5.3 Struktur und Inhalt des Fragebogens

Die Probanden bekamen nach Abschluss der jeweiligen Testphase einen Fragebogen ausgehändigt (8.5 Anhang). Der Fragebogen bestand aus vier Komplexen. Der erste Komplex beinhaltete Fragen zur empfundenen Reinigungswirkung und das Zurechtkommen mit der entsprechenden

Bürste. Die Antwortmöglichkeiten waren standardisiert nach einer Werteskala von Grad 1 bis Grad 3 („gut“, „mittel“, „eher schlecht“). Der zweite Fragenkomplex untersuchte das mögliche Auftreten von Missempfindungen. Die Probanden beantworteten Fragen zu den Merkmalen Geräusch und Vibrationen, sowie nach Missempfindungen. Im dritten Fragenkomplex wurde nach der Handhabung der Testzahnbürsten gefragt. Die ersten beiden Fragen hierzu beinhalteten das Gewicht, sowie die Handhabung des Bürstengriffs. Zudem beantworteten die Probanden zwei Fragen bezüglich der Borsten: die Größe des Borstenfeldes und die Härte der Borsten. Die Antworten hierzu waren ebenfalls standardisiert nach einer Werteskala von Grad 1 bis Grad 3 („zu groß“, „gerade recht“, „zu klein“ bzw. „zu hart“, „gerade recht“, „zu weich“). Im vierten Fragenkomplex wurde nach Akzeptanz der jeweiligen Verpackung gefragt, und ob der Proband selbst die Testzahnbürste kaufen würde.

## **3.6 Statistische Auswertungen**

### **3.6.1 Plaque-Index Auswertungen**

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm SPSS, Version 12.0. Die Datenmaske des Programms SPSS wurde anhand der gewonnenen Daten aus der bereits beschriebenen Excel-Datei „Plaque-Auswertung“ erstellt. Die Berechnung der Lage- und Streuungsmasse erfolgte für alle untersuchten Flächenabschnitte und entsprechend für die synthetischen Variablen.

Als Lagemaße kamen das arithmetische Mittel und der Median zur Anwendung. Als Streuungsmasse werden jeweils die Standardabweichungen angegeben.

In der vorliegenden Untersuchung wurde für die Sicherung von Unterschieden der Daten mit metrischem Skalenniveau der t-Test verwendet, falls die Voraussetzungen für seine Anwendung gegeben

waren. Zu diesen Voraussetzungen zählen eine Gauss'sche Normalverteilung sowie Intervallskaliertheit der Daten.

Unter Durchführung des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests wurden die Werte der Variablen auf Normalverteilung nach Gauss getestet, wobei die Irrtumswahrscheinlichkeit auf das 5 % - Niveau festgelegt wurde ( $p = 0,05$ ). Die Daten wurden bezüglich Varianz-Homogenität geprüft (Bartlett-Test für ungleiche Stichprobenumfänge,  $p = 0,05$ ).

Für die Sicherung von Unterschieden zwischen mehr als zwei unabhängigen Stichproben wurde die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt. Dabei wird die Nullhypothese, dass die Mittelwerte von mehr als zwei Gruppen gleich sind, überprüft. Falls die Varianzen inhomogen waren, wurde der p-Wert unter Durchführung des nicht-parametrischen Wilcoxon-Tests entsprechend bestimmt. Anhand des hierbei errechneten Testwertes (Z) wurde die Irrtumswahrscheinlichkeit der Nullhypothese ermittelt. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde stets zweiseitig nach Monte-Carlo getestet.

Als weiterer verteilungsunabhängiger Test, für die Sicherung von Veränderungen innerhalb einer Gruppe über mehr als zwei Zeitpunkte hinweg, kam der Friedman-Test (Rangvarianzanalyse) zur Anwendung. Der einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) wurde ein Post-Hoc-Test auf Kontraste nachgeschaltet. Dabei wird ein t-Test zwischen den Gruppenmittelwerten gewählt, der auf signifikante Unterschiede prüft und somit alle Gruppenmitglieder, die sich nicht auf dem 5 %-Niveau voneinander trennen lassen einem identischen „Cluster“ (A, B oder AB) zugeordnet. Mitglieder der Gruppe A unterscheiden sich beispielsweise von Gruppe B – Mitgliedern. Mitglieder der Gruppe AB differieren weder signifikant von Gruppe A, noch von Gruppe B. Dieses, als LSD-Test („lowest significant difference“) bezeichnete Prüfverfahren, ermöglicht es anhand der vorliegenden Mittelwerte zu entscheiden, welche Gruppen (Testzahnbürsten) auf dem 5 % - Niveau signifikant differieren.

Zudem kann durch diesen Post-Hoc-Test auf Kontraste festgestellt werden, welche Testzahnbürste die größte Plaquereduktion erzielt. Dabei ist die Plaquereduktion des Cluster C größer als die des Cluster B. Die Reduktion des Cluster B ist größer als die des Cluster A.

#### **3.6.1.1 Vergleich der Plaque-Index-Werte nach durchgeführter Testreihenfolge**

Aufgrund des Cross-over Designs differiert die Reihenfolge in der die Probanden die Zahnbürsten testeten.

Es wurde deshalb durch Umbildung der Datenmatrix geprüft, ob die willkürliche Verteilung der Zahnbürsten Einfluss auf die Plaque-Ausgangswerte hatte. Hierzu wurde der Friedman-Test als Rangvarianzanalyse für mehr als zwei abhängige Merkmale angewendet.

#### **3.6.1.2 Vergleich der Plaqueausgangswerte nach sechstägigem Gebrauch der Testzahnbürste**

Nach einer Mundhygienekarenz von 24 Stunden wurden die Plaqueausgangswerte für die jeweilige Testzahnbürste erhoben und miteinander verglichen. Es wurde somit geprüft, ob unterschiedliche Plaque-Ausgangswerte bestanden, die Einfluss auf die Erhebung der Differenzen der Plaquewerte haben können. Die Prüfung auf statistisch signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Merkmalen erfolgte mit Hilfe des Kruskal-Wallis-Tests.

### 3.6.1.3 Differenzen der Plaquewerte (PIR)

Die Effizienz der jeweils getesteten Zahnbürste wurde durch die Differenz der Plaquewerte vor dem Putzen und nach der 60 Sekunden langen Zahnreinigung wie folgt errechnet:

$$y (\%) = \frac{\text{pre\_PIR-Wert}}{100 \%} = \frac{\text{post\_PIR-Wert}}{x \%} \quad \blacktriangleright \quad 100 \% - y \% = \text{Diff.PIR}(\%)$$

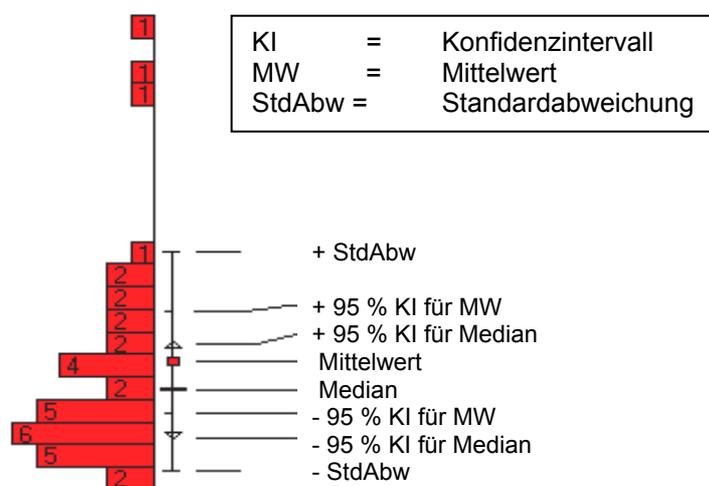


Abb. 34: Legende zu Diagrammen. Die Verteilung der Plaquewerte, der Mittelwert, die Standardabweichung sowie die Konfidenzintervalle für Mittelwert und Median sind dargestellt.

Die Prüfung auf signifikante Unterschiede zwischen pre- und post-PIR-Werten erfolgte mit Hilfe des t-Tests für gepaarte Stichproben.

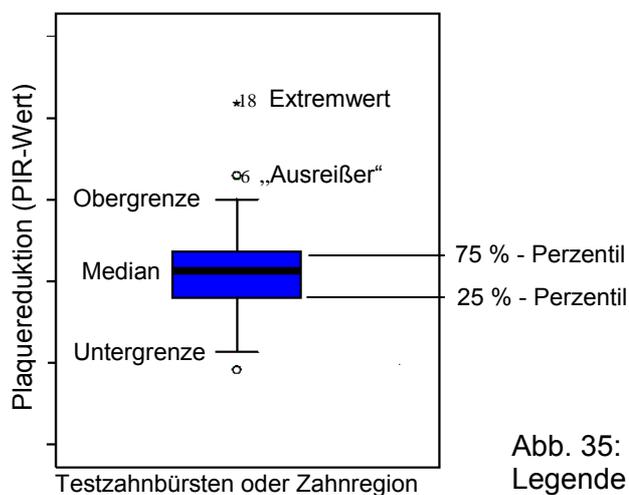


Abb. 35: Legende des Box-Plots

Im Box-Plot kennzeichnet der Strich innerhalb der Box den Median, die untere Grenze der Box das 25 % - Perzentil, die obere Grenze das 75 % - Perzentil. Die mittleren 50 % der Werte liegen innerhalb der Box. Die ober- und unterhalb der Box stehenden Querstriche stellen den größten und kleinsten Wert dar (Ober- und Untergrenze), welcher nicht als „Ausreißer“ oder Extremwert bezeichnet werden kann. „Ausreißer“ liegen um mehr als das 1,5-fache der Länge der Box von dieser entfernt. Liegen die Werte mehr als das Dreifache entfernt, werden sie als Extremwerte bezeichnet. Die numerische Ziffer neben den Symbolen für „Ausreißer“ oder Extremwert kennzeichnet den Probanden, bei welchem dieser Wert auftritt.

#### **3.6.1.4 Auswertung der Plaqueentfernung an unterschiedlichen Flächenabschnitten**

Die Plaqueentfernung wurde ferner für unterschiedliche Zahnflächen und Zahngruppen untersucht. Die Daten wurden dabei auf Gauß-Verteilung geprüft und Median- und Mittelwert errechnet. Zur Sicherung signifikanter Unterschiede zwischen den Merkmalen wurden die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) und der Post-Hoc-Test „LSD“ durchgeführt. Die untersuchten Zahnflächen und Zahngruppen umfassten alle Flächen, Palatinal-, Bukkal- und Lingualflächen, Zahnhalsflächen, Approximalraum und Glattflächen. Als Zahngruppen wurden Ober- und Unterkiefer-Zahnflächen untersucht und verglichen, sowie Molaren, Prämolaren und Frontzähne.

### **3.6.1.5 Unterschiede der Plaquereduktionen an den verschiedenen Zahnflächen(gruppen) für die jeweilige Testzahnbürste**

Durch Umstrukturierung der Datenmatrix wurden die Plaquereduktionen der verschiedenen Zahnflächengruppen für die jeweilige Testzahnbürste einander gegenüber gestellt, um zu prüfen an welchen Stellen die einzelne Testbürste am effizientesten Plaque entfernt.

## **3.6.2 Auswertung der Bürstläsionen**

Das Vorhandensein von gingivalen Bürstläsionen wurde vor (pre-Werte) und nach (post-Werte) der 60-sekündigen Zahnreinigung untersucht. Die Läsionen wurden durch Anfärben der Ober- und Unterkiefer-Zähne mit Mira-2-Tone sichtbar gemacht. Die statistische Auswertung erfolgte ebenfalls mit dem Programm SPSS Version 12.0.

### **3.6.2.1 Bürstläsionen vor 60-sekündiger Zahnreinigung**

Das Vorhandensein von Bürstläsionen wurde an palatinaler, bukkaler und lingualer Gingiva für die jeweilige Testzahnbürste vor der 60-sekündigen Zahnreinigung geprüft (pre\_pal, pre\_buc\_OK, pre\_buc\_UK, pre\_lin).

Zur Prüfung auf Unterschiede in der Häufigkeit von Bürstläsionen zwischen den drei Testzahnbürsten wurde die Einweg-Varianzanalyse (ANOVA), der LSD- und Friedman-Test durchgeführt. Die grafische Darstellung erfolgte mit Hilfe von Box-Plots sowie mit Säulendiagrammen.

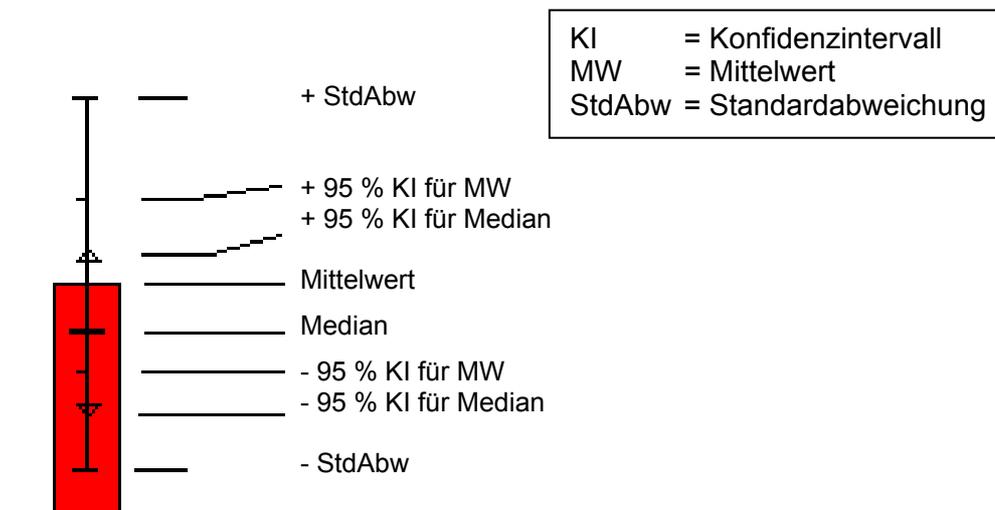


Abb. 36: Legende Säulendiagramm

### 3.6.2.2 Vergleich der Bürstläsionen vor und nach Zahnreinigung

Um die Mittelwerte der Häufigkeiten von Bürstläsionen vor und nach der 60-sekündigen Zahnreinigung auf signifikante Unterschiede zu prüfen, wurde der Wilcoxon-Test für zwei verbundene Stichproben durchgeführt.

### 3.6.2.3 Bürstläsionen nach 60-sekündiger Zahnreinigung

Die Ermittlung der Bürstläsionen, welche unmittelbar nach 60-sekündiger Zahnreinigung innerhalb der Untersuchungssitzung auftraten, erfolgte indem die Differenzen zwischen post- und pre-brush-Werten gebildet wurden. Die Überprüfung der Varianzhomogenität und der Vergleich von Mittelwerten auf signifikante Unterschiede erfolgten hier wiederum mit Hilfe der einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA).

Mittels Kruskal-Wallis-Tests für unabhängige Stichproben wurde die Nullhypothese, „die mittleren Rangzahlen in den einzelnen Gruppen seien gleich“, geprüft. Dieser Test wurde ausgewählt, um die Gingivaregionen als „unabhängige Stichproben“ zu definieren.

#### **3.6.2.4 Größe der Bürstläsionen**

Mittels Wilcoxon-Test für zwei verbundene Stichproben wurde ermittelt, welche Art der Bürstläsion, Grad-1 oder Grad-2, signifikant häufiger auftrat. Um zu prüfen, ob die Anzahl der Grad-2-Bürstläsionen im Oberkiefer signifikant von der Anzahl der Grad-2-Bürstläsionen im Unterkiefer differiert, wurden der Wilcoxon-Test für zwei verbundene Stichproben, sowie der Kruskal-Wallis-Test für unabhängige Stichproben ausgeführt. Da bei der Schallzahnbürste Cybersonic keine Grad-2-Läsionen auftraten, wurde hier kein Signifikanztest durchgeführt.

Um signifikante Unterschiede zwischen den Grad-2-Bürstläsionen durch Handzahnbürste und 3D Excel zu prüfen, wurde zusätzlich der Mann-Whitney-Test für zwei unabhängige Stichproben durchgeführt.

#### **3.6.2.5 Korrelation zwischen Plaquentfernung und Bürstläsionen**

Um die Stärke des Zusammenhangs zwischen den beiden abhängigen Variablen „Plaquentfernung“ (PIR) und „Bürstläsionen“ (BL) zu untersuchen, wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson, sowie nach Kendall bestimmt. Letzteres Prüfverfahren hat als Rangkorrelationskoeffizient den Vorteil, dass eine Normalverteilung der Daten keine Voraussetzung ist. Die Merkmale müssen wenigstens ordinal skaliert und stetig sein. Das Ergebnis wurde anhand von Säulendiagrammen visualisiert.

#### **3.6.3 Fragebogen-Auswertung**

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe von Kontingenztabelle und dem zweiseitigen Chi-Quadrat Test nach Pearson in Anlehnung an erstellte Kreuztabellen. Falls die Felderbesetzung der Kreuztabellen kleiner fünf war, wurde der exaktere zweiseitige Mehrfelder Test nach Fisher durchgeführt. Die gewonnenen Werte wurden auf Normalverteilung geprüft (Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest,  $p = 0,05$ ).

### **3.7 Wiederholung der Auswertungen als Training**

Vor Beginn der Studie erfolgte ein Training der Untersucherin. Dazu wurden sechs Personen aus dem Bekanntenkreis gewonnen, um den geplanten Studienablauf zu simulieren. Dabei stellte sich heraus, dass zur Beurteilung der Plaque eine Abbildung des Navy-Plaque-Indexes in der Modifikation nach Rustogi zur Sicherstellung der Bewertung von Nutzen war.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Probanden

#### 4.1.1 Allgemeine Anamnese und persönliche Daten

An dieser Studie nahmen 19 Frauen und 14 Männer, insgesamt 33 Probanden teil (Tab. 3). Während der Studie nahmen 20 Probanden keine Medikamente ein. Elf weibliche Probanden nahmen dauerhaft orale Kontrazeptiva ein, eine Patientin nahm Jod und Thyrox zu sich, ein Patient Cholestyramin. Wechselwirkungen dieser Medikamente waren für diese Studie nicht bekannt. 24 (73 %) der 33 Probanden waren Nichtraucher. Sieben Probanden gaben Überempfindlichkeiten bzw. Unverträglichkeiten gegenüber Nickel, Chrom, Duftaromen, Amoxicillin, Paracetamol, Gräser und PMMA an.

Anzahl der Probanden			Alter (Jahre)		
männlich	weiblich	gesamt	Mittel	Std.Abw.	Spanne
14	19	33	33,5	± 12,5	25-66

Tab. 3: Geschlechts- und altersspezifische Verteilung der Studien-Population

#### 4.1.2 Anamnese der Mundhygiene

Die Auswertung des Fragebogens zur Mundhygiene ergab, dass zwei Teilnehmer (6 %) ein Mal täglich, 26 Probanden (79 %) zwei Mal täglich und fünf Probanden (15 %) drei Mal täglich eine Zahnreinigung durchführten (Abb. 37).

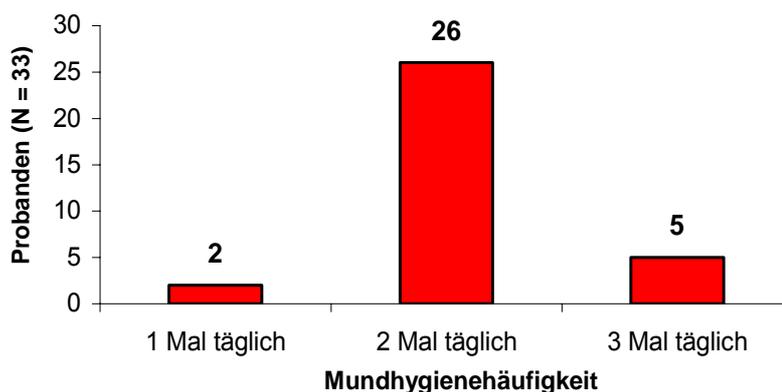


Abb. 37: Häufigkeit der täglichen Zahnreinigung

29 Probanden (88 %) gaben an, die Handzahnbürste entsprechend der modifizierten Bass-Technik zu verwenden. Vier Probanden (12 %) hingegen führten ihre tägliche Mundhygiene entsprechend einer Kombination aus Rotations- und Bass-Technik aus. Die tägliche Bürstdauer wurde von den Probanden auf durchschnittlich fünf Minuten geschätzt. Elf Probanden (33 %) verwendeten Zahnseide im Rahmen ihrer Mundhygiene, davon zwei Probanden täglich, die restlichen neun Probanden zwei bis drei Mal wöchentlich. Die Frage nach der Inanspruchnahme zahnärztlicher Leistungen (Befund oder Befund mit Prophylaxe) ergab, dass neun Probanden (27 %) unregelmäßig zum Zahnarzt gingen, 16 Probanden (49 %) ein Mal jährlich und acht der 33 Probanden (24 %) ein bis zwei Mal jährlich den Zahnarzt aufsuchen.

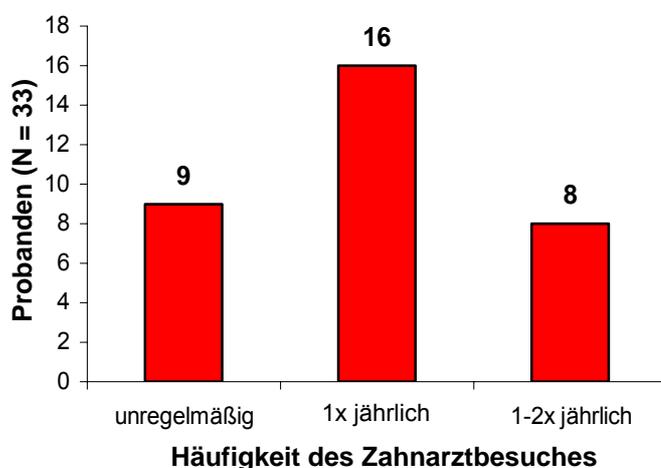


Abb. 38: Häufigkeit des Zahnarztbesuches

### 4.1.3 Zahnstatus

Der Mittelwert des DMF-S Indexes der gesamten Studienpopulation lag bei  $27,9 \pm 23,5$ . Der höchste DMF-S-Wert lag bei 79 bei einem 64-Jährigen männlichen Probanden. Der niedrigste DMF-S-Wert der männlichen Probanden lag bei 4 bei einem 27-Jährigen Probanden (Abb. 39).

Der höchste Wert der weiblichen Probanden betrug 70 bei einer 61-Jährigen Probandin. Der niedrigste Wert der weiblichen Probanden lag bei zwei, den drei weibliche Probanden im Alter von 25, 26 und 27 Jahren aufwiesen.

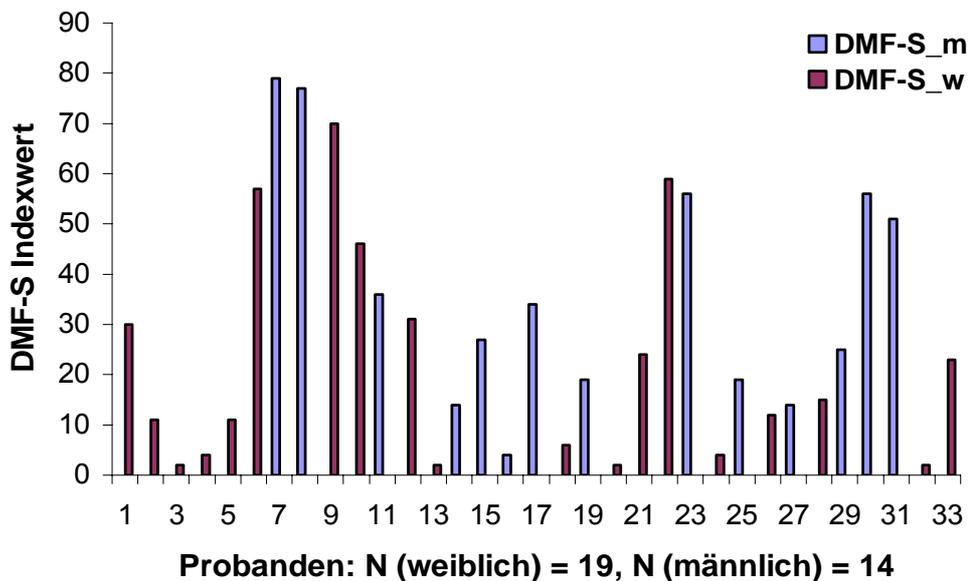


Abb. 39: Geschlechtsspezifische Verteilung des DMF-S Index.

Der mittlere DMF-S Index der Männer war höher als der der Frauen.

23 Probanden (70 %) waren vollbezahnt, bei drei Probanden fehlte ein Zahn, bei vier Probanden fehlten zwei Zähne und bei zwei Probanden drei Zähne. Einem Probanden fehlten die vier ersten Prämolaren, die aus kieferorthopädischen Gründen entfernt worden waren.

22 Probanden (67 %) besaßen keine Fissurenversiegelung, während bei zehn Probanden (30 %) vier, bei einem Proband (3 %) acht Okklusalfächen versiegelt waren. Im Mittel waren 1,5 Okklusalfächen versiegelt.

## 4.2 Plaquewerte

### 4.2.1 Verteilung der Plaque-Indexwerte nach dem modifizierten Navy-Plaque-Index nach Rustogi (PIR)

#### 4.2.1.1 Vergleich der PIR-Werte nach durchgeführter Testreihenfolge

Der Vergleich der Ausgangswerte (pre\_PIR 1 bis 3) mittels Friedman-Test ergab keine signifikante ( $p = 0,099$ ) Differenzierung. Das bedeutet, dass zu jedem neuen Untersuchungszyklus vergleichbare Ausgangsplaquewerte (pre\_PIR) vorlagen (Abb. 40, Tab. 4).

	N	Mittelwert	Standard- Abweichung	Median
pre_PIR1	33	0,53	0,08	0,54
pre_PIR2	33	0,53	0,07	0,54
pre_PIR3	32	0,55	0,08	0,54

Tab. 4: Mundhygienebefunde zu Beginn eines jeden neuen Testzyklus. Es lag keine signifikante Differenzierung zwischen den Ausgangswerten vor.

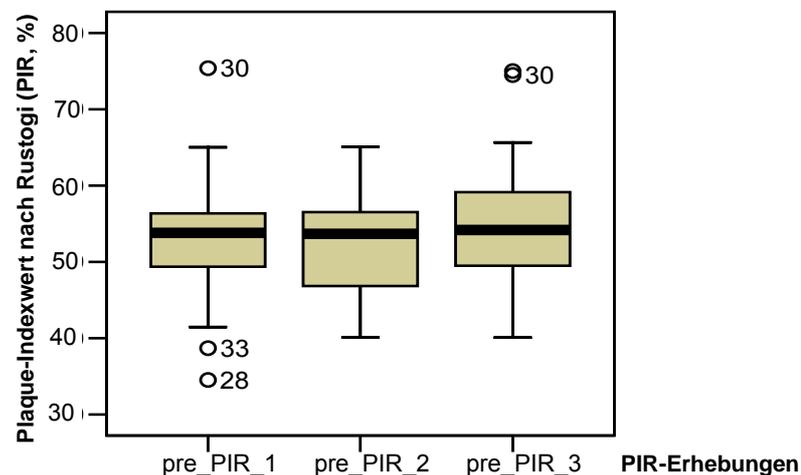


Abb. 40: Prozentuale Plaqueausgangswerte vor jedem neuen Testzyklus der 33 Probanden über den Studienverlauf von drei Wochen. Diese zeigten damit keine Veränderung ihres Mundhygieneverhaltens.

#### 4.2.1.2 Vergleich der Plaqueausgangswerte nach sechstägigem Gebrauch der Testzahnbürste

Die Probanden wurden angewiesen, 24 Stunden vor der Untersuchung ihre Zähne nicht zu pflegen, um eine Plaque-Akkumulation zu ermöglichen. Mittels Kruskal-Wallis-Test konnte kein statistisch signifikanter Unterschied der Plaquewerte vor der Zahnreinigung mit der Handzahnbürste (pre\_PIR\_Hand), der 3D Excel (pre\_PIR\_Excel), sowie der Schallzahnbürste Cybersonic (pre\_PIR\_Cyber) festgestellt werden ( $p = 0,73$ ).

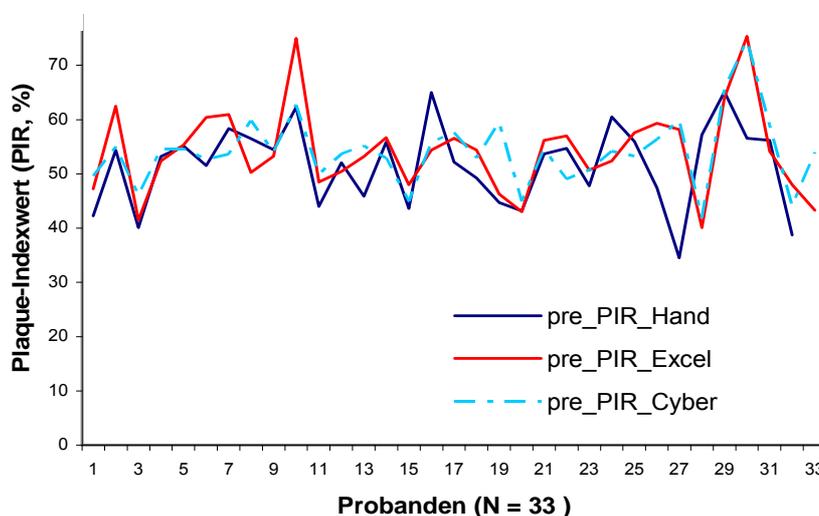


Abb. 41: Die Plaqueausgangswerte nach 24-stündiger Mundhygienekarenz ergaben keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Testzahnbürsten vor dem Testdurchlauf.

## 4.2.2 Reinigungseffizienz der Testzahnbürsten

### 4.2.2.1 Plaqueentfernung an allen Flächen (A-I)

Für jede der drei Testzahnbürsten konnte eine signifikante Plaque-reduktion mittels gepaartem t-Test nachgewiesen werden ( $p$  (Hand) = 0,000;  $p$  (Excel) = 0,000;  $p$  (Cyber) = 0,000, Abb. 42).

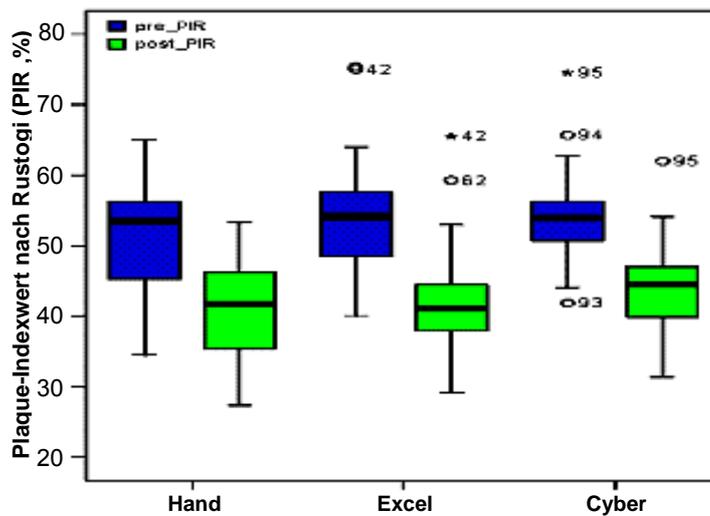


Abb. 42: Vergleich der Plaquesangswerte mit den Plaqueswerten nach 60 Sekunden Putzen mit der jeweiligen Testzahnbrüste. Die Plaquesreduktion war für jede Testzahnbrüste höchstsignifikant ( $p = 0,000$ ).

Mit der rotierend-oszillierenden Testzahnbrüste Oral-B 3D Excel erzielten die Probanden mit  $22,4 \pm 4,0$  % die größte mittlere Plaquesreduktion. Mit der Handzahnbrüste war eine mittlere Plaquesreduktion von  $19,9 \pm 3,2$  % und mit der Schallbrüste Cybersonic von  $18,5 \pm 4,4$  % möglich (Abb. 43 und Tab. 5).

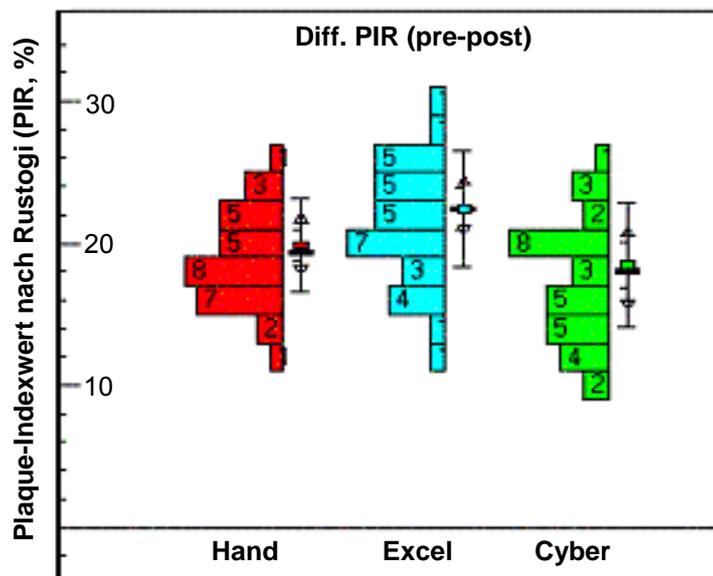


Abb. 43: Plaquesreduktion an allen Zahnflächen (A bis I)

Die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) ergab höchstsignifikante Unterschiede ( $p(\text{AOV}) = 0,000$ ) in der Plaquerentfernung zwischen den Testzahnbürsten. Mittels LSD-Test wurde die rotierend-oszillierende Testzahnbürste Oral-B 3D Excel mit der signifikant größten Plaquereduktion dem Cluster B zugeordnet, die beiden anderen Zahnbürsten Cybersonic und Handzahnbürste mit geringerer Plaquereduktion dem Cluster A.

X-Variable	Hand	Excel	Cyber
N	32	33	33
Mittelwert	19,9	22,4	18,5
Std. Abweichung	3,2	4,0	4,4
Median	19,4	22,4	18,1
LSD-Klasse	A	B	A
p (AOV)	0,000 ***		

Tab. 5: Plaquereduktion an allen Zahnflächen (A bis I). Die 3D Excel entfernte signifikant mehr Plaque als Hand- oder Schallzahnbürste.

#### 4.2.2.2 Plaquerentfernung an Palatinal-, Bukkal- und Lingualflächen

##### a) Plaquerentfernung an Palatinalflächen

Mit der Oral-B 3D Excel erzielten die Probanden an den Palatinalflächen eine durchschnittliche Plaquereduktion von  $20,9 \pm 9,7$  %. Mit der Schallzahnbürste erreichten die Teilnehmer eine mittlere Plaquereduktion von  $19,6 \pm 6,7$  % und mit der Oral-B Handzahnbürste von  $15,1 \pm 7,7$  % (Abb. 44 und Tab. 6).

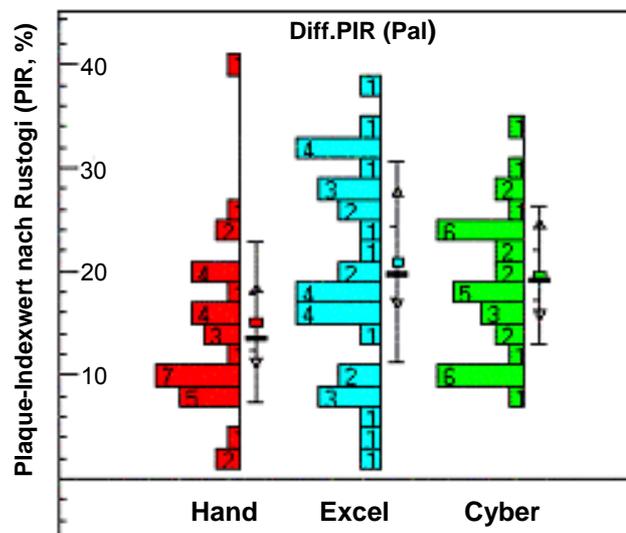


Abb. 44: Plaquereduktion an Palatinalflächen

Die einfaktorielle Varianzanalyse ergab signifikante ( $p$  (AOV) = 0,013) Unterschiede zwischen den Testzahnbürsten. Der LSD-Test zeigte für beide Elektrozahnbürsten (Cluster B) eine signifikant bessere Plaquereduktion gegenüber der Handzahnbürste (Cluster A).

X-Variable	Hand	Excel	Cyber
N	32	33	33
Mittelwert	15,1	20,9	19,7
Std. Abweichung	7,7	9,7	6,7
Median	13,6	19,7	19,2
LSD-Klasse	A	B	B
P (AOV)	0,013 *		

Tab. 6: Plaquereduktion an Palatinalflächen. Die Oral-B-3D Excel und die Schallbürste Cybersonic entfernten signifikant mehr Plaque im Vergleich zur Handzahnbürste.

#### b) Plaquerentfernung an Bukkalflächen

An Bukkalflächen gelang den Probanden mit der Oral-B 3D Excel eine mittlere Plaquereduktion um  $29,7 \pm 6,9$  %, mit der Handzahnbürste um  $29,3 \pm 7,4$  % und mit der Schallbürste Cybersonic um  $23,7 \pm 8,5$  % (Abb. 45 und Tab. 7).

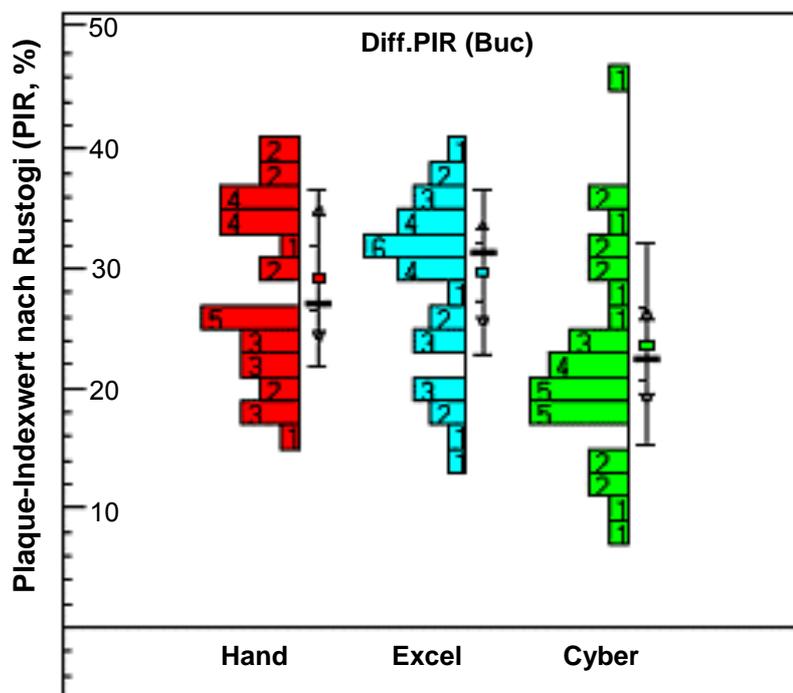


Abb. 45: Plaquereduktion an Bukkalflächen

Die einfaktorielle Varianzanalyse ergab signifikante ( $p = 0,002$ ) Unterschiede zwischen den Testzahnbürsten. Mit der Oral-B 3D Excel und der Handzahnbürste wurde eine signifikant größere Plaquerreduktion erreicht (Cluster B) als mit der Schallzahnbürste Cybersonic (Cluster A).

X-Variable	Hand	Excel	Cyber
N	32	33	33
Mittelwert	29,28	29,75	23,68
Std. Abweichung	7,39	6,94	8,46
Median	27,10	31,30	22,38
LSD-Klasse	B	B	A
P (AOV)	0,002 **		

Tab. 7: Plaquerreduktion an Bukkalflächen. Die Oral-B 3D Excel und die Handzahnbürste entfernten signifikant mehr Plaque als die Schallzahnbürste.

### c) Plaquee Entfernung an Lingualflächen

An diesen Zahnflächen war mit der Oral-B 3D Excel eine mittlere Plaquerreduktion von  $12,7 \pm 8,5$  % möglich. Mit der Schallzahnbürste gelang eine mittlere Reduktion von  $10,0 \pm 5,7$  %, mit der Handzahnbürste erzielten die Teilnehmer eine mittlere Plaquerreduktion von  $9,6 \pm 6,6$  % (Abb. 46 und Tab. 8).

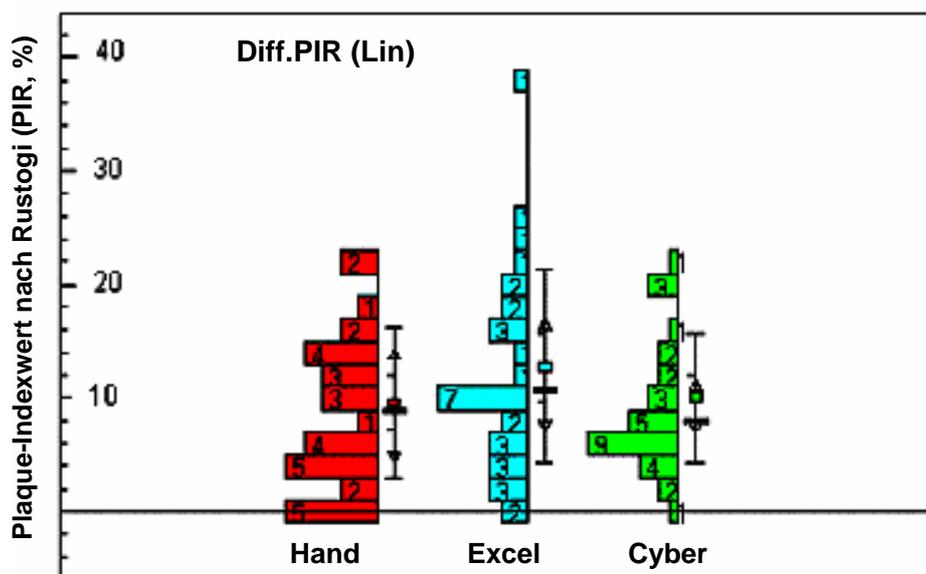


Abb. 46: Plaquerreduktion an den Lingualflächen

Die Varianzanalyse belegte, dass kein signifikanter Unterschied ( $p = 0,155$ ) zwischen den Testzahnbürsten bestand. Der LSD-Test ergab ebenso keine unterschiedlich bessere Plaqueentfernung einer der Bürsten.

X-Variable	Hand	Excel	Cyber
N	32	33	33
Mittelwert	9,60	12,74	10,03
Std. Abweichung	6,62	8,54	5,71
Median	8,84	10,61	8,00
LSD-Klasse	A	A	A
P (AOV)	0,155 n.s.		

Tab. 8: Plaquereduktion an Lingualflächen. Die Plaquereduktion der Testbürsten differierte nicht signifikant.

#### 4.2.2.3 Unterschiede der Plaquereduktionen an Palatinal-, Bukkal- und Lingualflächen für die jeweilige Testzahnbürste

##### a) Handzahnbürste Oral-B P35

An den bukkalen Flächen erreichten die Probanden mit der Handzahnbürste eine durchschnittliche Plaqueentfernung von  $29,0 \pm 7,3$  % gegenüber  $15,1 \pm 7,7$  % auf den palatinalen und  $10,5 \pm 8,2$  % auf den lingualen Flächen (Abb. 47 und Tab. 9).

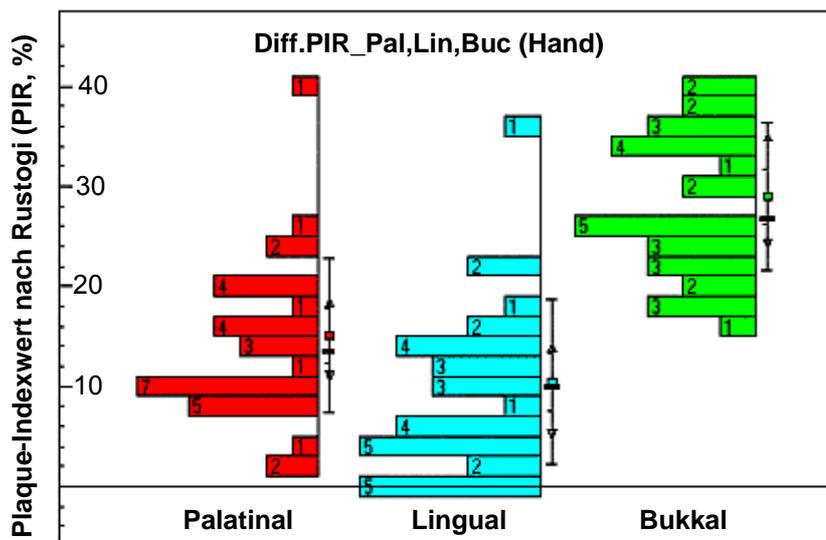


Abb. 47: Plaquereduktionen der Handzahnbürste an den Palatinal-, Lingual- und Bukkalflächen

Unter Durchführung der Varianzanalyse konnte ein signifikanter Unterschied ( $p = 0,000$ ) zwischen den verschiedenen Flächen belegt werden. Der LSD-Test ergab eine signifikant größere Plaqueentfernung an Bukkalflächen (Cluster C) gegenüber Palatinal- (Cluster B) und Lingualflächen (Cluster A).

X-Variable	Palatinal	Lingual	Bukkal
N	32	32	32
Mittelwert	15,1	10,5	29,0
Std. Abweichung	7,7	8,2	7,3
Median	13,6	9,9	26,8
LSD-Klasse	B	A	C
P (AOV)	0,000 ***		

Tab. 9: Plaquereduktionen der Handzahnbürste an den Palatinal-, Lingual- und Bukkalflächen. Bukkal wurde signifikant mehr Plaque entfernt als palatinal oder lingual.

#### b) Oral-B 3D Excel

An den Bukkalflächen (Abb. 48 und Tab. 10) erzielten die Probanden mit der rotierend-oszillierenden Oral-B 3D Excel eine mittlere Plaque-Reduktion von  $29,7 \pm 6,9$  % (LSD-Test: Cluster C). An Palatinalflächen gelang eine mittlere Reduktion von  $21,0 \pm 9,7$  % (LSD-Test: Cluster B), an Lingualflächen nur  $12,7 \pm 8,5$  % (LSD-Test: Cluster A).

Die Plaque-Reduktion war somit an Bukkalflächen signifikant ( $p$  (AOV) = 0,000) größer als palatinal und lingual.

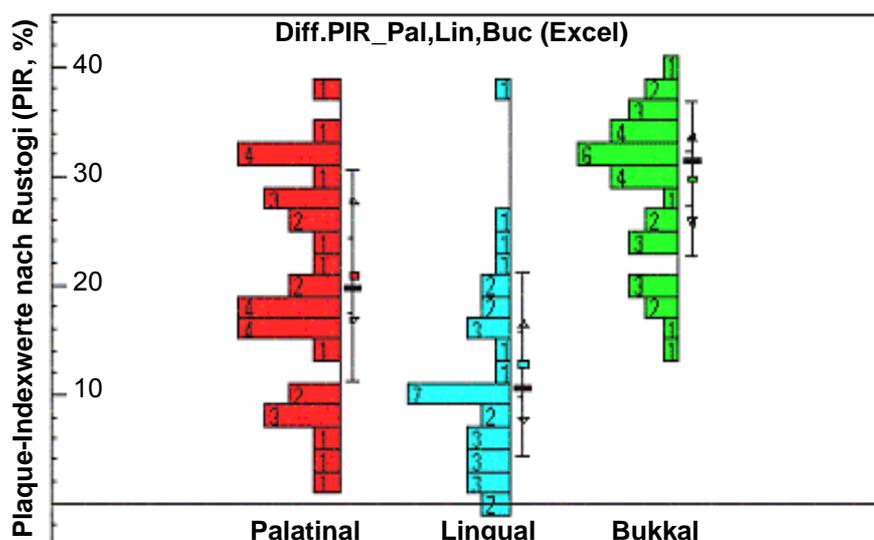


Abb. 48: Plaquereduktionen der Oral-B 3D Excel an den Palatinal-, Lingual- und Bukkalflächen

X-Variable	Palatinal	Lingual	Bukkal
N	33	33	33
Mittelwert	20,9	12,7	29,8
Std. Abweichung	9,7	8,5	6,9
Median	19,7	10,6	31,3
LSD-Klasse	B	A	C
P (AOV)	0,000 ***		

Tab. 10: Plaquereduktionen der Oral-B 3D Excel an den Palatinal-, Lingual- und Bukkalflächen. Die höchstsignifikant größte Plaquereduktion erfolgte an den Bukkalflächen.

### c) Schallzahnbürste Cybersonic

Für die Schallzahnbürste Cybersonic ergab sich ein ähnliches Ergebnis (Abb. 49 und Tab. 11). An den Bukkalflächen erzielten die Probanden die höchstsignifikant ( $p$  (AOV) = 0,000) größte mittlere Plaquereduktion von  $23,7 \pm 8,5$  % (LSD-Test: Cluster C). An Palatinalflächen gelang eine mittlere Plaquereduktion von  $19,6 \pm 6,7$  % (LSD-Test: Cluster B). An Lingualflächen erreichten die Teilnehmer eine mittlere Reduktion von  $10,0 \pm 5,7$  % (LSD-Test: Cluster A).

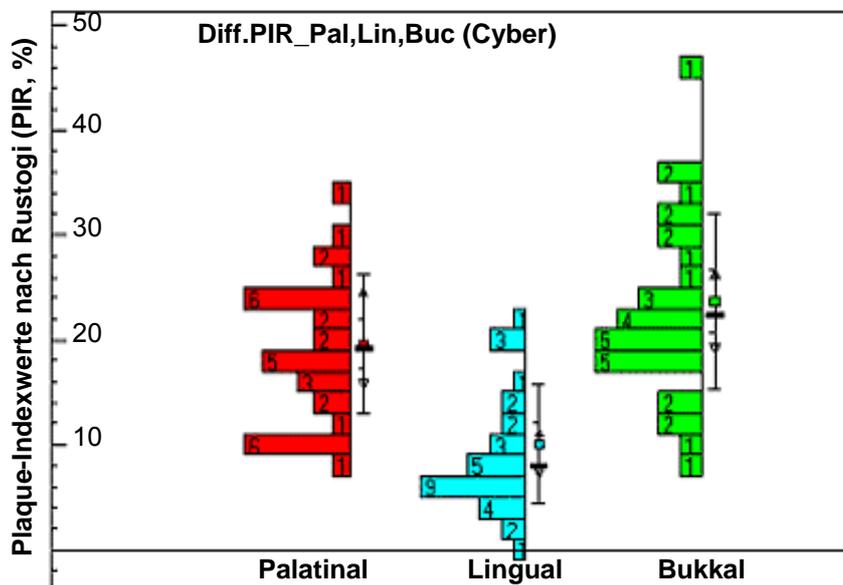


Abb. 49: Plaquereduktionen der Cybersonic an den Palatinal-, Lingual- und Bukkalflächen. Bukkal wurde signifikant mehr Plaque entfernt als palatinal oder lingual.

X-Variable	Palatinal	Lingual	Bukkal
N	33	33	33
Mittelwert	19,7	10,0	23,7
Std. Abweichung	6,7	5,7	8,5
Median	19,2	8,0	22,4
LSD-Klasse	B	A	C
p (AOV)	0,000 ***		

Tab. 11: Plaquereduktionen der Cybersonic an den Palatinal-, Lingual- und Bukkalflächen. Die höchstsignifikant größte Plaquereduktion erfolgte an Bukkalflächen. Die geringste Plaqueentfernung erfolgte lingual.

#### 4.2.2.4 Plaqueentfernung am Zahnhs

Am Zahnhs (Flächen A, B, C) entfernte die Oral-B 3D Excel Zahnbürste durchschnittlich  $27,6 \pm 8,6$  % der angefärbten Plaque, die Handzahnbürste  $23,4 \pm 7,1$  % und die Schallzahnbürste Cybersonic  $22,2 \pm 6,9$  % (Abb. 50 und Tab. 12).

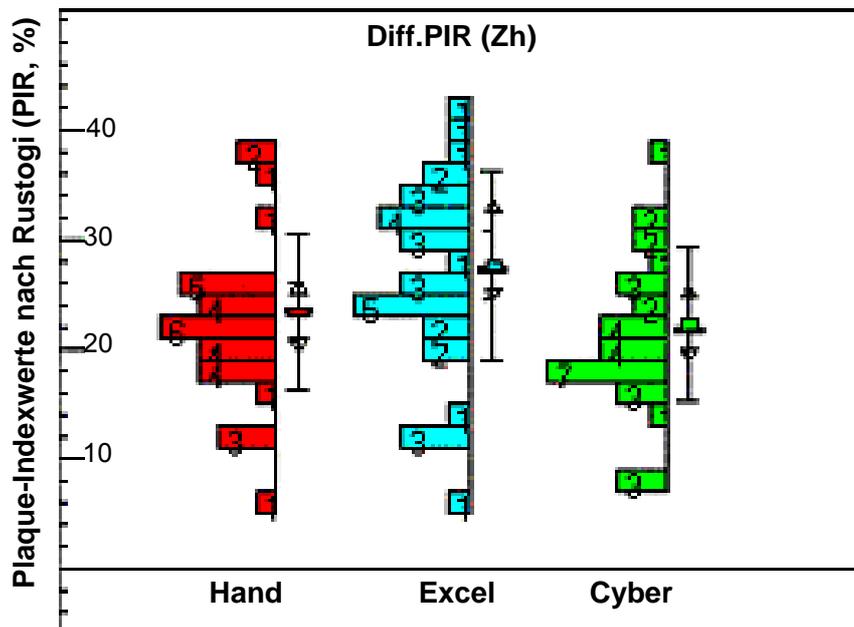


Abb. 50: Plaquereduktion an der Zahnhsregion. Mit der rotierend-oszillierenden 3D Excel konnte signifikant mehr Plaque entfernt werden als mit Hand- oder Schallbürste.

Die Plaquereduktion jeder Zahnbürste war mit  $p = 0,000$  höchstsignifikant (t-Test für gepaarte Stichproben). Die Varianzanalyse ergab signifikante Unterschiede ( $p = 0,013$ ) zwischen den Testzahnbürsten. Mittels LSD-Test wurde die Oral-B 3D Excel mit der signifikant größten Plaquereduktion dem Cluster B zugeordnet, während sich für die Cybersonic und die Handzahnbürste mit etwas geringeren Plaquereduktionen Cluster A ergab.

X-Variable	Hand	Excel	Cyber
N	32	33	33
Mittelwert	23,39	27,60	22,24
Std. Abweichung	7,07	8,58	6,92
Median	23,45	27,21	21,71
LSD-Klasse	A	B	A
p (AOV)	0,013 *		

Tab. 12: Plaquereduktion am Zahnals. Mit der Oral-B 3D Excel konnte signifikant mehr Plaque entfernt werden als mit der Hand- oder Schallzahnbürste Cybersonic.

#### 4.2.2.5 Plaqueentfernung im Approximalraum

Die Probanden erzielten im Approximalraum (Flächen D, F) mit der Handzahnbürste eine mittlere Plaquereduktion von  $15,4 \pm 7,4$  %. Mit Oral-B 3D Excel gelang eine mittlere Reduktion von  $14,6 \pm 6,0$  %, mit der Schallbürste Cybersonic von  $11,4 \pm 7,1$  % (Abb. 51 und Tab. 13).

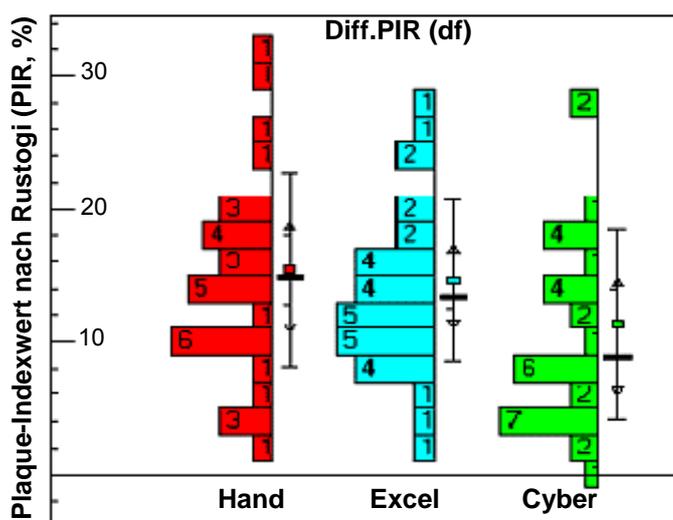


Abb. 51: Plaquereduktion im Approximalraum. Mit der Handzahnbürste wurde approximal geringfügig mehr Plaque entfernt.

Statistisch ergab sich eine signifikant größere Plaqueentfernung für die Handzahnbürste gegenüber der Schallzahnbürste ( $p(\text{AOV}) = 0,047$ , Cybersonic: Cluster A, Handzahnbürste: Cluster B). Mit der Oral-B 3D Excel wurde, im Vergleich zur Handzahnbürste, geringfügig weniger Plaque entfernt, wobei der Unterschied nicht signifikant war (LSD-Test-Excel: Cluster AB). Die Zuordnung der Oral-B 3D Excel zu Cluster AB bedeutet, dass weder gegenüber der Schallzahnbürste Cybersonic (Cluster A), noch gegenüber der Handzahnbürste (Cluster B) ein signifikanter Unterschied in der Reinigungseffizienz bestand.

<b>X-Variable</b>	<b>Hand</b>	<b>Excel</b>	<b>Cyber</b>
N	32	33	33
Mittelwert	15,4	14,6	11,4
Std. Abweichung	7,4	6,0	7,1
Median	14,9	13,4	8,8
LSD-Klasse	B	AB	A
$p(\text{AOV})$	0,047 *		

Tab. 13: Plaquereduktion im Approximalraum. Mit der Handzahnbürste konnte signifikant mehr Plaque entfernt werden als mit der Schallzahnbürste Cybersonic. Gegenüber der rotierend-oszillierenden 3D Excel war der Unterschied nicht signifikant (LSD-Test).

#### 4.2.2.6 Plaqueentfernung an Glattflächen

An Glattflächen (Flächen E, G, H) erzielten die Probanden nach 60 Sekunden Zahnreinigung mit der rotierend-oszillierenden Testzahnbürste Oral-B 3D Excel eine mittlere Plaquereduktion von  $26,3 \pm 11,5$  %. Mit der Schallzahnbürste Cybersonic gelang eine Reduktion um  $24,0 \pm 13,3$  %, mit der Handzahnbürste um  $21,3 \pm 12,1$  % (Abb. 52 und Tab.14).

Für jede der drei Testzahnbürsten war die Plaquereduktion höchstsignifikant (t-Test für gepaarte Stichproben:  $p = 0,000$ ). Unter Durchführung der einfaktoriellen Varianzanalyse und des LSD-Tests konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Testzahnbürsten für diese Flächen gefunden werden ( $p(\text{AOV}) = 0,268$ , Cluster A).

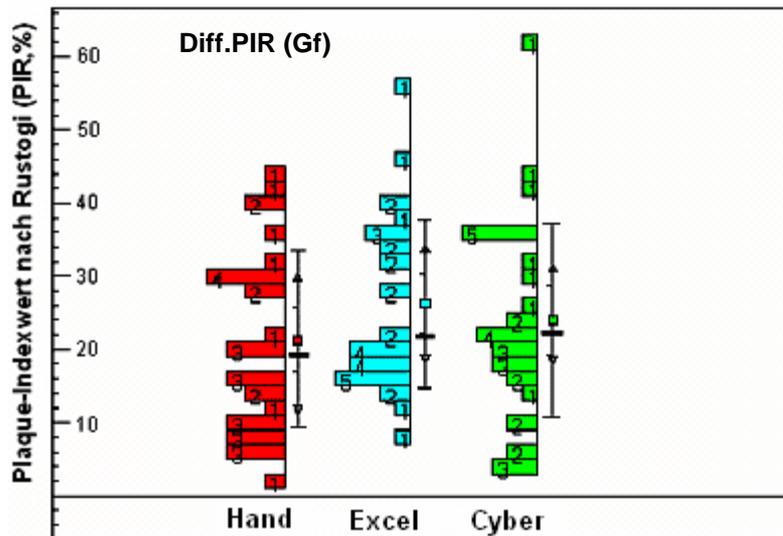


Abb. 52: Plaquereduktion an Glattflächen

X-Variable	Hand	Excel	Cyber
N	32	33	33
Mittelwert	21,30	26,29	23,97
Std. Abweichung	12,08	11,45	13,31
Median	19,24	21,62	22,22
LSD-Klasse	A	A	A
p (AOV)	0,268 n.s.		

Tab. 14: Plaquereduktion an Glattflächen. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Testzahnbürsten nachgewiesen werden.

#### 4.2.2.7 Unterschiede der Plaquereduktionen an Glattflächen, Zahnhals und Approximalraum für die jeweilige Testbürste

##### a) Handzahnbürste Oral-B P35

Die von den Probanden erreichten durchschnittlichen Plaquereduktionen betrugen an den Zahnhälsen und Glattflächen  $23,4 \pm 7,1$  % bzw.  $21,3 \pm 12,1$  %. An den approximalen Zahnflächen gelang eine mittlere Plaquereduktion von  $15,4 \pm 7,3$  % (Abb. 53, Tab. 15).

Mittels einfaktorieller Varianzanalyse (ANOVA) konnte ein höchstsignifikanter Unterschied der Plaquereduktionen an den verschiedenen Flächengruppen nachgewiesen werden ( $p$  (AOV) = 0,002).

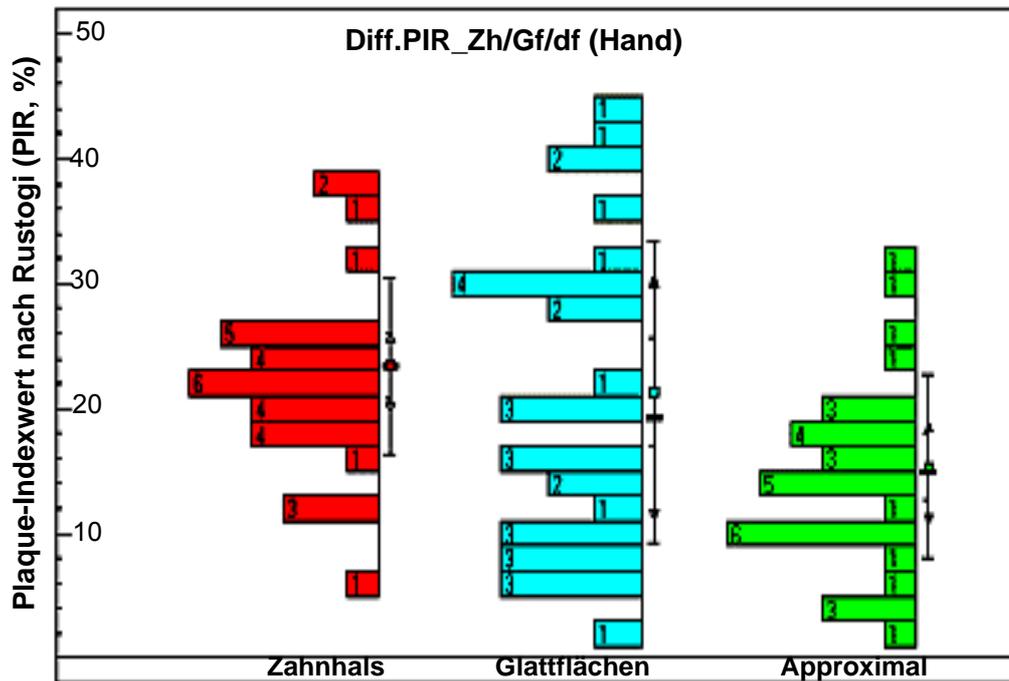


Abb. 53: Plaquereduktionen an Zahnhals-, Approximal- und Glattflächen für Handzahnbürste Oral-B P35

Die Plaquerentfernung an den Zahnhälsen und Glattflächen (LSD-Test: Cluster B) war signifikant größer als an den approximalen Zahnflächen (Cluster A).

X-Variable	Zahnhals	Glattflächen	Approximal
N	32	32	32
Mittelwert	23,4	21,3	15,4
Std. Abweichung	7,1	12,1	7,4
Median	23,5	19,2	14,9
LSD-Klasse	B	B	A
p (AOV)	0,002 **		

Tab. 15: Plaquereduktionen an Zahnhals-, Approximal- und Glattflächen für die Handzahnbürste. An Glattflächen und Zahnhälsen konnte hochsignifikant mehr Plaque entfernt werden als im Approximalraum.

### b) Oral-B 3D Excel

Die mittleren Plaquereduktionen an Zahnhälsen und Glattflächen mit der Oral-B 3D Excel betragen  $27,6 \pm 8,6$  % bzw.  $26,3 \pm 11,5$  %. Approximal wurde eine Plaquereduktion von  $14,6 \pm 6,0$  % erreicht (Abb. 54, Tab. 16).

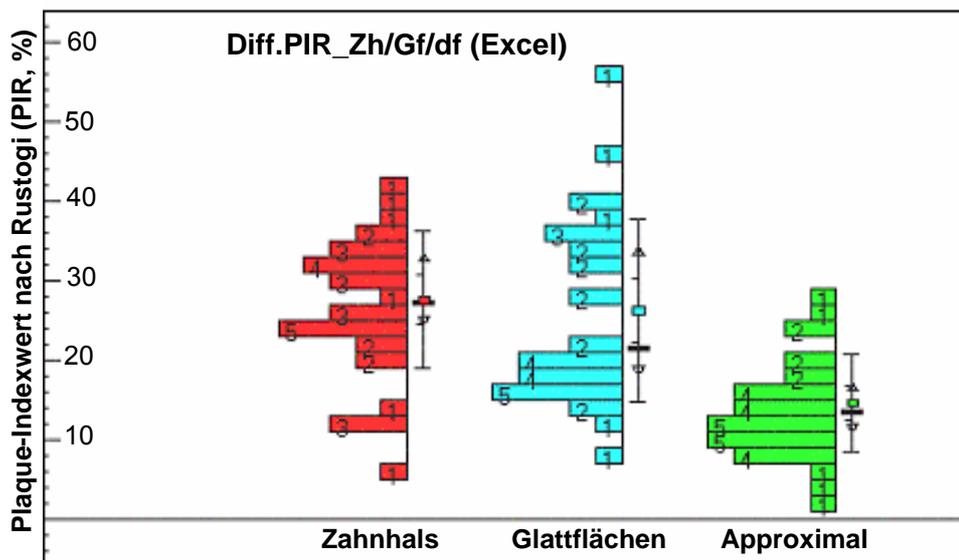


Abb. 54: Plaquereduktionen an Zahnhals-, Approximal- und Glattflächen für Oral-B 3D Excel

Zwischen den erzielten Plaquereduktionen konnte mittels Varianzanalyse ein höchstsignifikanter Unterschied nachgewiesen werden ( $p = 0,000$ ), wobei die Plaqueentfernung an Zahnhälsen und Glattflächen signifikant besser war (LSD-Test: Cluster B) als an den approximalen Zahnflächen (LSD-Test: Cluster A).

X-Variable	Zahnhals	Glattflächen	Approximal
N	33	33	33
Mittelwert	27,6	26,3	14,6
Std. Abweichung	8,6	11,5	6,0
Median	27,2	21,6	13,4
LSD-Klasse	B	B	A
p (AOV)	0,000 ***		

Tab. 16: Plaquereduktionen an Zahnhals-, Approximal- und Glattflächen für die Oral-B 3D Excel. An Glattflächen und Zahnhälsen konnte höchstsignifikant mehr Plaque entfernt werden als im Approximalraum.

### c) Schallzahnbürste Cybersonic

An den Glattflächen entfernten die Probanden mit der Schallzahnbürste durchschnittlich  $24,0 \pm 13,3$  % der Plaque, an den Zahnhalsflächen  $22,2 \pm 6,9$  % und an den Approximalflächen  $11,4 \pm 7,1$  % (Abb. 55 und Tab. 17).

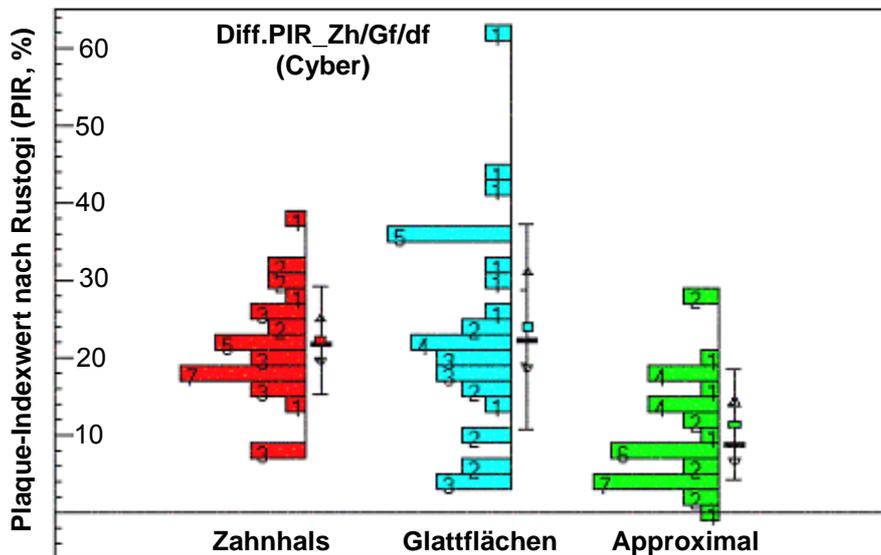


Abb. 55: Plaquereduktion an Zahnhals-, Approximal- und Glattflächen für die Schallzahnbürste Cybersonic

Die Varianzanalyse ergab höchstsignifikante Unterschiede ( $p(\text{AOV}) = 0,000$ ) zwischen den Zahnflächen. Die Plaquereduktion war an Zahnhälsen und Glattflächen signifikant größer als an den approximalen Zahnflächen. Die Zuordnung nach LSD-Test erfolgte nach gleichem Schema wie bereits für Handzahnbürste und Oral-B 3D Excel beschrieben: die erzielten mittleren Plaquereduktionen waren an Glattflächen und Zahnhälsen signifikant größer als approximal (LSD-Test – Glattflächen und Zahnhälsen: Cluster B, Approximal: Cluster A).

X-Variable	Zahnhals	Glattflächen	Approximal
N	33	33	33
Mittelwert	22,3	24,0	11,4
Std. Abweichung	7,0	13,3	7,2
Median	21,7	22,2	8,8
LSD-Klasse	B	B	A
p (AOV)	0,000 ***		

Tab. 17: Plaquereduktion an Zahnhals-, Approximal- und Glattflächen für die Cybersonic. An Glattflächen und Zahnhälsen konnte höchstsignifikant mehr Plaque entfernt werden als im Approximalraum.

#### d) Gegenüberstellung der Testzahnbürsten

Bei allen drei Testzahnbürsten zeigte sich an Glattflächen und Zahnhälsen eine bessere Reinigungsfähigkeit gegenüber den approximalen Zahnflächen. Bei allen drei Testzahnbürsten wurde mittels LSD-Test die erzielte Plaquereduktion für den Zahnhals- und Glattflächenbereich dem Cluster B zugeordnet, während für die Reduktion an den Approximalflächen Cluster A bestimmt wurde. In Abbildung 54 wurden die durchschnittlichen Plaquereduktionen für die einzelnen Flächenareale zusammenfassend einander gegenübergestellt:

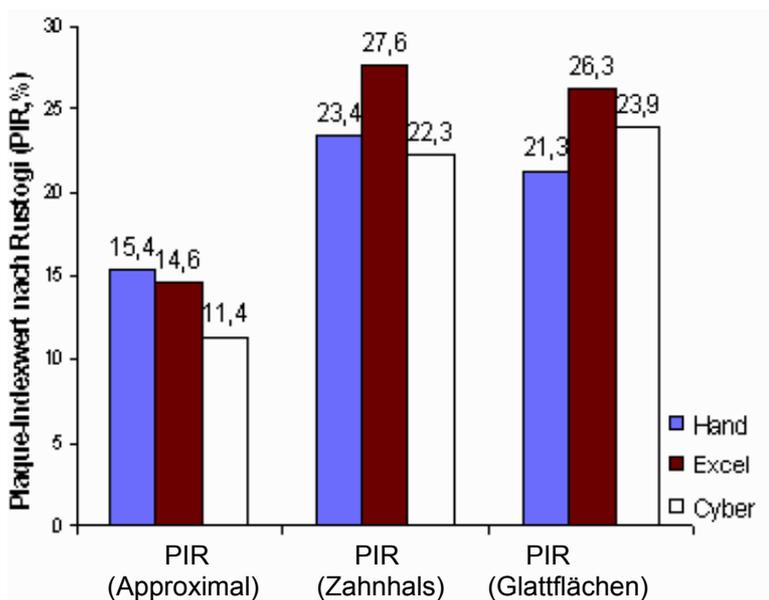


Abb. 56: Gegenüberstellung der Plaquereduktionen approximal, zervikal und an Glattflächen durch die Testzahnbürsten

#### 4.2.2.8 Plaqueentfernung im Ober- und Unterkiefer

Die Plaqueentfernung durch die drei Testzahnbürsten differierte im Oberkiefer nicht signifikant,  $p(\text{AOV}) = 0,067$  (Abb. 57 und Tab. 18). So entfernte die Oral-B 3D Excel durchschnittlich  $25,9 \pm 6,0 \%$ , die Handzahnbürste  $23,7 \pm 6,9 \%$  und die Schallzahnbürste Cybersonic  $22,3 \pm 6,3 \%$  der Plaque.

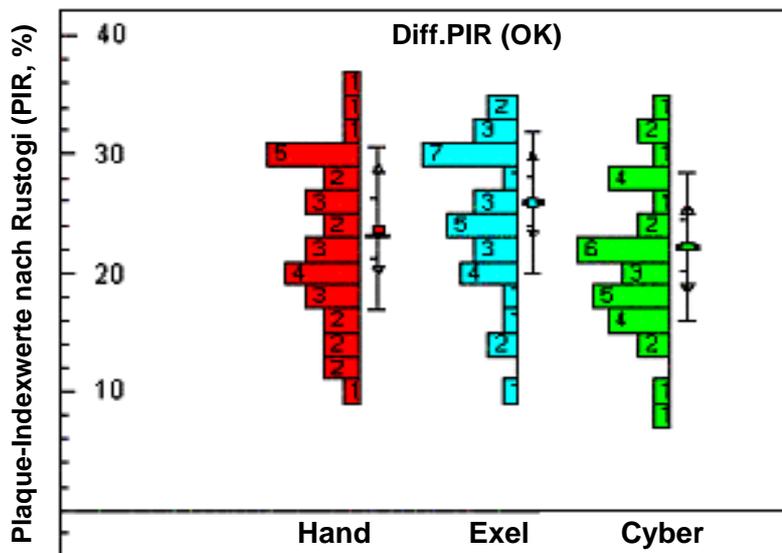


Abb. 57: Plaquereduktion im Oberkiefer

Mittels LSD-Test konnte eine signifikante Differenzierung zwischen der Oral-B 3D Excel (Cluster B) und der Schallzahnbürste Cybersonic (Cluster A) nachgewiesen werden. Die rotierend-oszillierende 3D Excel entfernte somit geringfügig mehr Plaque als die Schallzahnbürste.

X-Variable	Hand	Excel	Cyber
N	32	33	33
Mittelwert	23,8	26,9	22,3
Std. Abweichung	6,9	6,0	6,3
Median	23,1	25,9	22,1
LSD-Klasse	AB	B	A
p (AOV)	0,067 n.s.		

Tab. 18: Plaquereduktion im Oberkiefer. Mittels Varianzanalyse konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Testbürsten gefunden werden. Mittels LSD-Test konnte eine bessere Plaquereduktion der 3D Excel gegenüber der Schallbürste Cybersonic nachgewiesen werden.

Im Unterkiefer gelang mit der rotierend-oszillierenden Oral-B 3D Excel die größte mittlere Plaquereduktion um  $19,1 \pm 5,0$  %. Mit der Handzahnbürste erzielten die Probanden eine durchschnittliche Plaquereduktion um  $16,3 \pm 5,4$  % und mit der Schallzahnbürste Cybersonic um  $15,1 \pm 5,6$  % (Abb. 58 und Tab. 19).

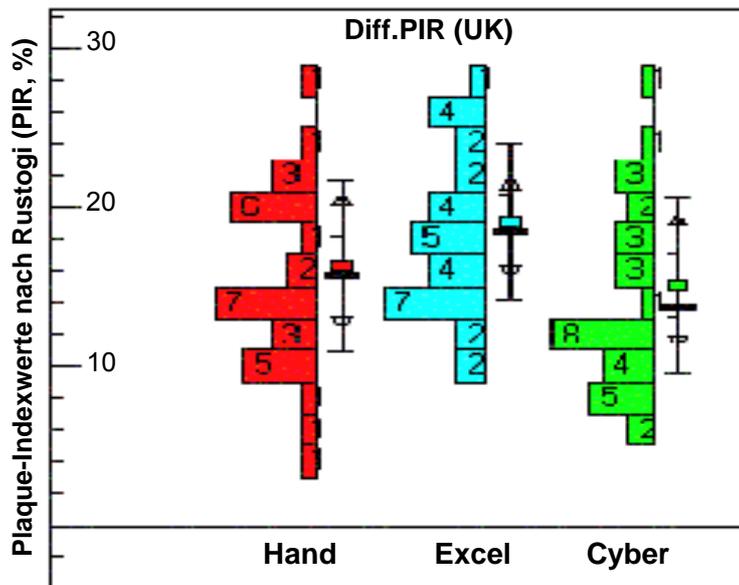


Abb. 58: Plaquereduktion im Unterkiefer

Die Plaquereduktionen der Testzahnbürsten unterschieden sich, nach Durchführung der Varianzanalyse, signifikant voneinander ( $p = 0,010$ ). Die Untersuchung mittels LSD-Test ergab eine signifikant bessere Plaqueentfernung der Oral-B 3D Excel (Cluster B) gegenüber den beiden anderen Testzahnbürsten ( $p$  (AOV) = 0,010).

X-Variable	Hand	Excel	Cyber
N	32	33	33
Mittelwert	16,3	19,1	15,1
Std. Abweichung	5,4	5,0	5,6
Median	15,8	18,5	13,6
LSD-Klasse	A	B	A
p (AOV)	0,010 *		

Tab. 19: Plaquereduktion im Unterkiefer. Die 3D Excel entfernte geringfügig, jedoch signifikant mehr Plaque.

#### 4.2.2.9 Unterschiede der Plaquereduktionen im Ober- und Unterkiefer für die jeweilige Testzahnbürste

Die getrennte Untersuchung der Reinigungswirkung im Ober- und Unterkiefer für alle drei Testzahnbürsten ergab eine höchstsignifikant bessere Plaquereduktion im Oberkiefer mit durchschnittlich  $24,0 \pm 6,5$  %

gegenüber der Plaquerentfernung im Unterkiefer mit durchschnittlich  $16,8 \pm 5,5 \%$  ( $p = 0,000$ ).

a) Handzahnbürste Oral-B P35

Mit der Handzahnbürste erreichten die Probanden im Oberkiefer eine mittlere Plaquereduktion von  $23,7 \pm 6,9 \%$  und im Unterkiefer von  $16,3 \pm 5,4 \%$  (Abb. 59 und Tab. 20).

Unter Durchführung des gepaarten t-Tests für abhängige Stichproben konnte eine höchstsignifikant bessere Plaquerentfernung im Oberkiefer nachgewiesen werden ( $p(t) = 0,000$ ).

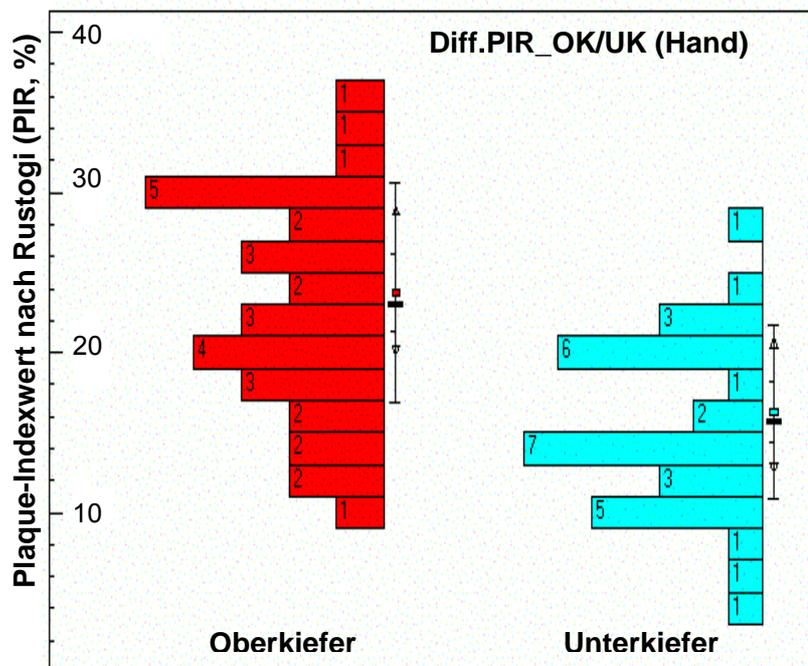


Abb. 59: Plaquereduktionen im Ober- und Unterkiefer für die Handzahnbürste Oral-B P35

X-Variable	Oberkiefer	Unterkiefer
N	32	32
Mittelwert	23,7	16,3
Std. Abweichung	6,9	5,4
Median	23,1	15,8
p (t)	0,000 ***	

Tab. 20: Plaquereduktionen im Ober- und Unterkiefer für die Handzahnbürste. Im Oberkiefer wurde höchstsignifikant mehr Plaque entfernt.

### b) Oral-B 3D Excel

Im Oberkiefer entfernten die Probanden durchschnittlich  $26,0 \pm 6,0$  %, im Unterkiefer  $19,1 \pm 5,0$  % der Plaque (Abb. 60 und Tab. 21).

Die statistische Untersuchung mit dem gepaarten t-Test ergab für die Reinigung im Oberkiefer eine höchstsignifikant bessere Plaquereduktion im Vergleich zur Reinigung im Unterkiefer ( $p(t) = 0,000$ ).

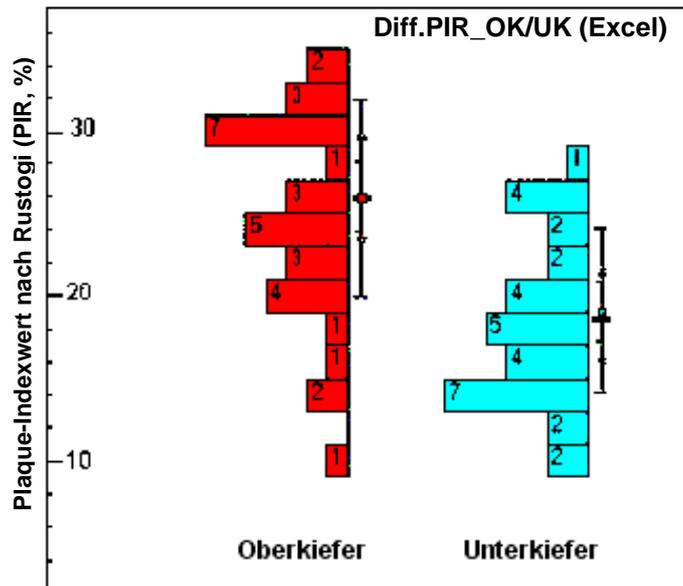


Abb. 60: Plaquereduktionen im Ober- und Unterkiefer bei Oral-B 3D Excel

X-Variable	Oberkiefer	Unterkiefer
N	33	33
Mittelwert	26,0	19,1
Std. Abweichung	6,0	5,0
Median	25,9	18,5
p (t)	0,000 ***	

Tab. 21: Plaquereduktionen im Ober- und Unterkiefer für die Oral-B 3D Excel. Im Oberkiefer wurde höchstsignifikant mehr Plaque entfernt.

### c) Schallzahnbürste Cybersonic

Die Probanden erzielten im Oberkiefer mit der Cybersonic eine mittlere Plaquereduktion von  $22,3 \pm 6,3$  % und im Unterkiefer von  $15,1 \pm 5,6$  % (Abb. 61, Tab. 22).

Mittels gepaartem t-Test wurde ebenfalls eine höchstsignifikant bessere Plaqueentfernung im Oberkiefer nachgewiesen ( $p(t) = 0,000$ ).

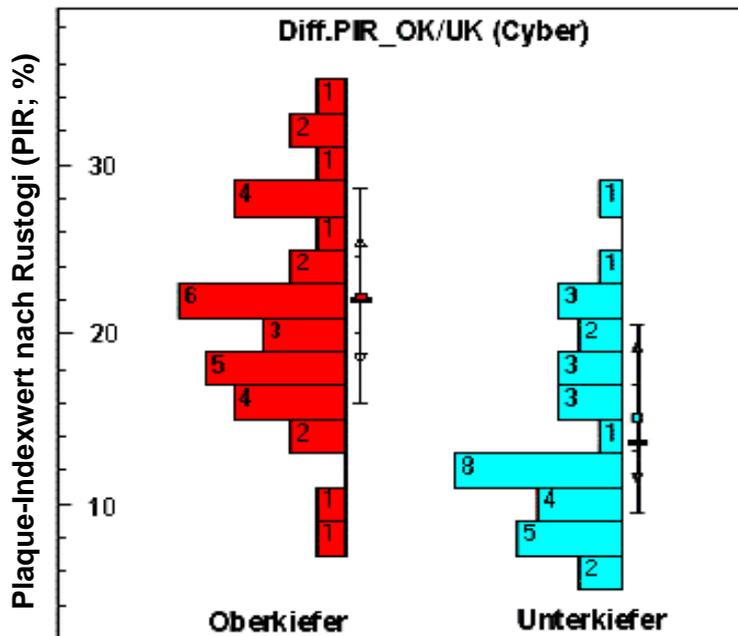


Abb. 61: Plaquereduktionen im Ober- und Unterkiefer unter Verwendung der Cybersonic Testzahnbürste

X-Variable	Oberkiefer	Unterkiefer
N	33	33
Mittelwert	22,3	15,1
Std. Abweichung	6,3	5,6
Median	22,1	13,6
p (AOV)	0,000 ***	

Tab. 22: Plaquereduktionen im Ober- und Unterkiefer für die Cybersonic. Im Oberkiefer wurde signifikant mehr Plaque entfernt als im Unterkiefer.

#### 4.2.2.10 Plaquerentfernung an Molaren, Prämolaren und Frontzähnen

##### a) Plaquereduktion an den Molaren

Nach 60-sekündiger Zahnreinigung mit der Oral-B 3D Excel erzielten die Probanden eine mittlere Plaquereduktion von  $20,3 \pm 7,0$  %. Unter Anwendung der Schallzahnbürste Cybersonic gelang eine mittlere Plaquereduktion um  $16,6 \pm 7,0$  % und mit der Handzahnbürste um  $15,5 \pm 5,5$  % (Abb. 62 und Tab. 23).

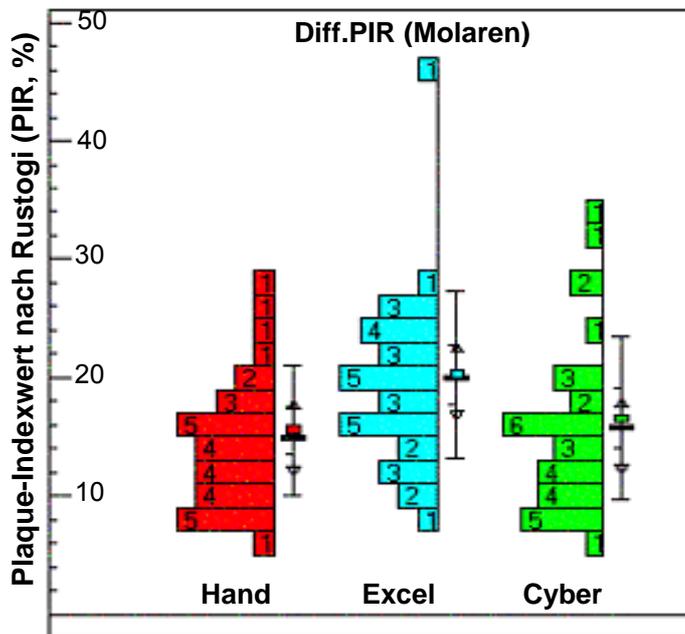


Abb. 62: Plaquereduktion an Molaren

Für jede der drei Testzahnbürsten wurde eine jeweils höchstsignifikante Plaquereduktion erzielt (t-Test für gepaarte Stichproben:  $p = 0,000$ ). Die Signifikanz der unterschiedlichen Plaquereduktionen konnte unter Durchführung der einfaktoriellen Varianzanalyse belegt werden ( $p = 0,011$ ). Der LSD-Test ergab eine bessere Plaqueentfernung durch die Oral-B 3D Excel (Cluster B) gegenüber der Schall- oder Handzahnbürste (Cluster A).

X-Variable	Hand	Excel	Cyber
N	32	33	33
Mittelwert	15,5	20,3	16,6
Std. Abweichung	5,5	7,0	7,0
Median	14,9	20,0	15,7
LSD-Klasse	A	B	A
p (AOV)	0,011 *		

Tab. 23: Plaquereduktion an Molaren. Mit der Oral-B 3D Excel Zahnbürste konnte signifikant mehr Plaque entfernt werden als mit der Hand- und Schallzahnbürste

### b) Plaquereduktion an den Prämolaren

Die größten mittleren Plaquereduktionen erzielten die Probanden an den Prämolaren mit der Handzahnbürste um  $25,0 \pm 7,1$  % und der Oral-B 3D Excel um  $24,9 \pm 6,8$  %. Mit der Schallzahnbürste Cybersonic gelang eine mittlere Plaquereduktion um  $21,7 \pm 7,1$  % (Abb. 63, Tab. 24).

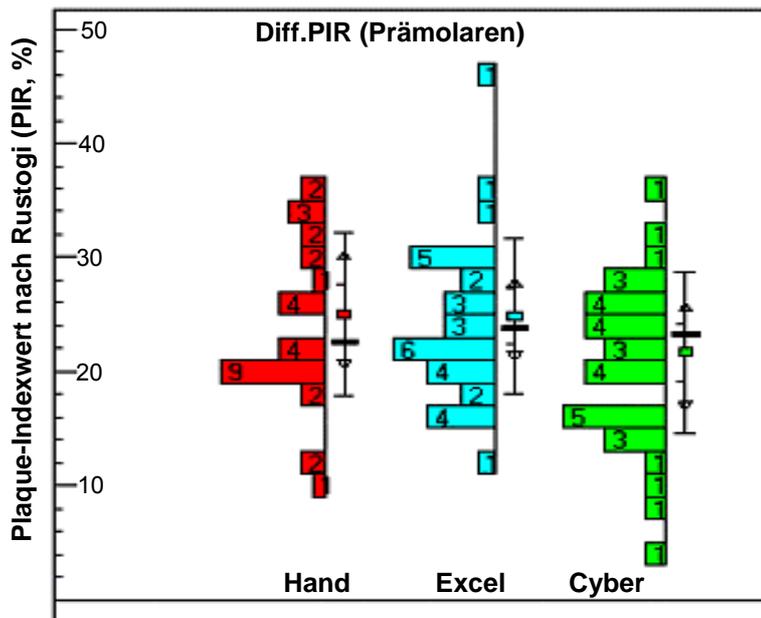


Abb. 63: Plaquereduktion an Prämolaren

Die Plaquereduktion war für jede der drei Testzahnbürsten höchstsignifikant (t-Test für gepaarte Stichproben:  $p = 0,000$ ). Es konnte allerdings, unter Durchführung der einfaktoriellen Varianzanalyse, kein signifikanter Unterschied zwischen den Testbürsten nachgewiesen werden ( $p = 0,094$ ). Der LSD-Test ergab für keine der Testzahnbürsten eine bessere Plaquerentfernung an den Prämolaren.

X-Variable	Hand	Excel	Cyber
N	32	33	33
Mittelwert	25,0	24,9	21,7
Std. Abweichung	7,1	6,8	7,1
Median	22,6	23,9	23,3
LSD-Klasse	A	A	A
p (AOV)	0,094 n.s.		

Tab. 24: Plaquereduktion an den Prämolaren. Keine Testzahnbürste entfernte signifikant mehr Plaque.

### c) Plaquereduktion an den Frontzähnen

An den Frontzähnen erreichten die Probanden mit der oszillierend-rotierenden Oral-B 3D Excel eine mittlere Plaquereduktion von  $23,4 \pm 7,5$  %. Mit der Handzahnbürste erzielten die Probanden eine mittlere Plaquereduktion von  $20,6 \pm 6,1$  % und mit der Schallzahnbürste Cybersonic von  $18,3 \pm 6,3$  % (Abb. 64 und Tab. 25).

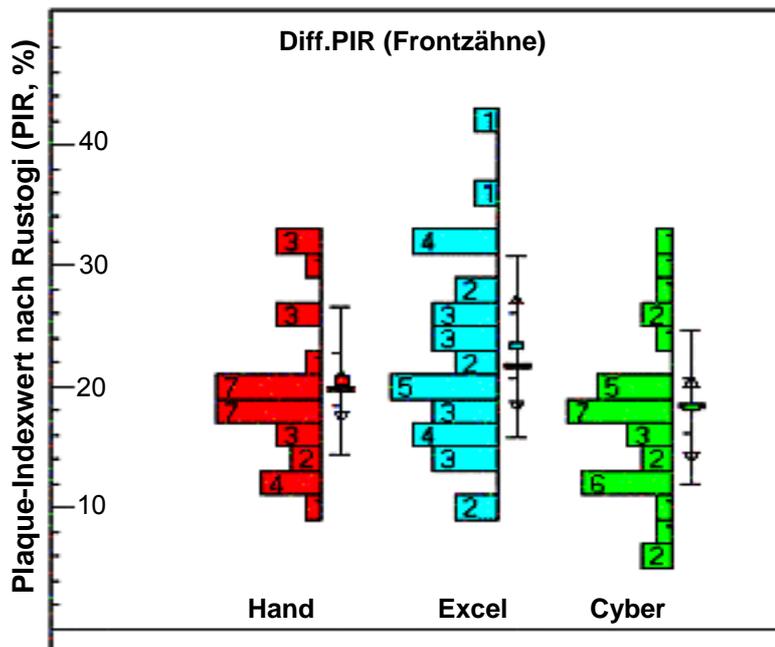


Abb. 64: Plaquereduktion an Frontzähnen

Unter Durchführung des t-Tests für gepaarte Stichproben konnte für jede der drei Testzahnbürsten eine höchstsignifikante Plaquereduktion nachgewiesen werden ( $p = 0,000$ ). Die Untersuchung mittels einfaktorieller Varianzanalyse ergab signifikante ( $p = 0,012$ ) Unterschiede zwischen den Testzahnbürsten.

Der LSD-Test ergab für die Schallzahnbürste Cybersonic Cluster A und damit eine geringere Plaquereduktion als mit der rotierend-oszillierenden 3D Excel möglich war (Cluster B). Die Plaquereduktion der Handzahnbürste (Cluster AB) unterschied sich dagegen weder signifikant gegenüber der Schallzahnbürste, noch gegenüber der Oral-B 3D Excel.

X-Variable	Hand	Excel	Cyber
N	32	33	33
Mittelwert	20,6	23,4	18,3
Std. Abweichung	6,1	7,5	6,3
Median	19,8	21,7	18,3
LSD-Klasse	AB	B	A
p (AOV)	0,012 *		

Tab. 25: Plaquereduktion an Frontzähnen. Die Oral-B 3D Excel entfernte signifikant mehr Plaque als die Schallzahnbürste. Die Plaquereduktion durch die Handzahnbürste unterschied sich weder signifikant gegenüber der 3D Excel, noch gegenüber der Cybersonic.

#### 4.2.2.11 Unterschiede der Plaquereduktionen an Molaren, Prämolaren und Frontzähnen für die jeweilige Testzahnbürste

##### a) Handzahnbürste

An den Prämolaren gelang den Probanden die größte mittlere Plaquereduktion mit durchschnittlich  $25,0 \pm 7,1$  % (LSD-Test: Cluster C). An Frontzähnen und Molaren erreichten die Probanden eine mittlere Reduktion um  $20,6 \pm 6,1$  % (LSD-Test: Cluster B) bzw.  $15,6 \pm 5,5$  % (LSD-Test: Cluster A, Abb. 65 und Tab. 26).

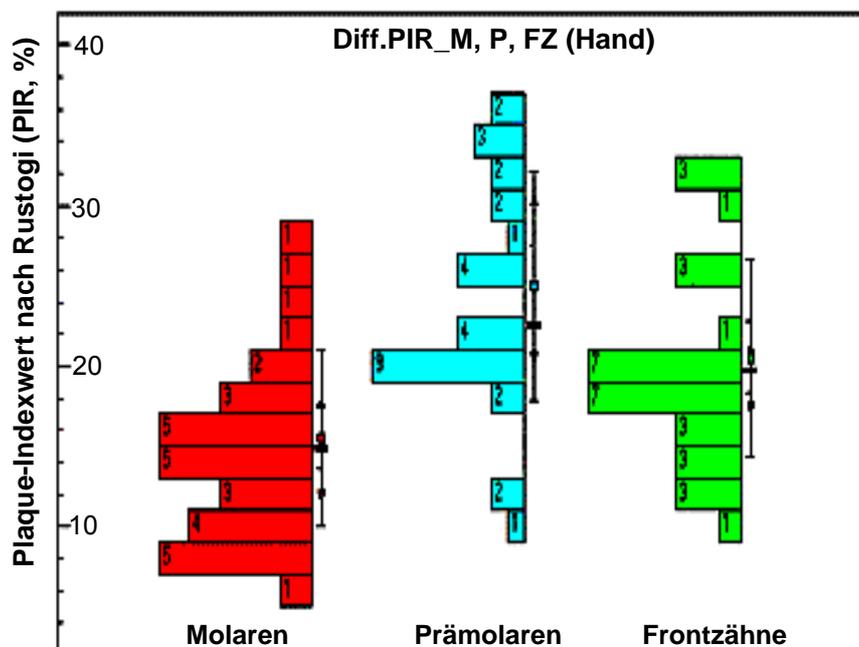


Abb. 65: Plaquereduktionen an Molaren, Prämolaren und Frontzähnen unter Verwendung der Handzahnbürste

Mit der Handzahnbürste wurde signifikant mehr Plaque an den Prämolaren als an Frontzähnen oder Molaren entfernt ( $p$  (AOV) = 0,000). An Molaren gelang den Probanden die geringste Plaquereduktion.

X-Variable	Molaren	Prämolaren	Frontzähne
N	32	32	32
Mittelwert	15,5	25,0	20,6
Std. Abweichung	5,5	7,1	6,1
Median	14,9	22,6	19,8
LSD-Klasse	A	C	B
$p$ (AOV)	0,000 ***		

Tab. 26: Plaquereduktion an Molaren, Prämolaren und Frontzähnen unter Verwendung der Handzahnbürste. An Prämolaren konnte höchstsignifikant mehr Plaque entfernt werden als an Molaren und Frontzähnen.

#### b) Oral-B 3D Excel

Die größte mittlere Plaquereduktion erzielten die Probanden mit der Oral-B 3D Excel an den Prämolaren mit  $24,9 \pm 6,8$  % (LSD-Test: Cluster B) und Frontzähnen mit  $23,4 \pm 7,5$  % (LSD-Test: Cluster AB). An Molaren erreichten die Teilnehmer durchschnittlich eine Plaquereduktion von  $20,3 \pm 7,0$  % (Abb. 66 und Tab. 27).

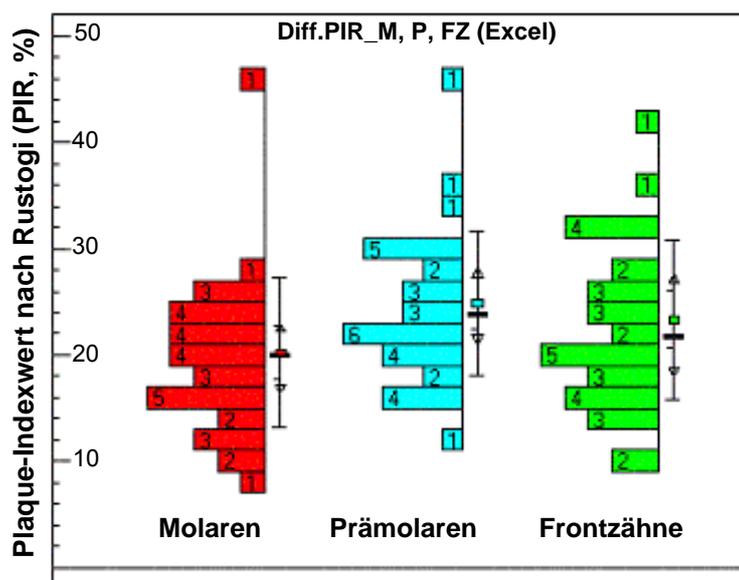


Abb. 66: Plaquereduktionen an Molaren, Prämolaren und Frontzähnen für die Oral-B 3D Excel

Die einfaktorielle Varianzanalyse ergab signifikante Unterschiede zwischen den Testzahnbürsten ( $p(\text{AOV}) = 0,030$ ). Die Durchführung des LSD-Tests belegt, dass an den Prämolaren (Cluster B) signifikant mehr Plaque als an den Molaren (Cluster A) entfernt wurde. Die Zuordnung der Plaquereduktion an den Frontzähnen zu Cluster AB zeigt, dass kein signifikanter Unterschied im Vergleich zur Reduktion an Molaren oder Prämolaren bestand.

X-Variable	Molaren	Prämolaren	Frontzähne
N	33	33	33
Mittelwert	20,3	24,9	23,4
Std. Abweichung	7,0	6,8	7,5
Median	20,0	23,9	21,7
LSD-Klasse	A	B	AB
p (AOV)	0,030 *		

Tab. 27: Plaquereduktion an Molaren, Prämolaren und Frontzähnen unter Verwendung der Oral-B 3D Excel. An Prämolaren konnte höchstsignifikant mehr Plaque entfernt werden als an den Molaren oder Frontzähnen.

### c) Schallzahnbürste Cybersonic

An den Prämolaren gelang den Probanden die größte mittlere Plaquereduktion mit  $21,7 \pm 7,1$  % (LSD-Test: Cluster B). An den Molaren und Frontzähnen betragen die mittleren Reduktionen  $16,6 \pm 7,0$  % bzw.  $18,3 \pm 6,3$  % (Abb. 67 und Tab. 28).

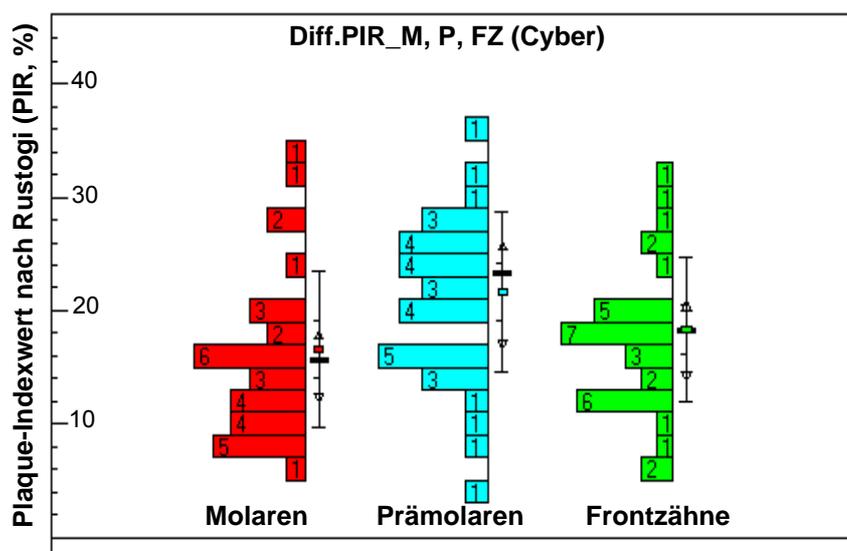


Abb. 67: Plaquereduktion an Molaren, Prämolaren, Frontzähnen für Cybersonic

Die Plaquereduktionen an den Molaren, Prämolaren und Frontzähnen war signifikant unterschiedlich ( $p(\text{AOV}) = 0,011$ ). Der LSD-Test ergab eine signifikant bessere Plaqueentfernung an den Prämolaren (Cluster B) gegenüber der Plaquereduktion an Molaren und Frontzähnen (Cluster A).

<b>X-Variable</b>	<b>Molaren</b>	<b>Prämolaren</b>	<b>Frontzähne</b>
N	33	33	33
Mittelwert	16,6	21,7	18,3
Std. Abweichung	7,0	7,1	6,3
Median	15,7	23,3	18,3
LSD-Klasse	A	B	A
p (AOV)	0,011 *		

Tab. 28: Plaquereduktion an Molaren, Prämolaren und Frontzähnen unter Verwendung der Cybersonic. An Prämolaren war die Plaque-reduktion signifikant größer als an Molaren oder Frontzähnen.

### 4.3 Bürstläsionen

Nachfolgend wird die Häufigkeit von Bürstläsionen vor, nach und im Vergleich vor und nach der 60-sekündigen Zahnreinigung beschrieben.

#### 4.3.1 Häufigkeit von Bürstläsionen vor der 60-sekündigen Zahnreinigung

##### 4.3.1.1 Bürstläsionen unter Verwendung der Handzahnbürste

Durch Putzen mit der Handzahnbürste ergaben sich vestibulär (Ober- und Unterkiefer) mit  $0,13 \pm 0,34$  weniger Bürstläsionen als lingual mit  $0,25 \pm 0,57$ . Signifikant mehr Läsionen (Friedman-Test:  $p = 0,001$ ) fanden sich palatinal mit  $0,63 \pm 0,80$  (Abb. 68, Tab. 29).

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Median
Palatinal	32	0,63	0,80	0,50
Bukkal Oberkiefer	32	0,13	0,34	0,00
Bukkal Unterkiefer	32	0,13	0,34	0,00
Lingual	32	0,25	0,57	0,00

Tab. 29: Häufigkeit von Bürstläsionen durch die Handzahnbürste vor der 60-sekündigen Zahnreinigung. Palatinal entstanden signifikant mehr Bürstläsionen als bukkal oder lingual.

##### 4.3.1.2 Bürstläsionen unter Verwendung der Oral-B 3D Excel

Durch Putzen mit der rotierend-oszillierenden Zahnbürste Oral-B 3D Excel entstanden vestibulär im Oberkiefer mit  $0,24 \pm 0,44$  weniger Bürstläsionen als an der lingualen oder der vestibulären Gingiva im Unterkiefer mit  $0,36 \pm 0,70$  bzw.  $0,36 \pm 0,55$  (Abb. 68, Tab. 30). Signifikant mehr Verletzungen der Gingiva (Friedman-Test:  $p = 0,021$ ) traten palatinal mit einem Wert von  $0,97 \pm 1,10$  auf.

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Median
Palatinal	33	0,97	1,10	1,00
Bukkal Oberkiefer	33	0,24	0,44	0,00
Bukkal Unterkiefer	33	0,36	0,55	0,00
Lingual	33	0,36	0,70	0,00

Tab. 30: Häufigkeit von Bürstläsionen durch die Oral-B 3D Excel vor der 60-sekündiger Zahnreinigung. Palatinal entstanden signifikant mehr Bürstläsionen als bukkal oder lingual.

#### 4.3.1.3 Bürstläsionen unter Verwendung der Cybersonic

Bei der Zahnreinigung durch die Cybersonic fanden sich vestibulär im Ober- und Unterkiefer weniger Läsionen mit  $0,06 \pm 0,24$  bzw.  $0,09 \pm 0,38$  als an der lingualen Gingiva mit einem Mittelwert von  $0,18 \pm 0,47$ .

Wie auch bereits bei der Oral-B 3D Excel und der Handzahnbürste erzeugten die Probanden signifikant häufiger Bürstläsionen palatinal mit einem durchschnittlichen Wert von  $0,55 \pm 0,79$  (Abb. 68 und Tab. 31).

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Median
Palatinal	33	0,55	0,79	0,00
Bukkal Oberkiefer	33	0,06	0,24	0,00
Bukkal Unterkiefer	33	0,09	0,38	0,00
Lingual	33	0,18	0,47	0,00

Tab. 31: Häufigkeit von Bürstläsionen durch die Cybersonic vor der 60-sekündigen Zahnreinigung. Palatinal entstanden signifikant mehr Bürstläsionen als bukkal oder lingual.

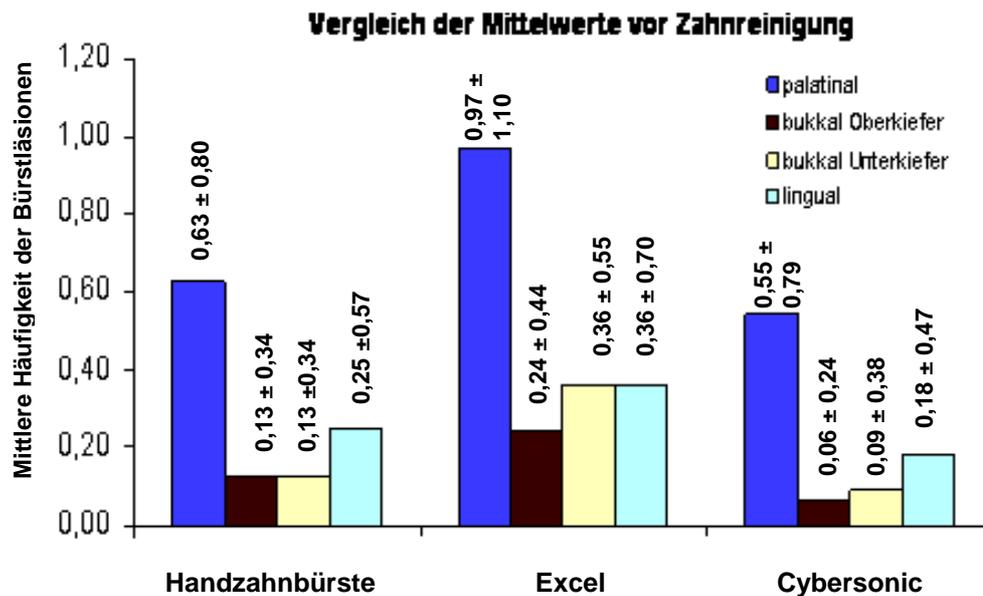


Abb. 68: Übersicht über die Häufigkeit von Bürstläsionen vor der 60-sekündigen Zahnreinigung für alle drei Testzahnbürsten. Palatinal traten bei jeder Testbürste signifikant häufiger Bürstläsionen als vestibulär oder lingual auf.

### 4.3.2 Häufigkeit von Bürstläsionen nach der 60-sekündigen Zahnreinigung

#### 4.3.2.1 Bürstläsionen unter Verwendung der Handzahnbürste

Bei der Zahnreinigung mit der Handzahnbürste fanden sich vestibulär im Unterkiefer die wenigsten Läsionen mit  $0,22 \pm 0,42$ . Lingual entstanden mit  $0,34 \pm 0,60$  geringfügig weniger Bürstläsionen als vestibulär im Oberkiefer mit  $0,41 \pm 0,71$ . Die signifikant (Friedman-Test:  $p = 0,000$ ) häufigsten Bürstläsionen fanden sich an der palatinalen Gingiva mit einem durchschnittlichen Wert um  $1,16 \pm 1,05$  (Abb. 69 und Tab. 32).

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Median
Palatinal	32	1,16	1,05	1,00
Bukkal Oberkiefer	32	0,41	0,71	0,00
Bukkal Unterkiefer	32	0,22	0,42	0,00
Lingual	32	0,34	0,60	0,00

Tab. 32: Häufigkeit von Bürstläsionen durch die Handzahnbürste nach der 60-sekündigen Zahnreinigung. Palatinal entstanden mehr Bürstläsionen als bukkal oder lingual.

#### 4.3.2.2 Bürstläsionen unter Verwendung der Oral-B 3D Excel

Bei der Zahnreinigung mit der Oral-B 3D Excel fanden sich vestibulär im Oberkiefer die wenigsten Läsionen mit  $0,55 \pm 0,67$ . Lingual entstanden mit  $0,61 \pm 0,75$  geringfügig weniger Bürstläsionen als vestibulär im Unterkiefer mit  $0,70 \pm 0,73$ . Signifikant (Friedman-Test:  $p = 0,000$ ) mehr Bürstläsionen fanden sich an der palatinalen Gingiva mit einem durchschnittlichen Wert um  $1,79 \pm 1,62$  (Abb. 69 und Tab. 33).

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Median
Palatinal	33	1,79	1,62	1,00
Bukkal Oberkiefer	33	0,55	0,67	0,00
Bukkal Unterkiefer	33	0,70	0,73	1,00
Lingual	33	0,61	0,75	0,00

Tab. 33: Häufigkeit von Bürstläsionen durch die Oral-B 3D Excel nach der 60-sekündigen Zahnreinigung. Palatinal entstanden mehr Bürstläsionen als bukkal oder lingual.

#### 4.3.2.3 Bürstläsionen unter Verwendung der Cybersonic

Bei der Zahnreinigung mit der Schallbürste Cybersonic fanden sich vestibulär im Oberkiefer die wenigsten Läsionen mit einer durchschnittlichen Häufigkeit von  $0,55 \pm 0,67$ . Lingual entstanden mit  $0,61 \pm 0,75$  geringfügig weniger Bürstläsionen als vestibulär im Unterkiefer mit  $0,70 \pm 0,73$ . Signifikant (Friedman-Test:  $p = 0,000$ ) mehr Bürstläsionen fanden sich an der palatinalen Gingiva mit einem durchschnittlichen Wert um  $1,06 \pm 1,14$  (Abb. 69 und Tab. 34).

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Median
Palatinal	33	1,06	1,14	1,00
Bukkal Oberkiefer	33	0,39	0,36	0,00
Bukkal Unterkiefer	33	0,21	0,49	0,00
Lingual	33	0,24	0,50	0,00

Tab. 34: Häufigkeit von Bürstläsionen durch die Cybersonic nach der 60-sekündigen Zahnreinigung. Palatinal entstanden mehr Bürstläsionen als bukkal oder lingual.

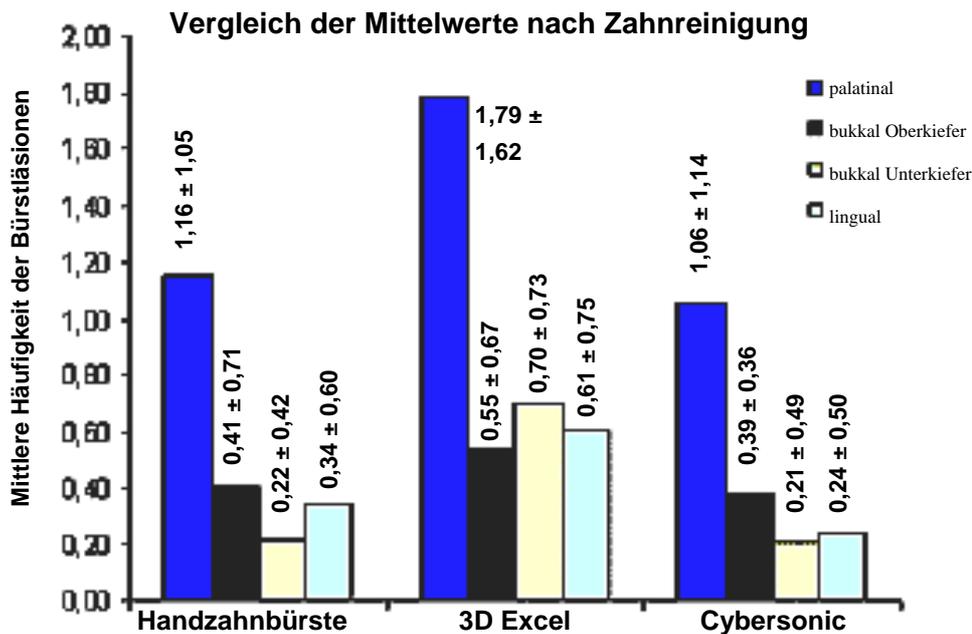


Abb. 69: Übersicht über die Häufigkeit von Bürstläsionen nach der 60-sekündigen Zahnreinigung für alle drei Testzahnbürsten. Palatinal traten bei jeder Testbürste signifikant häufiger Bürstläsionen als vestibulär oder lingual auf.

### 4.3.3 Größe der Bürstläsionen

Die getrennte Untersuchung der Bürstläsionen nach der Größe ergab bei Verwendung der Handzahnbürste 66 Bürstläsionen des ersten Grades ( $\varnothing < 5$  mm) und eine Bürstläsion des zweiten Grades ( $\varnothing > 5$  mm). Unter Verwendung der rotierend-oszillierenden 3D Excel Testbürste fand man 112 Läsionen ersten Grades und 5 Läsionen zweiten Grades. Unter Verwendung der Schallbürste Cybersonic traten 55 Läsionen ersten Grades und keine Läsion zweiten Grades auf.

Die rotierend-oszillierende Testbürste Oral-B 3D Excel bewirkte gegenüber der Hand- und Schallbürste damit tendenziell mehr Bürstläsionen des ersten und zweiten Grades. Statistisch ergab der Kruskal-Wallis-Test für die 3D Excel Testbürste kein signifikant häufigeres Auftreten von Bürstläsionen des zweiten Grades gegenüber den anderen Zahnbürsten ( $p$  (Grad2\_OK) = 0,117 und  $p$  (Grad2\_UK) = 1,000).

Nach der statistischen Auswertung entstanden mit jeder der drei Testzahnbürsten höchstsignifikant mehr Bürstläsionen des ersten Grades ( $p$  (Hand) = 0,000,  $p$  (Excel) = 0,000,  $p$  (Cyber) = 0,000; Abb. 70).

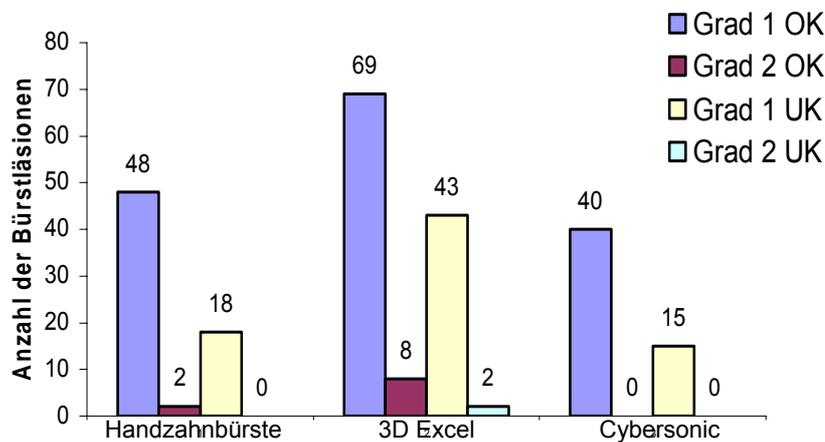


Abb. 70: Anzahl der Bürstläsionen mit Grad 1 ( $\varnothing < 5$  mm) und Grad 2 ( $\varnothing > 5$  mm)

#### 4.3.4 Vergleich der mittleren Häufigkeiten von Bürstläsionen vor und nach der Zahnreinigung

Beim Vergleich der Mittelwerte der Bürstläsionen vor der 60-sekündigen Zahnreinigung (pre-brush-Werte) mit jenen nach Zahnreinigung (post-brush-Werte) ist eine steigende Anzahl der Läsionen oder keine Veränderung der erhobenen „pre-brush“-Läsionen möglich. Es konnte, kein signifikanter Unterschied zwischen pre- und post-brush-Mittelwerten festgestellt werden (Monte-Carlo-Signifikanz:  $p = 0,25$ ; Abb. 71, Tab. 35).

	Palatinal	Bukkal OK	Bukkal UK	Lingual
Z	-1,60	-1,60	-1,60	-1,60
asymptotische Signifikanz	0,11	0,11	0,11	0,11
Monte-Carlo-Signifikanz	0,25	0,25	0,25	0,25

Tab. 35: Wilcoxon-Test für pre-und post-brush- Mittelwerte

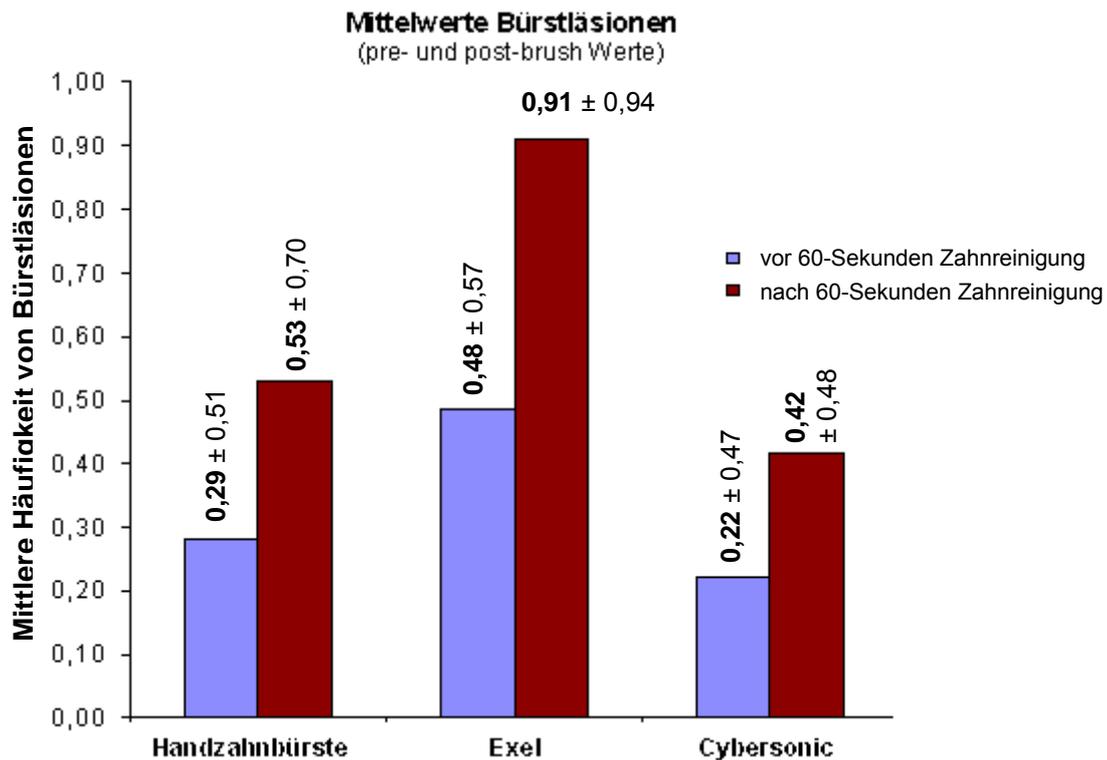


Abb. 71: Häufigkeit von Bürstläsionen vor und nach 60-Sekunden Zahnreinigung

#### 4.3.5 Differenzen der Häufigkeiten von Bürstläsionen nach der Zahnreinigung gegenüber vor der Zahnreinigung

Für den vestibulären Bereich des Unterkiefers konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Testzahnbürsten nachgewiesen werden ( $p$  (AOV) = 0,023, LSD-Test; Abb. 73 und Tab. 38).

Die Oral-B 3D Excel verursachte vestibulär im Unterkiefer mit  $0,33 \pm 0,48$  signifikant mehr Bürstläsionen (Cluster B) als die Hand- oder Schallzahnbürste mit  $0,09 \pm 0,30$  bzw.  $0,12 \pm 0,33$  (Cluster A). Dies konnte zusätzlich anhand des Kruskal-Wallis-Tests belegt werden, unter dessen Durchführung die Testzahnbürste Oral-B 3D Excel die größte Rangzahl erhielt (Tab. 34). Die 3D Excel Testbürste verursachte somit signifikant mehr Bürstläsionen.

	Bürste	N	mittlerer Rang	Mittelwert	Std.Abw
Diff (pal	Handzahnbürste	32	46,56	0,53	0,72
	Excel	33	54,09	<b>0,82</b>	1,02
	Cybersonic	33	47,76	0,52	0,57
Diff buc_OK))	Handzahnbürste	32	51,34	0,28	0,52
	Excel	33	53,55	<b>0,30</b>	0,46
	Cybersonic	33	43,67	0,09	0,38
Diff (buc_UK)	Handzahnbürste	32	45,09	0,09	0,30
	Excel	33	56,83	<b>0,33</b>	0,48
	Cybersonic	33	46,44	0,12	0,33
Diff (lin)	Handzahnbürste	32	47,59	0,09	0,30
	Excel	33	54,88	<b>0,24</b>	0,38
	Cybersonic	33	45,97	0,06	0,24

Tab. 36: Kruskal-Wallis-Test zum Vergleich der Differenzen der Bürstläsionen (post-brush – pre-brush) mit Mittelwert und Standardabweichung

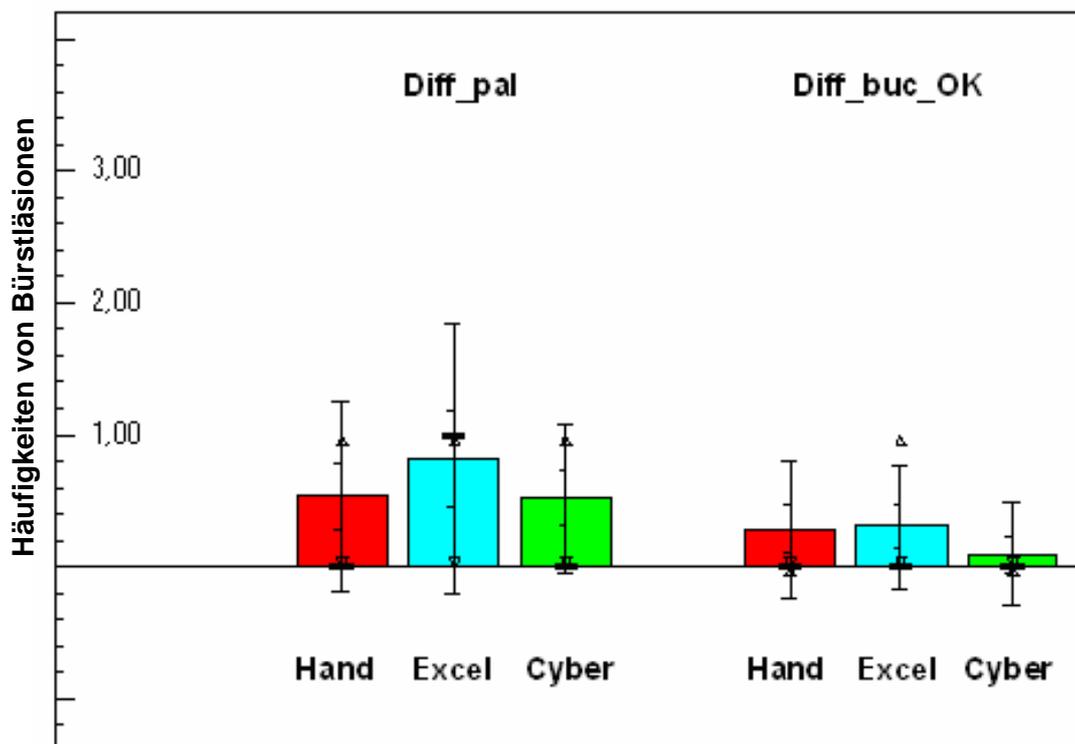


Abb. 72: Differenz der Häufigkeiten von Bürstläsionen nach der Zahnreinigung gegenüber vor der Zahnreinigung an palatinalen und bukkalen Bereichen der Gingiva des Oberkiefers. Statistisch waren keine signifikanten Unterschiede nachweisbar.

<b>Differenz palatinal</b>	N	Mittelwert	Std. Abw.	Median	LSD	p (AOV)
Hand	32	0,53	0,72	0,00	A	<b>0,221</b> n.s.
Excel	33	0,82	1,01	1,00	A	
Cyber	33	0,52	0,57	0,00	A	
<b>Differenz bukkal OK</b>	N	Mittelwert	Std. Abw.	Median	LSD	p (AOV)
Hand	32	0,28	0,52	0,00	A	<b>0,127</b> n.s.
Excel	33	0,30	0,47	0,00	A	
Cyber	33	0,09	0,38	0,00	A	

Tab. 37: Mittlere Häufigkeiten von Bürstläsionen der Testbürsten an der palatinalen und vestibulären Gingiva des Oberkiefers. Statistisch waren keine signifikanten Unterschiede nachweisbar.

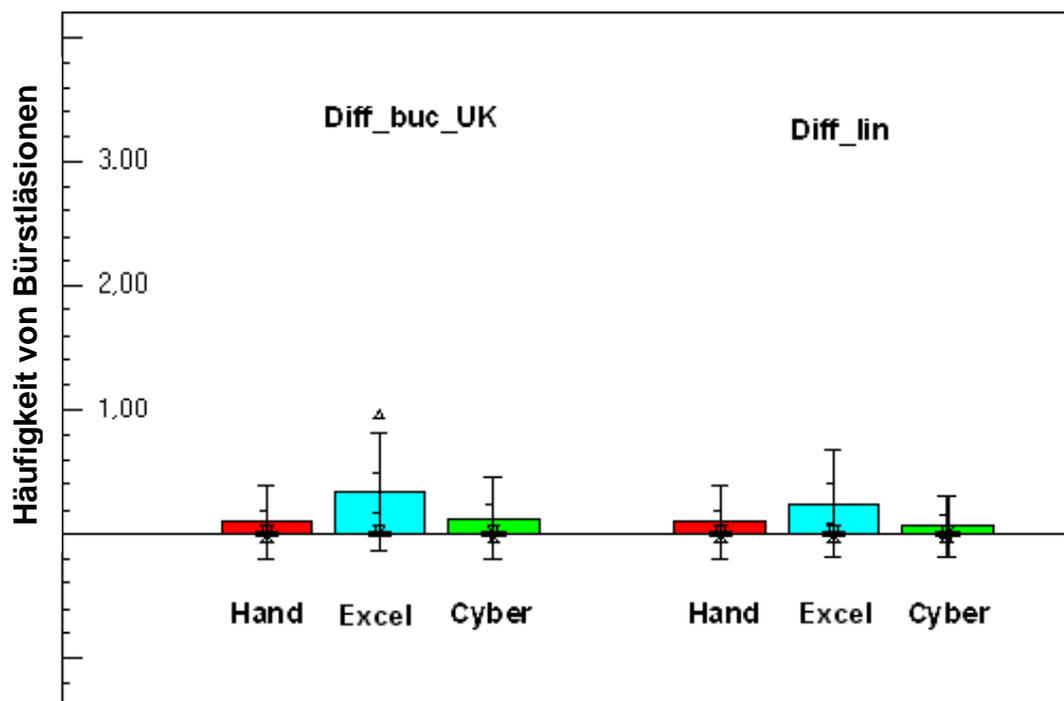


Abb. 73: Differenz der Häufigkeiten von Bürstläsionen nach der Zahnreinigung gegenüber vor der Zahnreinigung an lingualen und bukkalen Bereichen der Gingiva des Unterkiefers. Die Veränderungen der Bürstläsionen ergaben lingual keine signifikanten Unterschiede. Bukkal differieren die Veränderungen der Bürstläsionen allerdings signifikant, wobei die rotierend-oszillierende Zahnbürste 3D Excel die meisten Bürstläsionen hervorrief.

<b>Differenz bukkal UK</b>	N	Mittelwert	Std. Abw.	Median	LSD	p (AOV)
Hand	32	0,09	0,30	0,00	A	<b>0,023 *</b>
Excel	33	0,33	0,48	0,00	B	
Cyber	33	0,12	0,33	0,00	A	
<b>Differenz lingual</b>	N	Mittelwert	Std. Abw.	Median	LSD	p (AOV)
Hand	32	0,09	0,30	0,00	AB	<b>0,069 n.s.</b>
Excel	33	0,24	0,44	0,00	B	
Cyber	33	0,06	0,24	0,00	A	

Tab. 38: Mittlere Häufigkeiten von Bürstläsionen der Testbürsten an der lingualen und vestibulären Gingiva des Unterkiefers. Statistisch war an der vestibulären Gingiva des Unterkiefers ein signifikanter Unterschied nachweisbar.

#### 4.3.6 Korrelation zwischen Bürstläsionen und Plaqueentfernung

Die Untersuchung möglicher Zusammenhänge zwischen den beiden abhängigen Variablen „Bürstläsionen“ (BL) und „Plaqueentfernung“ (PIR) ergab nur für die Testzahnbürste Oral-B 3D Excel signifikante Korrelationen (Abb. 74 und 75).

Eine signifikante negative Korrelation (Kendall Tau-b: 1,000; -0,244) für die Oral-B 3D Excel Testzahnbürste konnte für den Zusammenhang „Plaqueentfernung vestibulär im Oberkiefer und Bürstläsionen vestibulär im Oberkiefer“ gefunden werden (Abb. 74 und Tab. 39).

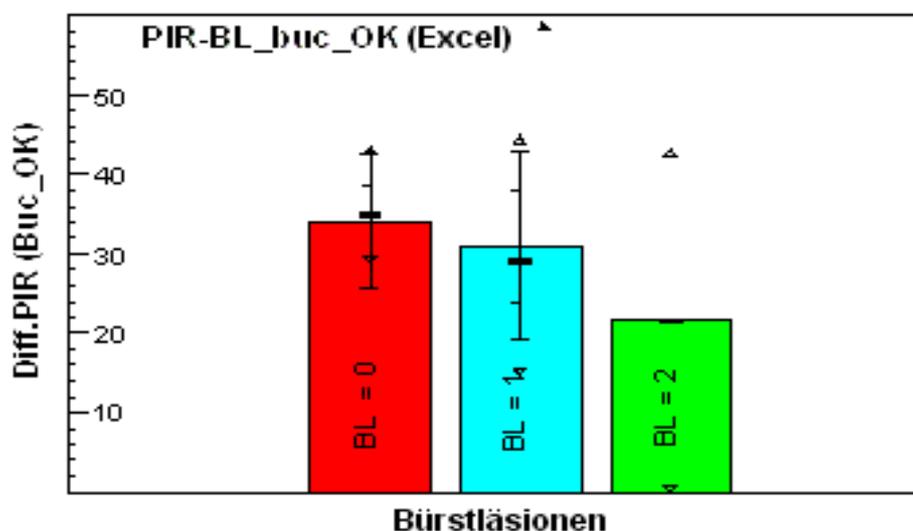


Abb. 74: Negative Korrelation zwischen Plaqueentfernung und Bürstläsionen für Oral-B 3D Excel an der vestibulären Gingiva des Oberkiefers. Je mehr Plaque entfernt wurde, desto geringer war die Häufigkeit an Bürstläsionen.

<b>Bürstläsionen (BL)</b>	<b>Diff. PIR (bukkal OK)</b>				
<b>BL bukkal Oberkiefer</b>	N	Mittelwert	Std. Abw.	Median	LSD
BL = 0	17	34,08	8,40	34,92	B
BL = 1	13	30,97	11,77	29,09	AB
BL = 2	3	21,54	0,10	21,57	A

Tab. 39: Negative Korrelation zwischen Plaqueentfernung und Bürstläsionen für Oral-B 3D Excel an der bukkalen Gingiva im Oberkiefer. Eine signifikant negative Korrelation lag vor, da weniger Bürstläsionen auftraten, je mehr Plaque entfernt wurde.

Die Korrelation „Plaqueentfernung palatinal – Bürstläsionen palatinal“ stellte sich als signifikant positiv dar (Kendall Tau-b: 1,000; 0,031; Abb. 75 und Tab. 40).

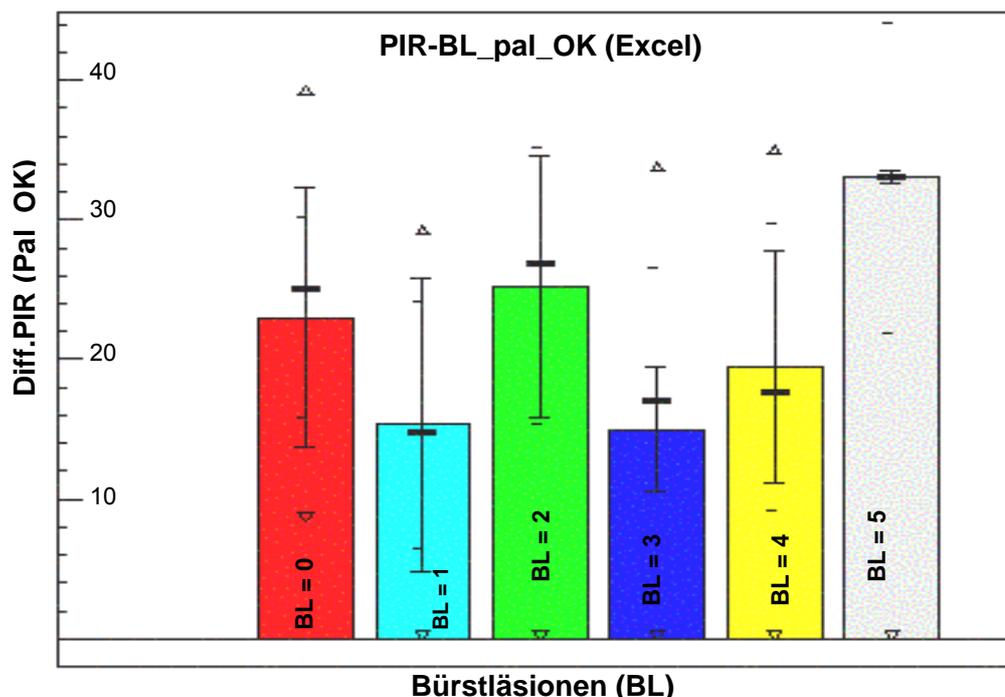


Abb. 75: Positive Korrelation zwischen Plaqueentfernung und Bürstläsionen für Oral-B 3D Excel an der palatinalen Gingiva. Je mehr Plaque entfernt wurde, desto häufiger traten Bürstläsionen auf.

<b>Bürstläsionen (BL)</b>	<b>Diff. PIR (palatinal)</b>				
<b>BL palatinal</b>	N	Mittelwert	Std. Abw.	Median	LSD
BL = 0	9	23,01	9,33	25,00	AB
BL = 1	8	15,31	10,49	14,79	A
BL = 2	6	25,28	9,38	26,83	AB
BL = 3	3	14,99	4,47	17,07	A
BL = 4	5	19,48	8,28	17,65	A
BL = 5	2	33,03	0,42	33,03	B

Tab. 40: Positive Korrelation zwischen Plaqueentfernung und Bürstläsionen für Oral-B 3D Excel an der palatinalen Gingiva im Oberkiefer. Eine signifikant positive Korrelation lag vor, da mehr Bürstläsionen auftraten, je mehr Plaque entfernt wurde.

## 4.4 Ergebnisse des Fragebogens

### 4.4.1 „Zurechtkommen“ mit der Testzahnbürste

Bei den Zahnbürsten Oral-B P35, Oral-B 3D Excel und der Schallzahnbürste Cybersonic wurde das „Zurechtkommen“ mit der Zahnbürste beurteilt (Abb. 76, Tab. 41):

		Testzahnbürste		
		Handzahnbürste	3D Excel	Cybersonic
Zurechtkommen	gut	21	27	24
	mittel	7	5	5
	eher schlecht	4	1	4
<i>gesamt</i>		32	33	33

Tab. 41: Frage nach dem „Zurechtkommen“ mit der Testzahnbürste

Die Probanden kamen mit den elektrischen Testzahnbürsten Oral-B-3D Excel (82 %) und der Schallzahnbürste Cybersonic (73 %) besser zurecht als mit der Handzahnbürste (66 %). Vier Probanden kamen mit der Schallzahnbürste Cybersonic „eher schlecht“ zurecht, während nur ein Proband dies bei der oszillierend-rotierenden Elektrozahnbürste (Excel) angab. Nach Durchführung des Mehrfelder-Tests nach Fisher lässt sich allerdings keine Signifikanz ( $p = 0,507$ ) auf dem 5 % - Niveau bezüglich der Variable „Zurechtkommen“ ermitteln.

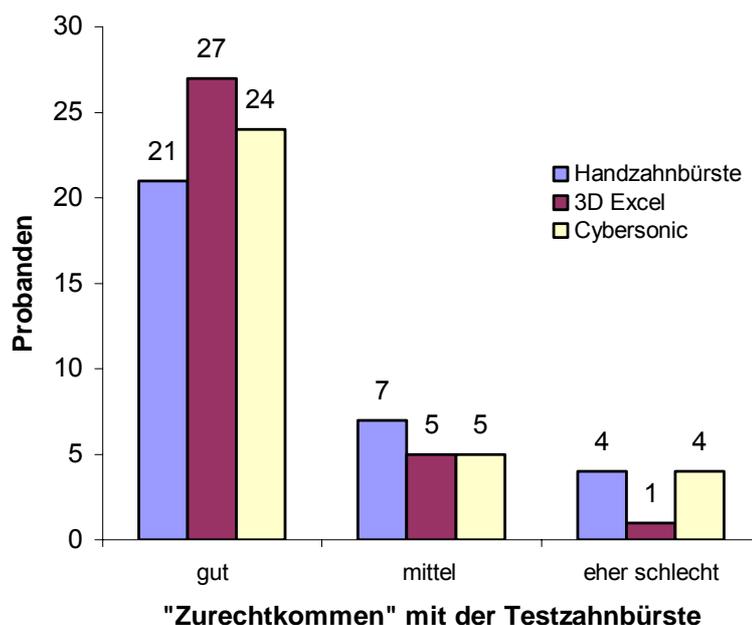


Abb. 76: „Zurechtkommen“ der Probanden mit der jeweiligen Testzahnbürste

#### 4.4.2 „Empfundene“ Reinigungswirkung

Die Reinigungswirkung wurde bei der Oral-B 3D Excel von 30 Probanden (90 %), bei der Schallzahnbürste von 18 Probanden (55 %) und bei der Handzahnbürste von 10 Probanden (31 %) als „gut“ empfunden (Abb. 77, Tab. 42). Der Mehrfelder-Test nach Fisher ergab bezüglich der Variable „Reinigungswirkung“ eine Signifikanz ( $p = 0,000$ ). Nach durchgeführtem LSD-Test bewerteten die Probanden die Reinigungswirkung der Oral-B 3D Excel höchstsignifikant ( $p = 0,000$ ) besser, verglichen mit der Schallbürste Cybersonic.

		Testzahnbürste		
		Handzahnbürste	3D Excel	Cybersonic
Reinigungswirkung	gut	10	30	18
	mittel	19	3	8
	eher schlecht	3	0	7
gesamt		32	33	33

Tab. 42: Bewertung der Reinigungswirkung der Testzahnbürsten durch die Probanden. Der Oral-B 3D Excel wurde eine bessere Reinigungswirkung zugeordnet.

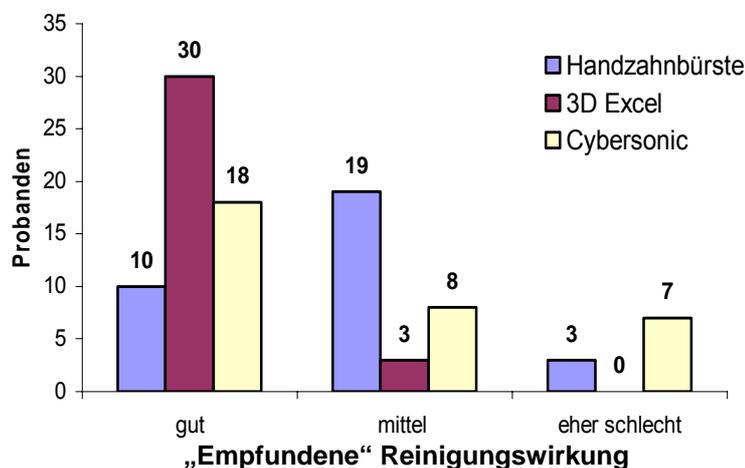


Abb. 77: „Empfundene“ Reinigungswirkung der Testzahnbürsten. Der rotierend-oszillierenden Oral-B 3D Excel wurde eine signifikant bessere Reinigungswirkung zugeordnet als den anderen Testzahnbürsten.

### 4.3.3 Missempfindungen im Gebrauch

Im Gebrauch der Oral-B 3D Excel wurde das Geräusch von 15 Probanden (46 %) als unangenehm empfunden, bei der Cybersonic von zehn Probanden (30 %; Abb. 78). Zwischen den elektrischen Zahnbürsten und der Variable „Geräusch der Bürste“ konnte jedoch kein signifikanter Zusammenhang auf dem 5 % - Niveau gesichert werden (Chi-Quadrat nach Pearson:  $p = 0,310$ ).

Die Variable „Vibrationen“ wurde von den Probanden höchstsignifikant unterschiedlich bewertet (Chi-Quadrat nach Pearson:  $p = 0,001$ ). Unter Durchführung des LSD-Tests konnte belegt werden, dass die Probanden die Vibrationen der Schallbürste hochsignifikant ( $p = 0,000$ ; Cluster B) unangenehmer empfanden, verglichen mit der rotierend-oszillierenden 3D Excel Testzahnbürste. 22 Probanden (67 %) gaben an, die Vibrationen bei der Schallbürste Cybersonic als unangenehm zu empfinden, acht Teilnehmer (24 %) bestätigten dies für die Oral-B Elektrozahnbürste.

An der Gingiva wurde die Oral-B 3D Excel als geringfügig unangenehmer eingestuft (acht Probanden, 24 %) als die Schallzahnbürste (sechs Probanden, 18 %).

Am Zahnhals wurde die Cybersonic Schallzahnbürste von sechs Probanden (18 %) als unangenehm empfunden und die Oral-B 3D Excel von drei Probanden (9 %). Die Antworten der Probanden bezüglich „Missempfindungen an der Gingiva“ und „Missempfindungen am Zahnhals“ unterschieden sich nicht signifikant voneinander (Chi-Quadrat nach Pearson:  $p = 0,854$ ; Vierfelder Test nach Fisher:  $p = 0,572$ ; Abb. 78, Tab. 43).

		Testzahnbürste		
		Handzahnbürste	3D Excel	Cybersonic
<b>Misempfindungen am Zahnhals</b>	ja	4	3	6
	nein	28	30	27
<i>gesamt</i>		32	33	33
<b>Misempfindungen an der Gingiva</b>	ja	6	8	6
	nein	26	25	27
<i>gesamt</i>		32	33	33
<b>Vibrationen* unangenehm</b>	ja	—	8	22
	nein	—	25	11
<i>gesamt</i>		—	33	33
<b>Geräusch unangenehm</b>	ja	—	15	10
	nein	—	18	23
<i>gesamt</i>		—	33	33

Tab. 43: Störendes Geräusch bzw. Vibrationen bei den Elektrozahnbürsten und Misempfindungen an der Gingiva / am Zahnhals bei allen Testbürsten. Nur die Variable „Vibrationen“ wurde signifikant unterschiedlich bewertet.

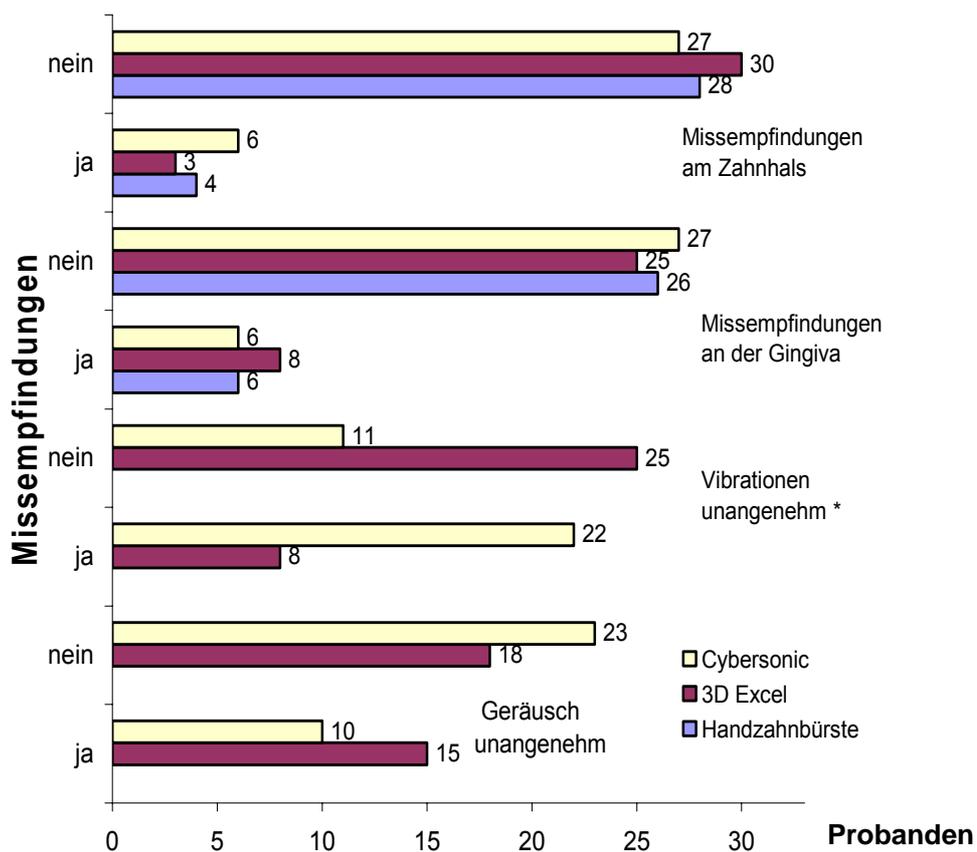


Abb. 78: Misempfindungen an der Gingiva / am Zahnhals und störendes Geräusch bzw. Vibrationen bei den Elektrozahnbürsten. Die Variable „Vibrationen“ ergab signifikante Unterschiede, wonach die Probanden die Vibrationen der Cybersonic im Vergleich zur 3D Excel Testzahnbürste signifikant unangenehmer fanden.

#### 4.3.3.1 Sonstige Missempfindungen

Zwei Probanden gaben an, ein „unangenehmes“ und „taubes“ Gefühl in der Hand während des Gebrauchs der Schallzahnbürste zu verspüren. Einmal wurde das Touchieren des Gegenkiefers mit der Schallzahnbürste als unangenehm beschrieben. Bei beiden Bürsten, 3D Excel und Cybersonic, wurde jeweils einmal ein unangenehmes Gefühl am Gaumen beschrieben.

#### 4.3.4 Handhabung der Testzahnbürsten

Das Gewicht aller drei Testzahnbürsten wurde als angenehm empfunden, indes zwei Probanden die Cybersonic-Bürste und ein Proband die Oral-B 3D Excel als zu schwer empfanden. 31 Probanden (94 %) gaben an, der Bürstengriff der Oral-B 3D Excel läge gut in der Hand. Für 28 Probanden (85 %) traf dies auch für die Cybersonic-Bürste und für 21 Probanden (64 %) für die Handzahnbürste zu (Abb. 79, Tab. 44).

		Testzahnbürste		
		Handzahnbürste	3D Excel	Cybersonic
<b>Bürste war zu schwer</b>	ja	0	1	2
	nein	32	32	31
<i>gesamt</i>		32	33	33
<b>Griff lag gut in der Hand</b>	ja	23	30	27
	nein	9	3	6
<i>gesamt</i>		32	33	33

Tab. 44: Handhabung der Testzahnbürsten – Gewicht und „Handling“ der Testbürsten. Beide Variablen ergaben keine signifikant unterschiedliche Bewertung durch die Probanden.

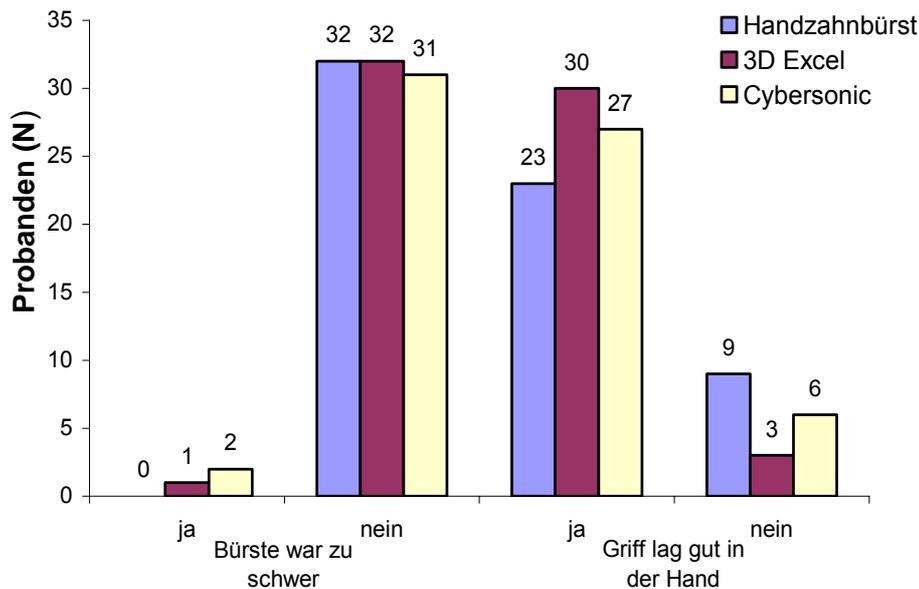


Abb. 79: Handhabung der Testzahnbürsten

Die Variable „Bürste war zu schwer“ ergab unter Prüfung mittels Vierfelder-Test nach Fisher keine signifikanten Unterschiede ( $p = 0,77$ ). Zwischen den Testzahnbürsten und der Variable „Griff lag gut in der Hand“ konnte ebenfalls kein signifikanter Unterschied gesichert werden ( $p = 0,14$ ).

#### 4.3.5 Beurteilung des Borstenfeldes und der Borstenhärte

Das Borstenfeld der Schallzahnbürste Cybersonic wurde vier Mal (12 %) und das der Handzahnbürste drei Mal (9 %) als zu klein eingestuft. Jeweils einmal (3 %) wurde das Borstenfeld der Schall- und der Handzahnbürste als zu groß bewertet. Mit der Größe des Borstenfeldes der Oral-B 3D Excel waren alle Probanden (100 %) zufrieden. Der Mehrfelder-Test nach Fisher ergab keine signifikante Bevorzugung einer der drei Testbürsten hinsichtlich der Größe des Borstenfeldes ( $p = 0,13$ ; Abb. 80, Tab. 45).

Die Borstenhärte wurde bei der Oral-B 3D Excel Bürste von elf Probanden (33 %) als zu hart empfunden. Die Borsten der Handzahnbürste Oral-B

P35 wurden von fünf Probanden (15 %) als zu hart beurteilt. Die Borsten der Cybersonic empfanden sechs Probanden (18 %) als zu weich (Abb. 80, Tab. 45).

Statistisch ergab sich keine unterschiedliche Bewertung der Borstenhärte der Zahnbürsten (LSD-Test:  $p = 0,16$ ).

		Testzahnbürste		
		Handzahnbürste	3D Excel	Cybersonic
<b>Borstenfeld</b>	gerade recht	28	33	28
	zu klein	3	0	4
	zu groß	1	0	1
<i>gesamt</i>		32	33	33
<b>Borsten</b>	gerade recht	25	22	27
	zu hart	5	11	0
	zu weich	2	0	6
<i>gesamt</i>		32	33	33

Tab. 45: Beurteilung des Borstenfeldes und der Borstenhärte (Borsten\*). Die Variable „Borsten“ wurde signifikant unterschiedlich bewertet.

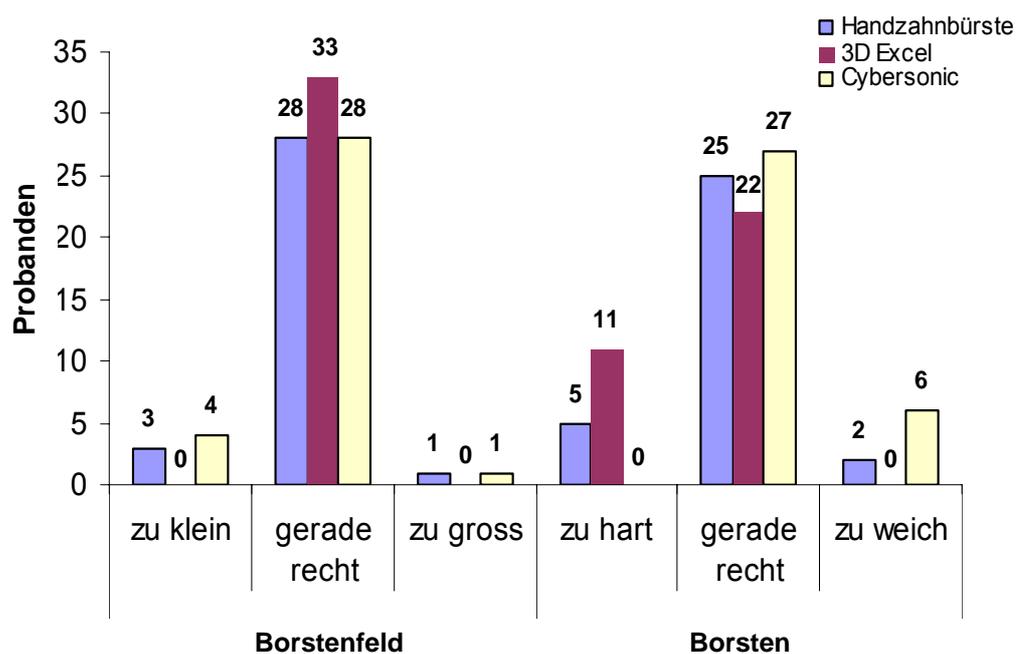


Abb. 80: Beurteilung des Borstenfeldes und der Borstenhärte (Borsten\*)

#### 4.3.6 Beurteilung der Verpackung und Kaufentscheidung

26 (79 %) Probanden fanden die Verpackung der Oral-B 3D Excel ansprechend. Die Verpackung der Cybersonic wurde von 20 Probanden

(61 %) für ansprechend gehalten. 18 Probanden (55 %) fanden die Verpackung der Handzahnbürste ansprechend (Abb. 81, Tab. 46).

		Testzahnbürste		
		Handzahnbürste	3D Excel	Cybersonic
Verpackung ansprechend	ja	18	26	20
	nein	14	7	13
gesamt		32	33	33

Tab. 46: Beurteilung der Verpackung der Testzahnbürsten. Es konnte kein signifikanter Unterschied ermittelt werden.

Keine der Verpackungen der Testzahnbürsten wurde bevorzugt (Chi-Quadrat Tests nach Pearson:  $p = 0,135$ ).

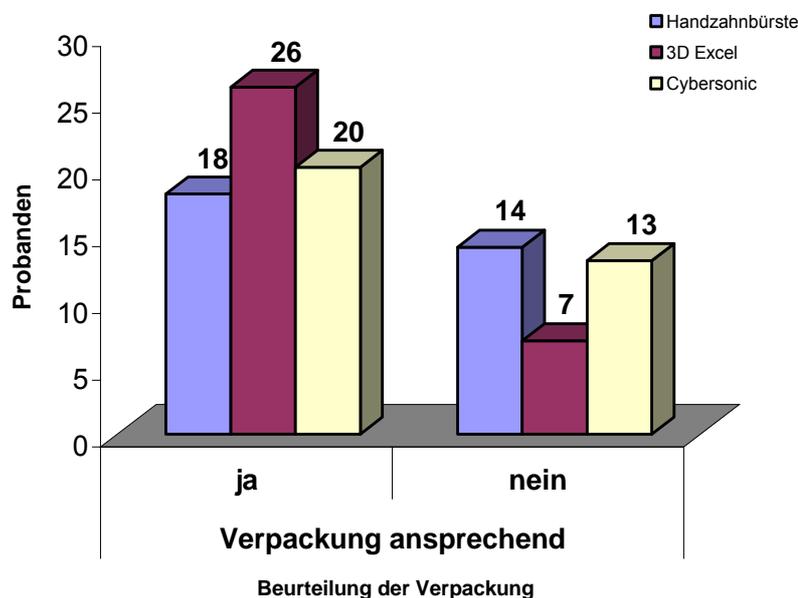


Abb. 81: Beurteilung der Verpackung

Die Frage, ob sich der Proband die Testzahnbürste unabhängig des Preises selbst kaufen würde, wurde von 25 Probanden (76 %) für die Oral-B 3D Excel mit „ja“ beantwortet. Die Handzahnbürste würden 18 Probanden (55 %), die Schallzahnbürste Cybersonic 16 Probanden (48 %) kaufen (Abb. 82 und Tab. 47). Die Kaufentscheidung differierte allerdings nach Prüfung mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests nicht signifikant ( $p = 0,066$ ).

		Testzahnbürste		
		Handzahnbürste	3D Excel	Cybersonic
Kaufentscheidung	ja	18	25	16
	nein	14	8	17
gesamt		32	33	33

Tab. 47: Kaufentscheidung der Probanden. Die Beurteilung der Variablen „Kaufentscheidung“ war nicht signifikant.

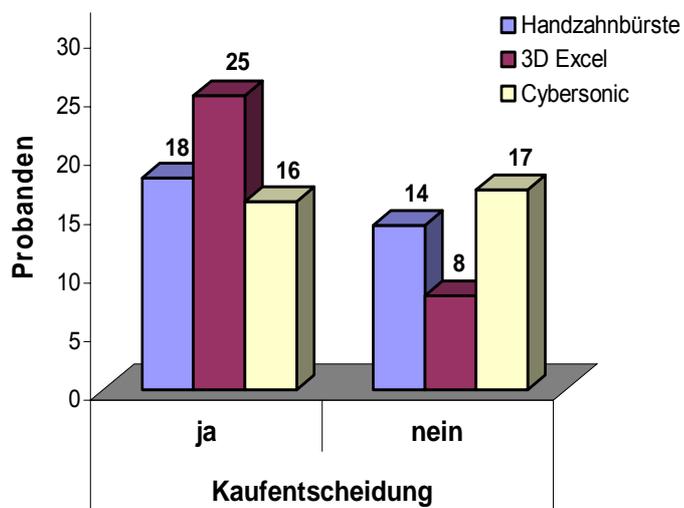


Abb. 82: Kaufentscheidung der Probanden

## **5 Diskussion**

Die Häufigkeit von Karies und Parodontopathien belegt eine nicht ausreichende Plaqueentfernung.

Viele Hersteller von Zahnpflegeprodukten entwickeln Zahnbürsten die eine bessere Plaqueentfernung bewirken sollen. In der Regel ist eine Plaqueverminderung mit allen Zahnbürsten möglich, wobei einige im Gebrauch mehr Plaque entfernen als andere.

### **5.1 Studiendesign**

#### **5.1.1 Cross-over Design**

In vielen Zahnbürstenstudien wurde ein Cross-over-Design verwendet (Bader und Boyd 1999, Biesbrock et al. 2002, Cronin et al. 2002, Moschèn et al. 1999, Ruhlman et al. 2001, van der Weijden et al. 1996a, Williams et al. 2001). Vorteile dieses Studiendesigns gegenüber dem Parallel-Design sind die geringere Anzahl an Probanden und die kürzere Studiendauer die nötig sind, um die Plaqueentfernung von Zahnbürsten zu testen (Saxer und Yankell 1997a). Um die Studie im Parallel-Design durchzuführen, ist eine vier bis zehn Mal größere Anzahl an Probanden nötig, was um das Zwei- bis Fünffache an Kosten zur Folge hat (Garcia et al. 2004).

Nachteil des Cross-over-Designs ist die mögliche Wechselwirkung der ersten Testphase auf die darauf folgende (Heinecke et al. 1992). Zwischen den einzelnen Testphasen soll deshalb eine einwöchige Wash-out Phase eingehalten werden, um mögliche Wechselwirkungen zu minimieren. Dies wurde in vorliegender Studie berücksichtigt und eingehalten.

Aufgrund des gewählten Cross-over-Designs und der Länge der Studie war es nicht möglich den Verlauf des Mundhygieneverhaltens zu bewerten, da die Probanden die verschiedenen Testzahnbürsten in unterschiedlichster Reihenfolge erhielten und es sich um eine Kurzzeit-Studie über drei Wochen handelte.

### **5.1.2 Studiendauer**

Bei den meisten Zahnbürstenstudien beträgt die gewählte Studiendauer 30 bis 90 Tage. Je nach Zielsetzung der Studie kann eine kürzere oder längere Testphase notwendig werden. Bei der Testung der Plaquerreduktion, wie in dieser Studie, konnte eine kurze Studiendauer gewählt werden (ADA 1998, Saxer und Yankell 1997a). Bei der Evaluation chronischer Effekte, wie Attachmentverlust, Rezessionen oder Gingivitiden, ist eine längere Studiendauer von 6 bis 12 Monaten oder mehr nötig (Saxer und Yankell 1997a).

### **5.1.3 Anzahl der Probanden**

Um eine valide statistische Auswertung zu erzielen, ist generell eine große Probandenzahl anzustreben. Die Größe der Probandengruppen in den unterschiedlichen Zahnbürstenstudien differiert zwischen 24 (Grossman et al. 1996) und 113 (Conforti et al. 2001) Probanden. Es ist darauf zu achten, dass die Stärke der Probandengruppe mit der Art der Studie und des Studiendesigns in Zusammenhang steht: bei Parallelstudien muss eine größere Anzahl an Probanden gewählt werden, während bei Cross-over-Designs eine kleinere Gruppe von mindestens 25 Probanden ausreicht (Saxer und Yankell 1997a).

Weitere Faktoren mit Einfluss auf die Wahl der Probandenzahl sind Realisierbarkeit, Zeit- und Kostenaufwand sowie Organisation. Für diese Studie wurden 33 Probanden gewonnen um letztendlich unter Berücksichtigung einer gewissen Verlustquote noch ausreichend Probanden zu haben, um den Kriterien der American Dental Association (ADA 1998) zu entsprechen.

### **5.1.4 Auswahl der Probanden**

Zur Auswahl kamen Probanden, die nicht im zahnärztlichen oder medizinischen Bereich tätig waren (Zimmer et al. 2005), da dieser Personenkreis häufig eine sehr gute Mundhygiene aufweist und in der

Lage ist, Plaque mit vielen verschiedenen Arten von Zahnbürsten gründlich zu entfernen (Finkelstein und Grossman 1984, Saxer und Yankell 1997a).

In dieser Studie wurden Erwachsenen-Zahnbürsten getestet, weshalb Kinder und Jugendliche ausgeschlossen wurden. Dörfer et al. (2001) empfahlen Probanden mit einem Alter zwischen 18 und 65 Jahren. Das Alter der Probanden dieser Studie betrug zwischen 25 und 66 Jahren, im Durchschnitt  $33,5 \pm 12,5$  Jahre.

Hinsichtlich des Geschlechts ist auf ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen männlichen und weiblichen Probanden zu achten, da Frauen in der Regel eine bessere Mundhygiene aufweisen (Micheelis und Reich 1999). In dieser Studie erfolgte eine willkürliche Gewinnung von Probanden, wodurch sich die Teilnahme von 19 weiblichen und 14 männlichen Probanden ergab.

Ein weiteres Auswahlkriterium ist die allgemeine Gesundheit. Ausschlusskriterien sind in der Regel Medikamente die den Biofilm beeinflussen könnten, wie die Einnahme von Antibiotika oder Speichelfluss beeinträchtigende Pharmaka. Ebenso werden keine Untersuchungen an Probanden mit schlechtem Allgemeinzustand, systemischen Erkrankungen, Allergien bezüglich der Testprodukte oder bei Vorliegen einer Gravidität vorgenommen (Bader und Boyd 1999, Conforti et al. 2001, Danser et al. 1998a, Dörfer et al. 2001, Tritten und Armitage 1996, Zimmer et al. 2005). Dies fand in vorliegender Studie Berücksichtigung.

In mehreren Studien (Aass und Gjermo 2000, Bader und Boyd 1999, Danser et al. 1998a, Sharma et al. 2002, van der Weijden et al. 1996a und Zimmer et al. 2005) wurde zu Beginn der Studie eine professionelle Zahnreinigung zur Standardisierung der Mundhygiene vorgenommen. In vorliegender Studie ging es um die Plaqueentfernung, weshalb nur Zahnstein entfernt wurde.

Ein bei Zahnbürstenstudien wichtiges Kriterium ist das Vorhandensein einer Mindestanzahl zu bewertender Zähne. Dörfer et al. (2001) forderten

mindestens 24, Tritten und Armitage (1996) 20 Zähne und Conforti et al. (2001) 18 bewertbare Zähne. Danser et al. (1998a) setzten mindestens sechs bewertbare Zähne in einem Quadranten voraus.

In dieser Studie wurde das Vorhandensein von mindestens 24 natürlichen Zähnen gefordert, ausgeschlossen wurden dritte Molaren, Kronen- und Brücken sowie Zähne mit orthodontischen Apparaturen. Das von Danser et al. (1998a) geforderte Kriterium, mindestens sechs Zähne pro Quadrant bewerten zu können, erscheint sinnvoll, da es so möglich ist, die Plaquereduktion seitenweise (rechts und links) sowie im Ober- und Unterkiefer ausgewogen zu vergleichen.

## **5.2 Material**

### **5.2.1 Testzahnbürsten**

Die in dieser Studie verwendeten Testzahnbürsten unterschieden sich bezüglich Borstenhärte, Borstenfeld und bei den elektrischen Zahnbürsten auch in Schwingung und Frequenz. Der Gebrauch der Handzahnbürste war für die meisten Probanden vertraut, wohingegen einige von ihnen bisher noch keine elektrische Zahnbürste benutzt hatten. Speziell beim Gebrauch der Schallzahnbürste Cybersonic empfanden 22 Probanden (67 %) die hohe Vibrationsfrequenz als unangenehm, zwei Probanden verspürten ein „taubes“ und „unangenehmes“ Gefühl in der Hand, was unter Umständen die Anwendung und damit die Plaquerentfernung beeinträchtigen kann.

### **5.2.2 Plaquerevelator**

Als Plaquerevelator kam Mira-2-Tone zur Anwendung. Für diesen Revelator entschieden sich Danser et al. (1998a und b), Dörfer et al. (2001), sowie van der Weijden et al. (2004). Eine Vielzahl von Studien wählten Erythrosin als Revelator (Chava 2000, Schafer et al. 2003, Sharma et al. 1998). Niemi et al. (1984) und Sharma et al. (2002) entschieden sich in ihren Studien für basisches Fuchsin.

Saxer und Yankell (1997a) diskutierten die Applikation und Verteilung des Plaquerevelators. Sie stellten fest, dass die Verteilung des Revelators innerhalb des Mundes von Einwirkzeit und Aktivität der Wangenmuskulatur abhängt, was auch zu Schwankungen der Revelator-Menge führen kann.

In dieser Studie wurde bei der Applikation des Mira-2-Tone Farbstoffes stets ein Einmal-Pinsel verwendet. Die Applikation unterliegt jedoch Schwankungen bezüglich der aufgetragenen Menge, was den Grad des Anfärbens beeinträchtigen könnte und damit auch die Plaquebeurteilung.

### **5.2.3 Testzahnpaste**

Nach Saxer und Yankell (1997a) soll während der Durchführung einer Studie stets dieselbe Zahnpaste verwendet werden, um deren Einfluss auf die Ergebnisse gering zu halten. Zudem sollen die Testzahnpasten keine plaquehemmenden Zusätze enthalten.

In vorliegender Studie wurde die Zahnpaste Colgate Total zur Verfügung gestellt, eine Zahnpaste mit entzündungs- und bakterienhemmendem Zusatz, die weltweit erhältlich ist. Auf dem deutschen Markt ist die Zahnpaste mit einem Marktanteil von rund 4 % im Vergleich zu anderen Zahnpaste-Marken überdurchschnittlich vertreten. In dieser Studie wurde demnach kein „Randprodukt“ als Testzahnpaste gewählt.

## **5.3 Methodik**

### **5.3.1 Plaque-Index**

Zur Auswertung wurde der Plaque-Index nach Rustogi et al. (1992) gewählt. Dieser Index ermöglicht eine differenzierte Beurteilung des gingivalen und approximalen Bereichs, der für die Reinigung weniger gut zugänglich ist und wovon häufig Erkrankungen initial ausgehen (Sharma et al. 2002). In den letzten Jahren wurde in vielen Studien der Plaque-Index nach Rustogi verwendet.

Zur Beurteilung der Plaque im Approximalraum hat sich der Index nach Turesky et al. (1972), eine Modifikation des Quigley und Hein (QHI) Index (1962), bewährt. Silverstone et al. (1992) fanden in einer Studie an 30 Erwachsenen bei der Plaquebewertung einer Elektrozahnbürste gegenüber einer konventionellen Handzahnbürste mit zwei Plaque-Indizes unterschiedliche Ergebnisse: Unter Anwendung des genauer unterteilten Turesky et al. Plaque-Indexes gelang mit der Elektrozahnbürste eine signifikant bessere Plaqueentfernung, wogegen nach Bewertung mit dem Silness und Loe Plaque-Index kein signifikanter Unterschied zwischen den Testbürsten festzustellen war.

Insgesamt weisen die in den Studien verwendeten Plaque-Indizes den Nachteil auf, die Plaquemenge an schwer zugänglichen Flächen nicht ausreichend genau bestimmen zu können. Quirynen et al. (1991) verglichen fünf verschiedene Plaque-Indizes. Sie fanden unter den Indizes das planimetrische Verfahren als das mit der größten Messempfindlichkeit. Diese Methode ist allerdings mit erhöhtem technischem Aufwand verbunden und damit in der Durchführbarkeit eingeschränkt.

Bei dem in dieser Studie verwendeten Rustogi-Plaque-Index bleibt die Dicke der Plaque unberücksichtigt. Bei der Zahnflächenauswertung wurde mitunter beobachtet, dass der angefärbte Flächenquadrant zum Testzeitpunkt nach dem Putzen reduziert, dennoch aber als positiv zu werten war. Es hat also eine Flächen- und Dickenreduktion der Plaque innerhalb einer zu bewertenden Fläche stattgefunden, welche aber nicht zu erfassen war. Andernfalls müsste man einen Plaque-Index mit einer noch „höheren Auflösung“ benutzen, was allerdings die statistische Auswertung überfordern würde.

### 5.3.2 Mundhygienekarenz und Plaqueakkumulation

Die Probanden der vorliegenden Studie mussten 24 Stunden vor der Untersuchungssitzung auf jegliche Form der Mundhygiene verzichten, um eine Plaqueakkumulation zu ermöglichen.

Ziel war eine möglichst realistische Plaqueakkumulation unter den Probanden. Eine bundesweite repräsentative Untersuchung aus dem Jahre 1989 hatte ergeben, dass 75 % der Befragten ihre Zähne seltener als zweimal täglich oder kürzer als 90 Sekunden pro Tag putzten (Zimmer 2000). Somit war der Ansatz alle 24 Stunden die Zähne zu reinigen auch für diese Studie am realistischsten.

In zahlreichen Studien zur Plaqueentfernung wurde ebenfalls eine 24-stündige Plaqueakkumulation gewählt (Cronin et al. 2002, Nathoo et al. 2003, Ojima et al. 2003). Andere Studien führten längere Plaqueakkumulationen durch. Die Länge der Mundhygienekarenz korreliert mit der akkumulierten Plaquemenge. Bei längerer Plaqueakkumulation fällt die Plaquereduktion entsprechend höher aus, was die Vergleichbarkeit der verschiedenen Studienergebnisse erschwert. Niemi et al. (1984), Sharma et al. (1998), van der Weijden et al. (1996a) und Dörfer et al. (2001) ließen die Probanden ihrer Studien 48 Stunden keine Mundhygiene betreiben. Claydon et al. (2002) schrieben eine Mundhygienekarenz von 96 Stunden vor. Andere hingegen, wie Williams et al. (2003), bewerteten die Plaqueakkumulation ihrer Probanden nach nur 12-stündiger Mundhygienekarenz. Die von der ADA empfohlene Zeit der Mundhygienekarenz beträgt wenigstens 12 bis 16 Stunden (ADA 1998).

Die in dieser Studie gewählte Zeit von 24 Stunden ergab Plaqueausgangswerte (pre\_PIR) von etwa 52 % bei der Handzahnbürste, 54 % bei der rotierend-oszillierenden Zahnbürste 3D Excel und 54 % bei der Schallzahnbürste. Ein längerer Verzicht auf orale Hygiene wird von den meisten Patienten nicht akzeptiert.

### 5.3.3 60-sekündiges Zähneputzen

Die „American Dental Association“ (ADA Council on Dental Therapeutics, 1977) empfiehlt eine Putzzeit von drei Minuten Dauer. Im Rahmen von Zahnbürsten-Studien wird häufig eine Putzdauer von 60 Sekunden, zum Teil mit Beaufsichtigung, und 120 Sekunden bei unbeaufsichtigter Zahnreinigung gewählt (Saxer und Yankell 1997a).

Diese Zeit ist repräsentativ für das Mundhygieneverhalten der Bevölkerung (van der Weijden et al. 1993). Im Durchschnitt nimmt sich der Erwachsene nur etwa 46 Sekunden Zeit um seine Zähne zu reinigen (Beals et al. 2000). Saxer et al. ermittelten 1998 eine durchschnittliche Zahnputzzeit von 72,8 bis 83,5 Sekunden.

In der Literatur findet man zur vorgegebenen Zeit für die Zahnreinigung mehr oder minder größere Abweichungen. Cronin et al. (2002) ließen ihre Probanden, nach erster Erhebung der Plaquewerte, die Zähne zwei Minuten unbeaufsichtigt und ohne Spiegel reinigen.

In der Studie von Sharma et al. (1998) reinigten die Teilnehmer ihre Zähne zwei Minuten unter Beaufsichtigung. Balanyk et al. (1993), Dörfer et al. (2001) und Nathoo et al. (2000) erlaubten eine unbeaufsichtigte Zahnreinigung von 60 Sekunden. Lazarescu et al. (2003) ließen die Probanden ihrer Studie eine beaufsichtigte dreiminütige Zahnreinigung betreiben.

Einige wenige Studien beleuchteten die Problematik des Putzens mit oder ohne Spiegel (Glavind 1990, Arnbjerg et al. 1992). Dabei wird einerseits eine bessere Motivation der Probanden beim Putzen unter Sicht der angefärbten Plaque diskutiert. Andererseits besteht die Gefahr, dass sich der Proband auf den Frontzahnbereich konzentriert und dabei die Zahnreinigung im Seitenzahnbereich vernachlässigt (Saxer und Yankell 1997a). Des Weiteren ist die Putzintensität abhängig von der manuellen Geschicklichkeit, Putzsystematik und Motivation des Probanden, wodurch eine mehr oder weniger große Plaquerreduktion erzielt wird.

### **5.3.4 Mundhygiene - Unterweisungen**

Probanden erzielten eine stärkere Plaqueentfernung, wenn sie in der Handhabung der Testzahnbürste unterwiesen wurden (Schwarz et al. 1990, Wunderlich et al. 1985).

Im Allgemeinen werden Hand- und Elektrozahnbürsten erworben und ohne Unterweisung in ihrer Handhabung angewendet. Um eine möglichst realistische Plaquereduktion zu untersuchen erfolgte in dieser Studie keine Unterweisung im Gebrauch der Testzahnbürsten.

### **5.3.5 Aufzeichnung mittels intraoraler Kamera**

Das Abfilmen der Zahnflächen mittels intraoraler Kamera bietet den Vorteil, die zu bewertenden Zahnflächen ohne Zeitdruck beurteilen zu können und die Möglichkeit Auswertungen zu wiederholen.

Bei den unterschiedlichen Untersuchungssitzungen, sowie vor und nach dem 60 Sekunden langen Putzen, war es schwierig, exakt dieselbe Ausrichtung der intraoralen Kamera beim Filmen der Zahnflächen zu gewährleisten. Eine annähernd identische Ausrichtung der Kamera auf die jeweilige Zahnfläche ist Voraussetzung für eine adäquate Bewertung der Fläche. Diese ist bereits beeinträchtigt bei geringfügig veränderter Ausrichtung der Kamera, was mit Schattenbildung, Verkleinerungs- oder Vergrößerungseffekten, sowie anderem Blickwinkel bei der Auswertung einhergeht. Die Flächenbeurteilung insbesondere für den Approximalraum wurde dadurch erschwert. Aus diesem Grund wurde die Aufzeichnung der Plaque in schwierigen Fällen erst nach wiederholtem Ansehen ausgewertet. In der Literatur wird nicht näher auf diese Problematik eingegangen.

## **5.4 Ergebnisse der Plaquereduktionen und Bürstläsionen**

### **5.4.1 Differenz der Plaquewerte**

#### **5.4.1.1 Plaqueentfernung an allen Flächen A-I**

Die rotierend-oszillierende Zahnbürste 3D Excel entfernte mit 22,4 % signifikant mehr Plaque als die Hand- oder Schallzahnbürste mit 19,9 % bzw. 18,5 %.

Sharma et al. (2000b) beobachteten Plaquereduktionen zwischen 25,0 % und 46,0 % in ihrer Studie, in der acht Handzahnbürsten verglichen wurden. Die Untersuchungs-Parameter entsprachen denen der vorliegenden Studie: Als Plaque-Index kam der modifizierte Index nach Rustogi zur Anwendung. Die Probanden erschienen nach einwöchiger Wash-Out Periode zur Untersuchungssitzung, in der pre- und post-brush-Werte erhoben wurden. Singh et al. (2001) fanden in ihrer Studie durchschnittliche Plaquereduktionen von 14 % und 39 % mit Handzahnbürsten. Das Studiendesign entsprach dem der vorliegenden Studie mit Cross-over-Design, Plaque-Index nach Rustogi, 24 Stunden Mundhygienekarenz und 60-sekündiger Zahnreinigung. In einer Studie von Sharma et al. (1998) erzielten die Probanden mit einer rotierend-oszillierenden Zahnbürste eine Plaquereduktion von 67 %, verglichen mit 50 % durch eine Schallzahnbürste. Die hohen Plaquereduktionen von Sharma et al. sind durch die 48-stündige Mundhygienekarenz und das zweiminütige Zähneputzen unter Aufsicht zu erklären.

#### **5.4.1.2 Plaqueentfernung an Palatinal-, Bukkal- und Lingualflächen**

An den palatinalen und bukkalen Flächen war die Reinigungseffizienz zwischen den drei Testzahnbürsten dieser Studie signifikant unterschiedlich. An den Lingualflächen reinigten alle drei Testzahnbürsten in etwa gleich gut.

Bukkal gelang den Probanden mit der rotierend-oszillierenden Zahnbürste 3D Excel und der Handzahnbürste die beste Plaqueentfernung mit

durchschnittlich 29,8 % bzw. 29,3 %. Palatinal war demgegenüber eine signifikant geringere Reduktion mit Elektro- und Handzahnbürste möglich (20,9 % und 15,1 %). Die signifikant geringste Plaquerreduktion mit allen drei Testzahnbürsten erfolgte an Lingualflächen (Hand: 9,6 %, Excel: 12,7 %, Cyber: 10,0 %).

In einer Studie von Sharma et al. (1998) reinigte die rotierend-oszillierende Zahnbürste Oral-B 3D und die Schallzahnbürste (Phillips Sonicare) bukkale Flächen signifikant besser als Lingualflächen. In einer weiteren Studie von Sharma et al. (2001) gelang mit Elektro- und Handzahnbürsten ebenfalls an den bukkalen Flächen eine bessere Reinigung als lingual. Die erzielten Plaquerreduktionen betrugen bukkal für Elektro- und Handzahnbürste 65,0 % bzw. 55,0 % und lingual 48,0 % bzw. 19,0 %. Die höheren Plaquerreduktionen beruhen auf einer ausführlichen Unterweisung im Gebrauch der Hand- und Elektrobürste, welche sowohl schriftlich als auch mündlich erfolgte. Zudem führten die Probanden eine 60-sekündige beaufsichtigte Zahnreinigung mit vorgegebener Putzsystematik mit Quadrantenwechsel nach jeweils 15 Sekunden durch.

#### **5.4.1.3 Plaqueentfernung am Zahnhals**

Am Zahnhals wurde mit der rotierend-oszillierenden Elektrobürste 3D Excel mit 27,6 % signifikant mehr Plaque entfernt, als mit Handzahnbürste (23,4 %) oder Schallzahnbürste (22,2 %).

In einer ähnlichen Studie (Koch 1992) erzielten Kinder mit der Elektrozahnbürste eine Plaquerreduktion von 50,0 % und mit einer Kinderhandzahnbürste 26,4 %. Es wurde ebenfalls der Plaque-Index nach Rustogi et al. (1992) verwendet. Allerdings erfolgte vor dem Einsatz der elektrischen Zahnbürste ein einwöchiges Putztraining unter Anleitung, sowie eine von den Eltern morgens und abends überwachte häusliche Zahnreinigung mit einer Putzzeit von drei Minuten. Die Mundhygienekarenz betrug, nicht wie in vorliegender Studie 24, sondern

48 Stunden. Daraus resultiert eine höhere Plaqueakkumulation, wodurch auch eine größere Plaquereduktion erzielt werden kann.

Sharma et al. (2000b) fanden in ihrer Studie mit Handzahnbürsten eine durchschnittliche Plaquereduktion am Zahnhals von 21 % bis 52 %.

Cronin et al. (2002) verglichen in ihrer Studie die rotierend-oszillierende Zahnbürste 3D Excel mit einer batteriebetriebenen Elektrozahnbürste. Die Probanden erzielten im Zahnhalsbereich mit der rotierend-oszillierenden Zahnbürste 3D Excel eine Plaquereduktion von 55,2 % und mit der batteriebetriebenen Zahnbürste von 52,5 %. In dieser Studie differieren die Parameter des Studiendesigns: zwar verzichteten die Probanden 23 bis 25 Stunden auf Mundhygiene, jedoch war ihnen eine Zahnreinigung von zwei Minuten Dauer erlaubt, so dass hier eine größere Plaquereduktion möglich war.

#### **5.4.1.4 Plaqueentfernung im Approximalraum**

Die Handzahnbürste entfernte im Durchschnitt 15,4 % der Plaque, die rotierend-oszillierende Elektrozahnbürste 3D Excel 14,6 % und die Schallzahnbürste 11,4 %. Damit entfernte die Handzahnbürste geringfügig mehr Plaque. Dies war statistisch signifikant.

In der Studie von Sharma et al. (1998) entfernte die rotierend-oszillierende Zahnbürste 3D durchschnittlich 87 % und die Schallbürste Sonicare 68 %. Die größere Plaquereduktion kann mit der 48-stündigen Mundhygienekarenz und der zweiminütigen Reinigung unter Aufsicht erklärt werden.

#### **5.4.1.5 Plaqueentfernung an Glattflächen**

Mit der rotierend-oszillierenden Zahnbürste 3D Excel gelang eine mittlere Plaquereduktion von 26,3 %, mit Schallzahnbürste 24,0 % und mit der Handzahnbürste von 21,3 %. Statistische Unterschiede gab es nicht.

In der Literatur waren bezüglich Plaquereduktion an Glattflächen keine Werte zu finden. Vergleicht man die an Glattflächen erzielten Werte der

vorliegenden Studie mit approximalen und zervikalen Flächen, so zeigt sich eine größere Plaquereduktion an Glattflächen und Zahnhals gegenüber den approximalen Zahnflächen. Nach Bellini et al. (1981) ist die Mundhygiene am effektivsten an Frontzähnen und an Glattflächen im Seitenzahnbereich.

#### **5.4.1.6 Plaqueentfernung im Ober- und Unterkiefer**

In dieser Studie konnte für die Plaqueentfernung im Oberkiefer kein signifikanter Unterschied zwischen den Testbürsten festgestellt werden. Mit der rotierend-oszillierenden Oral-B 3D Excel erreichten die Probanden eine durchschnittliche Plaquereduktion von 26,0 % mit Hand- oder Schallzahnbürste von 23,7 % bzw. 22,3 %. Im Unterkiefer dagegen entfernte die rotierend-oszillierende Zahnbürste 3D Excel signifikant mehr Plaque mit einer Reduktion um 19,1 % im Vergleich mit der Handzahnbürste um 16,3 % und der Schallzahnbürste um 15,1 %.

Die Plaquereduktion im Unterkiefer war generell signifikant geringer als im Oberkiefer.

In der Studie von Koch (1992) wurden für die Plaquereduktion im Ober- und Unterkiefer hingegen etwa einander entsprechende Werte festgestellt: Im Oberkiefer betrug die Plaquereduktion mit der Handzahnbürste zwischen 31,8 % und 45,5 %, im Unterkiefer zwischen 39,1 % und 60,9 %. Die Erklärungen für die erzielten höheren Plaquereduktionen sind das einwöchige Putztraining der Kinder unter Anleitung, die von den Eltern morgens und abends überwachte häusliche Zahnreinigung mit einer Putzzeit von drei Minuten, sowie die 48-stündige Mundhygienekarenz.

#### **5.4.1.7 Plaqueentfernung an Molaren, Prämolaren und Frontzähnen**

Die Plaquereduktionen an den Molaren, Prämolaren und Frontzähnen waren signifikant unterschiedlich: So wurden die Prämolaren mit allen drei Testzahnbürsten etwa gleich gut und sogar signifikant besser als die Molaren und die Frontzähne gereinigt. Mit der Handzahnbürste wurden

25,0 %, mit der rotierend-oszillierenden Zahnbürste 3D Excel 24,9 % und mit der Schallzahnbürste 21,7 % der Plaque entfernt.

Bellini et al. (1981) fanden im Frontzahnbereich eine bessere Plaque-entfernung als im Seitenzahnbereich.

Die größere Plaquereduktion an den Prämolaren gegenüber den Frontzähnen in dieser Studie resultiert vermutlich aus einer stärkeren Plaqueakkumulation an den Prämolaren, deren Zahnäquator mehr gingivanah zu finden ist. Der mehr koronalwärts gelegene Zahnäquator an Prämolaren verleiht dieser Zahngruppe größere Unterschnitte am Zahn und somit eine größere natürliche Plaqueretentionsfläche. Aufgrund der größeren Plaqueausgangswerte an Prämolaren kann hier wahrscheinlich eine größere Differenz vor und nach dem Putzen erzielt werden. Gegenüber der Molarengruppe ist die Prämolarenregion für den Proband auch leichter mit der Bürste zu erreichen und zu reinigen.

#### **5.4.2 Bürstläsionen**

Mit dem Plaquerevelator Mira-2-Tone können gingivale Läsionen angefärbt werden. In der Literatur wird immer wieder über Verletzungen berichtet (Breitenmoser et al. 1979, Danser et al. 1998a und b, Mantokoudis et al. 2001, Niemi et al. 1986, Sandholm et al. 1982, van der Weijden et al. 2004), die auch klinisch bei Patienten immer wieder festgestellt werden können. Andererseits fanden Boyd et al. (1989a), Biesbrock et al. (2002), Conforti et al. (2001), Garcia-Godoy et al. (2001), sowie Sharma et al. (2000b) in ihren Zahnbürsten-Studien keine Schäden an Hart- und Weichgewebe. Besonders bei Oral-B Studien wird häufig darauf verwiesen, dass unter Anwendung der Zahnbürsten keine Schäden an Hart- und Weichgewebe zu beobachten waren (Goyal et al. 2005, Sharma et al. 2005).

In vorliegender Studie wurden die palatinalen, vestibulären und lingualen Gingivaregionen auf Bürstläsionen untersucht. Dabei wurden bei allen drei Testzahnbürsten palatinal signifikant mehr Läsionen gefunden.

Die Bürstläsionen vor und nach 60-sekündiger Zahnreinigung ließen keine signifikanten Unterschiede erkennen. Dies ist konform mit Studien von Danser et al. (1998b) und van der Weijdens et al. (2004), die ebenso keine signifikanten Unterschiede zwischen Bürstläsionen vor und nach Zahnreinigung feststellen konnten.

In dieser Untersuchung verursachten alle drei Testzahnbürsten im Oberkiefer vestibulär und palatinal, sowie im Unterkiefer lingual gleichhäufig Bürstläsionen. Die rotierend-oszillierende Zahnbürste 3D Excel verursachte allerdings vestibulär im Unterkiefer signifikant mehr Bürstläsionen als die Schall- oder Handzahnbürste.

Rosema et al. (2005) fanden bei dem Nachfolge-Modell der in dieser Studie getesteten Oral-B 3D Excel, der Oral-B Professional Care 7000 (PC 7000), mit  $1,34 \pm 2,05$  mehr Bürstläsionen als bei der Oral-B 3D Excel mit  $0,91 \pm 0,91$ . Ebenso traten unter Anwendung der Philips Sonicare Elite in der Studie nach Rosema et al. mehr Bürstläsionen (MW:  $1,26 \pm 1,77$ ) gegenüber der Cybersonic Schallbürste unserer Studie (MW:  $0,42 \pm 0,80$ ) auf. Die größere Anzahl an Bürstläsionen in der Studie nach Rosema et al. kann wie folgt erklärt werden: Das Anfärben der Gingiva mittels Mira-2-Tone erfolgte separat bei Rosema et al., wohingegen in dieser Studie nur einmal Revelator auf die Zahnflächen aufgetragen wurde und sich durch Spülen und muskuläre Bewegung verteilte. Die Bewertung erfolgte in der Studie nach Rosema et al. akkurater, indem die Bürstläsionen nach Größe und Lokalisation am Gingivalsaum erfasst wurden. Das vermehrte Auftreten an Bürstläsionen durch die PC 7000 kann aus der höheren Frequenz der Seitwärtsbewegungen mit 73 Hz gegenüber 63 Hz bei 3D Excel resultieren. Die Frequenzen der Sonicare Elite sowie der in dieser Studie getesteten Cybersonic sind mit 260 Hz identisch. Der Unterschied liegt hier wahrscheinlich in der Konfiguration

des Bürstkopfes, der bei Sonicare Elite gebogen ist und zwei zentrale Büschelpaare aufweist, welche V-förmig gegeneinander geneigt sind. Das Borstenfeld der Cybersonic ist dagegen plan und kreisrund.

In der Literatur finden sich einige Studien, welche das Auftreten von Bürstläsionen mit Hilfe eines Scan-Elektro-Mikroskops (SEM) untersuchen (Drisko et al. 1995, Sandholm et al. 1982). Die Beobachtungen mittels SEM stimmten zu etwa 90 % mit klinisch gefundenen Läsionen überein (Niemi et al. 1986).

#### **5.4.2.1 Zusammenhang zwischen Bürstläsionen, angewandter Bürstkraft und Plaquentfernung**

In vorliegender Studie wurde, unter Bestimmung der Korrelationskoeffizienten nach Pearson und Kendall, der Zusammenhang zwischen Plaquentfernung und den beobachteten Bürstläsionen untersucht.

Ein Zusammenhang fand sich nur bei der rotierend-oszillierenden 3D Excel für die palatinale und vestibuläre Gingiva des Oberkiefers: Palatinal zeigte sich eine positive Korrelation, was bedeutet, dass eine höhere Plaquerreduktion mit mehr Bürstläsionen einherging. Vestibulär fand sich dagegen eine negative Korrelation: Das heißt, eine höhere Plaquerreduktion korrelierte hier mit einer niedrigen Anzahl an Bürstläsionen. Die Hypothese, eine hohe Plaquerreduktion bringe eine größere Verletzung gingivalen Weichgewebes mit sich, hatte somit keine allgemeine Gültigkeit. Eine Bestätigung dieses Ergebnisses mit Hilfe einer Studie mit größerer Fallzahl wäre sinnvoll.

Für die übrigen Regionen der Gingiva, im Unterkiefer vestibulär und oral, konnte kein Zusammenhang zwischen Plaquerreduktion und Bürstläsionen gefunden werden.

Das vermehrte Auftreten von Bürstläsionen an der palatinalen Gingiva kann mit der Anatomie des gingivalen Weichgewebes in Verbindung gebracht werden. Im Gegensatz zur vestibulären Gingiva stellt sich das

palatinale Gewebe als besonders straff dar. Am Gaumen existiert keine mukogingivale Grenze, da Gaumen und Alveolarfortsätze von mastikatorischer Schleimhaut überzogen sind. Die befestigte „attached“ Gingiva ist hier durch bindegewebige Fasern fest mit dem darunterliegenden Alveolarknochen verbunden und keratinisiert. Sie geht am Gaumen fließend in die verhornte Gaumenschleimhaut über (Renggli et al. 1978). Insgesamt ist die Gaumenschleimhaut mit ihrer straffen Konsistenz, verglichen mit der vestibulären Gingiva, leichter zu verletzen. Niemi et al. (1984) zeigten, dass unter Verwendung einer harten Bürste mit 0,23 mm Borstendicke weniger Plaque entfernt wurde und dabei mehr Bürstläsionen auftraten als mit einer weichen Bürste, deren Borsten einen Durchmesser von 0,15 mm Dicke hatten.

Häufig werden nicht abgerundete Borstenenden für Zahnfleisch-Verletzungen verantwortlich gemacht. Danser et al. (1998b) fanden, dass die Qualität der Borstenabrundung keinen Effekt auf die Plaqueentfernung hatte. Jedoch wurden bei nicht abgerundeten Borstenenden vermehrt Bürstläsionen gefunden. In einer anderen Studie wurden vermehrt Bürstläsionen bei harten und steifen Borsten gefunden (Niemi et al. 1984). Van der Weijden et al. (2004) fanden, dass die Plaqueentfernung unter Aufwendung größerer Kraft von etwa 3,5 N geringer ist, als unter Anwendung empfohlener Bürstkraft von 1,5 N. Die dabei jeweils verursachten Bürstläsionen waren nicht signifikant zu differenzieren.

## **5.5 Ergebnisse des Fragebogens**

### **5.5.1 „Zurechtkommen“ mit der Testzahnbürste**

In dieser Studie gaben 82 % der Probanden an, mit der rotierend-oszillierenden Elektrozahnbürste 3D Excel gut zu Recht zu kommen. 72 % der Probanden gaben dies für die Schallbürste an und 66 % der Probanden für die Handzahnbürste. Die Unterschiede dieser Bewertung waren nicht signifikant.

Wegen der kurzen Testphase der Bürsten können die niedrigen Prozentsätze zum „Zurechtkommen“ mit der Testzahnbürste dadurch erklärt werden, dass die Probanden die Bürsten als ungewohnt empfanden und sich innerhalb der kurzen Testzeit von jeweils einer Woche noch nicht an die jeweilige Bürste gewöhnen konnten.

Bei Sharma et al. (1998) gaben 89 % der Probanden an, gut mit der Testbürste Oral-B 3D zu Recht zu kommen. Dagegen bestätigten nur 2 % der Teilnehmer dies für die Schallbürste Sonicare. 9 % der Probanden äußerten keine Vorliebe für eine der beiden Bürsten.

### **5.5.2 Reinigungswirkung**

Die Reinigungswirkung wurde von den Teilnehmern dieser Studie signifikant unterschiedlich bewertet. Eine gute Reinigungswirkung maßen 90 % der Probanden der rotierend-oszillierenden Zahnbürste 3D Excel, 55 % der Schallbürste und 31 % der Handzahnbürste zu. Indes differierten die tatsächlichen Plaqueentfernungen der Testzahnbürsten an allen Flächen in dieser Studie nur geringfügig. So entfernte die Handzahnbürste 19,9 %, die rotierend-oszillierende Zahnbürste 22,4 % und die Schallzahnbürste 18,5 % der Plaque.

In einer anderen Studie (Sharma et al. 1998) bewerteten 64 % der Teilnehmer die Reinigungswirkung der rotierend-oszillierenden Oral-B 3D mit „gut / gründlich“. Für 14 % der Probanden traf dies für die Schallzahnbürste Sonicare zu und 22 % der Probanden empfanden keinen Unterschied zwischen den Testzahnbürsten.

### **5.5.3 Missempfindungen im Gebrauch**

Im Gebrauch der rotierend-oszillierenden Zahnbürste 3D Excel empfanden 24 % der Probanden die Vibrationen als unangenehm. 67 % der Probanden gaben dies bei der Schallbürste an. Die unterschiedliche Bewertung war signifikant.

Der hohe Prozentsatz der Probanden, welcher die Schallbürste als unangenehm empfand, kann dadurch erklärt werden, dass die hochfrequenten Bürstbewegungen für die Probanden ungewohnt waren und sich innerhalb der kurzen Testzeit von einer Woche keine Gewöhnung einstellen konnte. Dies hatte Einfluss auf die Bewertung.

Die gleiche Tendenz der Bewertung ergab sich in der Studie nach Sharma et al. (1998). Hier bewerteten 34 % der Probanden die Vibrationen bei einer rotierend-oszillierenden Zahnbürste (Oral-B 3D) als unangenehm und 75 % gaben dies für eine Schallzahnbürste (Sonicare) an.

#### **5.5.4 Beurteilung des Borstenfeldes, des Bürstengriffs und der Borstenhärte**

In dieser Studie konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Testzahnbürsten und der Beurteilung des „Borstenfeldes“ gefunden werden.

Bei der rotierend-oszillierenden Zahnbürste 3D Excel waren alle Probanden mit der Größe des Borstenfeldes zufrieden (100 %), bei der Schallzahnbürste und der Handzahnbürste jeweils 28 der 33 Probanden (85 %).

Nach Sharma et al. (1998) empfanden 91 % der Probanden das kleine Borstenfeld einer rotierend-oszillierenden Zahnbürste (3D Plaque Remover) positiv im Gebrauch, 7 % gaben dies für eine Schallzahnbürste (Sonicare) an. 2 % der Probanden fanden keinen Unterschied zwischen diesen beiden Elektrozahnbürsten.

Für die Bewertung „Griff lag gut in der Hand“ konnte in dieser Studie kein signifikanter Unterschied zwischen den Testzahnbürsten gefunden werden. Die Griffe wurden bei allen drei Testzahnbürsten etwa gleich positiv bewertet. Anders in der Studie nach Sharma et al. (1998). Hier waren 75 % der Teilnehmer mit dem Bürstengriff der rotierend-oszillierenden Zahnbürste (3D Plaque Remover) zufrieden, nur 5 % mit

dem Bürstengriff der Schallzahnbürste (Sonicare). 20 % der Probanden fanden keinen Unterschied.

Die Borstenhärte wurde in dieser Studie signifikant unterschiedlich bewertet: Die Borsten der rotierend-oszillierenden Zahnbürste 3D Excel wurden von 33 % der Anwender als zu hart bewertet, 15 % der Probanden fanden die Borsten der Handzahnbürste zu hart. Im Gegensatz dazu beurteilte kein Proband die Borsten der Schallzahnbürste als zu hart.

In der Studie von Sharma et al. (1998) bevorzugten die Teilnehmer die rotierend-oszillierende Zahnbürste gegenüber der Schallbürste. Die drei häufigsten Gründe waren „kleines Borstenfeld, leichter alle Stellen des Gebisses zu erreichen und zu säubern“, „scheint besser zu reinigen“, „leichteres Handling, Kontrolle und Manövrierfähigkeit“.

In dieser Studie wurde der rotierend-oszillierenden Elektrozahnbürste 3D Excel gegenüber der Schallzahnbürste wegen einem besseren Reinigungsgefühl und dem Fehlen unangenehmer Vibration der Vorzug gegeben. Gegenüber der Handzahnbürste war es das bessere Reinigungsgefühl.

## **5.6 Ausblick**

In sehr vielen Studien haben rotierend-oszillierende Zahnbürsten eine bessere Plaqueentfernung als andere Elektrozahnbürsten oder Handzahnbürsten bewiesen. Auch in dieser Studie entfernte die rotierend-oszillierende Zahnbürste geringfügig mehr Plaque als die Schall- und Handzahnbürste. Jedoch ist die Handzahnbürste weiterhin ein zu empfehlendes Mundhygienehilfsmittel, da die Unterschiede in der Plaqueentfernung nur gering sind. Entscheidend für das Resultat der individuellen Mundhygiene ist die Sorgfalt, Regelmäßigkeit und systematische Reinigung. Ziel soll sein, das von vielen Patienten praktizierte Verhalten des flüchtigen Zähneputzens ein- bis zweimal am Tag, welches mehr symbolischen Charakter hat, umzulenken im Sinne

einer aktiven und bewusst gründlichen Mundhygiene mit systematischer Reinigung aller Zahnflächen. Zum anderen ist der Schädigung von Weich- und Hartgeweben vermehrt Aufmerksamkeit zu schenken.

Ferner ist der Zahnzwischenraum mit Zahnseide, Interdentalraumbürsten oder Zahnzwischenraumhölzchen zu reinigen, da dieser Bereich weder von elektrischen Zahnbürsten noch von Handzahnbürsten ausreichend gereinigt wird. Interdentalraumbürsten gelten als besonders effektiv, da sie auch schwer zugängliche Oberflächenkonkavitäten (Wurzeleinziehungen) reinigen, die von Zahnseide nicht erreicht werden können (Dörfer 1997, Dörfer und Staehle 1998, Dörfer et al. 2000).

Dass viel Aufklärungs- und Motivationsbedarf besteht, zeigen Erhebungen aus dem Jahr 1997, nach welchen nur 8,4 Prozent der Jugendlichen, 25,1 Prozent der Erwachsenen und 5,5 Prozent der Senioren Zahnseide verwenden (Micheelis und Reich 2003). Die Optionen einer effektiven Zahnzwischenraumreinigung, beispielsweise durch individuell ausgesuchte Interdentalraumbürsten, scheint dem Großteil der Bevölkerung nicht bekannt zu sein (Staehle und Kerschbaum 2003).

Trotz relativ guter Putzergebnisse bisher bereits auf dem Markt befindlicher Zahnbürsten müssen sich Forschung und Hersteller von Zahnbürsten dennoch zum Ziel setzen, Zahnbürsten so zu verändern und weiterzuentwickeln, dass insbesondere in den schwer zugänglichen Bereichen (Approximalraum, distal der letzten Zähne, unter Brücken, am Fissurengrund, im Bereich von Zahneinziehungen, Schachtelstellung) noch bessere Reinigungsergebnisse erzielt werden können.

Abschließend sei erwähnt, dass dem Patienten genügend Aufklärungsmaterial zur Verfügung gestellt werden muss. Bei elektrischen Zahnbürsten oder Mundhygienegeräten sollte im Beipackzettel die richtige Handhabung des jeweiligen Gerätes deutlich beschrieben und erklärt sein.

## 6 Zusammenfassung

Es wurde nach einem Cross-over-Design die Plaqueentfernung einer Handzahnbürste mit zwei elektrischen Zahnbürsten über einen Zeitraum von 21 Tagen untersucht. Die Untersuchung erfolgte einfach blind, d.h. die Untersucherin wusste nicht, welche Zahnbürste verwendet wurde. An der Untersuchung nahmen 33 Probanden mit einem durchschnittlichen Alter von  $33,5 \pm 12,5$  Jahren teil. Jeder Proband verwendete für sechs Tage eine der Testzahnbürsten und kam nach 24-stündiger Mundhygienepause zur Untersuchung. Es wurde die gebildete Plaque mit einer intraoralen Kamera aufgenommen und später am Bildschirm mittels Plaque-Navy-Index nach Rustogi et al. (1992) bestimmt. Der Patient putzte dann für 60 Sekunden unbeaufsichtigt und ohne Spiegel seine Zähne und die noch vorhandene Plaque wurde erneut angefärbt und bestimmt. Gegebenfalls wurden Bürstläsionen aufnotiert.

Mit der Handzahnbürste Oral-B P35 wurde eine mittlere Plaquereduktion von  $19,9 \% \pm 3,2 \%$ , mit der rotierend-oszillierenden Zahnbürste Oral-B 3D Excel von  $22,4 \% \pm 4,0 \%$  und mit der Schallzahnbürste Cybersonic von  $18,5 \% \pm 4,4 \%$  erreicht. Die rotierend-oszillierende Zahnbürste Oral-B 3D Excel entfernte signifikant mehr Plaque ( $p = 0,000$ ) als die anderen Zahnbürsten.

Palatinal an den Oberkieferzähnen entfernten die elektrischen Zahnbürsten mehr Plaque als dies mit der Handzahnbürste möglich war.

Bukkal wurde mit der rotierend-oszillierenden Zahnbürste Oral-B 3D Excel und der Handzahnbürste etwas mehr Plaque entfernt als mit der Schallzahnbürste.

Lingual reinigte keine Zahnbürste besser als die andere.

Am Zahnhals entfernte die rotierend-oszillierende Zahnbürste Oral-B 3D Excel mehr Plaque als die Handzahnbürste oder Schallzahnbürste.

Jedoch entfernten die Probanden approximal etwas mehr Plaque mit der Handzahnbürste als mit den elektrischen Zahnbürsten.

An den Glattflächen gelang eine durchschnittliche Plaqueentfernung um 21,3 % bis 26,3 %. Dabei putzte keine Zahnbürste besser.

Im Oberkiefer wurde insgesamt signifikant mehr Plaque entfernt als im Unterkiefer.

Während insgesamt im Oberkiefer keine Zahnbürste mehr Plaque entfernte, reinigten die Probanden mit der rotierend-oszillierenden Zahnbürste 3D Excel ihre Zähne im Unterkiefer geringfügig besser als mit den anderen Zahnbürsten.

Unterschieden nach Zahngruppen, wurde mit der rotierend-oszillierenden Zahnbürste 3D Excel an den Molaren und im Frontzahnbereich etwas mehr Plaque entfernt als mit den anderen Zahnbürsten.

Die rotierend-oszillierende Zahnbürste 3D Excel verursachte bukkal im Unterkiefer signifikant mehr Bürstläsionen als die anderen Zahnbürsten.

Ferner wurde ein positiver Zusammenhang zwischen höherer Plaquereduktion und mehr Bürstläsionen palatinal für die rotierend-oszillierende Zahnbürste 3D Excel gefunden.

Die Probanden würden für ihre weitere Zahnreinigung eine rotierend-oszillierende Zahnbürste eher bevorzugen als die verwendete Schallzahnbürste oder Handzahnbürste.

#### Fazit:

Alle Zahnbürsten haben Plaque entfernt, wenngleich eine rotierend-oszillierende Zahnbürste geringfügig etwas mehr Plaque entfernte. Damit kann eine Handzahnbürste weiterhin empfohlen werden, obwohl unabhängig von den Erwerbs- und Betriebskosten die Patienten eine elektrische Zahnbürste bevorzugen würden.

Entscheidend für die Qualität der Zahnreinigung sind die Sorgfalt und eine ausreichende Reinigungszeit. Hierbei werden drei Minuten empfohlen. Der Zahnzwischenraum ist weiterhin zusätzlich zu reinigen.

---

## 7 Literaturverzeichnis

1. Aass AM, Gjermo P: Comparison of oral hygiene efficacy of one manual and two electric toothbrushes. *Acta Odontol Scand* 58: 166-170 (2000)
2. Addy, M: Measuring success in toothbrush design – an opinion and debate of the concepts. *Int Dental Journal* 48: 509-518 (1998)
3. Ainamo J, Bay I: Problems and proposals for recording gingivitis and plaque. *Int Dent* 25: 229-235 (1975)
4. Ainamo J, Paloheime L, Nordblad A, Murtomaa H: Gingival recession in schoolchildren at 7, 12 and 17 years of age in Epoo, Finland. *Com Dent Oral Epidemiol* 14: 283-286 (1986)
5. Allet B, Regulati B, Mühlemann HR: Die Rolle der Griffabwinkelung auf die Reinigungskraft einer Zahnbürste. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 82: 452-460 (1972)
6. American Dental Association Council on Dental Therapeutics: Accepted Dental Therapeutics. (ed 37) Chicago: American Dental Association (1977)
7. American Dental Association Council on Dental Therapeutics: Guidelines for acceptance of chemotherapeutic products for the control of supragingival dental plaque and gingivitis (1985)
8. American Dental Association: Acceptance Program Guidelines: Toothbrushes. Council on Scientific Affairs (1998)
9. Anneroth G, Poppelman A: Histological evaluation of gingival damage by toothbrushing. An experimental study in dog. *Acta Odontol Scand* 33: 119-127 (1975)
10. Arnbjerg D, Söderfeldt B, Palmqvist S: Correction of self-assessment of dental conditions. *Com Dent Oral Epidemiol* 20: 322-325 (1992)

11. Arnold M, Trost G: Über die Abhängigkeit des Putzeffektes von verschiedenen Formen des Zahnbürstenkopfes. Dtsch Stomat 18: 442-445 (1968)
12. Ash MM: Review of the problems and results of studies on manual and power toothbrushes. J Periodont 35: 202-213 (1964)
13. Axelsson P: Mechanical plaque control." In: Lang NP, Karring T: Proceedings of the 1<sup>st</sup> European Workshop on Periodontology. Quintessence Publishing Coop., London: 219-227 (1994)
14. Axelsson P: Plaque Control for the Prevention of oral diseases" in Axelsson P: An Introduction to Risk Prediction and Preventive Dentistry. Quintessence: 60-65 (1999)
15. Baab DA, Johnson RH: The effect of a new electric toothbrush on supragingival plaque and gingivitis. J Periodontol 60: 336-341 (1989)
16. Bader HI, Boyd RL: Comparative efficacy of a rotary and a sonic powered toothbrush on improving gingival health in treated adult periodontitis patients. Am J Dent 12: 143-147 (1999)
17. Balanyk TE, Sharma NC, Galustians J: A clinical study of comparative plaque removal performance of two manual toothbrushes. J Clin Dent 4: 8-12 (1993)
18. Barnes V, Battista GW, Petrone D, Petrone ME, Chaknis P, DeVizio W, Volpe AR.: Comparative efficacy of a new battery-powered toothbrush and an electric toothbrush on plaque removal. Compend Contin Educ Dent Suppl 21: 30-33 (2000)
19. Bass CC: The optimum characteristics of toothbrushes for personal oral hygiene. Dental items of interest 70: 697-718 (1948)
20. Bass CC: An effective method of personal hygiene. Part I. J La State Med Soc 106: 57-73 (1954a)
21. Bass CC: An effective method of personal hygiene. Part II". J La State Med Soc (106): 57-73 (1954b)

22. Batenhorst KF, Bowers GM, Williams JE: Tissue changes resulting from facial tipping and extrusion of incisors in monkeys. *J Periodontol* 45: 660-668 (1974)
23. Beals D, Wong-Paredes M, Rutter AB: Grip architecture in manual toothbrushing. *J Dent Res* 78: 413-415 (1999)
24. 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)
25. Bellini HT, Campi R, Denardi JL: Four years of monthly professional toothcleaning and topical fluoride application in Brazilian schoolchildren I. Effect on gingivitis. *J Clin Periodontol* 8: 231-238 (1981)
26. Bennick A, Cannon M, Madapallimattam G: Factors affecting the adsorption of salivary acidic proline-rich proteins to hydroxyapatite. *Caries Res* 15: 9-20 (1981)
27. Benson BJ, Henyon G, Grossman E, Mankodi S, Sharma NC: Development and verification of the proximal/marginal plaque index. *J Clin Dent* 4: 14-20 (1993a)
28. Benson BJ, Henyon G, Grossman E: Plaque removal efficacy of two children's toothbrushes: A one month study. *J Clin Dent* 4: 6-10 (1993b)
29. Bergenholtz A, Gustafsson LB, Segerlund N, Hagberg C, Ostby N: Role of Brushing Technique and Toothbrush-design in Plaque Removal. *Scand J Dent Res* 92: 344-351 (1984)
30. Biesbrock AR, Walters P, Bartizek RD, Ruhlman D, Donly KJ: Dental plaque removal with a novel battery-powered toothbrush. *Am J Dent* 15: 77-80 (2002)
31. Blanco VL, Cobb CM, Williams KB, Manch-Citron JN: In vitro effect of the Sensonic toothbrush on *Treponema denticola*. *J Clin Periodontol* 24: 318-323 (1997)

- 
32. Bössmann K: Wirkstoffe in Zahnpasten. *Oralprophylaxe* 7: 138-143 (1985)
  33. Boyd RL, Murray P, Robertson PB: Effect on periodontal status of rotary electric toothbrushes versus manual toothbrushes during periodontal maintenance. *J Periodont* 60: 390-401 (1989a)
  34. Boyd RL, Murray P, Robertson PB: Effect of rotary electric toothbrush versus manual toothbrush on periodontal status during orthodontic treatment. *Am J Orthodont Dentofac Orthoped* 96: 342-343 (1989b)
  35. Bowden GH, Hardie JM, Slade GL: Microbial variations in approximal dental plaque. *Caries Res* 9: 253-277 (1975)
  36. Brading MG, Cromwell VJ, Green AK, DeBrabander S, Beasley T, Marsh PD: The role of Triclosan in dentifrice formulations, with particular reference to a new 0,3 % Triclosan calcium carbonate-based system. *Int Dent J* 54: 291-298 (2004)
  37. Bradshaw DJ, McKnee AS, Marsh PD: Effects of carbohydrate pulses and pH on population shifts within oral microbial communities in vitro. *J Dent Res* 68: 1298-1302 (1989)
  38. Breitenmoser J, Mormann W, Mühlemann HR: Damaging effects of toothbrush bristle end form on gingiva. *J Periodontol* 50: 212-216 (1979)
  39. Brown E, Brunelle JA, Kingmann A: Periodontal status in the United States 1988-1991. Prevalence, extend and demographic variations. *J Dent Res* 75: 672-683 (1996)
  40. Bustillo E, Cartwright S, Battista GW, Petrone DM, Petrone ME, Rustogi KN, Chaknis P, Volpe AR: Effectiveness of a batterypowered toothbrush on plaque removal: comparison with four manual toothbrushes. *Compend Contin Educ Dent Suppl* 21: 25-35 (2000)

- 
41. Cancro LP, Fischman SL: The expected effect on oral health of dental plaque control through mechanical removal. *Periodontol* 2000 8: 60-74 (1995)
  42. Carlsson J: The microbiology of plaque. in: Lindhe J (Hrsg.): *Textbook of clinical Periodontology*, Munksgaard, Copenhagen (2. Auflage): 129-152 (1993)
  43. Charters WJ: Ideal tooth brushing. *J Dent Res* 4: 11-16 (1922)
  44. Charters WJ: Immunizing both hard and soft mouth tissue to infection by correct stimulation with the toothbrush. *J Am Dent* 15: 87-93 (1929)
  45. Chava VK: An evaluation of the efficacy of a curved bristle and conventional toothbrush. A comparative clinical study. *J Periodontol* 71: 785-789 (2000)
  46. Christensen LB, Petersen PE, Krustrup U, Kjoller M: Self-reported oral hygiene practices among adults in Denmark. *Com Dent Health* 20: 229-235 (2003)
  47. Ciancio S, Cunat J, Mather M, Harvey DJ: A comparison of plaque accumulation in bonded versus banded teeth. *J Dent Res* 64: 359-363 (1984)
  48. Clark WB, Loe H: Mechanisms of initiation and progression of periodontal disease. *Periodont* 2000, 2: 72-82 (1993)
  49. Claydon N, Leach K, Newcombe RG, Ley F, Scratcher C, Addy M: The use of professional brushing to compare 3 toothbrushes for plaque removal from individuals with gingival recession. *J Clin Periodontol* 27: 749-752 (2000)
  50. 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)

- 
51. Conforti NJ, Chaves ES, Liebman J, Bowman JP, Warren PR, Cugini M: A comparative 3-month clinical investigation of the safety and efficacy of a battery-operated and a rechargeable oscillating-rotating power toothbrush. *Am J Dent* 14: 59-62 (2001)
  52. Cronin M, Dembling W, Warren PR, King DW: A 3-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: S17-S21 (1998)
  53. Cronin MJ, Dembling W, Conforti NJ, Liebman J, Cugini M, Warren PR: A single-use and 3-month clinical investigation of the comparative efficacy of a battery-operated power toothbrush and a manual toothbrush. *Am J Dent* 14: 19B-24B (2001)
  54. 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)
  55. Danser MM, Timmerman MF, Ijzerman Y, van der Velden U, Warren PR, van der Weijden FA: A comparison of electric toothbrushes in their potential to cause gingival abrasion of oral soft tissues. *Am J Dent* 11: S35-S39 (1998a)
  56. Danser MM, Timmerman MF, Ijzermann Y, Bulthuis H, van der Velden U, van der Weijden GA: Evaluation of the incidence of gingival abrasion as a result of toothbrushing. *J Clin Periodontol* 25: 701-706 (1998b)
  57. Davis WB, Rees DA: A parametric test to measure cleaning power of toothpaste. *J Soc Cosmet Chem* 26: 217-225 (1975)
  58. Deasy MJ, Singh SM, Rustogi KN, Petrone DM, Battista G, Petrone ME, Volpe AR: Effect of a dentifrice containing triclosan and a

- 
- copolymer on plaque formation and gingivitis. Clin Prev Dent 13: 12-19 (1991)
59. 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 39: 123-127 (1990)
  60. DIN-Norm 13917, Deutsche Norm Zahnheilkunde, Zahnbürsten, Begriffe, Maße, Anforderungen, November (1988)
  61. Dörfer CE: Der Approximalraum. Präventive, kariologische und restaurative Aspekte. Dtsch Zahnärztl Z 52:151-167 (1997)
  62. Dörfer C, Staehle HJ: Aktuelle Aspekte der Interdentalraumreinigung. Oralprophylaxe 20: 1-5 (1998)
  63. Dörfer CE, Stückgen D, Cheung F, Staehle HJ: Häufigkeit und Morphologie von Wurzeleinziehungen. Dtsch Zahnärztl Z 55: 257-263 (2000)
  64. 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 J Dent 14: 25B-28B (2001)
  65. Dörfer CE, von Bethlenfalvy ER, Kugel B, Pioch T: Cleaning efficacy of a manual toothbrush with tapered filaments. Oral Health Prev Dent 1: 111-118 (2003)
  66. Dreyfus S: Aspekte der Zahnbürste. Schweiz Monatsschr Zahnmed 65: 1030-1036 (1955)
  67. Drisko C, Henderson R, Yancy J: A review of current toothbrush bristle end-rounding studies. Compend Contin Educ Dent 16: 694-696 (1995)

- 
68. Elliot JR, Bowers GM, Clemmer BA, Rovelstad GH: A comparison of selected oral hygiene devices in dental plaque removal. *J Periodontol* 43: 217-220 (1972)
  69. Ellen RP, Lépine G, Nghiem PM: In vitro models that support adhesion specify in biofilms of oral bacteria. *Adv Dent Res* 11: 33-42 (1997)
  70. Fahrmeir L, Künstler R, Pigeot I, Tutz G: Statistik – Der Weg zur Datenanalyse. Springer Verlag Berlin, 2. Auflage: 441-456, 498-521 (1999)
  71. Fanning EA, Henning FR: Toothbrush design and its relation to oral health. *Aust Dent J* 112: 464-467 (1967)
  72. Finkelstein P, Grossman E: The clinical quantitative assessment of the mechanical cleaning efficiency of toothbrushes. *Clin Prev Dent* 6: 7-12 (1984)
  73. Fischman SL: Design of studies to evaluate plaque control agents. *J Dent Res* 58: 2389-2395 (1979)
  74. Fischman SL: Current status of indices of plaque. *J Clin Periodontol* 13: 371-374 (1986)
  75. Fishman SL, Cancro LP, Pretara-Spanedda P, Jacobs D: Distal mesial plaque index: a technique for assessing dental plaque about the gingiva. *Dent Hyg* 61: 404-409 (1987)
  76. Fones AC: Mouth Hygiene – a text-book for dental hygienists. Philadelphia, Lea & Febinger (1934)
  77. 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)
  78. Fleiss JL, Park MH, Chilton NW: Representativeness of the Ramfjord teeth for epidemiologic studies of gingivitis and periodontitis. *Com Dent Oral Epidemiol* 15: 221-224 (1987)
  79. Frandsen AM, Barbano JP, Suomi JD, Chang JJ, Houston R: A comparison of the effectiveness of the Charters, Scrub and roll

- 
- methods of toothbrushing in removing plaque. *Scand J Dent Res* 809: 267-271 (1972)
80. Freedmann AL, Salkin LM, Stein MD, Green K: A 10-year longitudinal study of untreated mucogingival defects. *J Periodontol* 63: 71-72 (1992)
  81. Galgut PN: The influence of toothbrush wear on the variables of plaque and gingivitis in clinical trials. *J Dent Hyg* 75: 150-155 (2001)
  82. Garcia R, Benet M, Arnau C, Cobo E: Efficiency of the cross-over design: an empirical estimation. *Stat Med.* 23: 3773-3780 (2004)
  83. Garcia-Godoy F, Marcushamer M, Cugini M, Warren PR: The safety and efficacy of a children's powered toothbrush and a manual toothbrush in 6 - 11 year-olds. *Am J Dent* 14: 195-199 (2001)
  84. Gertenrich RL, Lewis MJ: A study of automatic and hand toothbrushing as used on retarded or handicapped patients. *J Dent Child* 34: 145-164 (1967)
  85. Glavind L: Means and methods in oral hygiene instruction of adults. *Tandlaegebladet* 94: 217-246 (1990)
  86. Glavind L, Zeuner E: The effectiveness of a rotary electric toothbrush on oral cleanliness in adults. *J Clin Periodontol* 13: 135-138 (1986)
  87. Gower MS: Safe and adequate pressure for toothbrushing routines. *Dent Surv* 23: 64-65 (1974)
  88. Goyal CR, Sharma NC, Qaqish JG, Cugini MA, Thompson MC, Warren PR: Efficacy of a novel brush head in the comparison of two power toothbrushes on removal of plaque and naturally occurring extrinsic stain. *J Dent* 33: 37-43 (2005)
  89. Green A, Rosenstein SN, Parks S, Kutscher AH: The electric toothbrush as an adjunct in maintaining oral hygiene in handicapped patients. *J Dent Child* 29: 169-173 (1962)
  90. Greene J, Vermillion J: The simplified oral hygiene index. *J Am Dent* 68: 7-13 (1964)

- 
91. 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)
  92. Grossman E, Cronin M, Dembling W, Proskin H: A comparative clinical study of extrinsic tooth stain removal with two electric toothbrushes (Braun D7 and D9) and a manual brush. *Am J Dent* 9: S26-S29 (1996)
  93. Guinard EA, Caffesse RG: Localized gingival recessions: etiology and prevalence. *J West Soc Periodont* 25: 25-33 (1977)
  94. Gülzow HJ, Busse G: Klinisch-experimentelle Untersuchungen über die Wirksamkeit verschiedener Zahnputzmethoden und Zahnputzmittel. *Dtsch Zahnärztl Z* 25: 1126-1134 (1970)
  95. Gülzow HJ, Opel HH: Vergleichende Untersuchungen über den Reinigungseffekt von Kurzkopfzahnbürsten mit unterschiedlichen Borstenfeldern. *Dtsch Zahnärztl Z* 30: 576-580 (1975)
  96. Gülzow HJ: Oralhygiene. *Münch Med Wochenschr* 120: 1637-1642 (1978)
  97. Haffajee AD, Socransky SS: Microbial etiological agents of destructive periodontal disease. *Periodontol* 2000, 5: 78-111 (1994)
  98. Harpenau L: Clinical comparison of plaque removal and gingival bleeding reduction by two different brush heads on a sonic toothbrush. *J Clin Dent* 11: 29-34 (2000)
  99. Harrap GJ: Assessment of the effect of dentifrices on the grove of dental plaque. *J Periodontol* 1: 166-174 (1974)
  100. Heanue M, Deacon SA, Deery C, Robinson PG, Walmsley AD, Worthington HV, Shaw WC: Manual versus powered toothbrushing for oral health. *Cochrane Review*. In: *The Cochrane Library* 1: 1-48 (2003)
  101. Hefferren JJ: A laboratory method for assessment of dentifrice abrasivity. *J Dent Res* 55: 563-573 (1976)

- 
102. Heidemann D: Parodontologie. Praxis der Zahnheilkunde, Band 4 Urban & Schwarzenberg, München – Wien – Baltimore; 3. Auflage: 23-62, 82, 147-155 (1997)
  103. Heideman D, Diedrich P: Kariologie und Füllungstherapie - Praxis der Zahnheilkunde, Band 2, Urban & Schwarzenberg, 4. Auflage: 6-13, 57-61 (1999)
  104. Heinecke A, Hultsch E, Reppes R: Medizinische Biometrie. Berlin, Springer Verlag: 29-38 (1992)
  105. Hickel R: Wirkstoffe gegen Plaque und Bakterien. Quintessenz 48: A45-A57 (1997)
  106. Jenkins GN: Recent changes in dental caries. Br Med J – Clin Res Ed 291: 1297-1280 (1985)
  107. Joshipura KJ, Kent RL, DePaola PF: Gingival recession: intra-oral distribution and associated factors. J Periodontol 64: 864-871 (1994)
  108. Kanchanakamol U, Srisilapanan P, Umprawan R, Konmalai A: Dental plaque removal in adults using a newly developed concept 45° toothbrush. Int Dent J 43: 116-120 (1993)
  109. Kandelman D, Ruel D, Tenenbaum M, Sauve L: Measuring toothbrush performance. Oral Health 76: 63-65 (1986)
  110. Katz RV, Radi WR, Barnes GP: Evaluation of a simplified caries index for use by the US Army Dental Corps. J Dent Res 55: 935-938 (1976)
  111. Khocht A, Spindel L, Person P: A comparative clinical study of the safety and efficacy of three toothbrushes. J Periodontol 63: 603-610 (1992)
  112. Killoy WJ, Love JW, Love JD, Tira DE: Clinical and cost effectiveness of the counter-rotational brush in private practice. Compend Suppl 16: S599-S605 (1993)
  113. Klein H, Palmer E, Knutson SW: Studies of dental caries – dental status and dental needs of elementary school children. Public Health Rep (Wash) 53: 751-759 (1938)

- 
114. Klimm W, Natusch I, Koch R: Wie effektiv ist die Individualprophylaxe? Dtsch Zahnärztl Z 49: 809-911 (1994)
  115. Koch K: Effektivitätsvergleich einer elektrischen und einer manuellen Zahnbürste bei Vorschulkindern unter besonderer Berücksichtigung der Zahn- und Mundhygiene im Vorschulalter. Dissertation, Friedrich-Schiller-Universität Jena: 21-24, 32-38 (1992)
  116. König KG: Karies und Parodontopathien. Thieme, Stuttgart / New York: 13-17, 154, 163-205 (1987)
  117. Kornman KS, Holt SC, Robertson PB: The microbiology of ligature-induced periodontitis in cynomolgus monkey. J Periodont Res 16: 363-371 (1981)
  118. Kramer E, Holzinger W: Prophylaxefibel. Deutscher Zahnärzte Verlag. Köln, München: 127 (1999)
  119. Kuusela S, Honkala E, Kannas L, Tynjälä J, Wold B: Oral hygiene habits of 11-year-old schoolchildren in 22 European countries in 1993 / 1994. J Dent Res 76: 1602-1609 (1997)
  120. Lang NP, Cumming BR, Loe H: Toothbrushing frequency as it relates to plaque development and gingival health. J Periodont 44: 396-405 (1973)
  121. Lang NP, Kiel RA, Anderhalden K: Clinical and microbiological effects of subgingival restorations with overhanging or clinically perfect margins. J Clin Periodontol 10: 563-578 (1983)
  122. Lang NP, Gusberti FA, Siegrist BE: Ätiologie der Parodontalerkrankungen. Schweiz Monatsschr Zahnmed 95: 59-70 (1985)
  123. Lange DE, Plagmann H, Eenboom A, Promesberger A: Klinische Bewertungsverfahren zur Objektivierung der Mundhygiene. Dtsch Zahnärztl Z 32: 44-47 (1977)
  124. Lange DE: Parodontologie in der täglichen Praxis. Quintessenz, Berlin, Chicago und Tokyo: 34-36 (1981)

- 
125. 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* 8: 726-731 (2003)
  126. Leach SA, Saxton CA: An electron microscopic study of the acquired pellicle and plaque formed on the enamel of human incisors. *Archs Oral Biol* 11: 1081-1094 (1966)
  127. Leimgruber C: Etwas über die Zahnbürsten. *Schweiz Monatsschr Zahnheilk* 61: 590-602 (1951)
  128. Leonhard NS: In our opinion – home technics for the care of the teeth. *J Periodont* 20: 37-41 (1949)
  129. Lindhe J, Hamp SE, Løe H: Experimental periodontitis in the Beagle dog. *J Periodont Res* 8: 1-10 (1973)
  130. Lindhe J, Hamp SE, Løe H: Plaque induced periodontal disease in Beagle dogs. A 4-year clinical, roentgenographical and histological study. *J Periodont Res* 10: 243-255 (1975)
  131. Listgarten MA: Structure of the microbial plaque associated with periodontal health and disease in man. A light and electron microscopic study. *J Periodont* 47: 1-18 (1976)
  132. Listgarten MA, Schiffer CC, Laster L: 3-year longitudinal study of the periodontal status of an adult population with gingivitis. *J Clin Periodont* 12: 225-238 (1985)
  133. Listgarten MA: Nature of periodontal diseases: pathogenic mechanisms. *J Periodont Res* 22: 172-178 (1987)
  134. Listgarten MA: General issues in efficacy and superiority trials: Clinical considerations. *J Periodont Res* 27: 315-319 (1992)
  135. Løe HE, Theilade E, Jensen SR: Experimental gingivitis in man. *J Periodontol* 36: 177-187 (1965)
  136. Løe HE: The gingival index, the plaque index and the retention index systems. *J Periodontol* 38: 610-616 (1967)

- 
137. Love JW, Drisko CL, Killoy WJ, Tira DE, Love JD: Clinical assessment of the Interplak toothbrush vs a conventional brush plus floss. *Compend Suppl* 16: S587-S588, S593-S598 (1993)
  138. MacGregor IDM, Rugg-Gunn AJ, Edgar WM, Ferguson MW: Toothbrushing behaviour in relation to plaque and gingivitis in adolescent schoolchildren. *J Periodontal Res* 14: 231-238 (1979)
  139. MacGregor IDM, Rugg-Gunn AJ, Gordon PH: Plaque levels in relation to the number of toothbrushing strokes in uninstructed English schoolchildren. *J Periodont Res* 21: 577-582 (1986)
  140. MacPherson LMD, MacFarlane TW, Stephen KW: An in situ microbiological study of the early colonisation of human enamel surfaces. *Microb Ecol Health Dis* 4: 39-44 (1991)
  141. Mantokoudis D, Joss A, Christensen MM, Meng HX, Suvan JE, Lang NP: Comparison of the clinical effects and gingival abrasion aspects of manual and electric toothbrushes. *J Clin Periodontol* 28: 65-72 (2001)
  142. McInnes C, Engel D, Martin RW: Bacterial luminescence: A new tool for investigating the effects of acoustic energy and cavitation. *J Acoust Soc Am* 88: 2527-2532 (1990)
  143. McInnes C, Engel D, Martin RW: Fimbria damage and removal of adherent bacteria after exposure to acoustic energy. *Oral Microbiol Immun* 7: 171-176 (1993)
  144. Meckel A: Plaque grading in human clinical tests. *J Dent Res* 52: 224-229 (1973)
  145. Melville TH, Russell C: A review: Bacteria in the human mouth. *J Appl Bacteriol* 44: 163-181 (1978)
  146. Meyle J: Begutachtung der Zahncreme Colgate Total. Universität Giessen: 1-24 (2002)
  147. Micheelis W, Reich E, Institut der Deutschen Zahnärzte: Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS III). Deutscher Ärzte-Verlag, Köln: 132-133, 233,282, 438-440, 450, 505-506 (1999)

- 
148. Micheelis W, Reich E: Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS III). Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 1999; ergänzende Angaben zum Datenbestand Mundhygiene: Micheelis W, persönliche Mitteilung (2003)
  149. Mierau HD, Haubitz L, Völk W: Gewohnheitsmuster beim Gebrauch der Handzahnbürste. Dtsch Zahnärztl Z 44: 836-840 (1989)
  150. Mierau HD: Der freiliegende Zahnhals. Dtsch Zahnärztl Z 47: 643-653 (1992)
  151. Moran JM, Addy M, Newcombe RG: A comparative clinical study of extrinsic tooth stain removal with two electric toothbrushes (Braun D7 and D9) and a manual brush. Am J Dent 9: 25-29 (1996)
  152. 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)
  153. Mühlemann HR: zit. in Sauerwein E: Traktat über die Zahnbürste Dtsch Zahnärztl Z 17: 130 (1962)
  154. Müller HP: Parodontologie. Stuttgart, Thieme Verlag: 13-26 (2001)
  155. Mulry CA, Dellerman PA, Ludwa RJ, White DJ, Wild JE: A comparison of the end-rounding of nylon bristles in commercial toothbrushes: Crest Complete and Oral-B. J Clin Dent 3: 47-50 (1992)
  156. Nathoo S, Rustogi KN, Petrone ME, DeVizio W, Zhang YP, Volpe AR, Proskin HM: Comparative efficacy of the Colgate Actibrush battery-powered toothbrush vs Oral-B CrossAction toothbrush on established plaque and gingivitis: a 6-week clinical study. Compend Contin Educ Dent Suppl 31: 19-24 (2000)
  157. Nathoo S, Proskin HM, Graham J, Chaknis P, Petrone ME, Rustogi KN, DeVizio W, Volpe AR: Comparative efficacy of two battery-powered toothbrushes on overnight plaque removal: a single-use clinical study in New Jersey. J Clin Dent 14: 38-41 (2003)

- 
158. Newbrun E: Frequent sugar intake – then and now: interpretation of the main results. *Scand J Dent Res* 97: 103-109 (1989)
  159. Niederman DMD: Manual versus powered toothbrushes - The Cochrane review. *J Am Dent* 134: 1240-1244 (2003)
  160. Niederman R: Triclosan-containing dentifrice may slow periodontal disease progression. *Evid Based Dent* 5: 107-110 (2004)
  161. Niemi ML, Sandholm L, Ainamo J: Frequency of gingival lesions after standardized brushing as related to stiffness of toothbrush and abrasiveness of dentifrice. *J Clin Periodontol* 11: 254-261 (1984)
  162. Niemi ML, Ainamo J, Etemadzadeh H: Gingival abrasion and plaque removal with manual versus electric toothbrushing. *J Clin Periodontol* 13: 709-713 (1986)
  163. Niemi ML: Gingival abrasion and plaque removal after toothbrushing with an electric and a manual toothbrush. *Acta Odontol Scand* 45: 367-370 (1987)
  164. Nolden R: *Zahnerhaltungskunde*. Stuttgart, Thieme Verlag: 28-33 (1994)
  165. Nyvad B, Kilian M: Comparison of the initial streptococcal microflora on dental enamel in caries-active and in caries-inactive individuals. *Caries Res* 24: 267-272 (1990)
  166. Ohm HJ, Sonnabend E: Elektrische Zahnbürsten im praktischen Test. *Dtsch Zahnärztl Z* 22: 1372-1378 (1967)
  167. Ojima M, Shizukuishi S, Matsuo T, Kanesaki N, Hanioka T: Comparative clinical study in plaque removal efficacy of a new sonic toothbrush (Float-Brush) with floating bristle action. *J Clin Dent* 14: 42-44 (2003)
  168. O'Leary TJ, Drake RB, Naylor JE: The plaque control records. *J Periodontol* 43: 38-39 (1972)
  169. Orland FJ, Blayney JR, Harrison RW, Reyniers JA, Trexler PC, Wagner M, Gordon HA, Luckey TD: Use of 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)
170. Ott RW, Neudert T, Raab WHM, Bögershausen HM: Einflüsse der Zahnpflichttechnik auf die Entstehung keilförmiger Defekte. *Dtsch Stomatol* 41: 463-465 (1991)
171. Page RC, Schroeder HE: Pathogenesis of inflammatory periodontal disease. A summary of current work. *Lab Invest* 34: 235-249 (1976)
172. Peters S: Prophylaxe – Ein Leitfaden für die zahnärztliche Praxis. Quintessenz. Berlin, Chicago, Rio, Tokio: 72-85, 115 (1978)
173. Pilz W: Praxis der Zahnerhaltung und oralen Prävention. Hanser, München: 93-111, 369-383, 427-441 (1985)
174. Plagmann HC, Goldkamp B, Lange DE, Morgenroth K: Mechanischer Effekt verschiedener Zahnbürsten auf die Alveolarmukosa und die Gingiva – SEM-Studie. *Dtsch Zahnärztl Z* 33: 14-20 (1978)
175. Podshadley AG, Haley JV: A method for evaluating patients hygiene performance by observation of selected tooth surfaces. *Pub Health Rep* 83: 259-264 (1968)
176. Pretara-Spanedda P, Grossman E, Curro FA, Generallo C: Toothbrush bristle density: relationship to plaque removal. *Am J Dent* 2: 345-348 (1989)
177. Putt MS, Milleman JL, Davidson KR, Cugini M, Warren PR: A 3-month clinical comparison of the safety and efficacy of two battery-operated toothbrushes: the Braun Oral-B Battery toothbrush and the Colgate Actibrush. *Am J Dent* 14: 13B-17B (2001)
178. Quigley BA, Hein JH: Comparative cleaning efficiency of manual and power brushing. *J Am Dent* 65: 26-29 (1962)
179. Quirynen BA, Dekeyser C, van Steenberghe D: Discriminating power of five plaque indices. *J Periodontol* 62: 100-105 (1991)
180. Raetzke P: Die parodontale Rezession. Hanser, München: 31-38 (1985)

- 
181. Ramfjord SP: Indices for prevalence and incidence of periodontal disease. *J Periodontol* 30: 51-59 (1959)
  182. Ramfjord SP: The periodontal disease index (PDI). *J Periodontol* 38: 602-610 (1967)
  183. Rateitschak KH: Okklusales Trauma und Parodontitis. *Zahnärztl Prax* 30: 95-100 (1979)
  184. Rateitschak KH, Rateitschak EM, Wolf HF: Parodontologie. Thieme, Stuttgart: 10-24, 84-94 (1984)
  185. Rateitschak KH, Rateitschak EM, Wolf HF: Farbatlant der Zahnmedizin: Parodontologie. 2. Auflage, Thieme-Verlag, Stuttgart-New York: 112-114 (1989)
  186. Reich E: Chlorhexidin in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. *Oralprophylaxe* 59: 63-66 (1983)
  187. Renggli, HH, Mühlemann HR: Zahnbeweglichkeit, parodontale Entzündung und okklusales Trauma. *Parodontologie* 24: 39-48 (1970)
  188. Renggli HH, Mühlemann HR, Rateitschak KH: Parodontologie: gesundes Parodont, Epidemiologie, Ätiologie, Diagnostik, Prophylaxe und Therapie parodontaler Erkrankungen. Thieme, Stuttgart: 1-6, 21-28, 137 (1978)
  189. Renggli HH: Ätiologie marginaler Parodontopathien. (1977) in: *Praxis der Zahnheilkunde*, München, Urban & Schwarzenberg, 3. Auflage, Bd. 4: 26-28 (1999)
  190. Riethe P: Der Wert der Mundhygiene für das marginale Parodontium. Verein für Zahnhygiene, Frankfurt: 11-15 (1970)
  191. Riethe P: Farbatlant der Zahnmedizin – Kariesprophylaxe und konservierende Therapie. Hrsg.: Rateitschak KH, Wolf HF; Band 6, Georg Thieme – Stuttgart-New York: 30-47 (1994)
  192. Ritz HL: Microbial population shifts in developing human dental plaques. *Archs Oral Biol* 12: 1561-1568 (1967)

- 
193. Robinson E: A comparative evaluation of the Scrub and Bass Methods of toothbrushing with flossing as an adjunct (in fifth and sixth graders). *Am J Public Health* 66: 1078-1081 (1976)
  194. 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: 4-9 (1997)
  195. Rosema NAM, Timmerman MF, Piscaer M, Strate J, Warren PR, van der Velden U, van der Weijden GA: An oscillating/pulsating electric toothbrush versus a high-frequency electric toothbrush in the treatment of gingivitis. *J Dent* 33: 29-36 (2005)
  196. Rugg-Gunn AJ, MacGregor IDM, Edgar WM, Ferguson MW: Toothbrushing behaviour in relation to plaque and gingivitis in adolescent schoolchildren. *J Periodontal Res* 14: 231-238 (1979)
  197. Ruhlman D, Bartizek RD, Biesbrock AR: Plaque removal efficacy of a battery-operated toothbrush compared to a manual toothbrush. *Am J Dent* 14: 189-195 (2001)
  198. 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)
  199. Sandholm L, Niemi ML, Ainamo J: Identification of soft tissue brushing lesions. A clinical and scanning electron microscopic study. *J Clin Periodontol* 9: 397-401 (1982)
  200. Sauerwein E: Traktat über die Zahnbürste. *Dtsch Zahnärztl Z* 17: 121-134 (1962)
  201. Savitt E, Strzempko M, Vaccaro K, Peros W, French C: Comparison of cultural methods and DNA-probe analyses for the detection of *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *Bacteroides gingivalis* and *Bacteroides intermedius* in subgingival plaque samples. *J Periodontol* 59: 431-438 (1988)

- 
202. Saxer UP, Yankell SL: Impact of improved toothbrushes on dental diseases I. *Quintessence Int* 28: 513-525 (1997a)
  203. Saxer UP, Yankell SL: Impact of improved toothbrushes on dental diseases II. *Quintessence Int* 28: 573-593 (1997b)
  204. Saxer UP, Barbakow J, Yankell SL: New studies on estimated and actual toothbrushing times and dentifrice use. *J Clin Dent* 9: 49-51 (1998)
  205. Schafer F, Nicholson JA, 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: 404-408 (2003)
  206. Schemehorn BR, Henry GM: A laboratory investigation of stain removal from enamel surface: comparative efficacy of three electric toothbrushes. *Am J Dent* 9: S21-S24 (1996)
  207. Schiffner U: Der Einfluss von Speichelproteinen auf die Demineralisation von Zahnschmelz. Hanser-Verlag, München: 13-19, 30-48 (1997)
  208. Schiffner U: Mechanische und chemische Plaquereduktion. *Dtsch Zahnärztl Z* 50: 863-869 (1995)
  209. Schifter C, Emling RC, Seiber JS, Yankell SL: A comparison of plaque removal effectiveness of an electric versus a manual toothbrush. *Clin Prev Dent* 5: 15-19 (1983)
  210. Schoo WH, van der Velden U: Marginal soft tissue recession with and without attached gingiva. A five year longitudinal study. *J Periodontal Res* 20: 209-211 (1985)
  211. Schröder HE: Formation and inhibition of dental calculus. *J Periodontol* 40: 643-646 (1969)
  212. Schröder HE, Lindhe J: Conditions and pathological features of rapidly destructive experimental periodontitis in dog. *J Periodontol* 51: 6-19 (1976)
  213. Schwarz P, Benz C, Sonnabend E: Vergleichende Studie des Interplak Reinigungsgerätes. *Dtsch Zahnärztl Z* 45: 557-558 (1990)

- 
214. Scully CM, Wade AB: The relative plaque removing effect of brushes of different length and texture. *Dent Pract Dent Rec* 20: 244-248 (1970)
  215. Seppa L: Topical fluorides. *Proc Finn Dent Soc* 85: 445-456 (1989)
  216. 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)
  217. Sharma NC, Galustians J, Qaqish H, Cugini MA: A comparison of two electric toothbrushes with respect to plaque removal and subject preference. *Am J Dent* 11: S29-S33 (1998)
  218. Sharma NC, Galustians HJ, Qaqish J, Cugini M, Warren PR: A comparison of the Braun Oral-B 3D Plaque Remover and the Sonicare Plus electric toothbrush in removing naturally occurring extrinsic staining. *Am J Dent* 13: 17-20 (2000a)
  219. Sharma NC, Qaqish JG, Galustians HJ, King DW, Low ML, Jacobs DM, Weber DA: An advanced toothbrush with improved plaque removal efficacy. *Am J Dent* 13: 15A-19A (2000b)
  220. Sharma NC, Galustians HJ, Qaqish JG, Rustogi KN, Petrone ME, Volpe AR: Comparative efficacy on supragingival plaque and gingivitis of a manual toothbrush (Colgate Plus) and a battery-powered toothbrush (Colgate Actibrush) over a 30-day period. *Compend Contin Educ Dent Suppl* 21: 9-13 (2000c)
  221. Sharma NC, Galustians HJ, Qaqish J, Cugini M: Safety and plaque removal efficacy of a battery-operated power toothbrush and a manual toothbrush. *Am J Dent* 14: 9B-12B (2001)
  222. Sharma NC, Galustians HJ, Qaqish J, Cugini M, Warren PR: The effect of two power toothbrushes on calculus and stain formation. *Am J Dent* 15: 71-76 (2002)
  223. Sharma NC, Goyal CR, Qaqish JG, Cugini MA, Thompson MC, Warren PR: Single-use plaque removal efficacy of three power toothbrushes. *J Dent* 33: 11-15 (2005)

- 
224. Shick RA, Ash MM: Evaluation of the vertical method of tooth brushing. *J Periodontol* 32: 346-353 (1961)
  225. Silness J, L oe H: Periodontal disease in pregnancy. *Acta Odont Scand* 22: 121-135 (1964)
  226. Silness J, Roynstrand T: Partial mouth recording of plaque, gingivitis and probing depth in adolescents. *J Clin Periodontol* 15: 189-192 (1988)
  227. Silverstone LM, Tilliss TSI, Cross-Poline GN, van der Lindhen E, Stach DJ, Featherstone J: A six-week study comparing the efficacy of a rotary electric toothbrush with a conventional toothbrush. *Clin Prev Dent* 14: 29-34 (1992)
  228. Singh SM, Rustogi KN, McCool JJ, Petrone M, Volpe AR, Korn LR, Petrone D: Clinical studies regarding the plaque removal efficacy of manual toothbrushes. *J Clin Dent* 3: C21-C28 (1992)
  229. Singh SM, Deasy MJ: Clinical plaque removal performance of two manual toothbrushes. *J Clin Dent* 4: D13-D16 (1993)
  230. Singh SM, Battista GW, Rustogi KN, Delizio W, Volpe AR, Petrone ME, Proskin HM: The comparative plaque removal efficacy of two advanced manual toothbrush designs in two independent clinical studies. *J Clin Dent* 12: 83-86 (2001)
  231. Slots J: Microflora in the healthy gingival sulcus in man. *Scand J Dent Res* 85: 247-254 (1977)
  232. Slots J, M oenbo D, Langebaek J, Frandsen A: Microbiota of gingivitis in man. *Scand J Dent Res* 86: 174-181 (1978)
  233. Soni NN, Brudevold F: Microradiographic and polarized light studies of initial carious lesions. *J Dent Res* 38: 1187-1194 (1959)
  234. Soparker PM, Quigley GA: Power versus hand brushing: effect on gingivitis. *J Am Dent* 68: 182-187 (1964)
  235. Staehle HJ, Kerschbaum T: Mythos Schweiz - Meinungen und Fakten zur Mundgesundheit in der Schweiz im Vergleich zu Deutschland. *Dtsch Zahnärztl Z* 58: 325-328 (2003)

- 
236. Stillman PR: A philosophy of the treatment of periodontal disease. *Dent Dig* 38: 215 (1933)
  237. Stookey GK: Critical evaluation of the composition and use of topical fluorides. *J Dent Res* 69: 805-812, 820-823 (1990)
  238. Tanzer JM: On changing the cariogenic chemistry of coronal plaque. *J Dent Res* 68: 1576-1587 (1989)
  239. Terezhalmay GT, Iffland H, Jelepik C, Waskowski J: Clinical evaluation of the effect of an ultrasonic toothbrush on plaque, gingivitis, and gingival bleeding: a six-month study. *J Prosthet Dent* 73: 97-103 (1995)
  240. Theilade E, Wright WH, Börglum-Jensen S, Løe H: Experimental gingivitis in man. II. A longitudinal clinical and bacteriological investigation. *J Periodont Res* 1: 1-13 (1966)
  241. Theilade J: Dental Plaque and dental calculus. in Lindhe J: *Textbook of Clinical Periodontology*, Munksgaard, Kopenhagen: 92-128 (1993)
  242. Thesen R, Morck H: Natriumlaurylsulfat in Zahnpasten – mehr Schaden als Nutzen? *Pharm Ztg* 132: 2199-2201 (1987)
  243. 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)
  244. Turesky S, Gilmore MD, Glickman I: Reduced plaque formation by chloromethylanalogues of vitamin C. *J Periodontol* 41: 41-43 (1970)
  245. Turesky S, Glickman I, Sandberg R: In vitro chemical inhibition of plaque formation. *J Periodontol* 43: 263-269 (1972)
  246. Van der Hoeven JS, Rogers AH: Factors affecting the stability of the dental plaque microflora of specific pathogen-free rats in relation to the ability to resist colonisation by *S. mutans*. *Archs Oral Biol* 24: 787-790 (1979)

- 
247. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Nijboer A: A comparative study of electric toothbrushes for the effectiveness of plaque removal in relation to toothbrushing duration. *J Clin Periodontol* 20: 476-481 (1993)
  248. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Reijerse E, Snoek CM, van der Velden U: Comparison of 2 electric toothbrushes in plaque-removing ability. Professional and supervised brushing. *J Clin Periodontol* 22: 648-652 (1994)
  249. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Snoek IM, Reijerse E, van der Velden U: Toothbrushing duration and plaque removing efficacy of electric toothbrushes. *Am J Dent* 9: S31-S36 (1996a)
  250. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Reijerse E: Comparison of an oscillating / rotating electric toothbrush and a sonic toothbrush in plaque-removing ability: A professional toothbrushing and supervised brushing study. *J Clin Periodontol* 24: 1-5 (1996b)
  251. Van der Weijden FA, Timmerman MF, Piscaer M, Ijzerman Y, Warren PR, van der Velden U: A comparison of the efficacy of a novel electric toothbrush and a manual toothbrush in the treatment of gingivitis. *Am J Dent* 11: S23-S28 (1998a)
  252. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Danser MM, van der Velden U: Relationship between the plaque removal efficacy of a manual toothbrush and brushing force. *J Clin Periodontol* 25: 413-416 (1998b)
  253. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Piscaer M, Ijzerman Y, van der Velden U: A clinical comparison of three powered toothbrushes. *J Clin Periodontol* 29: 1042-1047 (2002)
  254. Van der Weijden GA, Timmerman MF, Versteeg PA, Piscaer M, van der Velden U: High and low brushing force in relation to efficacy and gingival abrasion. *J Clin Periodontol* 31: 620-624 (2004)

- 
255. Völk W, Mierau HD, Biehl P, Dornheim G, Reithmayer Chr: Beitrag zur Ätiologie der keilförmigen Defekte. Dtsch Zahnärztl Z 42: 499-504 (1987)
256. Waerhaug J: Grundprinzipien für die Vorbeugung und Behandlung parodontaler Erkrankungen. Eine Zusammenfassung moderner, wissenschaftlicher Forschung. III. Teil. Dtsch Zahnärztebl 87: 325-334 (1978)
257. Waerhaug J: Effect of toothbrushing on subgingival plaque formation. J Periodontol 52: 30-34 (1981)
258. Walmsley AD: The electric toothbrush: a review. Br Dent J 182: 209-218 (1997)
259. Wannemacher E: Die künstliche Reinigung und mechanische Beeinflussung des Kauorgans. Dtsch Zahnärztebl 10: 78-85 (1956)
260. Warren PR, Chater B: The role of the electric toothbrush in the control of plaque and gingivitis: A review of 5 years clinical experience with the Braun Oral-B Plaque Remover (D 7). Am J Dent 9: 5-11 (1996)
261. 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)
262. Wennström JL: Lack of association between width of attached gingiva and development of soft tissue recession. A five year longitudinal study. J Clin Periodontol 14: 181-184 (1987)
263. Wennström JL, Lindhe J, Sinclair F, Thilander B: Some periodontal tissue reactions to orthodontic tooth movements in monkeys. J Clin Periodontol 14: 121-129 (1987)
264. Wiedemann W, Sturm D, de Jager M: Plaque removal efficacy of an electric and a manual toothbrush with additional interdental tufts. J Clin Dent 12: 21-23 (2001)

- 
265. Williams KB, Cobb CM, Taylor HJ, Brown AR, Bray KK: Effect of sonic and mechanical toothbrushes on subgingival microbial flora: a comparative in vivo scanning electron microscopy study of 8 subjects. *Quintessence Int* 32:147-154 (2001)
  266. Williams K, Haun J, Dockter K, Ferrante A, Bartizek RD, Biesbrock AR: Plaque removal efficacy of a prototype power toothbrush compared to a positive control manual toothbrush. *Am J Dent* 16 4: 223-227 (2003)
  267. Wunderlich RC, Caffesse PG, Morrison EC, Temple HJ, Kerschbaum W : The therapeutic effect of toothbrushing on natural occurring gingivitis, *J Am Dent* 110: 929-931 (1985)
  268. Wu-Yuan CD, Anderson RD, McInnes C: Ability of the Sonicare electronic toothbrush to generate dynamic fluid activity that removes bacteria. *J Clin Dent* 5: 89-93 (1994)
  269. Yamamoto T, Tomofuji T, Ekuni D, Sakamoto T, Horiuchi M, Watanabe T: Effects of toothbrushing frequency on proliferation of gingival cells and collagen synthesis. *J Clin Periodontol* 31: 40-44 (2004)
  270. Yankell SL, Emling RC: A study of gingival irritation and plaque removal following a three-minute toothbrushing. *J Clin Dent* 5: 1-4 (1994)
  271. Yankell SL, Emling RC, Perez B: A six-month clinical evaluation of the Dentrust toothbrush. *J Clin Dent* 7: 106-109 (1996)
  272. Yankell SL, Shi X, Emling RC: Laboratory evaluations of two toothbrushes for removal of artificial plaque above, around and below the gingival margin. *J Clin Dent* 14: 19-22 (2003)
  273. Zimmer S, Didner B, Roulet JF: Clinical study on the plaque-removing ability of a new triple-headed toothbrush. *J Clin Periodontol* 26: 281-285 (1999)
  274. Zimmer S, Fosca M, Roulet JF: Clinical study of the effectiveness of two sonic toothbrushes. *J Clin Dent* 11: 24-27 (2000a)

275. Zimmer S: Kariesprophylaxe als multifaktorielle Präventionsstrategie  
Habilitationsschrift (Abteilung für Zahnerhaltung und Präventiv-  
medizin Humboldt-Universität zu Berlin Charité, Campus Virchow-  
Klinikum, Direktor: Prof. Dr. Roulet): S.40 (2000b)
276. 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)
277. 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)

## 8 Anhang

### 8.1 Anamnesebogen

Proband (Name, Vorname):

Nr.:

Geboren am:

Geschlecht: w [ ] m [ ]

#### Voraussetzungen / Untersuchungs- Parameter:

##### A) Allgemeiner Gesundheitszustand

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

##### B) Oraler Befund

- mindestens 24 eigene Zähne im Kiefer?
- keine orthodontischen Apparaturen in situ?
- Infoblatt gelesen und Bedingungen eingehalten?  
(24 h vor dem Untersuchungstermin jeglicher Form der Mundhygiene entsagt, 6 Tage lang die entsprechende Testzahnbürste benützt, mit ausgehändigter Zahnpaste, im Rahmen der gewohnten Mundhygiene bzw. bei Elektrozahnbürste nach Empfehlung des Herstellers)

#### Fragen zur Mundhygiene:

- Zahnputzdauer > 2 min?
- Mundhygiene 1 x, 2 x oder 3 x täglich?
- geschätzte, pro Tag, aufgewandte Putzdauer?
- knappe Beschreibung der individuellen Putztechnik
- Zahnseide – Benutzung?
- Zahnseide – 2 und / oder mehrmals wöchentlich?

#### Fragen zur Inanspruchnahme zahnärztlicher Prophylaxe/Untersuchung:

- Zahnarztbesuch unregelmäßig, 1 x jährlich oder 1 - 2 x jährlich?

#### Befund:

##### DMF-S Index

D (decayed): Oberflächen der Zähne mit kariösen Läsionen \_\_\_\_\_

M (missing): Zähne, die aufgrund von Karies extrahiert wurden \_\_\_\_\_

F (filled): Anzahl der gefüllten Zahnoberflächen \_\_\_\_\_

S (surfaces): an Seitenzähnen je 5 Flächen (o,m,d,b,p/l),  
Frontzähne je 4 Flächen (m,d,b,p/l) \_\_\_\_\_

## 8.2 Informationsblatt für Probanden

### Vergleich der Plaque-Entfernung zweier elektrischer Zahnbürsten gegenüber einer Handzahnbürste

Lieber Patient, liebe Patientin,

In dieser Studie soll die Plaque-Entfernung einer Schall-Zahnbürste (Cybersonic) mit der Effizienz einer Elektrozahnbürste (Braun Oral-B 3D-Excel) und einer konventionellen Handzahnbürste (Oral-B P35) verglichen werden.

Erforderlich werden insgesamt vier Behandlungssitzungen. Bei ihrem ersten Termin erfolgt eine Anamnese (kurze Befundaufnahme) und sie erhalten ihre erste Testzahnbürste, die sie sechs Tage gemäß Ihrer gewohnten Reinigungsmethode und Dauer mit der ausgehändigten Zahnpaste (Colgate Total) verwenden. Vor dem vereinbarten Untersuchungstermin reinigen Sie Ihre Zähne 24 Stunden zuvor nicht mehr, verzichten zudem auf Mundspülungen, Zahnseide und Kaugummi.

Dann erfolgt ein Anfärben Ihrer Zähne, wobei die angesammelten Zahnbeläge (Plaque) sichtbar gemacht werden. Es folgt eine Aufnahme aller Zahnflächen mit Hilfe einer intraoralen Kamera. Anschließend reinigen Sie Ihre Zähne mit Ihrer Testzahnbürste, ohne Spiegel, für 60 Sekunden. Die beschriebene Prozedur des Anfärbens und Abfilmens wird wiederholt. Sie erhalten schließlich die nächste Testzahnbürste und finden sich nach sieben Tagen wieder zur Untersuchung in der Zahnklinik ein.

Was ist während des Gebrauchs zu beachten?

- Bitte verzichten Sie während der sechs Tage auf weitere Hilfsmittel zur Interdentalraumpflege (Zahnseide, Zahnholzler)  
Ausnahme: große Zahnzwischenräume oder Brückenglied-Unterseiten, die Sie gewohnheitsgemäß mit Interdentalbürsten reinigen
- Verändern Sie nichts an Ihrer gewohnten Putztechnik und Häufigkeit Ihrer Zahnreinigung
- Bei den Elektrozahnbürsten befolgen Sie bitte die Hinweise des jeweiligen Herstellers zur empfohlenen Putztechnik
- Verwenden Sie die ausgehändigte Zahnpaste (Colgate Total)

*Einverständniserklärung:*

Hiermit erkläre ich mich bereit unter den obig beschriebenen Bedingungen, an der Studie teilzunehmen. Die Teilnahme ist freiwillig und kann jederzeit ohne Angabe von Gründen abgebrochen werden.

\_\_\_\_\_  
Ort und Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

### 8.3 Datenanhangsblatt zur Plaqueauswertung

Als Beispiel hier abgebildet: Handzahnbürste (h0) vor dem Putzen. Selbige Excel-Tabelle diene der Plaque-Evaluation für Handzahnbürste nach dem Putzen (h1), sowie für Cybersonic und Oral-B 3D Excel (c0, c1 und e0, e1).

<b>PROBAND:</b>		<b>Nr.</b>																	
<b>TEST:</b>		<b>h_0</b>																	
<b>PAL</b>	A	B	C	D	E	F	G	H	I	<b>BUC</b>	A	B	C	D	E	F	G	H	I
17										17									
16										16									
15										15									
14										14									
13										13									
12										12									
11										11									
21										21									
22										22									
23										23									
24										24									
25										25									
26										26									
27										27									
<b>LIN</b>	A	B	C	D	E	F	G	H	I	<b>BUC</b>	A	B	C	D	E	F	G	H	I
37										37									
36										36									
35										35									
34										34									
33										33									
32										32									
31										31									
41										41									
42										42									
43										43									
44										44									
45										45									
46										46									
47										47									

**Plaueflächen:**

**Gesamtflächen:** 28 Zähne x 18 Quadranten (A-I) = 504

$x : 504 = y$

$y \times 100\% = xy \%$

## 8.4 Datenanhangsblatt Bürstläsionen

PROBAND:

	h0		e0		c0	
	PAL	BUC	PAL	BUC	PAL	BUC
17						
16						
15						
14						
13						
12						
11						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
Summe OK						
	LIN	BUC	LIN	BUC	LIN	BUC
37						
36						
35						
34						
33						
32						
31						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
Summe UK						

gesamt: 

--	--	--

	h1		e1		c1	
	PAL	BUC	PAL	BUC	PAL	BUC
17						
16						
15						
14						
13						
12						
11						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
Summe OK						
	LIN	BUC	LIN	BUC	LIN	BUC
37						
36						
35						
34						
33						
32						
31						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
Summe UK						

gesamt: 

--	--	--

## 8.5 Fragebogen

Name: \_\_\_\_\_

Vorname: \_\_\_\_\_

Welche Zahnbürste haben Sie zuletzt verwendet?  Handzahnbürste  
 Oral-B 3D Excel  
 Cybersonic

Datum: \_\_\_\_\_

**Bitte kreuzen Sie an, wie Sie die eben verwendete Test-Zahnbürste empfanden:**

1. Wie kamen Sie mit Ihrer Zahnbürste zu Recht?	gut	mittel	eher schlecht
2. Wie empfanden Sie die Reinigungswirkung?	gut	mittel	eher schlecht

3. Gab es Missempfindungen?

3.1 bei den elektrischen Zahnbürsten: Geräusch	ja	nein
3.2 bei den elektrischen Zahnbürsten: Vibrationen	ja	nein
3.3 am Zahnfleisch	ja	nein
3.4 am Zahnhals	ja	nein
3.5 anderswo?, wenn ja, wo?	ja	nein

4. Wie war die Handhabung der Zahnbürste?

4.1 Die Zahnbürste war zu schwer	ja	nein	
4.2 Der Bürstengriff lag gut in der Hand	ja	nein	
4.3 Das Borstenfeld war	zu groß	gerade recht	zu klein
4.4 Die Borsten waren	zu hart	gerade recht	zu weich

5. War die Verpackung ansprechend gestaltet?	ja	nein
6. Würden Sie diese Testzahnbürste selbst kaufen? (ungeachtet des Preises)	ja	nein

## 9 Danksagung

Herrn Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel danke ich für die Möglichkeit, in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Ludwig-Maximilians-Universität München diese Studie durchführen zu können.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. dent. Peter Wöhrl für die Überlassung des Themas dieser Arbeit, seine Unterstützung und fachliche Betreuung.

Für die Hilfe bei der statistischen Auswertung danke ich Herrn Dipl.-Phys. Dr. rer. nat. Gerald Hamm.

Ferner danke ich Herrn Klaus Gernot, Mitinhaber des Prophylaxe-Geschäftes "Die Zahnbürste", für das zur Verfügung stellen der Handzahnbürsten Oral-B P35, der elektrischen Zahnbürsten Gillette Oral-B 3D Excel und Amden Cybersonic.

Nicht vergessen möchte ich die vielen Probanden, die sich für diese Studie zur Verfügung gestellt hatten.

Zu letzt möchte ich meiner Familie, insbesondere meinen Eltern danken, die mir während meines gesamten beruflichen Werdegangs mit voller Unterstützung zur Seite standen.

---

## 10 Lebenslauf

### Persönliche Angaben

Name: Astrid Franziska Maria Polig  
Familienstand: ledig  
Staatsangehörigkeit: deutsch  
Geboren am: 05. August 1978  
Geburtsort: Bad Aibling  
Eltern: Ingrid Polig-Karringer, Steuerberaterin und  
Rechtsbeistand  
Franz-Josef Polig, Dipl.- Agrar-Ingenieur (FH)

### Schulbildung

1986 – 1990 Grundschole St. Georg, Bad Aibling  
1990 – 1998 Gymnasium Bad Aibling  
26. Juni 1998 Allgemeine Hochschulreife

### Hochschulbildung

1998 – 2004 Studium der Zahnheilkunde an der  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
12.01.2004 Staatsexamen, Erteilung der Approbation

### Beruf

08.03.04 – 31.12.04 Assistenz Zahnärztin in freier Praxis in Neuburg  
a. d. Donau / Bayern  
01.04.05 – 28.02.06 Assistenz Zahnärztin in Gemeinschaftspraxis  
Dres. Riesch und Tilse in Pforzheim / Baden-  
Württemberg  
seit 01.03.06 Weiterbildungsassistenz in kieferorthopädischer  
Praxis Dres. Wagenmann und Schiller in  
Schwäbisch Gmünd / Baden-Württemberg