

**Klinisch-experimentelle Studie über die Auswirkungen
zweier Handzahnbürsten auf die Gingiva sowie in Bezug
auf die Plaquerreduktion an den Zahnoberflächen
-Diskussion verschiedener Bewertungsmethoden-**

**Katja Steinle
2003**

**Aus der Poliklinik der Zahnerhaltung und Parodontologie
der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. Reinhard Hickel**

**Klinisch-experimentelle Studie über die Auswirkungen zweier
Handzahnbürsten auf die Gingiva sowie in Bezug auf die Plaquerreduktion
an den Zahnoberflächen
-Diskussion verschiedener Bewertungsmethoden-**

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

**Vorgelegt von
Katja Steinle
aus Kirchhellen
2003**

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

Berichterstatter: Prof. Dr. K.-H. Kunzelmann

Mitberichterstatter: Prof. Dr. I. Rudzki-Janson
Prof. Dr. Dr. h.c. W. Gernet
Prof. Dr. Dr. J. Kleinschmidt

Dekan: Prof. Dr. Dr. h.c. K. Peter

Tag der mündlichen Prüfung: 28.01.2003

Für Stefan und Jonas

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Literaturübersicht	3
2.1 Kariesätiologie	3
2.1.1 Plaque	4
2.1.2 Substrat	5
2.1.3 Speichel	6
2.2 Ätiologie von Parodontalerkrankungen	7
2.2.1 Primärer Ursachenkomplex	7
2.2.2 Sekundärer Ursachenkomplex	8
2.2.3 Verlaufsform der plaqueinduzierten Parodontalerkrankungen	9
2.3 Die Handzahnbürste	9
2.3.1 Die Zahnbürstenborsten	10
2.3.2 Der Zahnbürstenkopf	11
2.3.3 Der Zahnbürstengriff	12
2.4 Läsionen, verursacht durch Zahnbürstengebrauch	12
2.4.1 Weichgewebsdefekte	13
2.4.2 Zahnhartsubstanzdefekte	14
2.5 Vergleichende Zahnbürstenstudien	15
2.6 Studiendesign	16
2.6.1 Probandenauswahl und Studiendauer	16
2.6.2 Cross over-/Parallel-Design	18
2.6.3 Indices	20
2.6.4 Orale Metrologie	23
3. Zielsetzung der Studie	24
4. Material und Methode	25
4.1 Testzahnbürsten	25
4.2 Probandenauswahl/„Screening“-Sitzung	26
4.3 Studiendesign	28
4.3.1 Ablauf der Studiensitzungen	29
4.3.1.1 Anweisungen zur Abformung	30

4.3.1.2 Nachbereitung der Sitzungen-Laborschritte	31
4.4 Bewertungsmethoden	31
4.4.1 Modifizierter Turesky et al-Index	31
4.4.2 Sulkus-Blutungs-Index	32
4.4.3 Metrologische Bewertungsmethode	33
4.4.3.1 3D-Laserscanner	33
4.4.3.2 Meßobjekte	34
4.4.3.3 Datenverarbeitung	35
4.4.4 Fragebogen	36
4.5 Auswertungen	36
4.5.1 Index-Auswertung	36
4.5.1.1 Basiswerte	36
4.5.1.2 Untersuchung möglicher Wechselwirkungen zwischen der ersten und zweiten Testphase aufgrund des Cross over-Designs der Studie	38
4.5.1.3 Effektivitätsvergleich der Testzahnbürsten beim Putzen innerhalb der Sitzungen (kurzfristig)	39
4.5.1.4 Effektivitätsvergleich der Zahnbürsten über den Testzeitraum von 30 Tagen	40
4.5.2 3D-Auswertung	42
4.5.3 Fragebogenauswertung	44
5. Ergebnisse	
5.1 Patientenkollektiv	45
5.2 Plaque- und Gingivitiswerte	45
5.2.1 Wechselwirkungen Cross over-Design	45
5.2.2 Effektivitätsvergleich der Testzahnbürsten beim Putzen innerhalb der Sitzungen (kurzfristig)	47
5.2.3 Effektivitätsvergleich der Zahnbürsten über den Testzeitraum von 30 Tagen	56
5.3 3D-Evaluation	65
5.3.1 Zahnhartsubstanz-Volumenveränderungen bezogen auf alle Zähne	65
5.3.2 Weichgewebe-Volumenveränderungen bezogen auf alle Zähne	67

5.3.3 Weichgewebe-Volumenveränderungen bezogen auf einzelne Zähne	69
5.3.3.1 Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 16	69
5.3.3.2 Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 21	71
5.3.3.3 Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 24	73
5.3.3.4 Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 36	75
5.3.3.5 Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 41	77
5.3.3.6 Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 44	79
5.3.4 Lageveränderungen des Gingivarandes nach 30 Tagen	81
5.4 Fragebogen	83
5.4.1 Härtegrad der Zahnbürstenborsten	83
5.4.2 Größe des Zahnbürstenkopfes	85
5.4.3 Form des Bürstengriffes	88
5.4.4 Bevorzugte Zahnbürste in Bezug auf das Putzgefühl und der besseren Reinigung	89
5.4.5 Insgesamt bevorzugte Handzahnbürste	91
5.5. Aufwand der Studie	91
6. Diskussion	93
6.1 Cross over-Design	93
6.2 Anzahl der Probanden	93
6.3 Studiendauer	94
6.4 Indexauswertung	94
6.4.1 Plaqueindexauswertung-Turesky et al-Indexauswertung	94
6.4.2 Gingivitisindexauswertung-SBI nach Mühlemann und Son	95
6.4.3 Zahnauswahl: Ramfjord-Zähne	95
6.4.4 Plaqueindexauswertung für die Effektivität innerhalb der Sitzungen	96
6.4.5 Gingivitisindexauswertung für die Effektivität innerhalb der Sitzungen	97
6.4.6 Plaqueindexauswertung für die Effektivität der Testzahnbürsten über einen Zeitraum von 30 Tagen	97
6.4.7 Gingivitisindexauswertung für die Effektivität der Testzahnbürsten über einen Zeitraum von 30 Tagen	98
6.5 3D-Evaluation	98
6.5.1 Festlegung des Auswertungsbereiches durch das neu entwickelte Auswertungsfenster	98

6.5.2 Zahnhartsubstanz-Volumenveränderungen bezogen auf alle Zähne	99
6.5.3 Weichgewebe-Volumenveränderungen bezogen auf alle Zähne	100
6.5.4 Weichgewebe-Volumenveränderungen bezogen auf einzelne Zähne	100
6.5.5 Lageveränderungen des Gingivarandes nach 30 Tagen	102
6.6 Fragebogen	102
6.6.1 Härtegrad der Zahnbürstenborsten	102
6.6.2 Zahnbürstenkopfgröße	102
6.6.3 Form des Zahnbürstengriffes	103
6.6.4 Putzgefühl und Gefühl der besseren Reinigung	103
6.6.5 Insgesamt bevorzugte Zahnbürste	104
6.7 Aufwand der Studie	104
6.8 Zukünftige Studien	105
7. Zusammenfassung	106
8. Literaturverzeichnis	108
9. Anhang	121
9.1 Erhebungsbögen einzelner Patient	121
9.1.1 Anamnesebogen	121
9.1.2 Einverständniserklärung	122
9.1.3 Befundbogen „Screening“-Sitzung	124
9.1.4 Befunderhebungsbogen (für jede Sitzung, pre- und postbrush)	125
9.1.5 Fragebogen	126
9.2 Tabellen	127
9.2.1 Tabellen Indexwerte	127
9.2.1.1 Dokumentationstabellen Gingivitisindex	127
9.2.1.2 Dokumentationstabellen Plaquewerte	130
9.2.1.3 Cross over-Auswertungstabelle	134
9.2.1.4 Auswertungstabelle zur Effektivität der Zahnbürsten innerhalb der Sitzungen beim Putzen	135
9.2.1.5 Tabelle zur Auswertung der Effektivität der Zahnbürsten über den Zeitraum von 30 Tagen	137

9.2.2 3D-Tabellen	139
9.3 Kurzanleitung zum Vorgehen an dem 3D-Scanner/Verarbeitung der Daten im Match 3D-Programm	146
10. Danksagung	149
11. Lebenslauf	150

1. Einleitung und Problemstellung

Ein zu jeder Zeit wichtiges Thema in der Zahnmedizin ist die Prävention von Zahnerkrankungen wie Karies und Parodontopathien.

Die häufigste Erkrankung der Zahnhartsubstanz ist die Karies. Ein wesentlicher Faktor in der Kariesätiologie stellt die Ansammlung von Belägen auf der Zahnoberfläche dar (Lehmann, Hellwig 1993). Doch nicht nur die Zahnhartsubstanz wird durch Beläge geschädigt, sondern auch Gingiva und Schleimhaut zeigen entzündliche Reaktionen als Folge der Ansammlung von Plaque (Löe, Theilade 1965). Da die Selbstreinigungskraft der Mundhöhle nicht ausreicht, die Beläge in ausreichender Form zu entfernen, müssen Hilfsmittel zur Plaquereduktion zur Verfügung stehen.

Es gibt unterschiedliche Hilfsmittel zur Zahnreinigung. Das gebräuchlichste Mittel ist die Zahnbürste, die in Kombination mit einer Zahnpasta Verwendung findet.

Um die Zahnbürste weiter zu optimieren, sind eine Vielzahl von Zahnbürstenstudien (Singh et al. 1992, Wilson et al. 1993, Haesman et al. 1999) durchgeführt worden, in der die plaque- und gingivitisreduzierende Wirkung der Zahnbürsten festgehalten wird.

Die potentiell schädigende Wirkung der Zahnbürste auf das Zahnhart- und Weichgewebe findet ebenfalls Berücksichtigung (Alexander et al. 1977).

Im Laufe der Jahre sind viele Plaque- und Gingivitisindices entwickelt und verglichen worden. Sie dienen der systematischen Bewertung von Plaqueakkumulation auf der Zahnoberfläche und Gingivitisprävalenz (Ainamo und Bay 1975, Marks et al. 1993). Einige Indices werden in den vergleichenden Zahnbürstenstudien favorisiert, da sie als besonders praktikabel oder zuverlässig gelten. Die American Dental Association (ADA) hat ein Richtlinienkript herausgegeben, in welchem unter anderem auch bestimmte Indices für Zahnbürstenstudien empfohlen werden (ADA 1998).

Dies ist ein weiterer Schritt, sinnvolle Standardisierungen bei Zahnbürstentests durchzusetzen, um Studien besser vergleichen zu können.

Das Problem gebräuchlicher Indices ist immer eine subjektive Beurteilung durch die Untersucher. Trotz Kalibrierungsphase zur Angleichung der Beurteilungen bleiben die mit dem Auge zugewiesenen Indexwerte subjektiv. Es wäre wünschenswert, über eine Methodik zu verfügen, die zu einer objektiven Bewertung der Gingiva und der Zahnoberfläche führt. Um dies zu erreichen, wird in neuerer Zeit versucht, mit der oralen Metrologie eine Objektivierung der Bewertungen zu erreichen.

Ziel der Studie ist es, die Auswirkungen von zwei manuellen Zahnbürsten auf die Gingiva und auf die Zahnoberfläche zu untersuchen.

Besonderer Schwerpunkt liegt dabei in der Entwicklung und Verbesserung des Studiendesigns- im speziellen in der Anwendung einer neuartigen metrologischen Bewertungsmethode zur objektiven Quantifizierung mikroskopisch kleiner Veränderungen im Weich- und Hartgewebe.

2. Literaturübersicht

2.1 Kariesätiologie

Es gibt viele Theorien zur Ätiologie der Karies. Schon 1889 stellte Miller die Theorie vor, daß die Karies ein chemoparasitärer Vorgang ist. Diese Theorie ist im Laufe der Jahre verifiziert und modifiziert worden und bildet die Grundlage für die heutigen multifaktoriellen Theorien zur Kariesentwicklung.

Dabei geht man grundlegend davon aus, daß kariogene Mikroorganismen die Zahnoberfläche besiedeln und zusammen mit Speichelbestandteilen, Nahrungsresten und bakteriellen Stoffwechselprodukten einen strukturierten, filzigen, zähen Zahnbelag bilden (Plaque). Bei der Zuführung von Substraten in Form von niedermolekularen Kohlenhydraten produzieren die Mikroorganismen als Stoffwechselprodukte organische Säuren. Diese wirken auf die Zahnoberfläche ein und führen zu Demineralisationen und irreversiblen Zahnhartsubstanzverlusten (Kavitation, Karies). Der Grad der Demineralisation hängt von der Einwirkungszeit der Säuren ab.

Es sind vereinfachende Schemata zur Kariesätiologie entwickelt worden, die das synergistische Zusammenspiel der Hauptfaktoren Zahn, Mikroorganismen, Plaque, Substrat und Zeit sowie den Einfluß weiterer sekundärer Faktoren auf die Progression einer kariösen Läsion verdeutlichen sollen (Bramstedt et al. 1970, König 1974, Lehmann und Hellwig 1993).

Zu den sekundären Faktoren gehören unter anderem der Speichelfluß bzw. die -zusammensetzung, der pH-Wert des Speichels, die Häufigkeit der Substratzufuhr sowie Zahnfehlstellungen und -bildungen.

In allen Theorien wird jedoch der Plaque eine Schlüsselrolle bei der Entstehung der Karies zugeschrieben, dies erkannte bereits Kantorowicz (1953).

2.1.1 Plaque

Die Plaque wird definiert als festhaftender, weicher, dicht verfilzter, zäher, gelblich-grauer und zum Teil klebriger bakterieller Zahnbelag, der histologisch strukturiert ist und trotz der im Munde stattfindenden Selbstreinigung durch Wangen- und Zungenbewegungen auch bei Unterstützung durch Spraybehandlungen haften bleibt (Nolden 1994).

Die Entwicklung der Zahnplaque geschieht in mehreren Schritten:

- Zunächst bildet sich auf einem gründlich gereinigten Zahn innerhalb weniger Minuten die Pellicle, das exogene Schmelzoberhäutchen. Es ist eine nichtmineralisierte Membran (0,1 - 1 μm) aus sauren prolinreichen und phosphathaltigen Proteinen sowie sulfathaltigen Glykoproteinen (Weber 1997). Sie wird aufgrund ihrer Eigenladungen an die Kalzium- und Phosphatgruppen des Apatits der Zahnhartsubstanz elektrostatisch gebunden (Hellwig 1995).
- Innerhalb weniger Stunden heften sich grampositive Kokken (*Streptokokkus sanguis*) und Aktinomyzeten an. Später besiedeln die Pellicle weitere Streptokokken, Aktinomyzeten und Veillonellen.
- Innerhalb der nächsten 4 - 7 Tage (Hellwig 1995) bzw. 3 - 5 Tage (Nolden 1994) lagern sich gramnegative Stäbchen und Filamente ein.
- Ab dem 5. - 7. Tag nimmt die Plaque durch Teilungs- und Akkumulationsvorgänge an Volumen zu, die Plaque erhält vermehrt anaeroben Charakter.

Die ausgereifte Plaque besteht aus dicht gepackten Bakterien, die in eine amorphe Plaquematrix eingebettet sind. Sie ist durch Selbstreinigung nicht mehr zu entfernen.

Die bakterielle Zusammensetzung der Plaquematrix ist auch abhängig von der Lokalisation am Zahn, der Speichelzusammensetzung sowie der Ernährung. *Streptokokkus mutans* wird als Leitkeim in der Kariesätiologie aufgrund seiner speziellen Stoffwechseleigenschaften angesehen.

Diese wurden von Lehmann und Hellwig (1993) schematisch festgehalten.

Aufgrund der oben genannten Erkenntnisse ist die logische Konsequenz das Entwickeln von Verfahren und Instrumenten, um die Plaquebildung zu verringern.

2.1.2 Substrat

Wichtiges Substrat für die Plaquebakterien stellen Kohlenhydrate (Zucker) dar. Die Mono- bzw. Disaccharide spielen eine entscheidende Rolle in der Kariogenese, da die Plaquebakterien sie durch glycolytische Spaltung zu Säuren abbauen können. Diese Saccharide wirken potentiell kariogen.

Zu den Monosacchariden zählen Glucose, Fructose, Galaktose und Mannose. Wichtige Disaccharide sind Laktose, Maltose und Saccharose.

Die Saccharose nimmt in dieser Reihe eine Sonderstellung ein, da sie den Plaquebakterien (vor allem *Streptokokkus mutans*) in mehrfacher Hinsicht optimal dient. Die Bakterien können Saccharose zu Lactat abbauen, aus der Glucose der Saccharose können extrazelluläre Polysaccharide aufgebaut werden, und mit der beim Abbau entstandenen Fructose kann ein intrazelluläres Polysaccharid synthetisiert werden, welches das Bakterium als Speicherkohlenhydrat verwendet.

In verschiedenen Studien ist der Zusammenhang zwischen Zuckerkonsum und Kariesentwicklung evaluiert worden.

- Die Vipeholm-Studie (Gustafsson et al. 1954) ergab, daß die Kariogenität der Kohlenhydrate nicht von ihrer absoluten Menge abhängt, sondern die Häufigkeit der Zufuhr einen weitaus größeren Einfluß auf die Kariesentwicklung hat. Desweiteren ist das Adhäsionsvermögen einer zuckerhaltigen Speise von entscheidender Bedeutung, da durch diese die Verweildauer im Mund bestimmt wird (einer der Hauptfaktoren in der Kariesätiologie: Zeit).
- In den Turku-Zucker-Studien (Scheinin, Mäkinen 1975) konnte nachgewiesen werden, daß der Austausch von Zucker durch den Zuckeraustauschstoff Xylit die Entstehung kariöser Läsionen praktisch verhindert.

Durch gezielte Verringerung der Zuckereinnahme mit den Nahrungsmitteln kann das Substrat für die kariesverursachenden Plaquebakterien reduziert werden.

2.1.3 Speichel

Der Speichel stellt ein natürliches System zum Schutz der Zähne dar und ist ein weiterer Faktor in der multifaktoriellen Kariesätiologie. Der Gesamtspeichel besteht zu 99% aus Wasser, organischen und anorganischen Bestandteilen.

Die wichtigsten organischen Bestandteile hat Buddeke (1981) in einer übersichtlichen Tabelle zusammengefaßt. Zu ihnen gehören Glykoproteine, Proteine und Enzyme.

Man unterscheidet bei den Glykoproteinen makromolekulare, kationische, anionische und phosphorhaltige Glykoproteine. Die makromolekularen Glykoproteine sind für die Viskosität des Speichels verantwortlich. Beteiligt an der Pellicle-Bildung sind die kationischen und phosphorhaltigen Glykoproteine. Die anionischen haben eine antivirale Wirkung.

Zu den bedeutenden anorganischen Bestandteilen zählen Natrium, Kalium, Kalzium, Phosphat, Magnesium, Chlorid und Hydrogenkarbonat.

Besonders wichtig im Zusammenhang mit der Kariesätiologie sind die zwei Puffersysteme, die der Speichel enthält, der Bikarbonatpuffer und der Phosphatpuffer.

Die beiden Puffersysteme haben die Aufgabe, den pH-Wert des Speichels bei dem Normalwert von 6,5 - 7 aufrecht zu erhalten. Dies ist innerhalb der Kariesätiologie von entscheidender Bedeutung, da bei einem Abfall des pH-Wertes unter den kritischen Punkt von 5,5 die Demineralisationsprozesse überwiegen und Karies entsteht.

Verschiedene Plaque-pH-Studien (Stephan und Miller 1943, Plaque-pH-Telemetrie nach Graf 1969) haben diese Zusammenhänge deutlich aufgezeigt.

- Die Stephan-Kurve zeigt ein typisches Diagramm eines pH-Wert-Abfalls nach Konsum von Glukoselösung. Innerhalb kurzer Zeit (ca. 5 Min.) sinkt der pH-Wert des Speichels auf unter 5,5. Die Puffersysteme sorgen für eine Stabilisierung des pH-Wertes, benötigen jedoch 35 - 40 Minuten, um den Ausgangswert wieder zu erreichen. Der Kurvenverlauf ist u.a. auch abhängig von der Zuckerdiffusionsgeschwindigkeit, der Säureproduktion in der Plaque und der Säurediffusionsgeschwindigkeit.

Die im Speichel enthaltenen Kalzium- und Phosphationen bilden die Grundlage für Remineralisationsprozesse an den Zahnoberflächen.

2.2 Ätiologie von Parodontalerkrankungen

Der Begriff Parodontopathien beschreibt krankhafte Veränderungen der Gingiva und des Zahnhalteapparates. Er ist ein Sammelbegriff für alle Krankheiten des Parodonts oder seiner Teile (WHO 1978). Diese Erkrankungen können entzündlich bedingt sein oder aber aufgrund von funktionellen und endogenen Störungen auftreten. Die entzündlichen Parodontopathien werden heute als eine opportunistische Infektion angesehen, bei der es neben der Anwesenheit pathogener Keime ein für die Keime günstiges Milieu vorhanden sein muß, in dem sie sich vermehren können (Hellwig et al. 1995).

Man unterscheidet einen primären und einen sekundären Ursachenkomplex. Der primäre beschreibt die Zahnplaque und die plaquebedingten entzündlichen Reaktionen des Parodonts. Der sekundäre Ursachenkomplex umfaßt lokale und systemische Faktoren (Hellwig et al. 1995).

Der größte Anteil der Parodontopathien ist entzündlich bedingt und entsteht durch die mikrobielle Plaque (Guggenheim 1988a).

So stellt die Plaque sowohl bei der Kariesentstehung, als auch bei der Ätiologie der Parodontopathien einen zentralen Faktor dar.

2.2.1 Primärer Ursachenkomplex

Bei der Auslösung der meisten destruktiven Erkrankungen sollen 6 - 12 Mikroorganismenarten verantwortlich sein, in der weiteren Entwicklung können aber alle Plaquebakterien mehr oder weniger mitwirken (Listgarten 1986, 1987). Als Leitkeime der Parodontalerkrankungen werden immer wieder das *Actinobacillus actinomycetem comitans* und *Bacteroides gingivalis* genannt (Nolden 1994).

Die Zusammensetzung der subgingivalen Plaque enthält vermehrt anaerobe Keime, vorwiegend gramnegative Mikroorganismen.

Die Anlagerung der Bakterien per se verursacht noch nicht die Entzündungserscheinungen, sondern die Eigenschaften der pathogenen Bakterien führen zur Destruktion des Parodonts.

Diese Eigenschaften bezeichnet Müller (2001) als Virulenzfaktoren der parodontalpathogenen Mikroorganismen.

Man kann die direkte Schädigung des Parodonts von der indirekten Toxizität der Bakterien auf den Zahnhalteapparat differenzieren.

Die direkte Toxizität besteht in der bakterieneigenen Produktion von Enzymen wie Kollagenasen, Hyaluronidasen und anderer Proteasen, welche die Interzellularsubstanz des inneren Saumepithels angreifen und für einen erleichterten Zutritt von Zytotoxinen und Endotoxinen sorgen.

Die indirekte Toxizität besteht in der Immunabwehr des Körpers auf die Stoffwechselprodukte der Plaquebakterien. Die Aktivierung des Komplementsystems, leukozytäre Infiltration und die Stimulation der Immunabwehr führen zu einer phlogistischen Reaktion. Vor allem neutrophile Granulozyten können durch ihre lysosomalen Enzyme auch körpereigene Gewebe schädigen (Renggli 1990).

Prädilektionsstellen des Zahnsteins sind die Lingualflächen der Unterkiefer-Front und die vestibulären Flächen der Oberkiefer-Seitenzähne, entsprechend der Lokalisation der Speicheldrüsenausführungsgänge.

Subgingival verkalkte Plaqueansammlungen werden als Konkremete bezeichnet. Sie befinden sich auf den Wurzeloberflächen in Zahnfleischtaschen (Schneider 1989).

2.2.2 Sekundärer Ursachenkomplex

Zu den lokalen Faktoren des sekundären Ursachenkomplexes zählt man die Zahnanatomie, Zahnfehlstellungen, konservierende und prothetische Restaurationen oder auch die Anatomie des Weichgewebes (Hellwig et al. 1995).

Endogene Störungen in Form einer übersteigerten Immunabwehr und immunologischer Dysfunktionen führen zu progredient verlaufenden Parodontalerkrankungen. Desweiteren können funktionelle Störungen Parodontopathien begünstigen. Insgesamt gesehen wird den funktionellen Störungen eher geringer Einfluß bei der Entstehung parodontaler Destruktionen eingeräumt (Raetzke 1990).

Faktoren des sekundären Ursachenkomplexes können allein keine entzündlichen Parodontopathien auslösen, diese jedoch begünstigen (Hellwig et al. 1995).

2.2.3 Verlaufsform der plaqueinduzierten Parodontalerkrankungen

Histologisch erfolgt die Parodontalentzündung in vier Schritten. Man unterscheidet (Page und Schroeder 1982):

- Die initiale Läsion
- Die frühe Läsion
- Die etablierte Läsion
- Die fortgeschrittene Läsion

Die initiale Läsion entwickelt sich innerhalb von 2 - 4 Tagen nach Beginn der Plaqueanlagerung. Obwohl die Gingiva klinisch völlig gesund erscheint, kommt es zu Veränderungen im Saumepithel und dem darunter liegenden Gefäßplexus.

Die frühe Gingivitis zeigt sich in der 2. - 3. Woche ungestörter Plaqueakkumulation. Es werden eine Rötung und Schwellung des Gewebes beobachtet. Es liegt eine zunehmende Vaskularisierung und eine gesteigerte Gefäßpermeabilität mit verstärktem Austritt von Plasmaproteinen vor.

Die etablierte Gingivitis entwickelt sich nach weiterer Plaqueakkumulation nach unbestimmter Zeit (Vermutung: einige Wochen bis zu wenigen Monaten). Es kommt zur Bildung einer Zahnfleischtasche, und die subgingivale Plaque etabliert sich. Entzündungszellen migrieren in das Gewebe (Müller 2001). Es entwickelt sich eine 2 - 3 mm tiefe Tasche mit Taschenepithel.

Die fortgeschrittene Läsion ist ein destruktiver Prozeß des Parodonts. Es kommt nur durch mundhygienische Mittel nicht mehr zu einer restitutio ad integrum.

Es wechseln sich Perioden der Exazerbation (akut) und Stagnation (chronisch) ab. Die Läsion weitet sich aus und Knochenabbau manifestiert sich. Es kommt zur Ausbildung einer parodontalen Tasche (Hellwig et al. 1995).

2.3 Die Handzahnbürste

Die Zahnbürste gilt als das am meisten benutzte Hilfsmittel für die Mundhygiene.

Die Gestaltung der Zahnbürste unterliegt den Bestimmungen der deutschen Industrienorm (DIN).

Es sind eine Vielzahl von Zahnbürsten entwickelt worden, die in der Größe des Bürstenkopfes, der Beschaffenheit der Borsten sowie des Bürstengriffes differieren. Grundlegend formulierte Bass (1948) die Anforderungen an eine optimale Handzahnbürste:

- Der Handgriff ist einfach und gerade
- Die Borstenlänge sollte 10,3 mm betragen
- Die Gesamtlänge der Bürste soll bei 15,25 cm liegen, die Breite des Bürstenkopfes bei 11,1 mm
- Sechs Borstenbüschel sollen pro Borstenreihe verwendet werden, wobei jeder Büschel 80 Nylon-Borsten enthält
- Die Borstenbüschel sollen gleichmäßig angeordnet sein
- Die einzelne Borste ist abgerundet und hat einen Durchmesser von 0,18 mm
- Das Borstenfeld ist plan
- Kinderzahnbürsten sind entsprechend kleiner dimensioniert

Auch Sauerwein (1962) formulierte in seinem „Traktat über die Zahnbürste“ Kriterien für die optimale Zahnbürste, die im Prinzip denen von Bass (1948) entsprechen.

2.3.1 Die Zahnbürstenborsten

Als besonders wichtig wird die halbsphärische Form der Borstenenden angesehen, da unregelmäßig geschnittene Borstenenden zu Verletzungen des Weichgewebes führen können (Bass 1948, Gülzow und Busse 1970, Gülzow 1978). Silverstone et al. (1988) zeigten aufgrund von rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen an Zahnbürsten, daß dieser Standard noch nicht selbstverständlich ist. Die ungenügende Abrundung wurde durch weitere Untersuchungen belegt (Müller et al. 1992, Althaus et al. 1990).

Die Borsten werden aufgrund von unterschiedlichen Durchmessern in verschiedene Härtegrade eingeteilt. Nach DIN-13917 hat eine Borste mit mittlerem Härtegrad einen Durchmesser von 0,22 - 0,24 mm.

Ebenfalls zu diskutieren ist die Dichte der Borstenbüschel. In der Literatur wird die multi-tufted Zahnbürste empfohlen. Nach einer Studie von Pretara-Spanedda et al. (1989) entfernen Zahnbürsten mit einer höheren Borstendichte signifikant mehr Plaque als Zahnbürsten mit weiteren Abständen zwischen den Borstenbüscheln.

Multi-tufted Zahnbürsten mit planem Borstenfeld wurden mit Zahnbürsten verglichen, die V-förmig aneinandergestellte Borstenbündel aufweisen. Dabei stellte sich heraus, daß die Zahnbürsten mit V-förmiger Borstenanordnung mehr Bürstenläsionen ohne erhöhte Effektivität verursachen (Niemi et al. 1988).

Ein neuartiger Zahnbürstentyp mit unterschiedlich langen Borsten in alternierender Anordnung und mit nach außen angulierten Borsten in der äußersten Zahnreihe erzielt eine höhere Plaquerreduktion als die üblichen, im Handel erhältlichen Zahnbürsten (Singh et al. 1992, Volpe et al. 1992, Deasy et al. 1993, Beals et al. 2000).

2.3.2 Der Zahnbürstenkopf

Mees (1971) betont, daß der Bürstenkopf indirekt die Verantwortung für die Reinigungsfähigkeit der Bürste besitzt, da er der Träger für den Borstenbesatz darstellt. Wetzel und Kockapan (1987) empfehlen die Abrundung des vorderen Funktionsendes der Zahnbürste, um Verletzungen des Weichgewebes zu vermeiden. Die Länge und Breite des Bürstenkopfes und der Durchmesser der Zahnbürstenborsten bestimmen die Anzahl der Borstenbündel, die maximal als Besteckung dienen. Auch Lange (1977) hat die Zusammenhänge zwischen der Größe des Bürstenkopfes, seines Borstenfeldes und dessen Gestaltung in Bezug auf die unterschiedliche Reinigungseffektivität erkannt.

Von Gülzow et al. (1970, 1975) wird die Kurzkopfzahnbürste empfohlen, da sie in Untersuchungen eine höhere Effektivität aufwies. Sie fanden heraus, daß die Kurzkopfzahnbürste eine 30% schnellere Reinigung erlaubt. Dies kann damit zusammenhängen, daß die Kurzkopfzahnbürste den anatomischen Gegebenheiten der Mundhöhle am besten entspricht (Riethe 1974). Die höhere Praktikabilität des Kurzkopfes muß mit der Forderung nach möglichst dichter Borstenbesteckung (Pretara-Spanedda et al. 1989) und hoher Borstenanzahl in Einklang gebracht werden. Neuere Handzahnbürstenentwicklungen greifen die Kurzkopf-Variante wieder mit auf, verändern jedoch die sonst typische, geforderte Borstenbüschelanordnung, indem die Borsten in verschiedenen Winkeln und Längen angeordnet werden (Beals et al. 2000). Zusammenfassend scheint der Trend in der Literatur zu einem möglichst kleinen Zahnbürstenkopf zu gehen, der allerdings ein ausreichend großes Borstenfeld aufweisen muß, um die Effektivität nicht zugunsten der Praktikabilität einzuschränken.

2.3.3 Der Zahnbürstengriff

Die Form des Zahnbürstengriff-Überganges zum Bürstenfeld reicht von konkav bis konvex, von gerade bis einfach abgewinkelt über eine kontrawinklige (doppelt abgewinkelte) Form (Lange 1977).

Die Empfehlung geht zu einer abgewinkelten Bürste mit einem Winkel von 16° (Mühlemann et al. 1963) bis 17° (Allet et al. 1972), damit die Bürste leichter an die Zahnbereiche herangebracht werden kann.

Woltmann (1980) modifiziert die Forderung insofern, als daß er eine nur schwache Abwinkelung des Griffes postuliert, um die freie Drehbarkeit der Zahnbürste zu gewährleisten. Zudem wird eine Verdickung des Bürstengriffes mit speziellen Eigenschaften wie ein Hohlhandknauf, eine würfelförmige Verdickung mit Griffmulden, ein quadratischer Griffquerschnitt und eine angeraute Griffoberfläche vorgeschlagen

Die kontrawinklige Form des Zahnbürstengriffes nähert das Arbeitsfeld an die Griffachse an und soll die Handlichkeit der Zahnbürste erhöhen, wodurch bukkale und linguale/palatinale Zahnflächen leichter erreichbar werden (Riethe 1974).

Es gibt ebenso Befürworter des geraden Bürstengriffes. Hein (1980) hält den geraden Griff für universell am zweckmäßigsten, da die abgewinkelten Zahnbürsten für bestimmte Kieferbereiche (Rechtshänder-rechte Kieferhälfte) nicht geeignet sind.

Aufgrund der zahlreichen unterschiedlichen Empfehlungen und Vorschläge wird deutlich, daß die perfekte Bürstengriff-Form noch nicht gefunden ist.

2.4 Läsionen, verursacht durch Zahnbürstengebrauch

Schon Miller (1907) stellte fest, daß das Zähneputzen einige ungewollte Effekte auf die Gingiva und die Zahnhartsubstanz nach sich zieht.

Durch den Gebrauch der Zahnbürste treten Traumatisierungen an Weichgewebe und Zahnhartsubstanz auf. Die Verletzungen durch die mechanische Einwirkung der Zahnbürste können sich klinisch unterschiedlich zeigen.

2.4.1 Weichgewebsdefekte

Sandholm et al. (1982) haben eine Klassifikation der Weichgewebsdefekte vorgenommen:

- Typ 1: Erosion der Epitheloberfläche
- Typ 2: Ein Epithellappen läßt das darunterliegende Gewebe unbedeckt
- Typ 3: Einriß des Oberflächenepithels auf einer ansonsten gesunden Gingivaoberfläche

Glickman (1972) charakterisierte zwei akute Zahnbürstentraumata an der Gingiva:

- Diffuse Erytheme der Gingiva mit möglichen späteren, schmerzhaften Blasen und Erosionen im traumatisierten Gingivabereich
- Durch Borsten verursachte, punktuelle Verletzungen und Erosionen des Epithels mit Freilegung des Bindegewebes

Die wiederholte Traumatisierung des Bindegewebes durch das Zähneputzen zeigt sich in gingivalen Retraktionen und der Freilegung der Wurzeloberflächen (Glickman 1972, Mühlemann et al. 1975).

U-förmige Retraktionen der Gingiva kombiniert mit Hyperplasien (McCall-Girlanden) und V-förmige Retraktionen (Stillman-Clefts) sind als Läsionen beschrieben worden, die vor allen Dingen durch ausgiebiges Zähneputzen verursacht werden (Goldman et al. 1964).

Sangnes und Gjermo (1975) haben in einer klinischen Studie die Häufigkeit der traumatischen Retraktionen festgehalten. Sie fanden bei 51% der Patienten Retraktionen vor. 18% der Probanden zeigten Stillman-Clefts, 3% wiesen McCall-Girlanden auf. Sie beobachteten eine Zunahme der Rezessionen mit dem Alter, dies bestätigt auch Vehkalahti (1989). Als bevorzugte Lokalisation für diese Läsionen stellte sich der erste Prämolare heraus.

Breitenmoser et al. (1979) untersuchten die direkten Zusammenhänge zwischen der Häufigkeit von gingivalen Abrasionen und der Form der Borstenenden. Die „abgeschnittenen Borstenenden“ bewirken eine 30% höhere Gingivaabrasion als die „abgerundeten Borstenenden“. Dies verifizieren auch Anneroth und Poppelmann (1975) durch eine Studie, in der sie Nylonborsten (scharfe Kanten) versus Polytenborsten (abgerundetes Ende) testeten und herausfanden, daß die Schädigungen der Gingiva mit den Polytenborsten geringer sind.

Vehkalahti (1989) betont, daß die Läsionen nicht nur von der Zahnbürste an sich abhängen, sondern auch die Art des Gebrauches Einfluß auf die Gingiva besitzt. Eine hohe Frequenz der Zahnputzbewegungen zieht ein erhöhtes Auftreten von

Rezessionen nach sich. Dies bestätigen ebenfalls Khocht et al. (1993) in ihrer klinischen Studie zu diesem Themenkomplex.

Mireau und Spindler (1984) sehen die Zahnbürstenbeschaffenheit und Bürsttechnik auch als einen zentralen Faktor für die Genese von Gingivarezessionen an, weisen aber auch auf die polykausalen Zusammenhänge dieses Geschehens hin. Neben einer kombinierten Beteiligung von überdosierter Bürstkraft mit einer zu langen Einwirkungszeit hängt die Rezessionsbildung auch von anatomisch-physiologischen Voraussetzungen ab, wie einem dünnen, vestibulären Alveolarknochen.

2.4.2 Zahnhartsubstanzdefekte

Es gibt verschiedene Formen von Zahndefekten. Man unterscheidet generell die Erosionen, die Attrition und die Abrasion. Der keilförmige Defekt fällt unter die Kategorie Abrasionen, da die Abrasion als Zahnhartsubstanzverlust definiert ist, der durch Fremdkörperabrieb verursacht wird (Hellwig et al. 1995).

Keilförmige Defekte werden von Pils (1985) definiert als Läsionen an den Zahnhälsen, die an der Oberfläche glänzen und hauptsächlich an Frontzähnen, aber auch an gingivalen Abschnitten von Prämolaren und Molaren zu finden sind und bis in das Dentin hineinreichen können.

Bergström und Lavsted (1979) evaluierten einen Zusammenhang zwischen Zahnbürstengebrauch und Wurzeloberflächenabrasionen. Sie stellten jedoch heraus, daß die Bürsttechnik einen höheren abrasiven Einfluß auf die Zahnhartsubstanz hat als die materiellen Zahnbürstenfaktoren wie z.B. die Borstenbeschaffenheit.

Radentz et al. (1976) bestätigen dieses Ergebnis insoweit, als daß sie eine Kausalität zwischen Zahnbürstengebrauch und Abrasionen sehen. Ihre Ergebnisse deuten auf die besonders abrasive Wirkung von Zahnputzmitteln (Zahnpasta) hin, die verdünnt werden sollen, um die Abrasionswirkung zu vermindern.

In anderen Studien stehen als zentraler Faktor für die Ätiologie keilförmiger Defekte exzentrisch zur Zahnachse wirkende Kräfte (Meyer et al. 1991) bzw. exzessive Arbeitskontakte (Ott und Pröschel 1985) im Vordergrund. Durch diese Belastung kommt es zu Absprengungen von Schmelzprismen.

Der Stand der Literatur läßt zusammenfassend sagen, daß keilförmige Defekte langsam fortschreitend entstehen, verursacht durch zwei Faktorenkomplexe.

Diese bestehen zum einen in der Abrasion durch Zahnbürstengebrauch, zum anderen in kleinen Abspaltungen des Schmelzes, die aufgrund von starken exzentrischen Kaubelastungen entstehen. Die starken okklusalen bzw. exzentrischen Kontakte werden zunehmenden Hypertonizitäten der Kaumuskulatur zugeschrieben, die aufgrund von Streß ausgelöst werden (David et al. 1994).

2.5 Vergleichende Zahnbürstenstudien

Da bisher beim Zahnbürstendesign noch nicht die optimale Form der Zahnbürste gefunden worden ist, sind in den letzten Jahren eine Vielzahl von Zahnbürstenstudien durchgeführt worden.

Klimek und Hellwig (1989) haben einen neu eingeführten Zahnbürstentyp mit einem dünnen, elastischen Zahnbürstenhals mit zwei bereits im Handel erhältlichen verglichen. Der dünne, elastische Bürstengriff-Übergang soll den Druck auf Gingiva und Zahnoberfläche verringern und damit die Abrasion vermindern. Sie fanden heraus, daß die Reduktion des abrasiv wirkenden Druckes keinen negativen Effekt auf die Reinigungseffektivität dieser neuen Zahnbürste hat.

Zwischen 1992 und 1996 sind besonders viele vergleichende Studien zu folgenden manuellen Zahnbürsten durchgeführt worden:

- Colgate Precision®
- Oral-B®40
- Reach® Full Head

In allen Studien hat sich die Colgate Precision® als die Zahnbürste mit der höchsten Effektivität zur Plaquereduktion herausgestellt (Singh et al. 1992, Deasy et al. 1993, Balanyk et al. 1993, Singh und Deasy 1993, de Guzman et al. 1996). Sharma et al. (1994) untersuchten die Colgate Precision® im Vergleich zu zwei anderen Zahnbürsten über drei Monate nicht nur in Bezug auf die Plaque, sondern auch hinsichtlich der Einflüsse auf die Gingiva. Sie bewirkt als einzige eine signifikant höhere Reduktion der Gingivitiswerte.

Dem widersprechen Ergebnisse von McDaniel et al. (1997). Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen der Colgate Precision®, Oral-B®40 und der Crest® Complete in Korrelation zur Plaque- und Gingivitisreduktion festgestellt. Hier wird der Bürsttechnik ein größerer Einfluß zugeschrieben.

Beachtet werden muß bei der Studie die selektierte Probandengruppe, die in Mundhygienetechniken besonders geschult war.

Niemi (1987) stellte in ihrer Studie fest, daß es keinen Unterschied zwischen der verwendeten manuellen und elektrischen Zahnbürste hinsichtlich der Plaquerreduktion gibt. Die Handzahnbürste verursacht jedoch eine größere Anzahl an gingivalen Läsionen als die elektrische. Dieses Ergebnis bestätigt auch Albers (1988).

Boyd et al. (1997) stellen das erhöhte Läsionspotential der Handzahnbürste in Zusammenhang mit der höheren Kraftereinwirkung auf das Zahnfleisch beim Gebrauch heraus. Die Probanden benutzten in der entsprechenden Studie die elektrischen Zahnbürsten nur mit 31% der Kraft, bezogen auf die der manuellen Zahnbürsten.

2.6 Studiendesign

2.6.1 Probandenauswahl und Studiendauer

Die Probandenanzahl der Zahnbürstenstudien differiert zwischen 15 Personen (Niemi 1987) und 193 Personen (Sharma et al. 1994), wobei in den meisten Fällen eine größere Probandengruppe bei längerfristigen Studien herangezogen wird. Dem widerspricht eine Langzeitstudie von sechs Monaten (Yankell et al. 1996), in denen nur 48 Probanden auf Plaque- und Gingivitiswerte getestet wurden. Bei den 15 Probanden von Niemi (1987) handelte es sich um eine Zahnbürstenstudie für eine Dauer von zwei Wochen, während in der Studie von Sharma et al. (1994) ein Zeitraum von drei Monaten angesetzt war. Die ADA (American Dental Association) hat 1998 ein Richtlinienkript für Studien herausgegeben, in dem eine bewertbare Probandengruppe von mindestens 25 Personen als notwendig erachtet wird, bei einer Mindeststudiendauer von 30 Tagen. Es liegen demnach eine Vielzahl von Ansätzen für Zahnbürstenstudien vor, die sich in der Studiendauer und in dem Umfang stark unterscheiden. Es folgt eine Übersicht über die Studiendauer, die in der Literatur bei verschiedenen Studienansätzen/Argumentationen bevorzugt gewählt wird:

Studiendauer	Literatur	Argumentation der Autoren
≥ 6 Monate	Chilton, Fleiss (1986), Wilson et al. (1993), Yankell et al. (1996), Galgut (2001)	für die Manifestation eindeutiger Gingivaveränderungen (bes. Rezessionen) längere Testzeit unbedingt erforderlich, Rezessionen entwickeln sich über längere Zeiträume, Long-Term-Studien
6 Wochen bis zu 3 Monaten	Sharma et al. (1994), Haesman et al. (1999), Sharma et al. (2000), Bader und Boyd (1999)	Plaque- und Gingivaerhebungen; Gingivaevaluationen nur über größere Zeiträume als 4 Wochen sinnvoll
1 Monat	Khocht et al. (1992), Ho und Niederman (1997), Thienpont et al. (2001), Chava (2000)	1 Monat ausreichend, um Gingivaveränderungen registrieren zu können; es werden sowohl Plaque-, als auch Gingivitiswerte erhoben
2 Wochen	Niemi (1987) Ernst et al. (1998), Zimmer et al. (2000), Harpenau (2000), Mantokoudis et al. (2001), Ernst et al. (1998)	Plaqueränderungen sind bei kurzen Studienphasen meßbar, für die Erkennung von Verletzungen an der Gingiva sind zwei Wochen ausreichend
1 Woche	Pretara-Spanedda et al. (1989), Singh et al. (1992), Benson et al. (1993), Deasy et al. (1993), Balanyk et al. (1993), De Guzman et al. (1993), Zimmer et al. (1999), Claydon et al. (2000)	Nur Plaqueevaluationen, Plaqueränderungen sofort erkennbar, keine langen Studienintervalle notwendig

Tab. 2.6.1

Das Probandenalter erstreckte sich in einer Altersbreite zwischen ca. 20 und 65 Jahren. In einigen Studien (McDaniel et al. 1997, Haesmann et al. 1999) war das

Durchschnittsalter der Probanden niedriger, da Studenten bei den Testreihen partizipierten.

Die Versuchspersonen mußten vor Studienbeginn ein „Screening“ durchlaufen, d.h. sie mußten vorher festgelegte Parameter erfüllen, um an den Studien teilnehmen zu können. Folgende Kriterien (Pretara-Spanedda et al. 1989) wurden berücksichtigt:

- Guter allgemeiner Gesundheitszustand, keine systemischen Erkrankungen, die den oralen Befund beeinflussen
- Mind. 20 natürliche Zähne
- Ausgeschlossen aus der Bewertung sind die dritten Molaren, Zähne mit sehr ausgedehnten Füllungen, überkronte Zähne und Zähne mit großen kariösen Läsionen
- Keine Medikamente, die den oralen Status beeinflussen wie Antibiotika oder Steroide

Khocht et al. (1992) weiten diese Kriterien noch aus und fordern zusätzlich:

- Ausschluß der Zähne mit Taschentiefen > 5 mm
- Ein minimaler qualifizierender Plaque- und Gingivitisindex in der Screening-Sitzung

Die Vorauswahl soll die Ausgangsbedingungen der Probanden angleichen.

Zur Angleichung der oralen Mundverhältnisse wurde in einigen Studien vor Beginn der Studie eine professionelle Zahnreinigung durchgeführt (Zimmer et al. 1999, Sharma et al. 1994), was jedoch den Nachteil hat, daß ein verfälschter Mundhygiene-Status aufgenommen wird. Initiale Prophylaxe hat Einfluß auf die Plaqueakkumulation von bis zu vier Wochen, der Schweregrad der Gingivitis wird bis zu acht Wochen beeinflusst (Saxer und Yankell 1997).

2.6.2 Cross over-/Parallel-Design

Es gibt grundsätzlich zwei Design-Methoden für Zahnbürstenstudien.

Das Cross over-Design sieht vor, daß der einzelne Proband jede in der Versuchsreihe vorgesehene Zahnbürste austestet (Addy 1998). In aufeinanderfolgenden Zeiträumen erhält der Proband die verschiedenen Zahnbürsten für jeweils die gleiche festgelegte Zeitdauer. Der Teilnehmer beginnt mit der Bürste A und wechselt im zweiten Versuchsintervall zu Bürste B.

Dabei ergibt sich das Problem, daß es zwischen dem Zahnbürstenwechsel (cross over) innerhalb der Studie einen gewissen Zeitraum geben muß, in dem eine Beeinflussung durch das erste Versuchsintervall ausgeschlossen wird. Solche Versuche sind nur dann zulässig, wenn Wechselwirkungen zwischen den Behandlungen ausgeschlossen werden können. Aus diesem Grund wird bei Cross over-Versuchen zwischen den beiden Versuchsabschnitten eine Pause von einer Woche angesetzt- die Wash out-Phase. Wechselwirkungen und Zeiteffekte müssen analysiert werden (Heinecke et al. 1992).

Die Mehrzahl der Autoren entscheidet sich für das Cross over-Design (Singh et al. 1992, Balanyk et al. 1993, McDaniel et al. 1997, Zimmer et al. 1999). Der Vorteil liegt in einer geringeren notwendigen Probandenzahl, der Nachteil besteht in dem größeren Organisationsaufwand und der längeren Studiendauer für den einzelnen Patienten. Es besteht die Gefahr, dass die Motivation nachläßt oder die Testreihe durch einen Lerneffekt des Probanden beeinflusst wird.

Die alternative Methode besteht in dem Parallel-Design. Zwei Gruppen, die durch vorheriges Screening ausgewählt wurden, starten parallel mit jeweils der zu untersuchenden Zahnbürste. Jeder Proband testet nur eine Bürste. Diese Methodik haben Haesman et al. (1999) und Warren et al. (2000) in ihren Zahnbürstenstudien gewählt. Der Vorteil dieser Methode liegt in der kürzeren Studiendauer für den einzelnen Probanden, als Nachteil wird die erforderliche größere Probandenzahl angesehen.

Die Mehrheit der Zahnbürstenstudien ist im Cross over-Design durchgeführt worden.

Studiendesign	Literatur	Argumentation/Bewertung
Parallel-Design	Chilton und Fleiss (1986), Pretara-Spanedda et al. (1989), Kieser und Groeneveld (1997), Cronin et al. (1998), Haesman et al. (1999), Chava (2000), Sharma et al. (2000), Warren et al. (2000)	Die Studien mit Parallel-Design haben längere Testphasen, die meisten davon 3 Monate. Für langfristige Studien bietet sich das Parallel-Design an, da sonst die Gesamtdauer der Studie zu lang ist. Dieses Design wird in Zahnbürstenstudien sehr viel seltener verwendet als das Cross over-Design, obwohl es von den Statistikern bevorzugt wird

Cross over-Design	Singh et al. (1992), Balanyk et al. (1993), Claydon und Addy (1996), McDaniel et al. (1997), Ernst et al. (1998), Hanioka et al. (1999), Zimmer et al. (1999), Aass und Gjermo (2000), Claydon et al. (2000), Harpenau (2000), Zimmer et al. (2000), Cronin et al. (2001), Dorfer et al. (2001), Mantokoudis et al. (2001), Ruhlman et al. (2001), Singh et al. (2001), Thienpont et al. (2001)	In den kurzfristigeren Zahnbürstenstudien (kürzer als 3 Monate) bevorzugt eingesetzt; praktikabler, da weniger Probanden notwendig sind; gleiche Grundvoraussetzungen für jede Zahnbürste, da dieselben Probanden beide Zahnbürsten testen; genügend lange Wash out-Phase unbedingt erforderlich, da sonst Gefahr der Beeinflussung der folgenden Testphase besteht; Studienaufwand bei der Probandenaquisition weitaus geringer als bei dem Parallel-Design
-------------------	---	--

Tab. 2.6.2

2.6.3 Indices

Die Erfassung der Plaqueausdehnung und der Gingivitisprävalenz an Zähnen erfolgt mit Hilfe von Indices. An einen guten Index werden bestimmte Anforderungen gestellt (Hellwig et al. 1995):

- Quantitative Aussagen
- Einfachheit und Reproduzierbarkeit
- Rasche, praktische Anwendung und Ausrechnung
- Einfache Handhabung auch durch nicht speziell geschultes Fachpersonal

In der Literatur finden sich eine Vielzahl von Plaque- und Gingivitis-Indices, die in Studien zur Plaque- oder Gingivitisevaluation hinzugezogen werden.

In Zahnbürstenstudien liegt der Schwerpunkt auf der Beobachtung der interproximalen und marginalen Bereiche des Zahnes. Anhand dieser Kriterien gelten zwei Plaqueindices in der Literatur als besonders geeignet:

- Modifizierter Turesky et al-Index (1970), basierend auf dem Quigley & Hein-Index (1962)
- Modified Navy Plaque-Index (Elliot et al. 1972), verfeinert nach Rustogi et al. (1992)

Verwendeter Index	Literatur
Turesky et al-Index (Quigley & Hein)	Turesky et al. (1970), Coontz (1983), Fischman (1986), Ciancio und Mather (1990), McKinney et al. (1990), Agerholm (1991), Soparkar (1991), Silverstone et al. (1992), Marks et al. (1993), Claydon und Addy (1995), Van der Weijden et al. (1995), Tritten und Armitage (1996), Van Swol et al. (1996), Kilicoglu et al. (1997), Shibly et al. (1997), Saxer and Yankell (1997), Ernst et al. (1998), Forgas-Brockmann et al (1998), Van der Weijden et al. (1998), Haesman et al. (1999), Zimmer et al. (1999), Chava (2000), McCracken et al. (2000), Dorfer et al. (2001), Garcia-Godoy et al. (2001), McCracken et al. (2001), Ruhlman et al. (2001), Van der Weijden et al. (2001), Mantokoudis et al. (2001)
Rustogi et al-Index (Modified Navy Plaque-Index)	Elliot et al. (1972), Rustogi et al. (1992), Deasy et al. (1993), Claydon und Addy (1995), Saxer and Yankell (1997), Singh et al. (1992), Volpe et al. (1992), Deasy et al. (1993), Balanyk et al. (1993), Singh und Deasy (1993), Sharma et al. (1994), McDaniel et al. (1997), Sharma et al. (2000), Singh et al. (2001)

Tab. 2.6.3

Der ursprüngliche Plaqueindex nach Quigley & Hein (1962) bewertet den Plaquebefall der koronalen Zahnoberflächen in sechs Schweregraden, approximale und sulkuläre Plaque wird nur unzureichend beurteilt. Turesky et al. (1970) haben eine Modifikation der Gradeinteilung vorgenommen, die das gingivale Drittel der Zahnoberfläche in der Bewertung betont. Die Zahnoberflächen werden mit einem Plaquerelator angefärbt, um die Plaque sichtbar zu machen. Die Beurteilung reicht von „keiner Plaque“ auf der Zahnoberfläche bis zur „Plaqueausdehnung mehr als 2/3 der klinischen Krone“. Einige Autoren haben den Index zum Modifizierten Turesky et al-Index erweitert, indem sie die Zahnoberfläche vestibulär und oral in jeweils drei

Flächen unterteilt haben (mesial-vestibulär/oral-distal). Sie machen somit sechs Flächen des Zahnes bewertbar, damit eine differenziertere Betrachtung der interproximalen Räume möglich wird (Saxer und Yankell 1997).

Ein Plaqueindex, der eine besonders feine Differenzierung interproximaler und marginaler Bereiche zulässt, stellt der Rustogi et al-Index dar (Rustogi et al. 1992). Er ist eine Modifikation des Modified Navy Plaque-Index (Elliot und Hein 1972). Beide Indices sehen eine Unterteilung der Zahnfläche in neun Felder (A - I) vor. 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.

Gingivitisindices dienen der Beurteilung des Entzündungsgrades der Gingiva. Ein sehr bekanntes Indexsystem ist der Gingivitisindex (GI) nach Loe & Silness (1963). Die Kriterien dieses Indexes sehen folgendermaßen aus:

- 0-keine Entzündung
- 1-leichte Entzündung, leichte Farb- und Texturänderung der Gingiva
- 2-mäßige Entzündung, mäßige Rötung, mäßig ödematös und hypertrophiert, Blutung bei Druck
- 3-starke Entzündung, starke Rötung und Hypertrophie, Tendenz zur spontanen Blutung

Lobene et al. (1986) stellen den Modifizierten Gingivitisindex (MGI) vor, der eine erhöhte Sensibilität in den unteren Graden durch Erweiterung der oben genannten Skala um eine Abstufung besitzt. Dieser Index ist vollständig non-invasiv und nimmt eine Areal-Einteilung in Form von Papilla- und Marginalbereichen der Gingiva vor.

Marks et al. (1993) untersuchten verschiedene Indices auf ihre Zuverlässigkeit. Sie empfehlen den Papillen-Blutungsindex (PBS) von Loesche (1979) für den Einsatz in Studien, der ebenfalls eine Modifikation des GI von Loe & Silness darstellt. Der Papilla-Marginal-Gingivitis-Index (PMGI) von de La Rosa und Sturzenberger (1976) hat den Loe & Silness-Index ebenfalls zur Grundlage.

Durch eine Veröffentlichung von Mühlemann und Son (1971) wurde der Sulkus-Blutungs-Index (SBI) eingeführt. Er weist die Grade 0 bis 5 auf. Die Grade beziehen sich auf die P-Einheit (Papille) und auf die M-Einheit (marginale Gingiva). Dieser Index ist durch Sulkussondierung invasiv und besitzt eine Skalierung nach Kriterien wie Farbveränderung, Sulkusbluten und Schwellung/Ulzeration.

Curilovic und Axelsson (1980) verglichen den SBI versus GI bezüglich der Sensitivität an den P- und M-Einheiten und stellen für die marginalen Bereiche eine bessere Eignung des GI fest, während im papillären Bereich der SBI überlegen ist.

Die Indices werden normalerweise an allen Zähnen erhoben. Man hat die Möglichkeit der Auswahl von Zähnen, welche als repräsentative Zahnauswahl gelten, was hilfreich bei der Reduzierung des Arbeitsaufwandes in Studien ist. Die sog. Ramfjord-Zähne sind auf ihre Repräsentanz überprüft worden. Fleiss et al. (1987) sehen die Ramfjord-Zähne für Gingivitis-Studien als repräsentativ an, nicht jedoch für epidemiologische Studien zu Parodontopathien. Di Murro et al. (1990) und Silness und Roynstrand (1988) bestätigen dagegen eine uneingeschränkte Repräsentativität der Ramfjord-Zähne.

Eine neue Technik, mikroskopische Veränderungen auf der Zahnhartsubstanz bzw. an der Gingiva zu messen, ist die der oralen Metrologie. Sie wird in neuester Zeit in Pilotstudien (Savill et al. 1998) eingesetzt, um Zahnbürstenauswirkungen auf die Zahnoberfläche zu testen. Dazu wird eine Nachbildung der Zahnoberfläche durch vorherige Abformung erstellt und mittels einer Infrarot-Abtastung eine dreidimensionale Visualisierung der Zahnoberfläche vorgenommen. Der oralen Metrologie wird eine signifikant höhere Sensitivität in der Messung von Oberflächenveränderungen zugesprochen als den bisher üblichen Plaque- und Gingivitis-Indices. Diese Technik stellt ein großes Potential für weitere Verwendungen in klinischen Studien dar.

2.6.4 Orale Metrologie

Ein generelles Problem bei den konventionellen Indices stellt die subjektive Komponente bei den Beurteilungen durch die Untersucher dar. Mikroskopische Veränderungen können mit dem Auge nicht mehr verifiziert werden, dies gilt bei der Beurteilung direkt im Mund sowie für Beobachtungen am Modell.

Die orale Metrologie soll der objektiven Beurteilung der Veränderungen dienen. Sie ist in den letzten Jahren besonders im Rahmen von Verschleißmessungen zahnärztlicher Füllungswerkstoffe entwickelt und durchgeführt worden, indem zu unterschiedlichen Zeitpunkten Modelle von denselben Zähnen hergestellt und dreidimensional vermessen wurden.

Ein Verfahren, welches erlaubt, Veränderungen der Zahn- oder Materialoberflächen ohne feste Referenzpunkte zu bestimmen, ist das dreidimensionale Meßverfahren von Mehl et al. (1997). Dieses System beinhaltet einen hochgenauen optischen 3D-Scanner, der die Prinzipien der Triangulation nutzt und eine automatisierte 3D-Überlagerungssoftware beinhaltet, die keine Referenzpunkte benötigt. Das referenzlose „Matching“ (Datenüberlagerung, Datenvergleich) besitzt eine Genauigkeit von $\pm 10 \mu\text{m}$. In diesem Zusammenhang sei auf Kunzelmann (1996) verwiesen, welcher sich in seiner Habilitationsschrift ausführlich mit der Methodik der oralen Metrologie im Zusammenhang mit Verschleißanalysen von Füllungswerkstoffen beschäftigt hat.

Als Standardmethode sollte heutzutage ein objektives Meßsystem zur Verschleißquantifizierung dienen.

3. Zielsetzung der Studie

Ziel der Studie ist der Vergleich der zwei Testzahnbürsten Elmex Inter X-Kurzkopf mittel und der ADA-Kontrollbürste in Bezug auf die Effektivität (Plaque- und Gingivitisreduktion) und die weiteren Auswirkung auf Zahnhartsubstanz und Gingiva.

Die Evaluation soll folgende Hypothesen klären:

- Die neuartig gestaltete Elmex Inter X-Kurzkopfbürste mittel bewirkt eine höhere Plaque- und Gingivitisreduktion als die ADA-Vergleichsbürste, insbesondere in den Interproximalräumen bewertet mit herkömmlichen Indices.
- Die Elmex Inter X-Kurzkopfbürste mittel wird von den Probanden durch ihr spezielles Design besser angenommen.
- Das in dieser Studie verwendete dreidimensionale Meßverfahren mit Laserabtastung (Mehl et al. 1997) ermöglicht eine objektive Beurteilung der Auswirkungen der Zahnbürsten auf vestibuläre Areale der Zahnhartsubstanz (Abrasion) und des Weichgewebes.

Dies könnte ein neuer Einsatzbereich für diese Methode sein, da bisher nur okklusale Verschleißquantifizierungen mit diesem Verfahren durchgeführt wurden. Die Lokalisation der zu bewertenden Areale wird von okkusal auf vestibulär verlagert, und zum ersten Mal wird die Methode für die Bewertung von Weichgewebsveränderungen in Betracht gezogen.

4. Material und Methode

4.1 Testzahnbürsten

In dieser Studie wurden zwei manuelle Zahnbürsten komparativ hinsichtlich der Plaqueeliminierung und der Auswirkung auf Gingiva und Zahnoberfläche verglichen.

Zahnbürste A ist die Elmex Inter X-Kurzkopfzahnbürste mittel (Wybert Lörrach) und repräsentiert die Bürsten der neuen Generation, von denen man sich eine effektivere Reinigung der Interdentalräume verspricht.

Man erwartet folgende Vorteile von der Bürste:

Die Elmex Inter X-Zahnbürste hat Borsten, die der Form der Zähne angepaßt wurden. Sie besitzt Borstenbüschel in der Mitte des Borstenfeldes, die zueinander in entgegengesetzter Richtung stehen und sich überkreuzen, somit in der Lateralansicht ein X bilden. Als weitere Besonderheit weist sie verschiedene Borstenlängen auf. Die längeren X-Borsten reichen tiefer in die Interdentalräume hinein und säubern dort effektiver als herkömmliche Zahnbürsten. Der Kurzkopf sorgt für die bessere Erreichbarkeit schwer zugänglicher Bereiche im Mundbereich (GABA 2001).

Der Bürstengriff ist zweifach abgewinkelt und hat eine abgerundete Form, der Griffdurchmesser wurde verhältnismäßig dick gewählt.

Zahnbürste B ist die von der ADA (American Dental Association) herausgegebene Kontroll-Standardzahnbürste, die dem herkömmlichen Zahnbürstentyp entspricht. Sie weist ein multi-tufted, planes Bürstenfeld auf. Der Bürstengriff ist gerade und einfach und viel dünner als die der Elmex-Bürste.

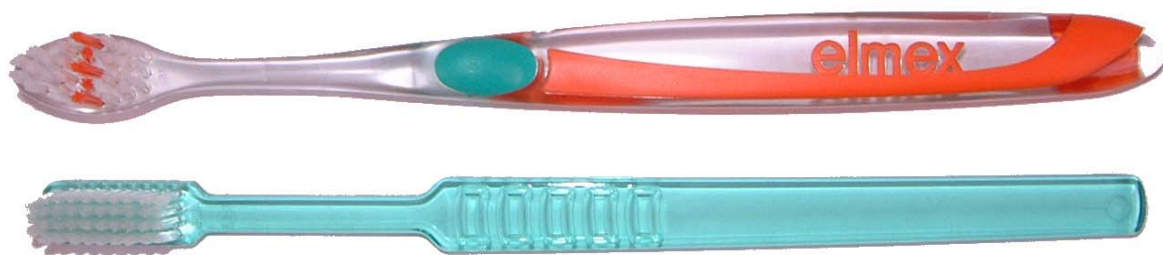
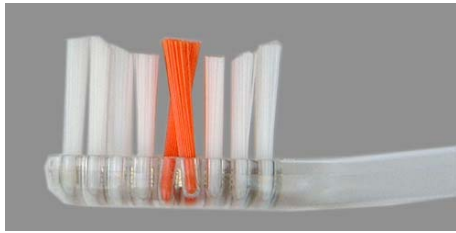
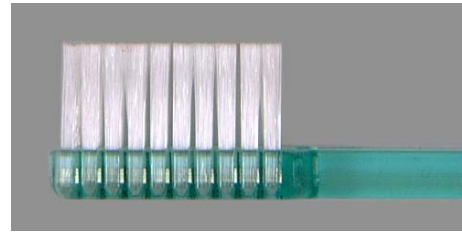


Abb. 4.1.1: Die Testzahnbürsten Elmex Inter X-Kurzkopf mittel und die ADA-Zahnbürste



Elmex Inter X-Kurzkopf



ADA-Zahnbürstenkopf

Abb. 4.1.2 Zahnbürstenköpfe von lateral

Allgemeine Daten über die zwei Testzahnbürsten:

Allgemeine Daten	Elmex Inter X-Kurzkopf mittel	ADA-Kontrollbürste
Gesamtlänge der Zahnbürste	18,55 cm	18,10 cm
Länge/ Breite des Bürstenkopfes	22,4 mm/13 mm	28 mm/11 mm
Borstenlänge	10 - 11,5 mm	11,1 mm
Borstendurchmesser	0,175 - 0,20 mm	0,20 mm
Anordnung der Borstenbüschel	oval	rechteckig
Anzahl der Borstenbüschel	27	39
Filamentanzahl der Borstenbüschel	20 - 25	38 - 44

Tab. 4.1.1 Zahnbürstendaten

4.2 Probandenauswahl/„Screening“-Sitzung

Teilnehmer dieser vergleichenden Zahnbürstenstudie waren neun Männer und 16 Frauen, insgesamt 25 Probanden im Alter zwischen 17 und 46 Jahren, welche die Studie vollständig durchlaufen haben.

Die 25 Versuchsteilnehmer erfüllten bestimmte Voraussetzungen, um zu der Studie zugelassen zu werden, die auch in der Literatur (Pretara-Spanedda 1989, Khocht et al. 1992) gefordert worden sind:

A) Allgemeiner Gesundheitszustand

- Keine systemischen Erkrankungen, die den oralen Befund beeinflussen
- Keine Einnahme entzündungshemmender Medikamente

- Keine Schwangerschaft

B) Oraler Befund

- Mindestens 20 natürliche Zähne
- Keine orthodontischen Geräte
- Keine Taschentiefen > 5 mm
- Keine vorangegangene Parodontitisbehandlung in den sechs Monaten zuvor

Zusätzlich mußten die Probanden eine durchschnittliche Plaquebelastung mitbringen. Diese wurde mit Hilfe eines „qualifizierenden“ Plaqueindexes evaluiert. Grundlage für den „qualifizierenden“ Plaqueindex war der Modifizierte Turesky et al-Index (1970), der auch in den Studiensitzungen verwendet wurde. Mit der Relevatorlösung „Mira-2-Tone“ wurden alle Zähne vestibulär angefärbt und die Bewertung an den mesialen und vestibulären Flächen der Zähne vorgenommen.

Der „qualifizierende“ Plaqueindex definiert sich als die Summe aller mesial erhobenen Plaquewerte dividiert durch die Anzahl der erhobenen Plaquewerte.

Bei einem qualifizierenden Plaqueindex-Wert $\geq 1,5$ hatte der Proband die Voraussetzung zur Teilnahme erfüllt.

Die erforderlichen „Screening“-Daten sind in einer „Screening“-Sitzung vor Beginn der Studie erhoben worden, indem ein Befund erstellt und die relevanten Angaben zum Gesundheitsstatus mit einem Anamnesebogen erfaßt wurden. Erfüllten die Patienten alle Voraussetzungen, unterschrieben sie eine Einverständniserklärung über die Teilnahme an der Studie und erhielten folgende Informationen/Instruktionen:

- Jeweils 12 - 16 Stunden vor dem vereinbarten Termin zur Studie dürfen die Zähne nicht geputzt werden (over night plaque formation, ADA 1998)
- 2x tägliches Zähneputzen mit der Testzahnbürste (morgens und abends) ohne Hinzunahme zusätzlicher Hilfsmittel wie Zahnseide, Mundspüllösungen etc.
- Verwendung der gewohnten Zahnpasta ohne Wechsel der Zahnpasta innerhalb der Studie
- Probanden sollen während der Testphase zuhause die Zähne so lange putzen, bis sie das Gefühl haben, daß diese gesäubert sind (Khocht et al. 1992)

4.3 Studiendesign

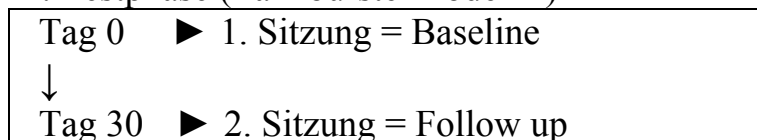
Die Zahnbürstenstudie ist im single blind, cross over-Design durchgeführt worden (Addy 1998). Der Untersucher war bezüglich des Zahnbürstentypes, der gerade getestet wurde, blind.

Gemäß dem Cross over-Design begannen 12 Probanden mit der Austestung der ADA-Kontrollzahnbürste und wechselten nach einer Wash out-Periode zur Elmex Inter X-Kurzkopfzahnbürste mittel. 13 Probanden testeten die Zahnbürsten in umgekehrter Reihenfolge.

Jede Zahnbürstentestphase dauerte 30 Tage. Die Gesamtstudiendauer betrug 67 Tage, da zwischen den Testphasen eine Wash out-Periode von einer Woche vorgeschrieben wurde, um Wechselwirkungen zwischen den Zahnbürsten auszuschließen. Die Probanden mußten an vier Sitzungen teilnehmen.

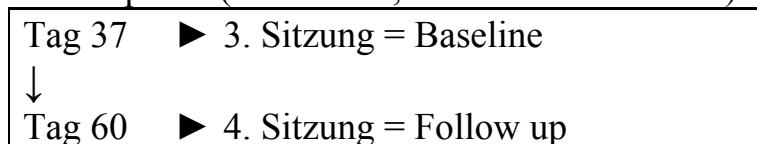
Studiendesign schematisch:

1. Testphase (Zahnbürste A oder B)



↓
Wash out- Periode (7 Tage)

2. Testphase (Cross over, Zahnbürste B oder A)



Vor und während der Zahnbürstenstudie wurden keine professionellen Zahnreinigungen oder zahnärztliche Behandlungen durchgeführt.

4.3.1 Ablauf der Studiensitzungen

Zu den Studiensitzungen fanden sich die Probanden mit dem Plaquestatus der over night plaque formation (12 - 16 Stunden kein Zähneputzen) ein. Jede Sitzung hatte folgenden Verlauf:

A) Prebrushing-Evaluation

Zunächst wurden die SBI-Werte nach Mühlemann und Son (1971) evaluiert, indem mit einer stumpfen Parodontalsonde ohne Druck der Sulkus sondiert wurde und daraufhin die Gradeinteilung erfolgte. Es schloß sich die Einfärbung der Zähne mit der Relevatorlösung (Mira-2-Tone) an den vestibulären Flächen mit der Aufnahme der Plaquewerte nach dem Modifizierten Turesky et al-Index (1970) an. Beide Indices wurden an den Ramfjord-Zähnen erhoben.

Nach dieser Plaque- und Gingivitiserhebung wurde die erste Testzahnbürste vergeben, ohne daß der Untersucher die Kenntnis hatte, welche der zwei Zahnbürsten zugeteilt worden ist. Der Proband putzte unbeaufsichtigt ohne Spiegel (ansonsten zu starke Orientierung an den angefärbten Bereichen) die Zähne, bis er das Gefühl hatte, daß die Zähne gesäubert sind. Dabei benutzte er seine Hauszahnpaste. Jeder Proband reinigte die Zähne mit der eigenen Putztechnik, es gab keine Instruktionen zur Putztechnik, da die Zahnbürsten bei sonst üblichem Gebrauch getestet werden sollten.

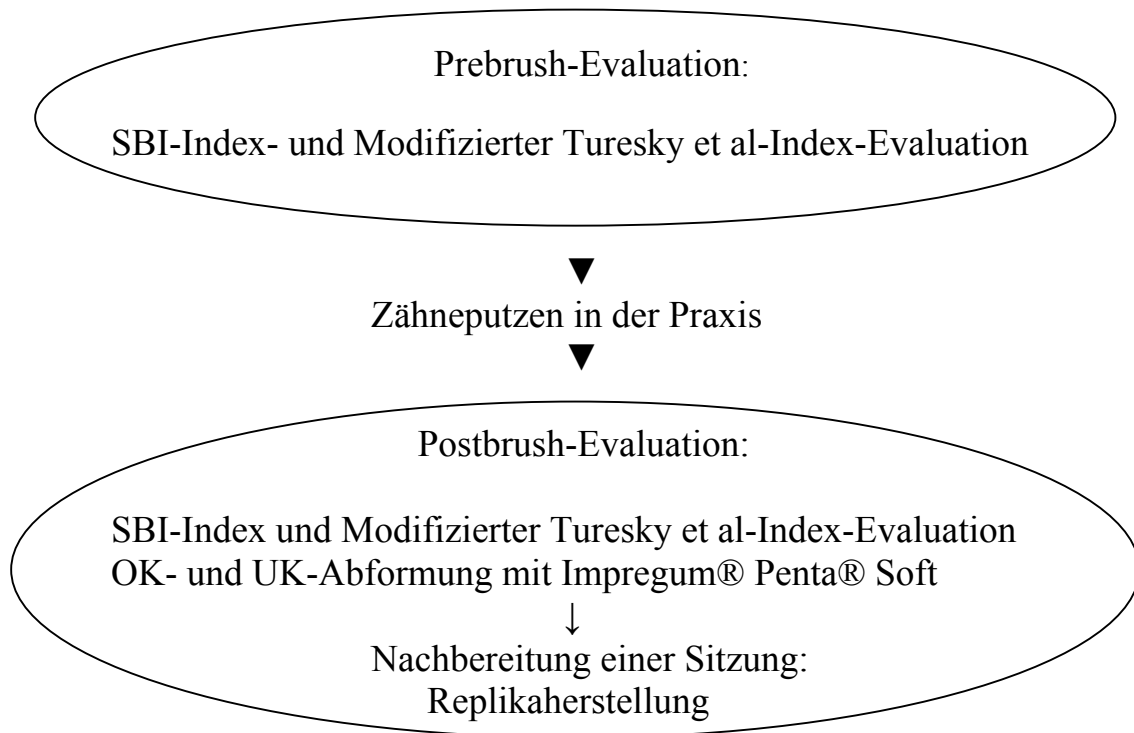
B) Postbrush-Evaluation

Nach gleichem Muster wie in der Prebrush-Evaluation wurden der SBI und Modifizierte Turesky et al-Index erhoben. Für spätere metrologische Untersuchungen wurden im Ober- und Unterkiefer mit konventionellen perforierten Metallabdrucklöffeln Abformungen mit dem Polyäther-Material Impregum® Penta® Soft (Espe) durchgeführt. Die Patienten nahmen die Bürste zum 30-tägigen Gebrauch mit nach Hause.

Die zweite Sitzung hatte den gleichen Verlauf wie die erste, geputzt wurde in der Sitzung mit der Testzahnbürste, welche die Probanden nach 30 Tagen Gebrauch wieder mitbrachten. Die Versuchsreihe der ersten Zahnbürste war damit beendet. Die Zahnbürsten wurden eingesammelt, und es wurde keine neue

Testzahnbürste ausgehändigt, da sich die einwöchige Wash out-Phase anschloß. Die dritte und vierte Sitzung, in der die zweite Zahnbürste getestet wurde, liefen nach dem gleichen Schema ab. Zum Ende der Studie füllten die Probanden jeweils einen Fragebogen aus.

Sitzungsablauf schematisch:



4.3.1.1 Anweisungen zur Abformung

Als Abformlöffel sind perforierte Metallabdrucklöffel ausgewählt worden, die der jeweiligen Zahnbogengröße des Patienten angepaßt waren. Es sollte eine Mindestschichtdicke von 5 mm Impregum am interessierenden Bereich (Ramfjord-Zähne) vorhanden sein. Aufgrund der geringeren inter- und intraindividuellen Streuung ist Impregum® Penta® Soft (Espe) verwendet worden, das mit einem Impregum-Penta Mischgerät angerührt wurde, um eine höhere Standardisierung zu erhalten.

Im Bereich der Ramfjord-Zähne sind mit einer Impregum-Spritze kleine Portionen Impregum® Penta® Soft auf die Zahnoberfläche gegeben und mit Luft leicht verblasen worden, um danach den Löffel zu positionieren.

4.3.1.2 Nachbereitung der Sitzungen-Laborschritte

Die Abformung wurde nach Herstellerangaben gelagert, um eine elastische Rückstellung zu erzielen. Die Abdrücke sind mit weißem Superhartgips Fuji Rock® mit einem exakt konstanten Mischverhältnis von 100g Pulver zu 20 ml Wasser ausgegossen worden, um Replika für das spätere Einscannen am Laserscanner zu erstellen.

4.4 Bewertungsmethoden

4.4.1 Modifizierter Turesky et al-Index

Zur Bewertung der Plaquereduktion durch den Gebrauch der zwei Testzahnbürsten ist folgender Plaqueindex ausgewählt worden, der auch in der Literatur favorisiert wird- der Modifizierte Turesky et al-Index (1970). Dieser Index ist nur an den vestibulären Flächen erhoben worden, da die palatinalen/lingualen Flächen zum einen zusätzlich durch die Zungenreinigung beeinflusst werden, zum anderen die Reinigung der oralen Flächen zu sehr von der manuellen Geschicklichkeit des Probanden abhängig ist.

Die Plaque wurde mit Hilfe der Relevatorlösung Mira-2-Tone sichtbar gemacht, die aus „brilliant blue“ und Erythrosin besteht, welche die Beläge, die älter als 24 Stunden sind, blau und jüngere Beläge rot anfärbt.

Der Turesky et al-Index ist folgendermaßen definiert:

Grad 0-keine Plaque

Grad 1-einzelne Plaqueinseln entlang des Gingivalsaumes

Grad 2-ein dünnes Band von Plaque (≤ 1 mm) entlang des Gingivalsaumes

Grad 3-ein Band von Plaque (≥ 1 mm), das weniger als $\frac{1}{3}$ der klinischen Krone bedeckt

Grad 4-Plaque bedeckt mindestens $\frac{1}{3}$, aber weniger als $\frac{2}{3}$ der klinischen Krone

Grad 5-Plaques bedeckt mehr als $\frac{2}{3}$ der klinischen Krone

Die weitere Modifikation des Turesky et al-Indexes besteht in der Aufsplittung der Zahnoberfläche in drei Anteile, mesial-vestibulär-distal, um die interproximalen Bereiche gesondert erheben zu können.

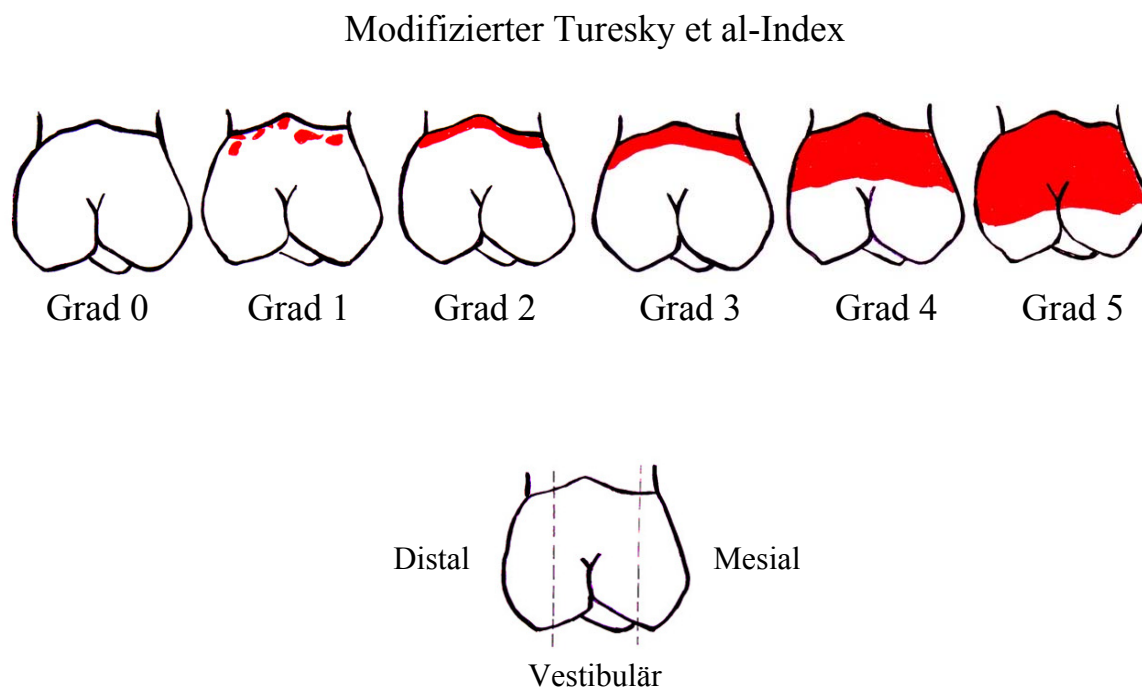


Abb. 4.4.1: Modifizierter Turesky et al-Index

4.4.2 Sulkus-Blutungs-Index

Für die Evaluation der Gingivitiswerte wurde der Sulkus-Blutungs-Index nach Mühlemann und Son (1971) verwendet. Der SBI stützt sich auf die Tatsache, daß leichte Blutungen im Sulkusbereich als Initialsymptom einer Gingivitis anzusehen sind. Die Blutung geht dabei allen anderen klinischen Symptomen voraus (Rateitschak et al. 1984). Es wird ohne Druck mit einer stumpfen Parodontalsonde sondiert.

Die Gradeinteilung des SBI sind folgende:

- Grad 0-keine Blutung bei Sondierung
- Grad 1-Sulkusblutung bei Sondierung, keine Schwellung oder Farbveränderung
- Grad 2-Sulkusbluten und Farbveränderung, noch keine Schwellung
- Grad 3-Sulkusbluten und Farbveränderung, schwache ödematöse Schwellung
- Grad 4-Sulkusbluten, Farbveränderung, deutliche Schwellung
- Grad 5-Deutliches Sulkusbluten, auch spontan, deutliche Farbveränderung, stark hervortretende Schwellung mit und ohne Ulzerationen

Diese Werte sind mesial, vestibulär und distal erhoben worden, entsprechend der Aufteilung des Plaqueindex, übertragen auf die Gingivabereiche (Abb. 4.4.1). Beide Indices sind an den sog. Ramfjord-Zähnen erhoben worden, die sich aus den Zähnen 16/21/24/36/41/44 zusammensetzen. Sollte ein Ramfjord-Zahn fehlen oder nicht gewertet werden können, wurde der nächstmögliche Zahn distal des Ramfjord-Zahnes ausgewählt.

4.4.3 Metrologische Bewertungsmethode

Für die dreidimensionale Vermessung der Superhartgipsreplika wurde ein optischer Laserscanner verwendet, welcher von Mehl et al. (1997) entwickelt wurde.

4.4.3.1 3D-Laserscanner

Dieses meßtechnische Verfahren (Laserscan 3D, Willytec, München) arbeitet auf der Grundlage eines Triangulationslichtschnittsensors.

Ein Diodenlaserstrahl wird über eine spezielle Optik in eine Lichtlinie umgewandelt und auf das zu vermessende Objekt projiziert. Diese Lichtlinie wird unter dem Triangulationswinkel mit Hilfe einer Kameraoptik auf einem CCD-Chip abgebildet. Durch die veränderte Beobachtungsrichtung werden Höhenunterschiede des Objektes in seitliche Verschiebungen der Lichtlinie auf dem Kameratarget umgewandelt, der geometrische Versatz enthält die Information über die Höhe. Für die dreidimensionale Erfassung des Objektes werden viele dieser zweidimensionalen Profilschnitte aneinandergereiht. Dazu

wird das Objekt mittels eines hochpräzisen Schrittmotors verfahren. Im Falle dieser Studie lag die Schrittweite bei 30 µm.

Mit diesem Verfahren werden 250.000 Meßpunkte in 20 - 40 Sekunden erfaßt.

Unter idealen Bedingungen wird die Genauigkeit für eine referenzfreie Messung unter Hinzunahme des „Matching“-Programmes (Datenvergleich/ Datenabgleichung) mit 10 µm angegeben.

4.4.3.2 Meßobjekte

In der Studie sind die vestibulären Flächen der Ramfjord-Zähne (16, 21, 24, 36, 41, 44) und die Gingivabereiche dieser Zähne als Meßareale festgelegt und eingescannt worden. Es wurden die Modelle der Zähne vermessen, die zu unterschiedlichen Zeiten angefertigt wurden (Tag 0-Tag 30-Tag 37-Tag 60). Die Replika bestehen aus weißem Superhartgips Fuji Rock®, da das Material folgende Eigenschaften aufweist:

- Licht wird diffus reflektiert
- Es besteht eine geringe Eindringtiefe für Licht
- Dimensionsstabilität

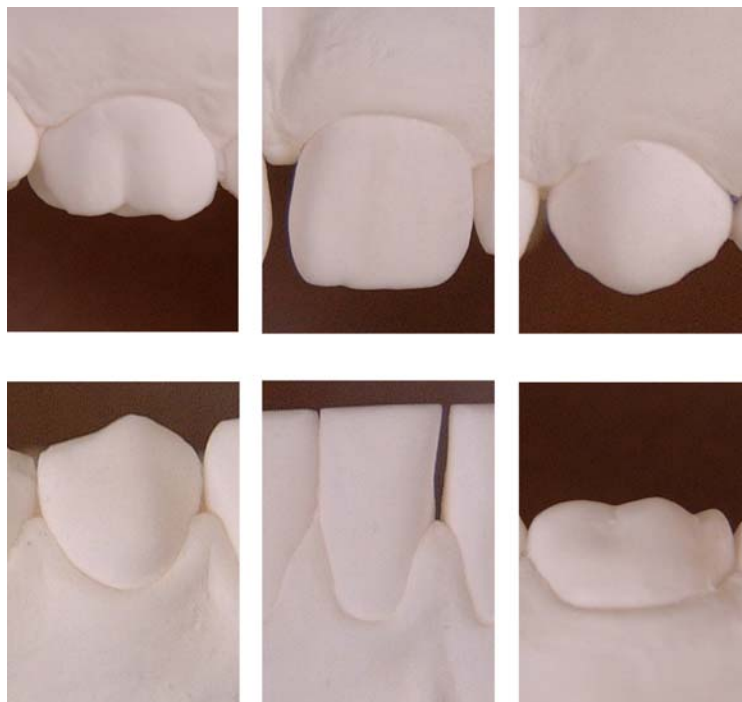


Abb. 4.4.3.2 Gipszahnreplika von lateral

4.4.3.3 Datenverarbeitung

Die dreidimensionalen Datensätze, die entstanden sind, werden im Rechner mit dem „Match3D“-Programm aufbereitet. Sie können mathematisch überlagert werden. Die Überlagerung setzt unveränderte Areale am Meßobjekt voraus. In der Studie wurden die vestibulären Schmelzanteile der Zahnhartsubstanzoberflächen der Zähne als Bezugsfläche zur Datenüberlagerung eingesetzt. Nach der exakten Zuordnung/Überlagerung der Baseline-Follow up-Ausgangsbilder wurden sie voneinander subtrahiert, und es entstand ein Differenzbild. Dieses Bild stellt eine zweidimensionale Veränderungslandkarte der Zahnhartsubstanz und der Gingiva dar.

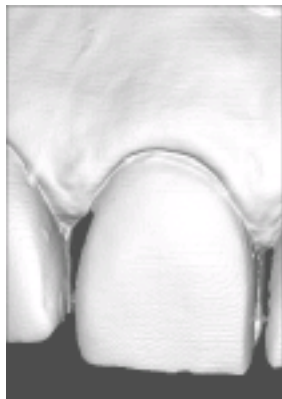


Abb. 4.4.3.3.1 Beispiel-Ausgangsbild

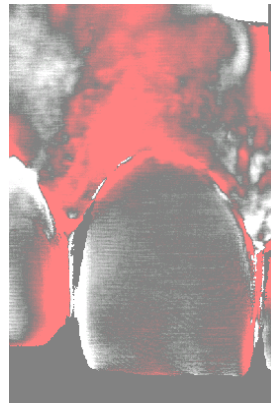


Abb. 4.4.3.3.2 Beispiel-Differenzbild, entstanden durch Überlagerung zweier Ausgangsbilder zu den Zeitpunkten Baseline-Follow up (nach 30 Tagen)

Der Volumenverlust ist rot kodiert. Je intensiver die Färbung, desto größer stellt sich der Volumenverlust dar. Man kann den Volumenverlust der Gingiva messen und ihn als Verminderung der Gingivitis deuten. Zudem können Lageveränderungen des Gingivarandes erkannt werden. Die Quantifizierung von Volumenverlusten im Bereich der Zahnhartsubstanz können als Abrasion, verursacht durch den Zahnbürstengebrauch, angesehen werden.

4.4.4 Fragebogen

Die Patienten bekamen zum Ende der Studie einen Fragebogen ausgehändigt. Die drei ersten Fragen bezogen sich auf die Eigenschaften der einzelnen Zahnbürste. Das Patientenkollektiv beantwortete Fragen zu den Merkmalen Härtegrad der Borsten, Bürstenkopfgröße und Bürstengriff-Form.

Der zweite Fragenkomplex hatte komparativen Charakter, da sich der Patient in Bezug auf die Effektivität, das Putzgefühl und die Bevorzugung auf eine Bürste festlegen sollte (Fragebogen 9.1.5).

4.5 Auswertungen

Die Auswertung der gewonnenen Daten aus Fragebogen, Indexerhebung und metrologischer Untersuchung ist mit einem PC in der Abteilung der Zahnerhaltung und Parodontologie im Klinikum der Universität München und in dem Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften vorgenommen worden. Die statistische Beratung erfolgte durch Dr. Michael Wiseman. Es wurden die Statistik-Programme SPSS 10.0 für Windows und Excel 2000 (Microsoft) verwendet.

4.5.1 Index-Auswertung

4.5.1.1 Basiswerte

Der erste Schritt bestand in der Summierung der Gingivitis-/und Plaquewerte der erhobenen Ramfjordzähne der einzelnen Probanden, separiert bezüglich

- der Flächen (mesial/vestibulär/distal) der Zähne,
- der Zeitpunkte der Erhebung innerhalb der Sitzung (prebrush/postbrush) und
- unter Angabe der Sitzung (Baseline/Follow up)

Dies sind die generellen Abkürzungen, die für alle folgenden Berechnungsvariablen Gültigkeit besitzen:

m = mesial, v = vestibulär, d = distal, g = Gesamt

gi = Gingivitisindex, pli = Plaqueindex

pre0 = prebrush Baseline, post0 = postbrush Baseline

pre1 = prebrush Follow up, post1 = postbrush Follow up

M = Mean

Dif = Differenzwert

Die Summenwerte sind mit den Bezeichnungen „mesialer/vestibulärer/distaler Gingivitis-/Plaqueindex prebrush/postbrush Baseline/Follow up“ versehen worden (Tab. 9.2.1.1 und 9.2.1.2). Sie werden mit folgenden Abkürzungen benannt:

Variablenname	Erklärung
mg_i_pre0	Mesialer Gingivitisindex prebrush Baseline
mg_i_post0	Mesialer Gingivitisindex postbrush Baseline
vg_i_pre0	Vestibulärer Gingivitisindex prebrush Baseline
vg_i_post0	Vestibulärer Gingivitisindex postbrush Baseline
dg_i_pre0	Distaler Gingivitisindex prebrush Baseline
dg_i_post0	Distaler Gingivitisindex postbrush Baseline
mg_i_pre1	Mesialer Gingivitisindex prebrush Follow up
mg_i_post1	Mesialer Gingivitisindex postbrush Follow up
vg_i_pre1	Vestibulärer Gingivitisindex prebrush Follow up
vg_i_post1	Vestibulärer Gingivitisindex postbrush Follow up
dg_i_pre1	Distaler Gingivitisindex prebrush Follow up
dg_i_post1	Distaler Gingivitisindex postbrush Follow up

mp_l_i_pre0	Mesialer Plaqueindex prebrush Baseline
mp_l_i_post0	Mesialer Plaqueindex prebrush Baseline
vp_l_i_pre0	Vestibulärer Plaqueindex prebrush Baseline
vp_l_i_post0	Vestibulärer Plaqueindex postbrush Baseline
dp_l_i_pre0	Distaler Plaqueindex prebrush Baseline
dp_l_i_post0	Distaler Plaqueindex postbrush Baseline
mp_l_i_pre1	Mesialer Plaqueindex prebrush Follow up
mp_l_i_post1	Mesialer Plaqueindex postbrush Follow up
vp_l_i_pre1	Vestibulärer Plaqueindex prebrush Follow up
vp_l_i_post1	Vestibulärer Plaqueindex postbrush Follow up
dp_l_i_pre1	Distaler Plaqueindex prebrush Follow up
dp_l_i_post1	Distaler Plaqueindex postbrush Follow up

Tab. 4.5.1.1

Sie stellen die Grundlage für alle weiteren, nun folgenden Werte dar.

4.5.1.2 Untersuchung möglicher Wechselwirkungen zwischen der ersten und zweiten Testphase aufgrund des Cross over-Designs der Studie

Nach dem Vorbild des „qualifizierenden Plaqueindex“ als Voraussetzung für die Zulassung zur Studie wurden für die Gegenüberstellung der zwei Zeitpunkte der Baseline-Sitzungen ebenfalls Plaquewerte verwendet.

Dazu sind die „Mean Gesamt Plaqueindexwerte prebrush“ (Abkürzung: Mgpli_pre0) der ersten und dritten Sitzung (= die jeweiligen Baseline-Sitzungen der zwei Testphasen) zum einen für die Elmex-Zahnbürste und zum anderen für die ADA-Zahnbürste miteinander verglichen worden. Das Ergebnis entschied, ob die Daten der jeweiligen Zahnbürste „gepoolt“ werden konnten.

13 Elmex-Mgpli_pre0-Werte 1. Sitzung ↔ 12 Elmex-Mgpli_pre0-Werte 3. Sitzung

12 ADA-Mgpli_pre0-Werte 1. Sitzung ↔ 13 ADA-Mgpli_pre0-Werte 3. Sitzung

Berechnung der erforderlichen Auswertungsvariablen:

1. Der mesiale, vestibuläre und distale Plaqueindex prebrush Baseline-Sitzungen ist summiert und durch 3 (= Anzahl der Summanden) dividiert worden zum „Gesamt Plaqueindex prebrush Baseline-Sitzungen“ (= $mpli_pre0 + vpli_pre0 + dpli_pre0 / 3$).

Abkürzung: gpli_pre0 (Tab. 9.2.1.3)

2. Die Mittelwerte, sogenannte „Mean“-Indexwerte, wurden berechnet, indem man die oben beschriebenen Werte durch sechs dividierte. Die Zahl sechs ergab sich aus der Anzahl der Meßpunkte-Messung an den sechs Ramfjord-Zähnen ($gpli_pre0 / 6$).

Abkürzung: Mgpli_pre0 (Tab. 9.2.1.3)

Sie stellten die Durchschnitts-Ausgangsplaquewerte der Gesamtfläche der einzelnen Zähne dar, die zu Beginn der Baseline-Sitzungen vorlagen und dienten der Auswertung des möglichen Cross over-Effektes. Die statistische Auswertung wurde mit dem nichtparametrischen Mann-Whitney-Test durchgeführt.

4.5.1.3 Effektivitätsvergleich der Testzahnbürsten beim Putzen innerhalb der Sitzungen (kurzfristig)

Es wurde der Vergleich der kurzfristigen Effektivität der beiden Testzahnbürsten Elmex Inter X-Kurzkopf mittel und der ADA-Zahnbürste hinsichtlich der Plaque- und Gingivitisreduktion durchgeführt.

Es sollte eruiert werden, welche der Testzahnbürsten während des Putzens innerhalb der Sitzungen den Prebrush-Wert stärker reduzieren konnte, also die höheren postbrush-prebrush-Differenzen erreichte.

Hypothese: Die Elmex-Zahnbürste weist eine höhere Effektivität auf als die ADA-Zahnbürste, verursacht durch die neuartige Borstengestaltung.

Es folgte eine Auswertung mit Hilfe der „Mean mesialer/vestibulärer/distaler/Gesamt Differenzwerte Plaque-/Gingivitisindex Baseline+Follow up“.

Berechnung der erforderlichen Auswertungsvariablen:

1. Nachfolgend wurden die Differenzen zwischen Postbrush- und Prebrush-Werten errechnet (postbrush-prebrush), so daß die Unterschiede zwischen den Werten vor (= pre-) und nach (= post-) dem Putzen während der Sitzungen dargestellt werden konnten. Diese Differenzwerte stellen den Reduktionswert durch das Putzen innerhalb der Sitzung dar. Die Evaluationen wurden in der Flächenunterteilung mesial/vestibulär/distal getrennt berechnet. Dies sind die „Differenzwerte mesialer/vestibulärer/distaler Gingivitis-/Plaqueindex Baseline/Follow up“ (= $mg_i\text{post}0 - mg_i\text{pre}0$ usw.).

Somit ergaben sich folgende Bezeichnungen: dif_mgi0, dif_mgi1, dif_vgi0, dif_vgi1, dif_dgi0, dif_dgi1, dif_mpli0, dif_mpli1, dif_vpli0, dif_vpli1, dif_dpli0, dif_dpli1

2. Auch von diesen Werten wurden Mean-Indexwerte, d.h. Werte pro Zahnfläche, berechnet. Die Ergebnisse der Berechnung wurden bezeichnet als „Mean Differenzwerte mesialer/vestibulärer/distaler Gingivitis-/Plaqueindex Baseline/Follow up“ (= $dif_mgi0/6$ usw.).

Abkürzung: Mdif_mgi0, Mdif_mgi1, Mdif_vgi0, Mdif_vgi1, Mdif_dgi0, Mdif_dgi1, Mdif_mpli0, Mdif_mpli1, Mdif_vpli0, Mdif_vpli1, Mdif_dpli0, Mdif_dpli1

3. Die Summierung der „Mean Differenzwerte mesialer/vestibulärer/distaler Gingivitis-/Plaqueindex Baseline/Follow up“ erzielt den „Mean Gesamt Differenzwert Gingivitis-/Plaqueindex Baseline/Follow up“ (= $(Mdif_mgi0+Mdif_vgi0+Mdif_dgi0)/3$ usw.).

Abkürzung: $Mdif_ggi0$, $Mdif_gpli0$, $Mdif_ggi1$, $Mdif_gpli1$

4. Als letzter Schritt wurden die „Mean Differenzwerte mesialer/vestibulärer/distaler/Gesamt Gingivitis-/Plaqueindex Baseline/Follow up“ hinsichtlich der Testzeitpunkte Baseline+Follow up zusammengefaßt, d.h. summiert und durch die Anzahl der Summanden (2) dividiert. Sie heißen „Mean Differenzwerte mesialer/vestibulärer/distaler/Gesamt Gingivitis-/Plaqueindex Baseline+Follow up“ (= $(Mdif_mgi0+Mdif_mgi1)/2$ usw.).

Abkürzung: $Mdif_mgi01$, $Mdif_vgi01$, $Mdif_dgi01$, $Mdif_mpli01$, $Mdif_vpli01$, $Mdif_dpli01$, $Mdif_ggi01$, $Mdif_gpli01$ (Tab. 9.2.1.4).

Diese Werte dienen den Effektivitätsvergleichen während des Putzens innerhalb der Sitzungen und geben die kurzfristigen Gingivitis-/Plaquereduktionswerte pro Zahnflächenanteil/Gesamtzahnfläche, die durchschnittlich in der Baseline- und Follow up-Sitzung erreicht worden sind, wieder.

Diese Variablen sind mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Testes statistisch ausgewertet worden.

4.5.1.4 Effektivitätsvergleich der Zahnbürsten über den Testzeitraum von 30 Tagen

Der Vergleich der langfristigen Effektivität der beiden Zahnbürsten nach 30 Tagen Putzen mit der jeweiligen Zahnbürste bezüglich der Plaque- und Gingivitisreduktion wurde getrennt nach Flächen und bezogen auf die Gesamtflächen durchgeführt.

Als Auswertungsvariablen dienten die „Mean Differenzwerte mesialer/vestibulärer/distaler/Gesamt Gingivitis-/Plaqueindex prebrush“ (Tab. 9.2.1.5). Das waren die Werte, mit denen die Probanden zu Beginn der jeweiligen Sitzung erschienen.

Berechnung der erforderlichen Auswertungsvariablen:

1. Aus dem „mesialen/vestibulären/distalen Gingivitis-/Plaqueindex prebrush Baseline/Follow up“ ist jeweils der Differenzwert zwischen Baseline-Sitzung und Follow up-Sitzung errechnet worden. Dieser wurde als „Differenzwert mesialer/vestibulärer/distaler Gingivitis-/Plaqueindex prebrush“ bezeichnet (= $\text{mgi_pre1} - \text{mgi_pre0}$ usw.).

Abkürzungen: dif_mgi_pre , dif_vgi_pre , dif_dgi_pre , dif_mpli_pre , dif_vppli_pre , dif_dpli_pre

2. Zusammenfassend wurde der „Differenzwert Gesamt Gingivitis-/Plaqueindex prebrush“ geschaffen, indem die mesialen, vestibulären und distalen Differenzwerte prebrush addiert und durch 3 dividiert wurden ($(\text{dif_mgi_pre} + \text{dif_vgi_pre} + \text{dif_dgi_pre})/3$).

Abkürzung: dif_ggi_pre , dif_gpli_pre

3. Darauffolgend wurden die Mittelwerte für diese Variable berechnet. Die Ergebnisse der Berechnung wurden als „Mean Differenzwert mesialer/vestibulärer/distaler/Gesamt Gingivitis-/Plaqueindex prebrush“ benannt ($\text{dif_mgi_pre}/6$ usw.).

Abkürzung: Mdif_mgi_pre , Mdif_vgi_pre , Mdif_dgi_pre , Mdif_mpli_pre , Mdif_vppli_pre , Mdif_dpli_pre , Mdif_ggi_pre , Mdif_gpli_pre (Tab. 9.2.1.5)

Diese Werte dienen der Evaluierung der Effektivität der Zahnbürsten über den Testzeitraum von 30 Tagen und beschreiben die Werteveränderung der Ausgangsplaque- und Gingivitiswerte vom Beginn zum Ende der Testphase. Sie sind als Indexwert pro Zahnflächenanteil/Gesamtzahnfläche zu verstehen.

Die Zusammenhänge sind mit Boxplot-Diagrammen grafisch dargestellt worden. Die Prüfung auf signifikante Unterschiede in der jeweiligen Fragestellung erfolgte mit dem nichtparametrischen Mann-Whitney-U-Test. Die Signifikanzwerte wurden mit der Monte-Carlo-Signifikanz angegeben.

4.5.2 3D-Auswertung

Als Auswertungsgrundlage wurden die mit dem „Match3D“-Programm erstellten Differenzbilder verwendet.

Bei der Auswertung wurden die irrelevanten Areale des Differenzbildes elektronisch entfernt. Dies geschah mit Hilfe eines zuvor in Position und Größe festgelegten Auswertungsfensters, das für alle zu bewertenden Zähne Gültigkeit hatte. Es wurde für diese Auswertung eigens neu programmiert und ist in Zusammenarbeit mit Dipl.-Phys. W. Gloger und Prof. Dr. Kunzelmann im Rahmen dieser Studie neu entwickelt worden. Es ist nach folgenden Kriterien/Argumenten definiert worden:

- Das Auswertungsfenster soll für alle Zähne von der Größe her einen sinnvollen Bereich umfassen.
Der limitierende Faktor für die Breite des Auswertungsfensters war der Zahn 41 innerhalb der Ramfjord-Zahn-Reihe, da das Fenster die 41er-Zahnfläche nach mesial und distal nicht überschreiten durfte.
- Es sollte für alle Zähne gleich groß sein, da sonst keine direkte Vergleichbarkeit der Daten möglich ist.
- Das Auswertungsfenster soll eine ausreichende Höhe für die Einbeziehung der attached Gingiva und eines sinnvollen Anteils der Zahnoberfläche gewährleisten.
- Es liegt in der Mitte des vestibulären Flächenbereiches jedes Zahnes, da an diesem Bereich eine hohe Genauigkeit der Replika angenommen wird.
- Das Auswertungsfenster soll durch das „Matching“ an jedem Zahn an der exakt gleichen Stelle positioniert werden.

Das definierte Auswertungsfenster umfaßte demnach Teile der Zahnhartsubstanz und der attached Gingiva des jeweiligen Zahnes.

Die Größe des Auswertungsfensters beträgt:

x-Achse: 83 Pixel (2490 µm)

y-Achse: 234 Pixel (6508,18 µm)

Der Zahnhartsubstanzanteil und der Gingivabereich wurden separat voneinander durch elektronische Entfernung des Flächenanteils, der nicht interessiert, ausgewertet. Die genaue Anleitung über die detaillierte Vorgehensweise bei der Computerbearbeitung ist in dem Kap. 9.3 nachzulesen.



Abb. 4.5.2.1 Auswertungsfenster verdeutlicht an einem Gipsreplikum

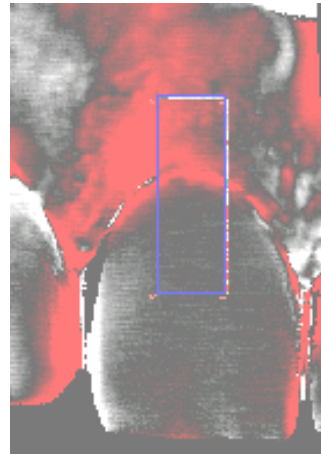


Abb. 4.5.2.2 Original- Auswertungsfenster in einem Differenzbild

In dem Bereich dieses Auswertungsfensters sind die Datensätze statistisch ausgewertet worden. Die Differenzbilder lieferten die Daten für die Quantifizierung der Volumenveränderung, die in dem Testzeitraum von 30 Tagen an der Zahnhartsubstanz bzw. der Gingiva stattgefunden hat.

Die Auswertungsvariable „avol_tot“ (= totale Volumenveränderung) (Tab. 9.2.2) ist zur Berechnung der Volumenveränderungen für die statistische Auswertung verwendet worden. Sie stellt den Gesamtwert für die Volumenveränderung innerhalb des Auswertungsfensters dar.

Die Volumenveränderungen, bezogen auf alle Ramfjord-Zähne, sind in Form von Häufigkeitshistogrammen dargestellt worden. Mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Testes wurde untersucht, ob eine der beiden Testzahnbürsten signifikant höhere Volumenveränderungen an der Zahnhartsubstanz bzw. an der Gingiva verursacht hat. Da die Anzahl der zu bewertenden Differenzbilder bei der Untersuchung aller Zähne zusammengefaßt 150 pro Zahnbürste beträgt, ist die asymptotische Signifikanz als Signifikanzwert verwendet worden.

Da die Bewertung der Gingivitis durch Quantifizierung der Volumenveränderungen am Weichgewebe ein neuer Ansatz zur Bewertung der Gingivitis darstellt, ist in Bezug auf das Weichgewebe die statistische Untersuchung differenziert auch auf einzelne Zähne erweitert worden. Die Weichgewebe-Volumenveränderungen sind wieder in Form von Häufigkeitshistogrammen dargestellt und in Bezug auf die zwei Testzahnbürsten auf Unterschiede untersucht worden.

Bei der Signifikanzevaluation der einzelnen Zähne ist die Monte-Carlo-Signifikanz berücksichtigt worden. Bei der statistischen Untersuchung der einzelnen Zähne sind die Ausweichzähne (Kap. 4.4.2) mit in die Statistik des eigentlichen Ramfjord-Zahnes eingegangen.

Die Volumenveränderungen wurden in μm^3 angegeben.

Zum Abschluß sind noch die Lageveränderungen des Gingivarandes tabellarisch festgehalten worden, indem angegeben wurde, ob eine Veränderung in Form einer Rezession oder einer Verschiebung des Gingivarandes nach koronal stattgefunden hat. Dazu sind die Differenzbilder ohne die Bereichseinschränkung des Auswertungsfensters gesichtet worden.

4.5.3 Fragebogenauswertung

Von den Merkmalen Härtegrad der Bürste und Größe des Bürstenkopfes mit den zugewiesenen Ausprägungen sind die Häufigkeiten tabellarisch und in Form von Balken- und Liniendiagrammen dargestellt worden. Verteilungsunterschiede in der Bewertung der Bürstenkopfgröße und der Borstenhärte sind mit dem Wilcoxon-Test evaluiert worden.

Mit Hilfe des Spearman-Rho Korrelationstestes sind Zusammenhänge zwischen Bürstenkopfgröße und -härte überprüft worden.

Die Probanden beurteilten zudem den Bürstengriff in Bezug auf Länge, Dicke, und Formbeschaffenheit. Dabei waren Mehrfachnennungen möglich.

Für den zweiten Fragebogenteil (Fragen 4 - 6), in dem es zu einer Entscheidung für eine der zwei Zahnbürsten in Bezug auf das angenehmere Putzgefühl, das Gefühl der besseren Reinigung und der Bevorzugung einer Bürste insgesamt kam, sind Tabellen mit Häufigkeiten für die jeweilige Zahnbürste angefertigt worden. Dargestellt wurden die Ergebnisse in Balkendiagrammen.

5. Ergebnisse

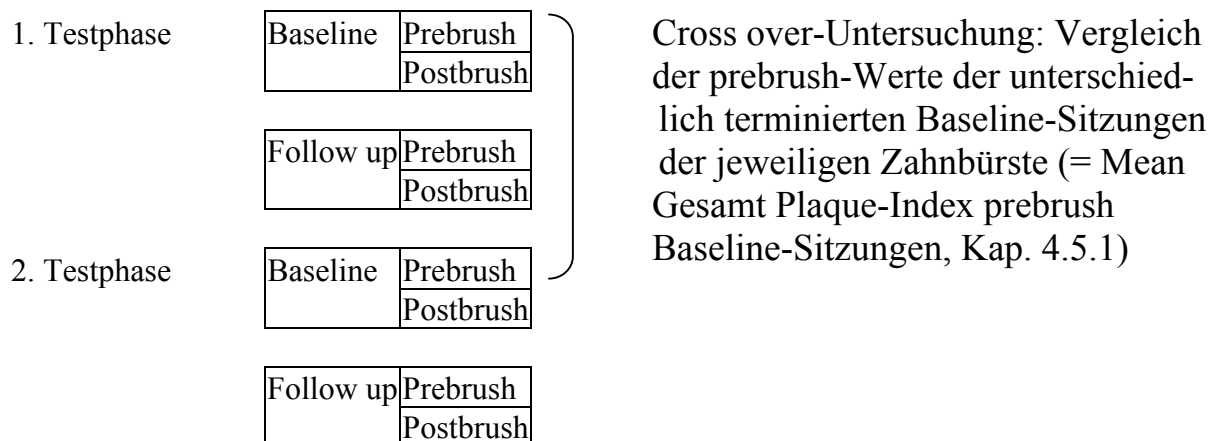
5.1. Patientenkollektiv

Teilnehmer dieser vergleichenden Zahnbürstenstudie waren neun Männer und 16 Frauen, insgesamt 25 Probanden im Alter zwischen 17 und 46 Jahren, welche die Studie vollständig durchlaufen haben. Das Durchschnittsalter belief sich auf 27,4 Jahre. Es lag ein Drop-out von 3 Personen (10,7%) vor, die nach Beginn der ersten Studiensitzung nicht mehr erschienen sind, so daß die anfängliche Probandengruppe eine Größe von 28 Personen umfaßte.

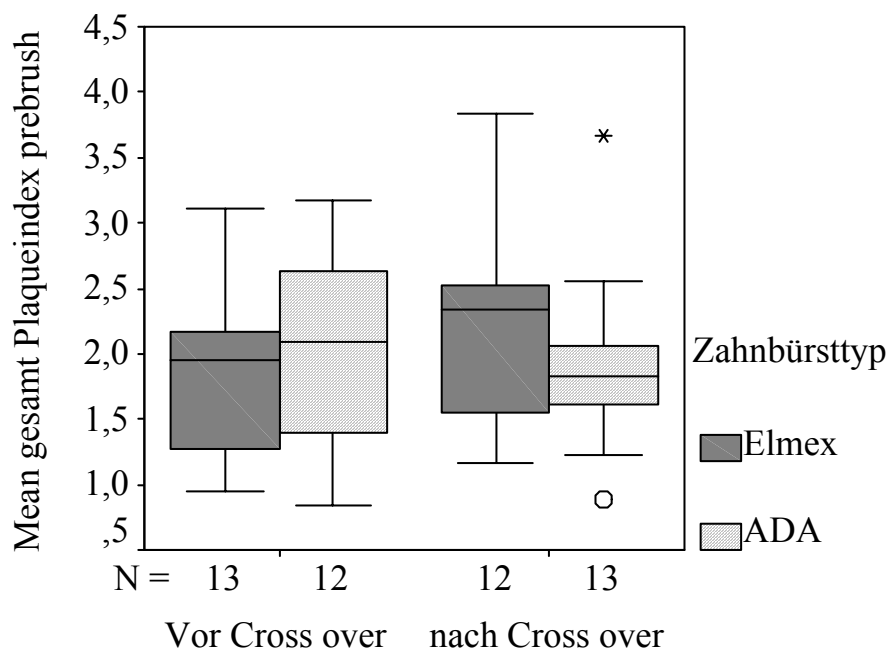
5.2 Plaque- und Gingivitiswerte

5.2.1 Wechselwirkungen Cross over-Design

Wie in Kapitel 4.5.1 beschrieben, wurden für beide Testzahnbürsten die „Mean Gesamt Plaqueindices prebrush Baseline-Sitzungen“ der ersten und dritten Sitzung untersucht. Es wurde eruiert, ob die Wash out-Phase von einer Woche ausgereicht hat, um Wechselwirkungen der ersten Testzahnbürste auf die nach dem Cross over folgende zweite Testzahnbürste zu eliminieren. Hier noch einmal eine Graphik über die verwendete Auswertungsvariable:



Das Boxplot-Diagramm veranschaulicht die Gegenüberstellung der „Mean Gesamt Plaquewerte prebrush“ der Zahnbürsten in den jeweiligen Baseline-Sitzungen.



Baseline- Sitzungen

Abb. 5.2.1.1 Boxplot zur Untersuchung möglicher Wechselwirkungen durch das Cross over-Verfahren unter Verwendung des Mean Gesamt Plaqueindexes prebrush Baseline-Sitzungen (Mgpli_pre0)

Mgpli_pre0		Vor Cross over			Nach Cross over		
		25. Perzentil	Median	75. Perzentil	25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Zahnbürste	Elmex	1,22	1,94	2,83	1,58	2,33	3,79
	ADA	1,38	2,17	2,96	1,48	1,83	2,56

Tab. 5.2.1.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Elmex- und ADA- Zahnbürste der Mean Gesamt Plaqueindexwerte prebrush Baseline-Sitzungen

Mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Testes wurde geprüft, ob die in der Abb. 5.2.1.1 dargestellten Unterschiede der Plaqueindexwerte in den beiden Baseline-Sitzungen statistisch signifikant sind. Für die Elmex Inter X-Kurzkopf mittel-Zahnbürste ergeben sich keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,193$, $\alpha < 0,05$) der Mean Gesamt Plaquewerte prebrush Baseline-Sitzungen zwischen der ersten

und dritten Sitzung. Aufgrund der kleinen Stichprobe ist die Monte-Carlo-Signifikanz verwendet worden. Die ADA-Zahnbürste weist ebenfalls keine signifikanten Plaquewert-Unterschiede ($p = 0,443$, $\alpha < 0,05$) in Bezug auf den Testbeginn auf:

	Elmex Mgpli_pre	ADA Mgpli_pre
Mann-Whitney-U	53,500	63,500
Wilcoxon-W	144,500	154,500
Z	-1,334	-,790
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,182	,429
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	,193	,443

Tab. 5.2.1.2 Statistik für die Untersuchung möglicher Wechselwirkungen durch das Cross over-Verfahren unter Verwendung der Mean Gesamt Plaqueindexwerte prebrush (Mgpli_pre)

Die Wash out-Phase von einer Woche hat ausgereicht, um mögliche Wechselwirkungen zu beseitigen.

Die Daten der Zahnbürsten können unabhängig vom Zeitpunkt des Testphasenbeginns „gepoolt“ werden, d.h. als zwei voneinander unabhängige Testreihen angesehen werden.

5.2.2 Effektivitätsvergleich der Testzahnbürsten beim Putzen innerhalb der Sitzungen (kurzfristig)

Die „Mean Differenzwerte mesialer Plaqueindex Baseline+Follow up“,
 „Mean Differenzwerte vestibulärer Plaqueindex Baseline+Follow up“,
 „Mean Differenzwerte distaler Plaqueindex Baseline+Follow up“,
 „Mean Differenzwerte Gesamt Plaqueindex Baseline+Follow up“
 (Kap. 4.5.1.3, Tab. 9.2.1.4)

der Elmex-Zahnbürste wurden mit denen der ADA-Zahnbürste verglichen, um zu eruieren, welche der Testzahnbürsten während des Putzens in den Sitzungen effektiver Plaque reduzieren kann. Diese Untersuchung zielte auf die kurzfristig höhere Effektivität jeder Zahnbürste innerhalb der Sitzungen.

Nochmalige Kurzdarstellung der Errechnung der Auswertungsvariablen „Mean Differenzwerte mesialer/vestibulärer/distaler/Gesamt Plaqueindex Baseline +Follow up“ (Kap. 4.5.1.3):

Werte der Elmex- bzw. der ADA-Zahnbürste

$$\begin{aligned}
 & \text{Diff.} \left[\begin{array}{|c|c|} \hline \text{Prebrush} & \text{Baseline} \\ \hline \text{Postbrush} & \\ \hline \end{array} \right] \\
 & - (1.) \left[\begin{array}{|c|c|} \hline \text{Prebrush} & \text{Follow up} \\ \hline \text{Postbrush} & \\ \hline \end{array} \right] + (3.)
 \end{aligned}$$

1. Erstellung von Differenzwerten: *Differenzwert = Postbrush minus Prebrush-Werte* der jeweiligen Zahnbürste in der Baseline-Sitzung sowie in der Follow up-Sitzung.

2. Daraus wurden Mean Differenzwerte erstellt: *Mean Differenzwert = Differenzwert/6*

3. Zusammenfassung der Einzelflächen:

Mean Differenzwerte Gesamtfläche = Summe mesiale+vest.+distale Mean Differenzwerte/3

4. Die Ergebnisse aus der Baseline- und Follow up-Sitzung wurden zusammengefaßt:

(Mean Differenzwerte Baseline+Mean Differenzwerte Follow up)/2

Der Vergleich der einzelnen Flächen mesial/vestibulär/distal wurde mit Boxplots-Diagrammen grafisch dargestellt:

1. Vergleich der Effektivität der Zahnbürsten an den mesialen Zahnflächen in Bezug auf die Plaquerreduktion innerhalb der Sitzungen

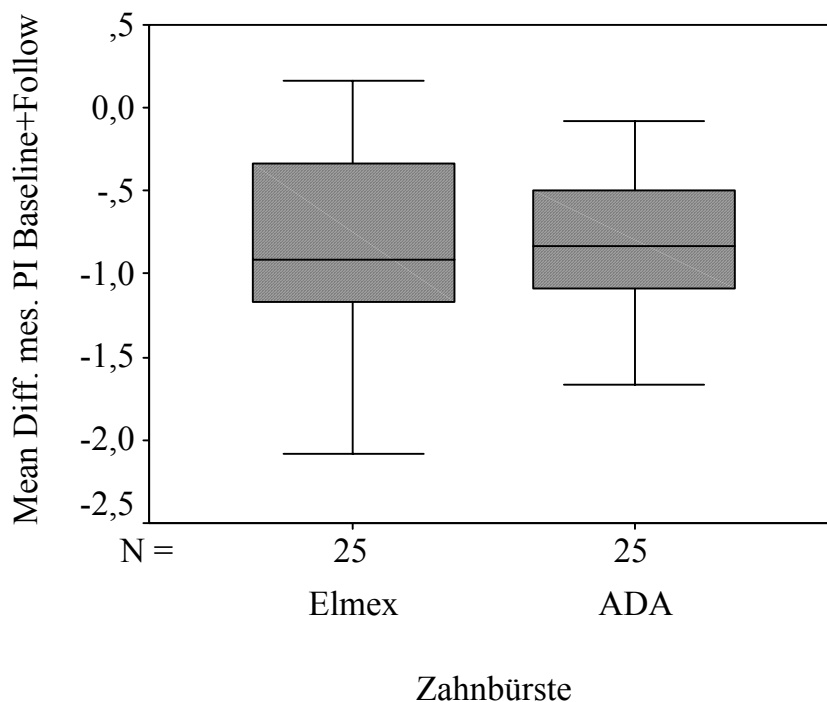


Abb. 5.2.2.1 Vergleich der Effektivität der Testzahnbürsten Elmex und ADA anhand der Mean Differenzwerte mesialer Plaquerindex Baseline+Follow up (Mdif_mpli01)

Zahnbürste						
Elmex			ADA			
	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Mdif_mpli01	-1,17	-0,83	-0,25	-1,14	-0,75	-0,50

Tab. 5.2.2.1.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Elmex- und ADA- Zahnbürste der Mean Differenzwerte mesialer Plaqueindex Baseline+Follow up (Mdif_mpli01)

Der Test auf signifikante Unterschiede ist mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Testes durchgeführt worden.

	Mean Differenzwert mesialer Plaqueindex Baseline+Follow up (Mdif_mpli01)
Mann-Whitney-U	305,500
Wilcoxon-W	630,500
Z	-1,36
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,892
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	0,894

Tab. 5.2.2.1.2 Statistik für den Effektivitätsvergleich der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug auf die Mean Differenzwerte mesialer Plaqueindex Baseline+Follow up

Es existieren keine signifikanten Effektivitätsunterschiede zwischen den Zahnbürsten Elmex und ADA bezüglich der Plaquereduktion während des Putzens innerhalb der Sitzungen an den mesialen Flächen der Zähne. Dies wird durch den Monte-Carlo-Signifikanz-Wert $p = 0,894$ ($\alpha < 0,05$) evident.

2. Vergleich der Effektivität der Zahnbürsten an den vestibulären Zahnflächen in Bezug auf die Plaquereduktion innerhalb der Sitzungen

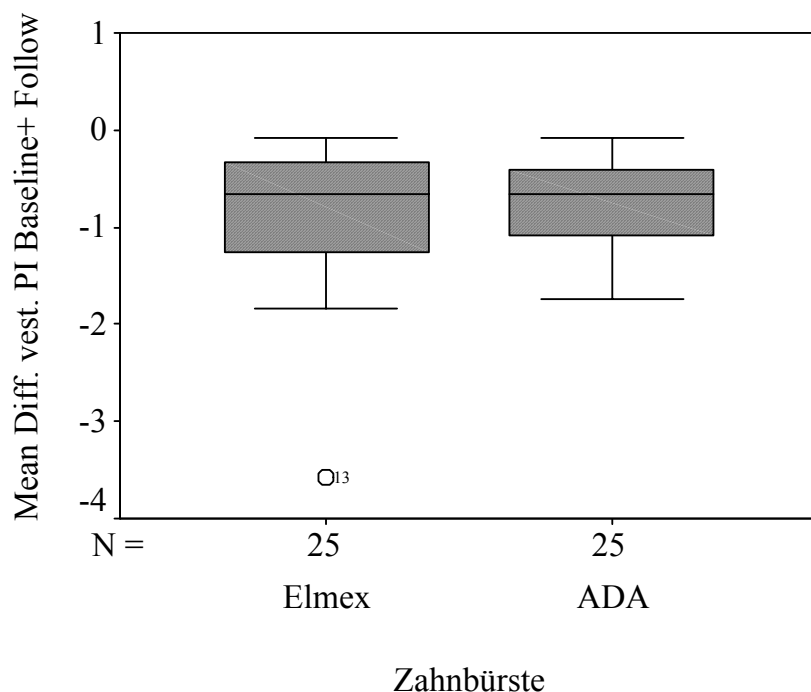


Abb. 5.2.2.2 Vergleich der Effektivität der Testzahnbürsten Elmex und ADA anhand der Mean Differenzwerte vestibulärer Plaqueindex Baseline+Follow up (Mdif_vpli01)

	Zahnbürste					
	Elmex			ADA		
	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Mdif_vpli01	-1,25	-0,67	-0,33	-1,08	-0,67	-0,42

Tab. 5.2.2.2.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Elmex- und ADA-Zahnbürste der Mean Differenzwerte vestibulärer Plaqueindex Baseline+Follow up (Mdif_vpli01)

Es folgte analog zur Untersuchung der mesialen Flächen die Evaluation signifikanter Unterschiede zwischen den Mean Differenzwerten vestibulärer Plaqueindex Baseline+Follow up der Elmex- und ADA-Zahnbürste.

	Mean Differenzwert vestibulärer Plaqueindex Baseline+Follow up (Mdif_vpli)
Mann-Whitney-U	303,000
Wilcoxon-W	628,000
Z	-,185
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,853
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	,858

Tab. 5.2.2.2 Statistik für den Effektivitätsvergleich der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug auf die Mean Differenzwerte vestibulärer Plaqueindex Baseline+Follow up

Auch an den vestibulären Flächen der Zähne hat keine der beiden Testzahnbürsten eine höhere Effektivität bei der Plaquereduktion beim Gebrauch der Zahnbürste innerhalb der Sitzungen gezeigt (Monte-Carlo-Signifikanz: $p = 0,858$, $\alpha < 0,05$).

3. Vergleich der Effektivität der Zahnbürsten an den distalen Zahnflächen in Bezug auf die Plaquereduktion innerhalb der Sitzungen

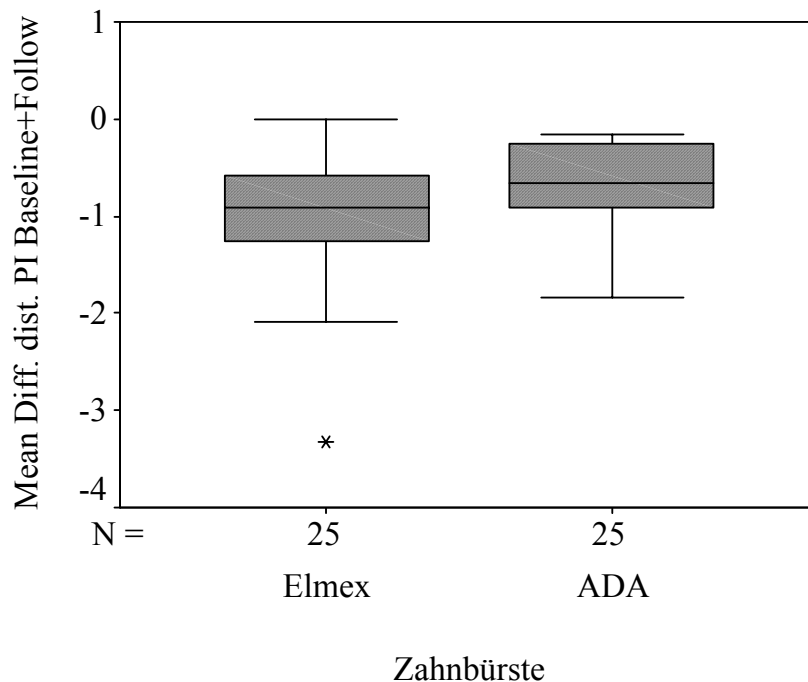


Abb. 5.2.2.3 Vergleich der Effektivität der Testzahnbürsten Elmex und ADA anhand der Mean Differenzwerte distaler Plaqueindex Baseline+Follow up (Mdif_dpli01)

Zahnbürste						
Elmex			ADA			
	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Mdif_dpli01	-1,25	-0,92	-0,42	-0,92	-0,58	-0,25

Tab. 5.2.2.3.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Elmex- und ADA- Zahnbürste der Mean Differenzwerte distaler Plaqueindex Baseline+Follow up (Mdif_dpli01)

Mit einem Monte-Carlo-Wert (1-seitig) von $p = 0,035$ ($\alpha < 0,05$) putzt die Elmex Inter X-Kurzkopf Zahnbürste mittel an den distalen Zahnflächen mit einem Median-Reduktions-Indexwert von $-0,92$ signifikant besser als die ADA-Zahnbürste. Die einseitige Signifikanz konnte verwendet werden, da laut Hypothese von der Elmex-Zahnbürste die höhere Effektivität erwartet wird.

	Mean Differenzwert distaler Plaqueindex Baseline+Follow up (Mdif_dpli01)
Mann-Whitney-U	218,000
Wilcoxon-W	543,000
Z	-1,837
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,066
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	,067
Monte-Carlo-Signifikanz (1-seitig)	,035

Tab. 5.2.2.3.2 Statistik für den Effektivitätsvergleich der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug auf die Mean Differenzwerte distaler Plaqueindex Baseline+Follow up

4. Die gleichen Zusammenhänge wurden in Bezug auf die Gingivitiswerte statistisch untersucht.

Die „Mean Differenzwerte mesialer/vestibulärer/distaler Gingivitisindex Baseline+Follow up“ wurden hinsichtlich der Unterschiede zwischen der Elmex- und ADA-Zahnbürste verglichen.

Da sich bei der Erhebung des Sulkusblutungsindex generell nur sehr geringe bzw. keine Veränderungen evaluieren ließen, wurden für die Auswertung der Flächenunterteilungen die Werte nur tabellarisch ohne grafische Darstellung vorgelegt.

Zahnbürste						
Elmex			ADA			
	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Mdif_mgi01	-0,03	0	0	0	0	0
Mdif_vgi01	-0,08	0	0	-0,08	0	0
Mdif_dgi01	-0,08	0	0	0	0	0

Tab. 5.2.2.4.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Elmex- und ADA-Zahnbürste der Mean Differenzwerte mesialer/vestibulärer/distaler Gingivitisindex Baseline+Follow up

Wie man schon aufgrund der Perzentil- und Medianwerte erkennt, bestehen zwischen den beiden Testzahnbürsten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Gingivitisreduktion während des Putzens innerhalb der Sitzungen mit $p = 0,246$ für die mesialen Flächen, $p = 0,937$ für die vestibulären Flächen und $p = 0,408$ für die distalen Flächen ($\alpha < 0,05$).

	Mdif_mgi01	Mdif_vgi01	Mdif_dgi01
Mann-Whitney-U	262,000	308,000	279,500
Wilcoxon-W	587,000	633,000	604,500
Z	-1,272	-,096	-,811
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,203	,924	,417
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	,246	,937	,408

Tab. 5.2.2.4.2 Statistik für den Effektivitätsvergleich der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug auf die Mean Differenzwerte mesialer/vestibulärer/distaler Gingivitisindex Baseline+Follow up

Nach der Untersuchung der Wirkungen der Zahnbürsten auf die Teilflächen der Zähne (Kap. 5.2.2) wurden die Zahnbürsten hinsichtlich der Gesamtfläche der Zähne zusammenfassend ausgewertet. Die Daten des „Mean Gesamt Differenzwerte Plaque-/Gingivitisindex Baseline+Follow up“ erzielten folgende Resultate:

5. Vergleich der Effektivität der Zahnbürsten an allen Zahnflächen der Ramfjord-Zähne in Bezug auf die Plaquereduktion innerhalb der Sitzungen

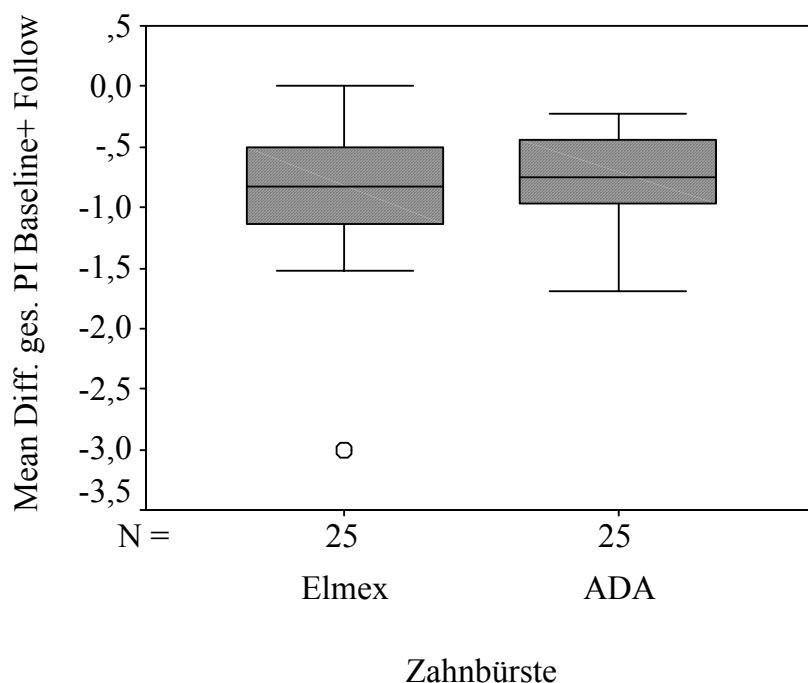


Abb. 5.2.2.5 Vergleich der Effektivität der Testzahnbürsten Elmex und ADA anhand der Mean Differenzwerte Gesamt Plaqueindex Baseline+Follow up (Mdif_gpli01)

	Zahnbürste					
	Elmex			ADA		
	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Mdif_gpli01	-1,14	-0,83	-0,42	-0,97	-0,67	-0,42

Tab. 5.2.2.5.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Elmex- und ADA-Zahnbürste der Mean Differenzwerte Gesamt Plaqueindex Baseline+Follow up (Mdif_gpli01)

Das Boxplot-Diagramm zeigt keine eindeutigen Differenzen zwischen den Plaquedaten der beiden Zahnbürsten. Der Mann-Whitney-U-Test bestätigt dies. Mit einem Monte-Carlo-Signifikanzwert $p = 0,432$ ($\alpha < 0,05$) besteht kein signifikanter Unterschied bei der Plaqueentfernung an der Gesamtoberfläche zwischen der Elmex- und ADA-Zahnbürste innerhalb der Sitzungen.

	Mean Differenzwert Gesamt Plaqueindex (Md_gpli)
Mann-Whitney-U	271,000
Wilcoxon-W	596,000
Z	-,806
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,420
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	,432

Tab. 5.2.2.5.2 Statistik für den Effektivitätsvergleich der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug auf die Mean Differenzwerte Gesamt Plaqueindex Baseline+Follow up

6. Vergleich der Effektivität der Zahnbürsten an allen Zahnflächen der Ramfjord-Zähne in Bezug auf die Gingivitisreduktion innerhalb der Sitzungen

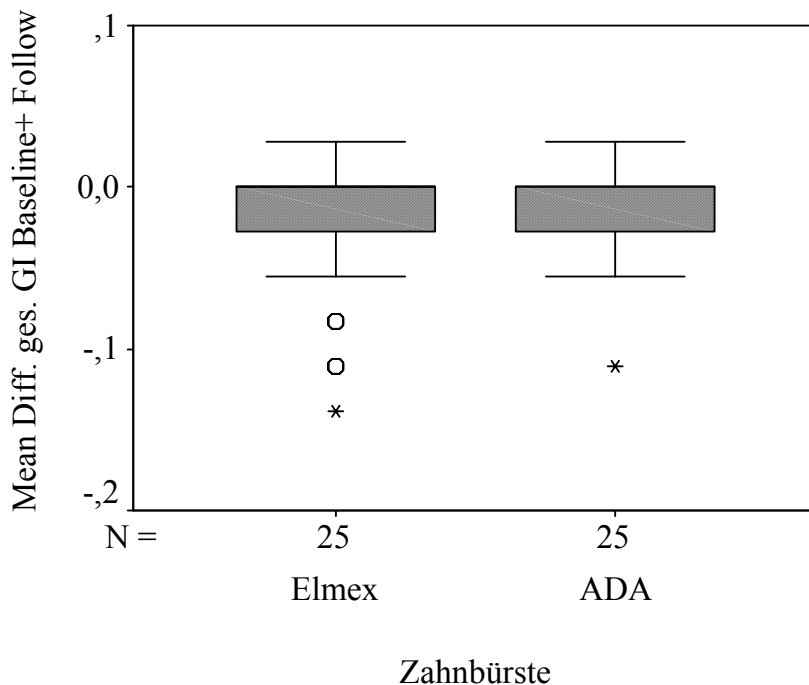


Abb. 5.2.2.6 Vergleich der Effektivität der Testzahnbürsten Elmex und ADA anhand der Mean Differenzwerte Gesamt Gingivitisindex Baseline+Follow up (Mdif_ggi01)

	Zahnbürste					
	Elmex			ADA		
	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Mdif_ggi01	-0,03	0	0	-0,03	0	0

Tab. 5.2.2.6.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Elmex- und ADA-Zahnbürste der Mean Differenzwerte Gesamt Gingivitisindex Baseline+Follow up (Mdif_ggi01)

Auch bei den Gesamt-Gingivitiswerten sind keine Effektivitätsunterschiede zwischen den Zahnbürsten während des Putzens innerhalb der Sitzungen bei $p = 0,900$ ($\alpha < 0,05$) festzustellen.

	Mean Differenzwerte Gesamt Gingivitisindex Baseline+ Follow (Mdif_ggi01)
Mann-Whitney-U	306,000
Wilcoxon-W	631,000
Z	-,131
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,896
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	,900

Tab. 5.2.2.6.2 Statistik für den Effektivitätsvergleich der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug auf die Mean Differenzwerte Gesamt Gingivitisindex Baseline+Follow up

5.2.3 Effektivitätsvergleich der Testzahnbürsten über den Testzeitraum von 30 Tagen (längerfristig)

Der längerfristige Effektivitätsvergleich ist mit Hilfe der „Mean Differenzwerte mesialer Gingivitis-/Plaqueindex prebrush“, „Mean Differenzwerte vestibulärer Gingivitis-/Plaqueindex prebrush“, „Mean Differenzwerte distaler Gingivitis-/Plaqueindex prebrush“, „Mean Differenzwerte Gesamt Gingivitis-/Plaqueindex prebrush“ durchgeführt worden (Kap. 4.5.1.4, Tab. 9.2.1.5). Zusammengefaßt zeigt die folgende Darstellung noch einmal die Errechnung der Auswertungsvariablen, mit denen gearbeitet wurde:

Werte der Elmex-
bzw. der ADA-
Zahnbürste

Diff.
- (1.)

Prebrush	Baseline
Postbrush	
Prebrush	Follow up
Postbrush	

1. Erstellen der Differenzwerte:

$\text{Differenzwert prebrush} = \text{Indexwert prebrush Follow up} - \text{Indexwert prebrush Baseline}$

2. Zusammenfassung der Einzelflächen:

$\text{Differenzwert prebrush Gesamtfläche} = \text{Summe mesialer+vestibulärer+distaler Differenzwert prebrush}/3$

3. Erstellung der Mean Differenzwerte prebrush:

$\text{Mean Differenzwerte prebrush} = \text{Differenzwerte prebrush}/6$

1. Effektivitätsvergleich der Zahnbürsten an den mesialen Zahnflächen in Bezug auf die Plaquerreduktion über den Zeitraum von 30 Tagen

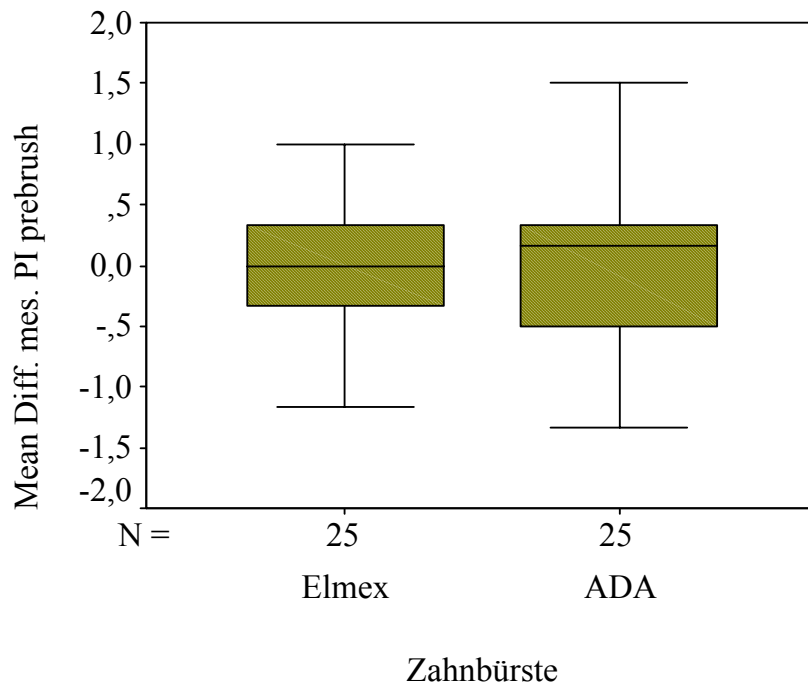


Abb. 5.2.3.1 Vergleich der Effektivität der Testzahnbürsten Elmex und ADA anhand der Mean Differenzwerte mesialer Plaqueindex prebrush (Mdif_mpli_pre)

	Zahnbürste					
	Elmex			ADA		
	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Mdif_mpli_pre	-0,42	0,06	0,44	-0,50	0,17	0,50

Tab.5.2.3.1.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Elmex- und ADA-Zahnbürste der Mean Differenzwerte mesialer Plaqueindex prebrush (Mdif_mpli_pre)

Keine der beiden Testzahnbürsten putzt über einen Zeitraum von 30 Tagen effektiver an den mesialen Flächen. Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen der Elmex Inter X-Kurzkopf-Zahnbürste und der ADA-Zahnbürste, was durch den Monte-Carlo-Wert $p = 0,862$ ($\alpha < 0,05$) deutlich wird.

	Mean Differenzwerte mesialer Plaqueindex prebrush (Mdif_mpli_pre)
Mann-Whitney-U	303,500
Wilcoxon-W	628,500
Z	-,176
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,861
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	,862

Tab. 5.2.3.1.2 Statistik für den Effektivitätsvergleich der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug auf die Mean Differenzwerte mesialer Plaqueindex prebrush

2. Effektivitätsvergleich der Zahnbürsten an den vestibulären Zahnflächen in Bezug auf die Plaquereduktion über den Zeitraum von 30 Tagen

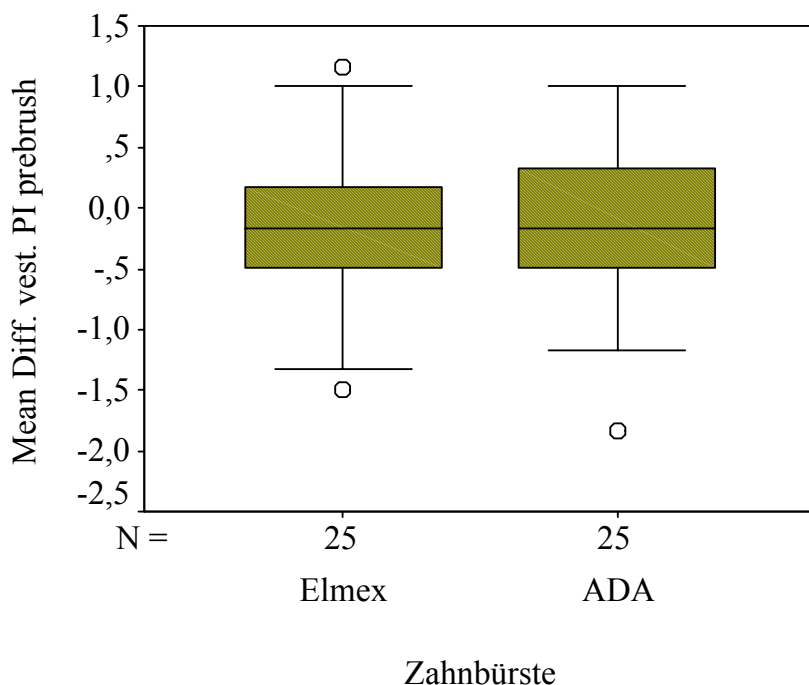


Abb. 5.2.3.2 Vergleich der Effektivität der Testzahnbürsten Elmex und ADA anhand der Mean Differenzwerte vestibulärer Plaqueindex prebrush (Mdif_vpli_pre)

	Zahnbürste					
	Elmex			ADA		
	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Mdif_vpli_pre	-0,50	-0,11	0,42	-0,50	-0,08	0,50

Tab.5.2.3.2.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Elmex- und ADA-Zahnbürste der Mean Differenzwerte vestibulärer Plaqueindex prebrush (Mdif_vpli_pre)

Auch die vestibulären Flächen werden von keiner Zahnbürste längerfristig besser geputzt, mit $p = 0,927$ ($\alpha < 0,05$) ist kein signifikanter Effektivitätsunterschied bei den Zahnbürsten erkennbar.

	Mean Differenzwerte vestibulärer Plaqueindex prebrush (Md_vpli_pre)
Mann-Whitney-U	307,500
Wilcoxon-W	632,500
Z	-,097
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,922
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	,927

Tab. 5.2.3.2.2 Statistik für den Effektivitätsvergleich der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug auf die Mean Differenzwerte vestibulärer Plaqueindex prebrush

3. Effektivitätsvergleich der Zahnbürsten an den distalen Zahnflächen in Bezug auf die Plaquereduktion über den Zeitraum von 30 Tagen

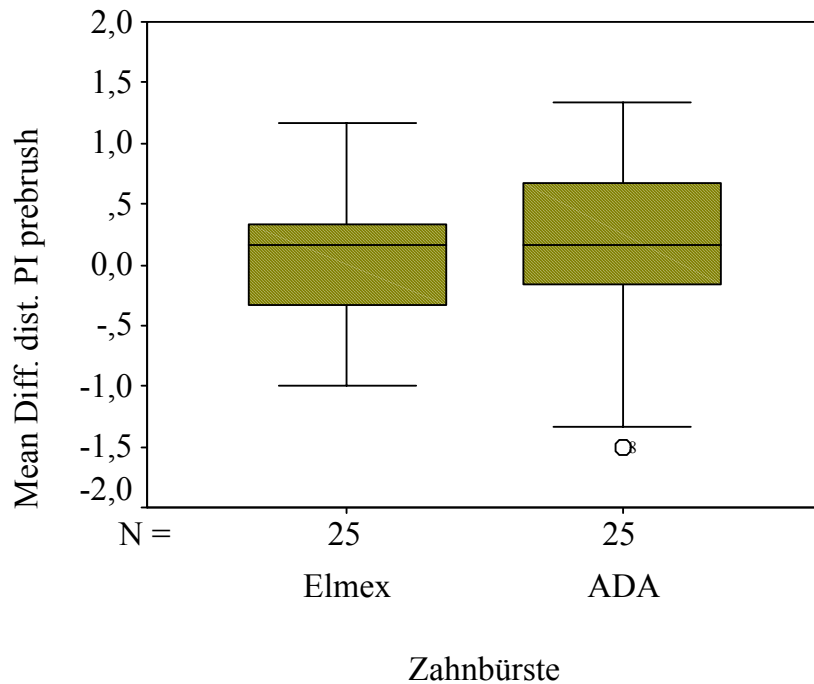


Abb. 5.2.3.3 Vergleich der Effektivität der Testzahnbürsten Elmex und ADA anhand der Mean Differenzwerte distaler Plaqueindex prebrush (Mdif_dpli_pre)

	Zahnbürste					
	Elmex			ADA		
	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Mdif_dpli_pre	-0,39	0,22	0,44	-0,28	0,17	0,75

Tab.5.2.3.3.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Elmex- und ADA-Zahnbürste der Mean Differenzwerte distaler Plaqueindex prebrush (Mdif_dpli_pre)

Auch an den distalen Flächen reduziert keine der Zahnbürsten signifikant mehr Plaque über den Testphasenzeitraum bei einem Monte-Carlo-Signifikanzwert von $p = 0,552$ ($\alpha < 0,05$).

	Mean Differenzwerte distaler Plaqueindex prebrush (Mdif_dpli_pre)
Mann-Whitney-U	281,000
Wilcoxon-W	606,000
Z	-,614
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,540
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	,552

Tab. 5.2.3.3.2 Statistik für den Effektivitätsvergleich der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug auf die Mean Differenzwerte distaler Plaqueindex prebrush

4. Im nächsten Schritt wurden die „Mean Differenzwerte mesialer/ vestibulärer/ distaler Gingivitisindex prebrush“ untersucht und zwischen den Testzahnbürsten verglichen, um herauszufinden, ob eine der beiden Zahnbürsten nach 30 Tagen signifikant höhere Gingivitisreduktionen erreichen konnte. Auch hier waren die Gingivitisindex-Veränderungen so gering, daß die Auswertungen nur tabellarisch dargestellt werden.

	Zahnbürste					
	Elmex			ADA		
	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Mdif_mgi_pre	0	0	0	0	0	0
Mdif_vgi_pre	-0,11	0	0	0	0	0
Mdif_dgi_pre	0	0	0	0	0	0

Tab. 5.2.3.4.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Elmex- und ADA-Zahnbürste der Mean Differenzwerte mesialer/ vestibulärer/ distaler Gingivitisindex prebrush (Mdif_mgi_pre, Mdif_vgi_pre, Mdif_dgi_pre)

Wie man schon aufgrund der Perzentil- und Medianwerte erkennt, bestehen zwischen den beiden Testzahnbürsten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Gingivitisreduktion nach 30 Tagen Gebrauch mit $p = 0,584$ für die mesialen Flächen, $p = 0,419$ für die vestibulären Flächen und $p = 0,616$ für die distalen Flächen ($\alpha < 0,05$).

	Mdif_mgi_pre	Mdif_vgi_pre	Mdif_dgi_pre
Mann-Whitney-U	289,500	277,000	297,500
Wilcoxon-W	614,500	602,000	622,500
Z	-,700	-,898	-,664
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,484	,369	,616
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	,584	,419	,616

Tab. 5.2.3.4.2 Statistik für den Effektivitätsvergleich der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug auf die Mean Differenzwerte mesialer/vestibulärer/distaler Gingivitisindex prebrush

5. Vergleich der Effektivität der Zahnbürsten an allen Zahnflächen der Ramfjord-Zähne in Bezug auf die Plaquerreduktion über den Testzeitraum von 30 Tagen

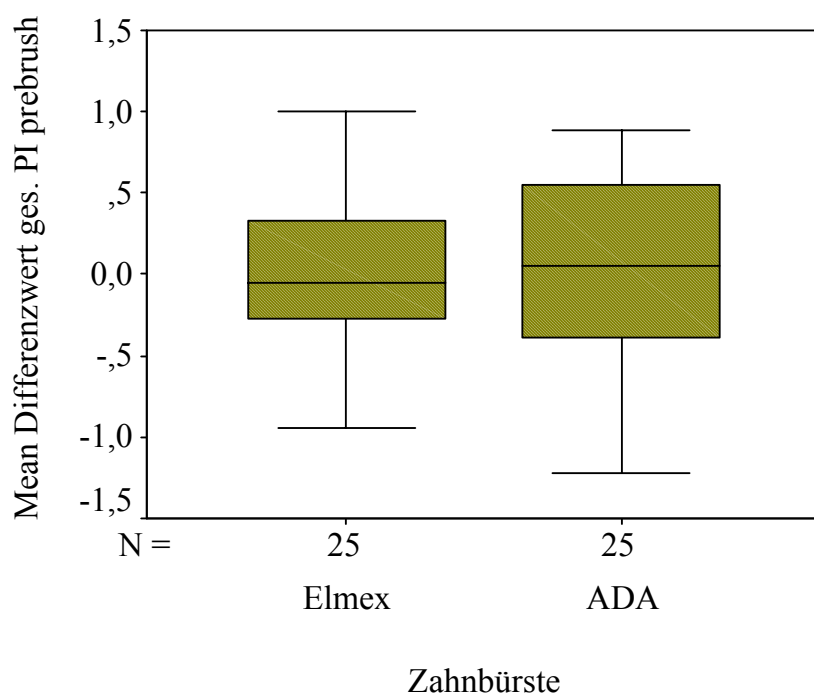


Abb. 5.2.3.5 Vergleich der Effektivität der Testzahnbürsten Elmex und ADA anhand der Mean Differenzwerte Gesamt Plaqueindex prebrush (Mdif_gpli_pre)

	Zahnbürste					
	Elmex			ADA		
	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Mdif_gpli_pre	-0,28	-0,03	0,47	-0,39	0,08	0,64

Tab.5.2.3.5.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Elmex- und ADA-Zahnbürste der Mean Differenzwerte Gesamt Plaqueindex prebrush (Mdif_gpli_pre)

Zusammenfassend für alle Flächen zeigt keine der Testzahnbürsten eine signifikant höhere Wirkung in Bezug auf die Plaquereduktion über einen Zeitraum von 30 Tagen. In diesem Fall liegt der Monte-Carlo-Signifikanzwert bei $p = 0,757$ ($\alpha < 0,05$).

	Mean Differenzwerte Gesamt Plaqueindex prebrush (Mdif_gpli_pre)
Mann-Whitney-U	296,500
Wilcoxon-W	621,500
Z	-,311
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,756
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	,757

Tab. 5.2.3.5.2 Statistik für den Effektivitätsvergleich der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug auf die Mean Differenzwerte Gesamt Plaqueindex prebrush

6. Vergleich der Effektivität der Zahnbürsten an allen Zahnflächen der Ramfjord-Zähne in Bezug auf die Gingivitisreduktion über den Testzeitraum von 30 Tagen

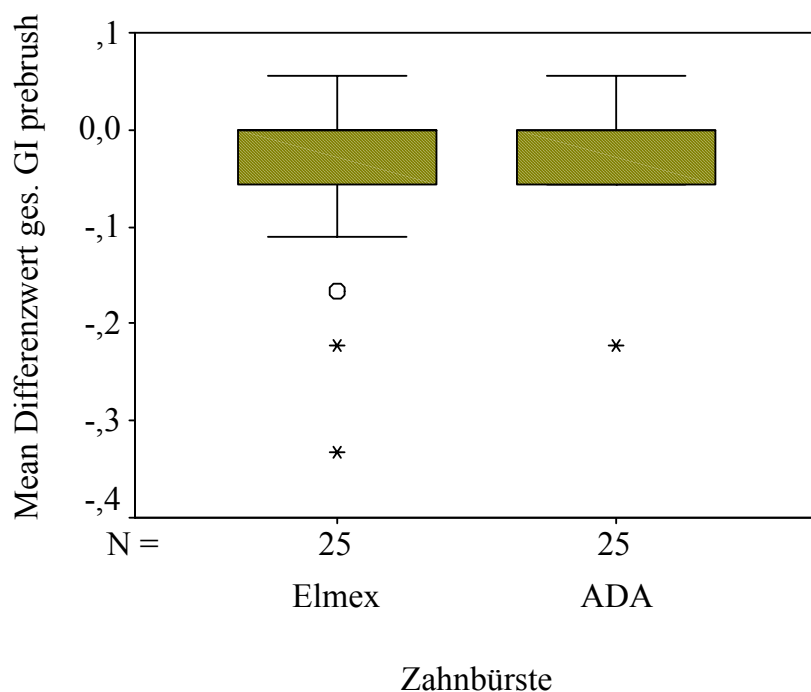


Abb. 5.2.3.6 Vergleich der Effektivität der Testzahnbürsten Elmex und ADA anhand der Mean Differenzwerte Gesamt Gingivitisindex prebrush (Mdif_ggi_pre)

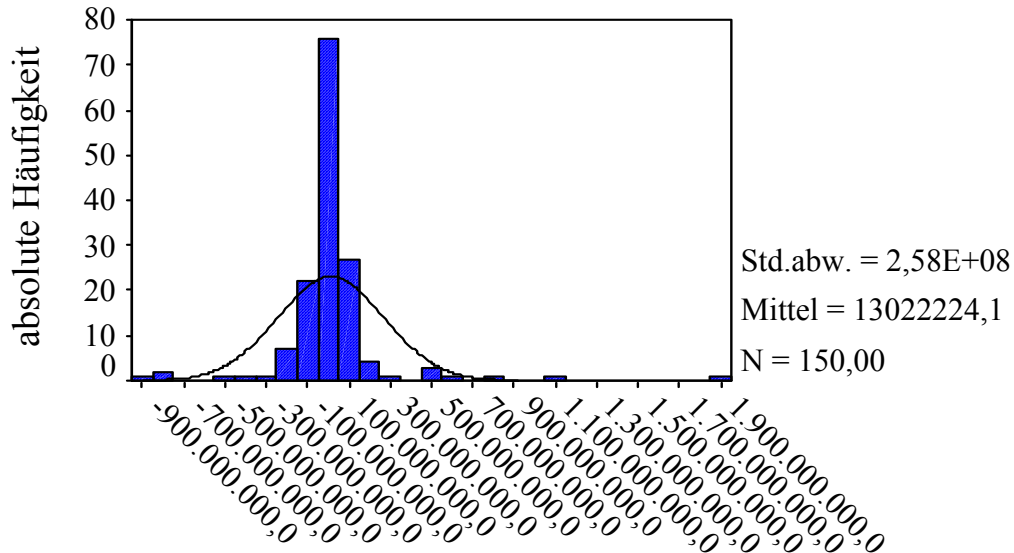
	Zahnbürste					
	Elmex			ADA		
	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Mdif_ggi_pre	-0,09	0	0	-0,06	0	0

Tab.5.2.3.6.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Elmex- und ADA-Zahnbürste der Mean Differenzwerte Gesamt Gingivitisindex prebrush (Mdif_ggi_pre)

Die Gingivitiswerte bei der Elmex-Inter X-Kurzkopf-Zahnbürste und der ADA-Zahnbürste differieren nicht signifikant voneinander. Nach 30 Tagen Gebrauch der jeweiligen Zahnbürste bewirkte keine Zahnbürste eine signifikant höhere Gingivitisreduktion mit $p = 0,552$ ($\alpha < 0,05$).

ADA- Zahnbürste

Zahnhartsubstanz aller Zähne



Totale Volumenveränderung in Kubikmikrometer

Abb. 5.3.1.2 Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Zahnhartsubstanz-Volumenveränderungen aller Zähne in μm^3 innerhalb des Auswertungsfensters, verursacht durch die ADA-Zahnbürste

		25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Elmex	Totale	-51874250	-323607	48805500
ADA	Volumenveränderung	-46227250	-2241050	59393000

Tab. 5.3.1.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Zahnhartsubstanz-Volumenveränderung der Elmex- und ADA-Zahnbürste aller Ramfjord-Zähne in μm^3

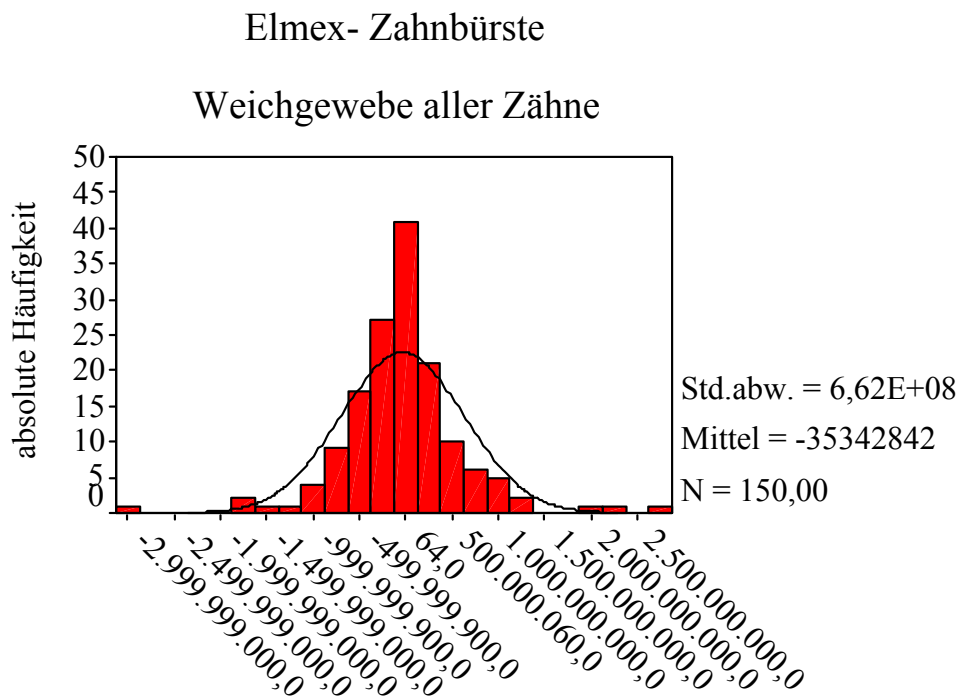
Bei beiden Testzahnbürsten zeigt der Medianwert der totalen Volumenveränderung an, daß ein Abtrag der Zahnoberfläche aufgetreten ist. Bei der Elmex-Zahnbürste betrug dieser $-323607 \mu\text{m}^3$, bei der ADA-Zahnbürste wird die Reduktion der Zahnoberfläche mit $-2241050 \mu\text{m}^3$ angegeben.

Mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Testes ist untersucht worden, ob in Bezug auf die Abrasion der Zahnhartsubstanz zwischen den Zahnbürsten signifikante Differenzen aufgetreten sind. Mit einem $p = 0,804$ ($\alpha < 0,05$) ist dies jedoch nicht der Fall.

	Totale Volumenveränderung (avol_tot)
Mann-Whitney-U	11064,000
Wilcoxon-W	22389,000
Z	-,248
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,804

Tab.5.3.1.2 Statistik für den Abrasionsvergleich (avol_tot) der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug die Zahnharts substanz aller Zähne

5.3.2 Weichgewebe-Volumenveränderungen bezogen auf alle Ramfjord-Zähne



Totale Volumenveränderung in Kubikmikrometer

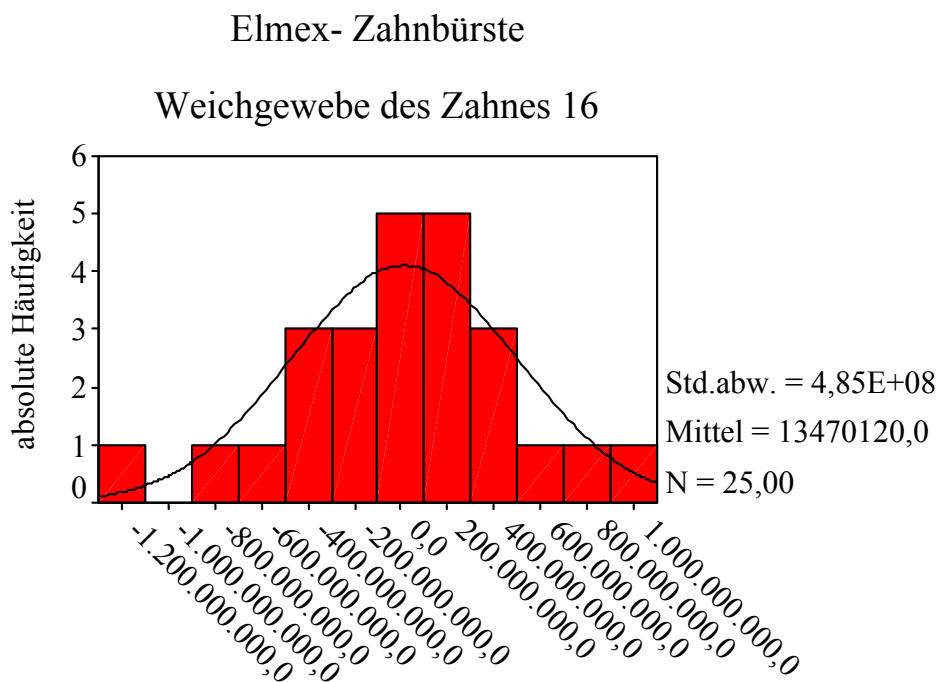
Abb. 5.3.2.1 Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Weichgewebe-Volumenveränderungen aller Zähne in μm^3 innerhalb des Auswertungsfensters, verursacht durch die Elmex-Zahnbürste

	Totale Volumenveränderung (avol_tot)
Mann-Whitney-U	10132,000
Wilcoxon-W	21457,000
Z	-1,488
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,137

Tab.5.3.2.2 Statistik für den Volumenvergleich (avol_tot) der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug das Weichgewebe aller Zähne

5.3.3 Weichgewebe-Volumenveränderungen bezogen auf einzelne Zähne

5.3.3.1 Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 16

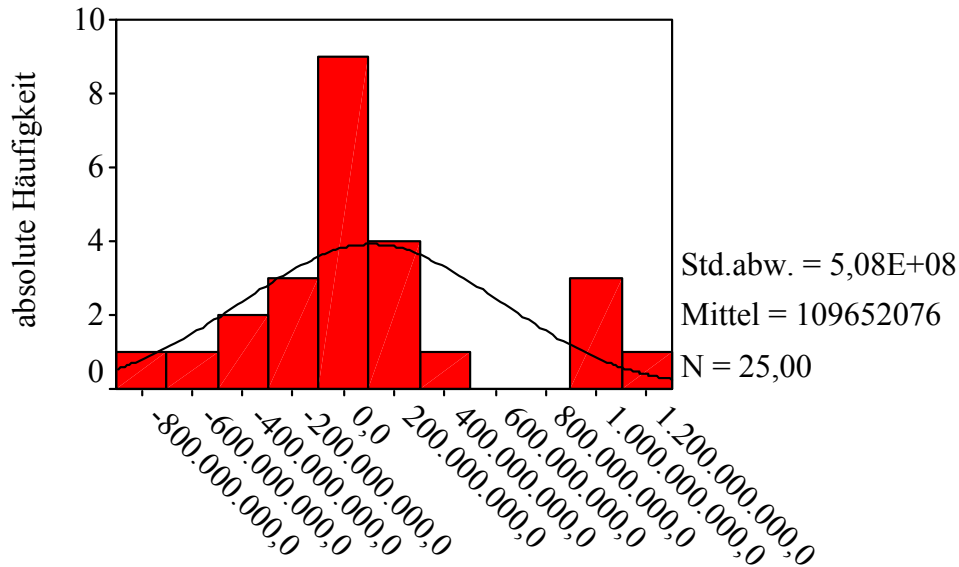


Totale Volumenveränderung in Kubikmikrometer

Abb. 5.3.3.1.1 Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 16 in μm^3 innerhalb des Auswertungsfensters, verursacht durch die Elmex-Zahnbürste

ADA- Zahnbürste

Weichgewebe des Zahnes 16



Totale Volumenveränderung in Kubikmikrometer

Abb. 5.3.3.1.2 Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 16 in μm^3 innerhalb des Auswertungsfensters, verursacht durch die ADA-Zahnbürste

		25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Elmex	Totale	-293060000	97237000	337700000
ADA	Volumenveränderung	-116170000	50152000	303320000

Tab. 5.3.3.1.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Weichgewebe-Volumenveränderung der Elmex- und ADA-Zahnbürste des Zahnes 16 in μm^3

An der Weichgewebsregion des Zahnes 16 waren bei beiden Zahnbürsten Volumenzunahmen zu verzeichnen, die Elmex-Zahnbürste hat mit einem Wert von $97237000 \mu\text{m}^3$ (Tab. 5.3.3.1.1) eine größere Volumenzunahme bewirkt. Doch auch hier existieren zwischen den zwei Zahnbürsten keine signifikanten Unterschiede (Monte-Carlo-Signifikanz $p = 0,788$, $\alpha < 0,05$).

	Totale Volumenveränderung (avol_tot)
Mann-Whitney-U	298,000
Wilcoxon-W	623,000
Z	-,281
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,778
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	,788

Tab.5.3.3.1.2 Statistik für den Volumenvergleich (avol_tot) der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug das Weichgewebe des Zahnes 16

5.3.3.2 Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 21

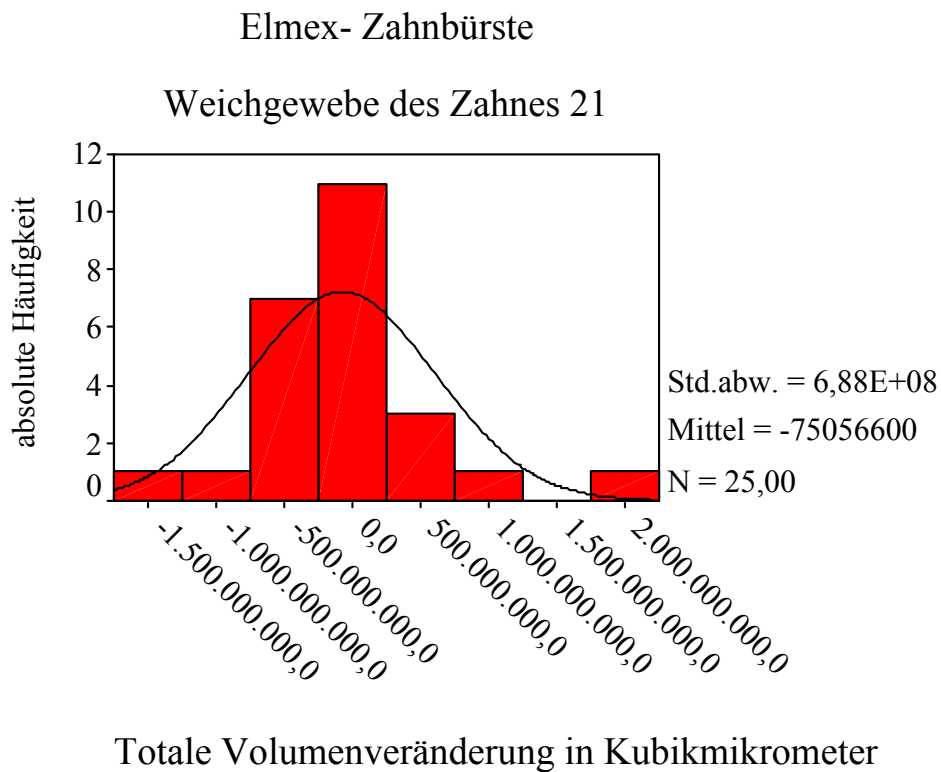
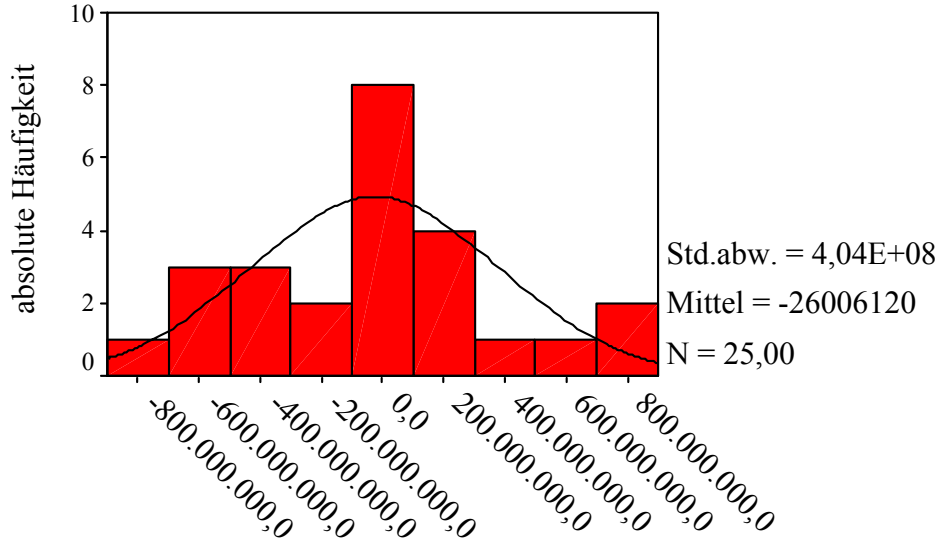


Abb. 5.3.3.2.1 Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 21 in μm^3 innerhalb des Auswertungsfensters, verursacht durch die Elmex-Zahnbürste

ADA- Zahnbürste

Weichgewebe des Zahnes 21



Totale Volumenveränderung in Kubikmikrometer

Abb. 5.3.3.2.2 Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 21 in μm^3 innerhalb des Auswertungsfensters, verursacht durch die ADA-Zahnbürste

		25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Elmex	Totale	-376140000	-1,1E+08	48529000
ADA	Volumenveränderung	-116170000	50152000	281650000

Tab. 5.3.3.2.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Weichgewebe-Volumenveränderung der Elmex- und ADA-Zahnbürste des Zahnes 21 in μm^3

Die Elmex-Zahnbürste sorgte mit einem Medianwert von $-1,1\text{E}+08 \mu\text{m}^3$ für eine Reduktion des Weichgewebsvolumens, während die ADA-Zahnbürste in Bezug auf den Medianwert für eine Zunahme des Gingivavolumens verantwortlich war mit $50152000 \mu\text{m}^3$. Auf alle Werte bezogen gibt es keine signifikanten Unterschiede bei der Wirkung der Zahnbürsten auf das Weichgewebe ($p = 0,434, \alpha < 0,05$).

	Totale Volumenveränderung (avol_tot)
Mann-Whitney-U	272,000
Wilcoxon-W	597,000
Z	-,786
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,432
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	,434

Tab.5.3.3.2.2 Statistik für den Volumenvergleich (avol_tot) der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug das Weichgewebe des Zahnes 21

5.3.3.3 Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 24

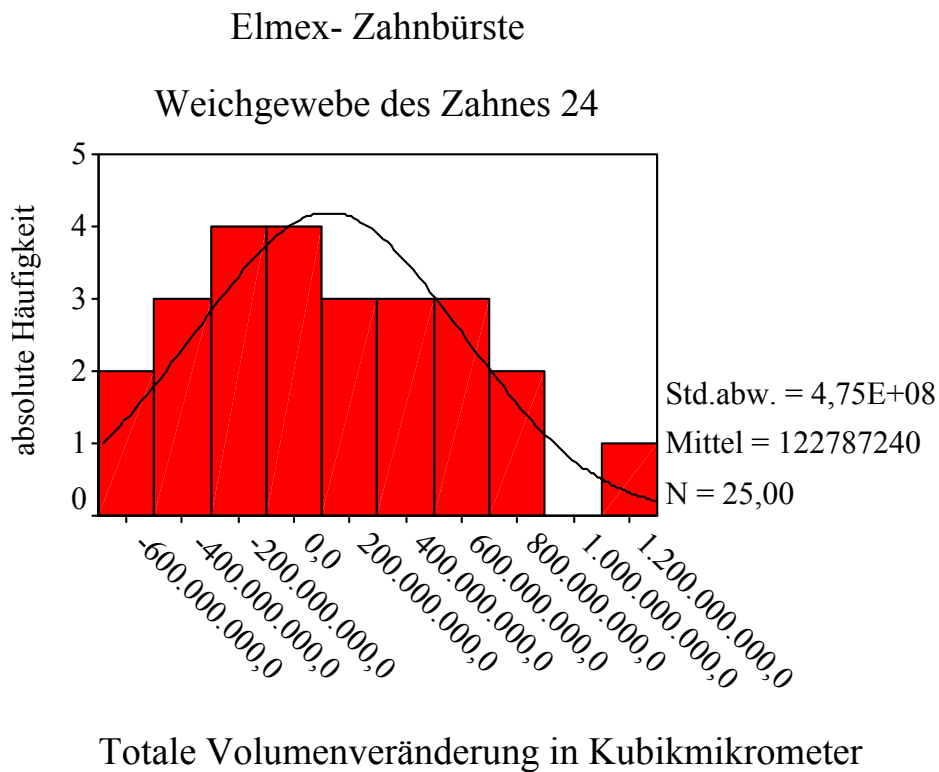
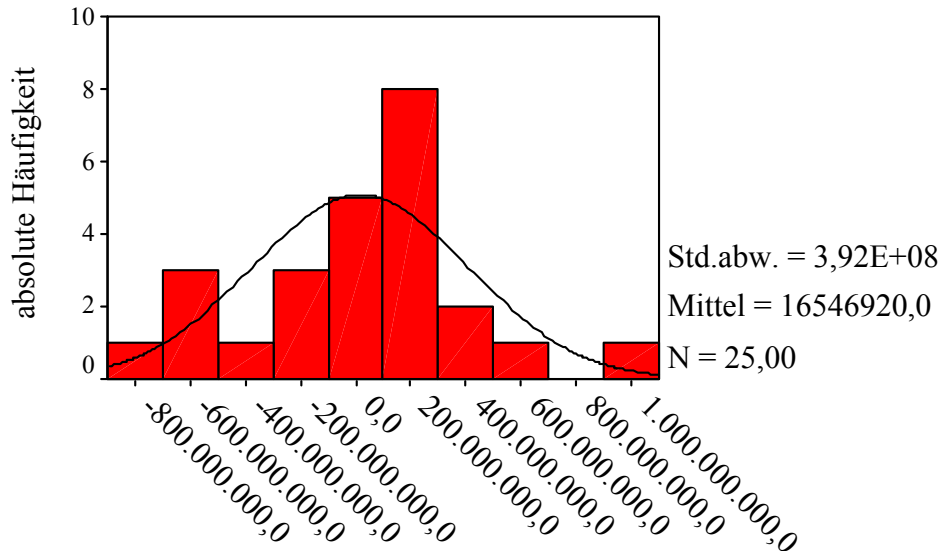


Abb. 5.3.3.3.1 Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 24 in μm^3 innerhalb des Auswertungsfensters, verursacht durch die Elmex-Zahnbürste

ADA- Zahnbürste

Weichgewebe des Zahnes 24



Totale Volumenveränderung in Kubikmikrometer

Abb. 5.3.3.3.2 Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 24 in μm^3 innerhalb des Auswertungsfensters, verursacht durch die ADA-Zahnbürste

		25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Elmex	Totale	-203600000	1,0E+08	648840000
ADA	Volumenveränderung	-227420000	1,1E+08	247100000

Tab. 5.3.3.3.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Weichgewebe-Volumenveränderung der Elmex- und ADA-Zahnbürste des Zahnes 24 in μm^3

An der Gingiva regio 24 hat es über den Zeitraum von 30 Tagen sowohl bei der Elmex-Zahnbürste als auch bei der ADA-Zahnbürste eine Volumenzunahme gegeben. Es lassen sich auch für diesen Bereich keine signifikanten Unterschiede evaluieren ($p = 0,602$, $\alpha < 0,05$).

	Totale Volumenveränderung (avol_tot)
Mann-Whitney-U	285,000
Wilcoxon-W	610,000
Z	-,534
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,594
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	,602

Tab.5.3.3.3.2 Statistik für den Volumenvergleich (avol_tot) der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug das Weichgewebe des Zahnes 24

5.3.3.4 Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 36

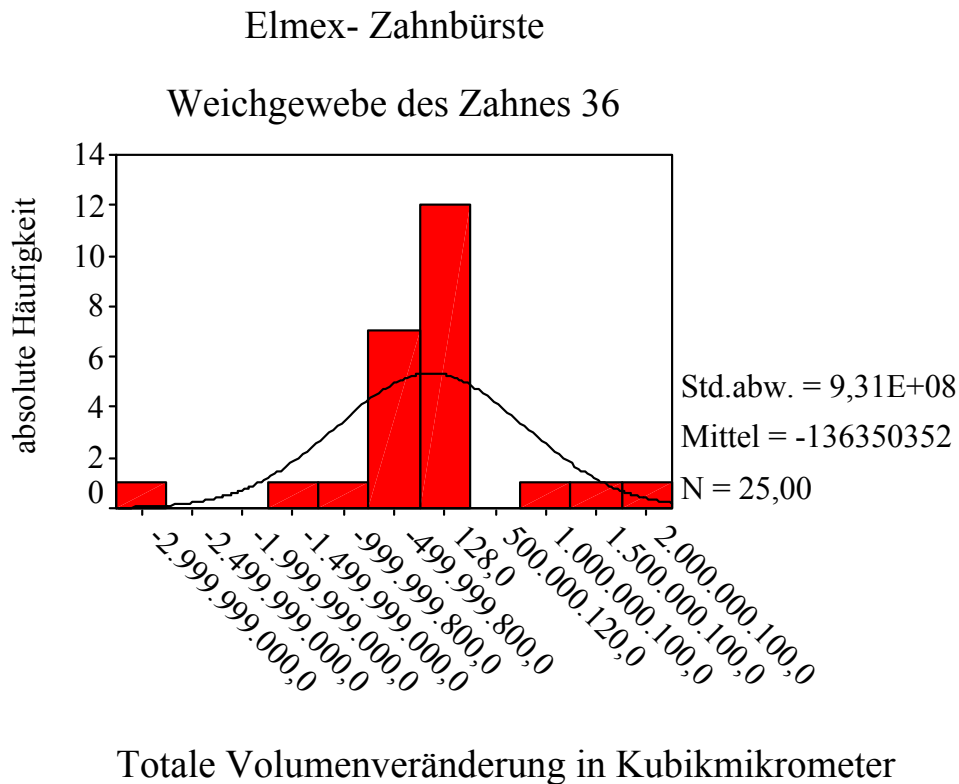
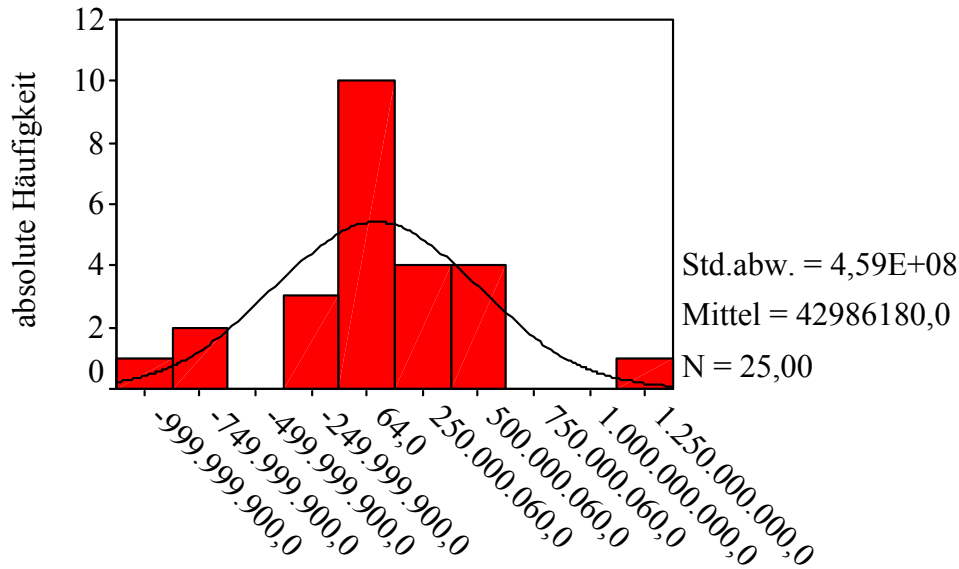


Abb. 5.3.3.4.1 Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 36 in μm^3 innerhalb des Auswertungsfensters, verursacht durch die Elmex-Zahnbürste

ADA- Zahnbürste

Weichgewebe des Zahnes 36



Totale Volumenveränderung in Kubikmikrometer

Abb. 5.3.3.4.2 Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 36 in μm^3 innerhalb des Auswertungsfensters, verursacht durch die ADA-Zahnbürste

		25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Elmex	Totale	-379580000	6374200	238890000
ADA	Volumenveränderung	-112040000	14030000	388780000

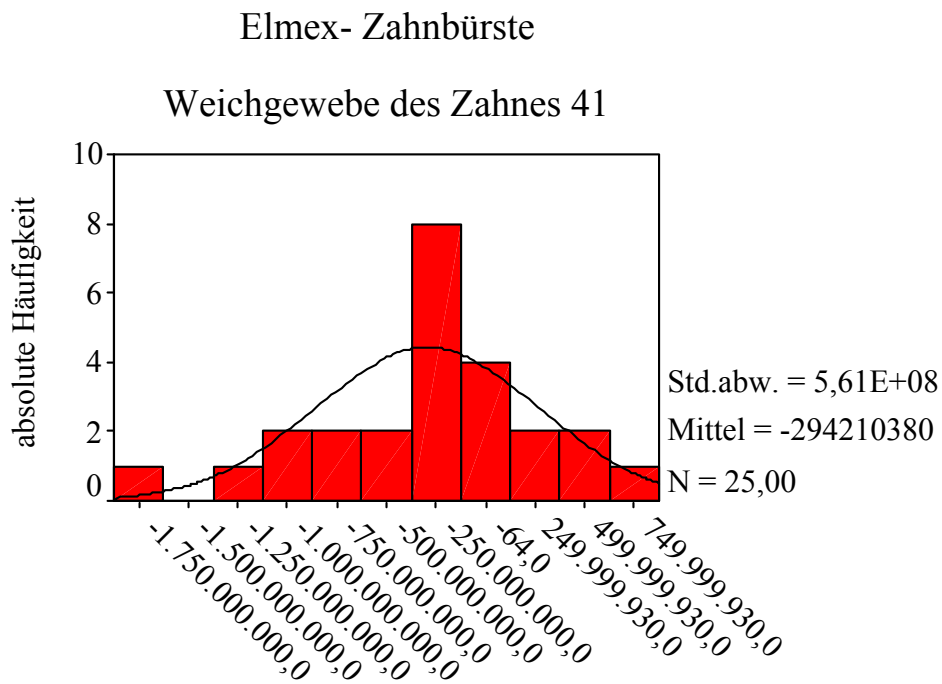
Tab. 5.3.3.4.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Weichgewebe-Volumenveränderung der Elmex- und ADA-Zahnbürste des Zahnes 36 in μm^3

Die Gingiva des Zahnes 36 weist nach dem Gebrauch der Zahnbürsten nach 30 Tagen im Median jeweils eine Volumenzunahme auf. Der Wert der Elmex-Zahnbürste liegt bei einer Volumenzunahme von $6374200 \mu\text{m}^3$, der der ADA-Zahnbürste bei $14030000 \mu\text{m}^3$. Der Mann-Whitney-U-Test deckt keine Differenzen in der Wirkung auf die Gingiva bezüglich der zwei Zahnbürsten auf ($p = 0,286, \alpha < 0,05$).

	Totale Volumenveränderung (avol_tot)
Mann-Whitney-U	257,000
Wilcoxon-W	582,000
Z	-1,077
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,282
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	,286

Tab.5.3.3.4.2 Statistik für den Volumenvergleich (avol_tot) der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug das Weichgewebe des Zahnes 36

5.3.3.5 Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 41

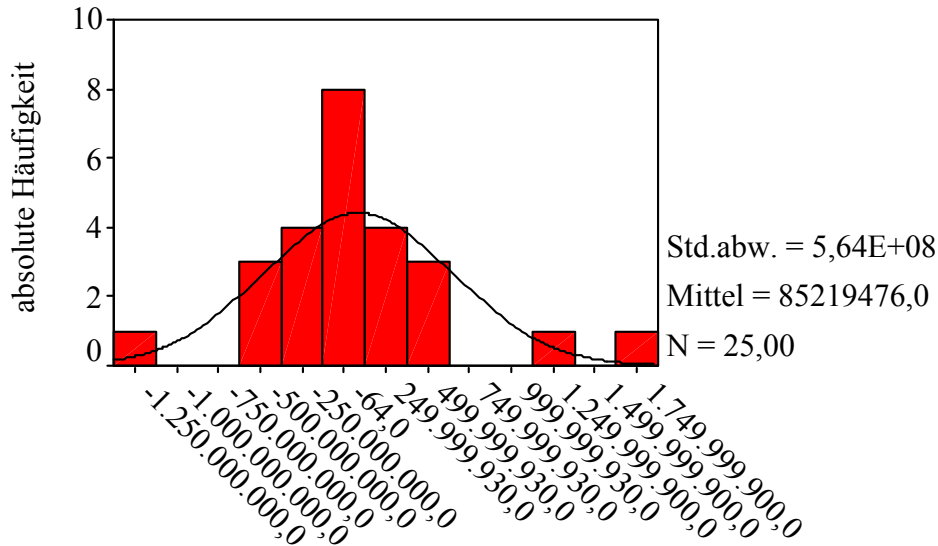


Totale Volumenveränderung in Kubikmikrometer

Abb. 5.3.3.5.1 Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 41 in μm^3 innerhalb des Auswertungsfensters, verursacht durch die Elmex-Zahnbürste

ADA- Zahnbürste

Weichgewebe des Zahnes 41



Totale Volumenveränderung in Kubikmikrometer

Abb. 5.3.3.5.2 Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 41 in μm^3 innerhalb des Auswertungsfensters, verursacht durch die ADA-Zahnbürste

		25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Elmex	Totale	-585900000	-2,0E+08	140400000
ADA	Volumenveränderung	-157980000	64189000	428850000

Tab. 5.3.3.5.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Weichgewebe- Volumenveränderung der Elmex- und ADA-Zahnbürste des Zahnes 41 in μm^3

Die Elmex-Zahnbürste reduziert das Gingivavolumen mit einem Medianwert von $-2,0\text{E}+08 \mu\text{m}^3$, während es bei der ADA-Zahnbürste um den Betrag von $64189000 \mu\text{m}^3$ angestiegen ist. An dem Zahn 41 besteht ein signifikanter Unterschied in der Wirkung der Zahnbürsten auf das Zahnfleisch ($p = 0,015$, $\alpha < 0,05$).

	Totale Volumenveränderung (avol_tot)
Mann-Whitney-U	187,000
Wilcoxon-W	512,000
Z	-2,435
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,015
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	,015

Tab.5.3.3.5.2 Statistik für den Volumenvergleich (avol_tot) der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug das Weichgewebe des Zahnes 41

5.3.3.6 Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 44

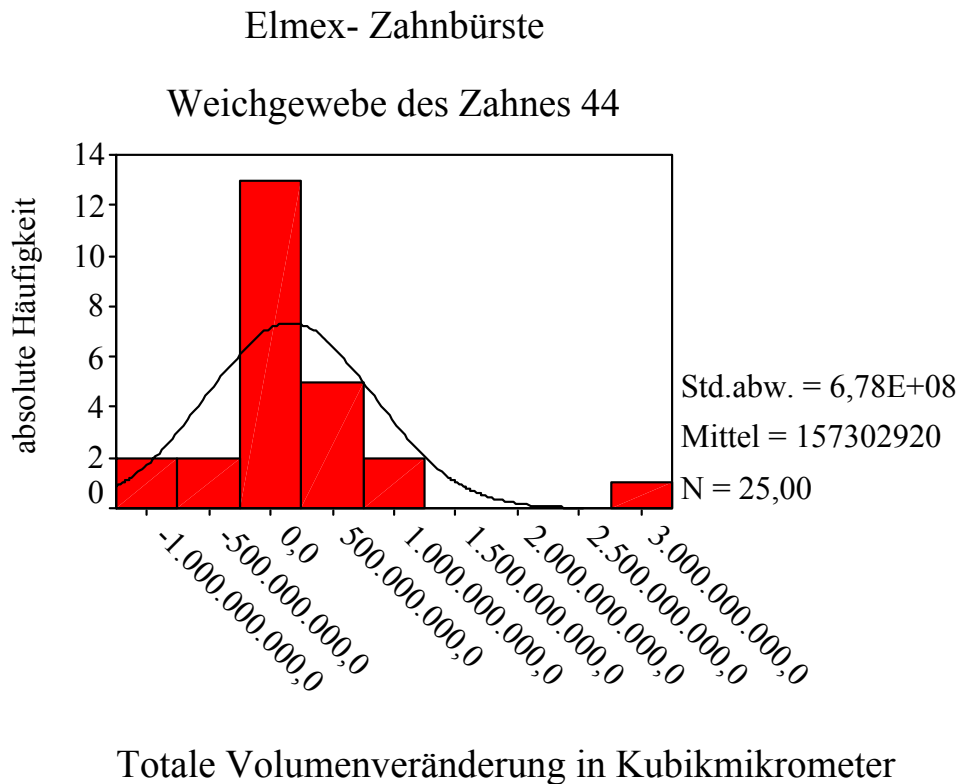
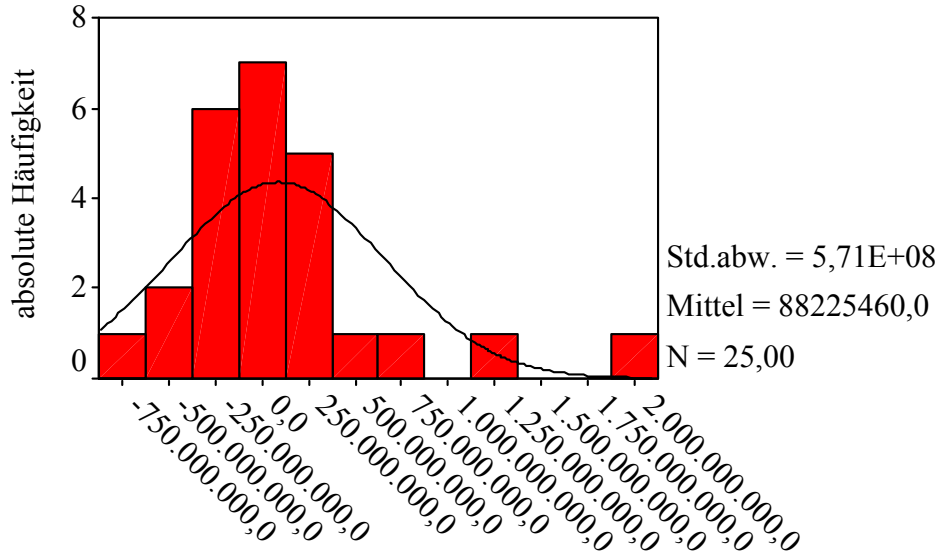


Abb. 5.3.3.6.1 Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 44 in μm^3 innerhalb des Auswertungsfensters, verursacht durch die Elmex-Zahnbürste

ADA- Zahnbürste

Weichgewebe des Zahnes 44



Totale Volumenveränderung in Kubikmikrometer

Abb. 5.3.3.6.2 Darstellung der Häufigkeitsverteilung der Weichgewebe-Volumenveränderungen des Zahnes 44 in μm^3 innerhalb des Auswertungsfensters, verursacht durch die ADA-Zahnbürste

		25. Perzentil	Median	75. Perzentil
Elmex	Totale	-56855000	55339000	366920000
ADA	Volumenveränderung	-235800000	37103000	279540000

Tab. 5.3.3.6.1 25. Perzentil, Median, 75. Perzentil der Weichgewebe-Volumenveränderung der Elmex- und ADA-Zahnbürste des Zahnes 44 in μm^3

An dem Zahn 44 ist das Gingivavolumen in Bezug auf den Medianwert bei Gebrauch beider Zahnbürsten angestiegen. Die Elmex-Zahnbürste verursachte einen Volumenanstieg von $55339000 \mu\text{m}^3$, die ADA-Zahnbürste um $37103000 \mu\text{m}^3$. An diesem Zahn differierten die Volumenveränderungen der Testzahnbürsten nicht signifikant voneinander ($p = 0,439$, $\alpha < 0,05$).

	Totale Volumenveränderung (avol_tot)
Mann-Whitney-U	272,000
Wilcoxon-W	597,000
Z	-, 786
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,432
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	,439

Tab.5.3.3.6.2 Statistik für den Volumenvergleich (avol_tot) der Elmex- und ADA-Zahnbürste in Bezug das Weichgewebe des Zahnes 44

5.3.4 Lageveränderungen des Gingivarandes nach 30 Tagen

Es konnten pro Zahnbürste 150 (25 Probanden x 6 Zähne) Gingivaregionen durch die Sichtung der Differenzbilder (Kap. 5.5.2) ausgewertet werden. Es ergab sich folgende Verteilung:

	Gingivarand höher	Keine Lageveränderung des Gingivarandes	Gingivarand tiefer
Elmex-Zahnbürste	25 (16,7%)	82 (54,7%)	43 (28,7%)
ADA-Zahnbürste	29 (19,3%)	80 (53,4%)	41 (27,3%)

Tab. 5.3.4

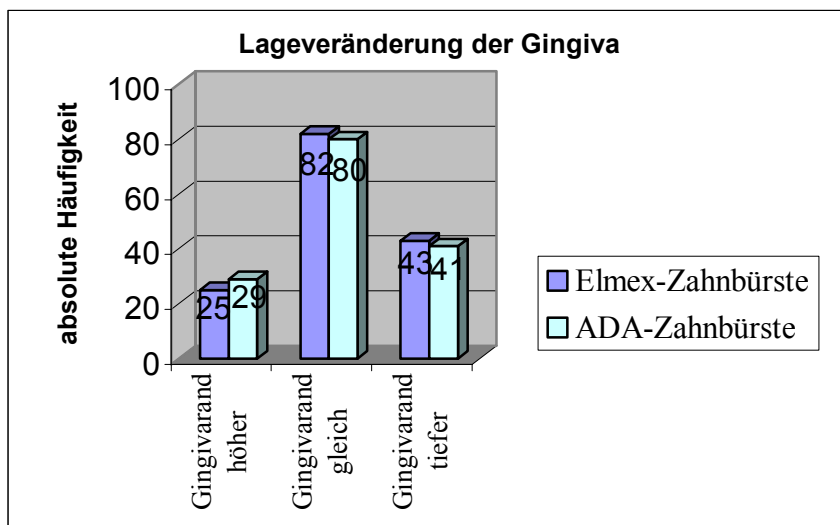


Abb. 5.3.4 Darstellung der Lageveränderung des Gingivarandes durch den Gebrauch der Elmex- und ADA-Zahnbürste

Bei der Elmex-Zahnbürste haben sich bei 54,7% der bewerteten Gingivaränder keine Veränderungen in der Lage ergeben. Bei der ADA-Zahnbürste lag der Wert nur unwesentlich niedriger bei 53,4%.

Wenn sich die Gingivarandlage verändert hat, hat sich der Rand in größerer Anzahl mehr nach apikal verschoben, als daß der Rand nach koronal gewandert ist (Tab. 5.3.4). Dies gilt für beide Testzahnbürsten.

5.4 Fragebogen

5.4.1 Härtegrad der Zahnbürstenborsten

Bei den Zahnbürsten Elmex Inter X-Kurzkopf mittel und der ADA-Kontrollzahnbürste wurde der Härtegrad der Bürste von den 25 Probanden folgendermaßen beurteilt:

A) Härtegrad der Zahnbürste Elmex Inter X-Kurzkopf mittel

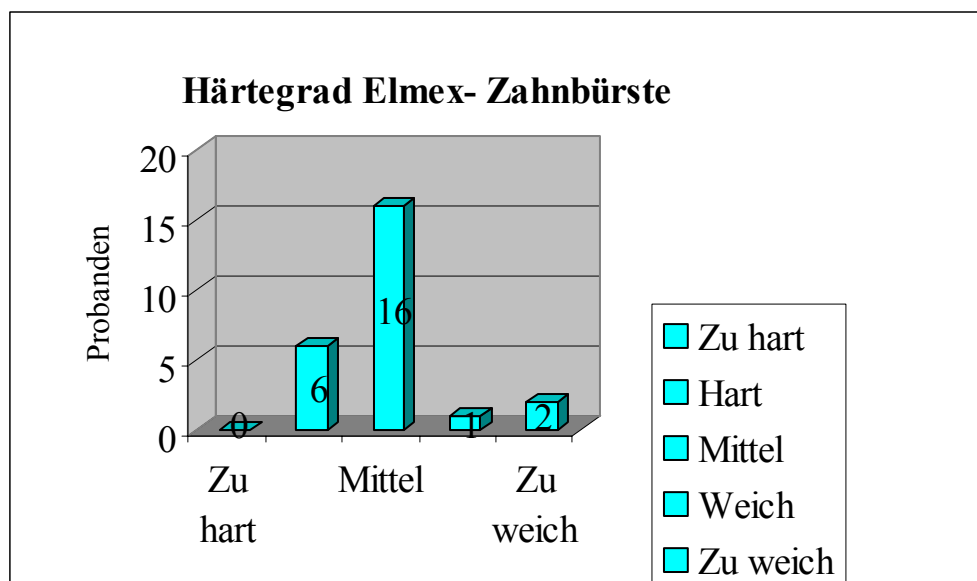


Abb. 5.4.1.1 Balkendiagramm für den Härtegrad der Zahnbürste Elmex Inter X-Kurzkopf mittel, Einteilung in 5 Bewertungsgrade (zu hart, hart, mittel, weich, zu weich)

Kein Proband bewertete die Elmex-Zahnbürste mit dem Prädikat „zu hart“, sechs Studienteilnehmer beurteilten sie mit „hart“, ein großer Anteil von 16 schätzte die Borstenhärte als „mittel“ ein, eine Person als „weich“ und zwei Teilnehmer als „zu weich“.

B) Härtegrad der ADA-Zahnbürste

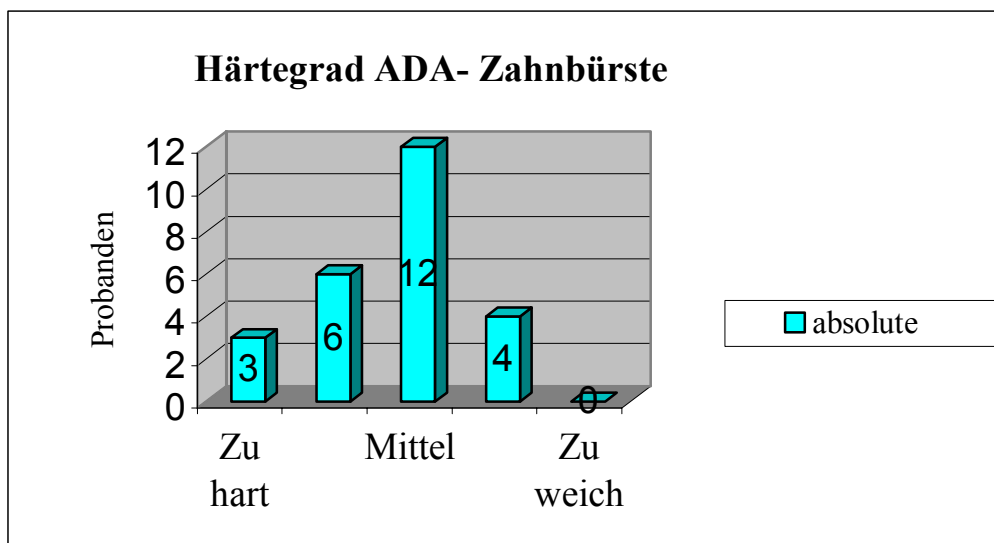


Abb. 5.4.1.2 Balkendiagramm für den Härtegrad der ADA-Zahnbürste, Einteilung in 5 Bewertungsgrade (zu hart, hart, mittel, weich, zu weich)

Drei Probanden gaben der ADA-Zahnbürste die Bewertung „zu hart“, sechs befanden sie als „hart“, fast die Hälfte (12) der Probanden beurteilte sie mit „mittel“, vier gaben das Urteil „weich“ an, keiner der Probanden hielt die Zahnbürste für „zu weich“.

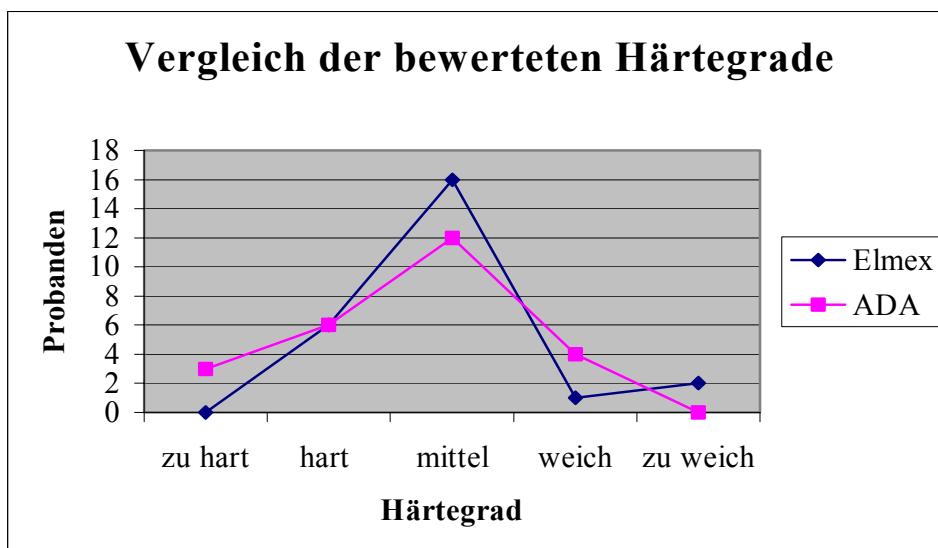


Abb. 5.4.1.3 Liniendiagramm für die Härtegradeinteilung der Zahnbürsten ADA und Elmex Inter X-Kurzkopf mittel

Mit Hilfe des Wilcoxon-Testes sind die Unterschiede in der Verteilung der Härtegradbeurteilungen der zwei Testzahnbürsten auf Signifikanz überprüft worden. Es existieren keine signifikanten Verteilungsunterschiede bei der Bewertung der Härtegrade der Zahnbürstenborsten (Monte-Carlo-Signifikanz: $p = 0,355$, $\alpha < 0,05$).

Wilcoxon-Test	
	Härtegrad ADA – Härtegrad Elmex
Z	-1,012
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,311
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	0,355

Tab. 5.4.1.1

5.4.2 Größe des Zahnbürstenkopfes

Die Probanden bewerteten ebenfalls die Größe des Zahnbürstenkopfes und hatten die Wahl zwischen drei Ausprägungen-zu groß, genau richtig, zu klein.

A) Zahnbürstenkopfgroße Elmex Inter X-Kurzkopf mittel

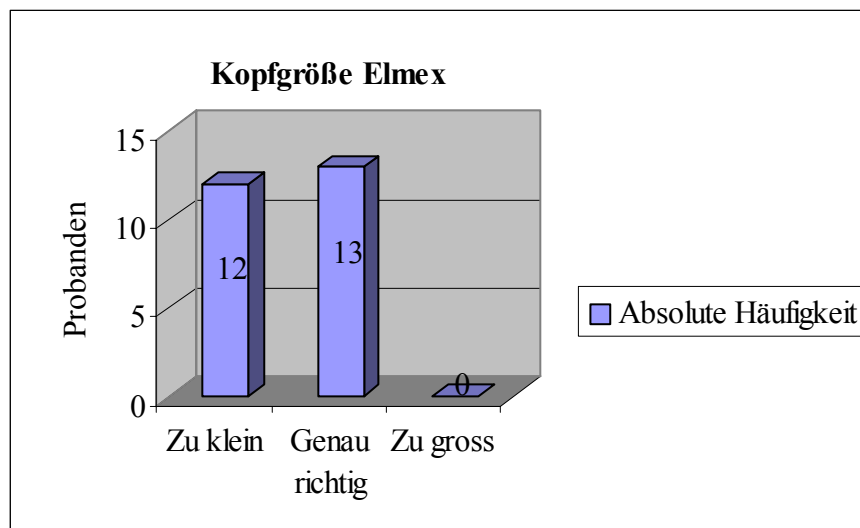


Abb. 5.4.2.1 Grafische Darstellung zur Beurteilung der Bürstenkopfgroße der „Elmex Inter X-Kurzkopf mittel-Zahnbürste“

12 Probanden empfanden den Bürstenkopf der Elmex-Zahnbürste als „zu klein“, während 13 Teilnehmer die Größe des Bürstenkopfes als passend beurteilten. Als „zu groß“ wurde der Elmex-Zahnbürstenkopf von keinem Probanden beurteilt.

B) Zahnbürstenkopfgröße ADA-Zahnbürste

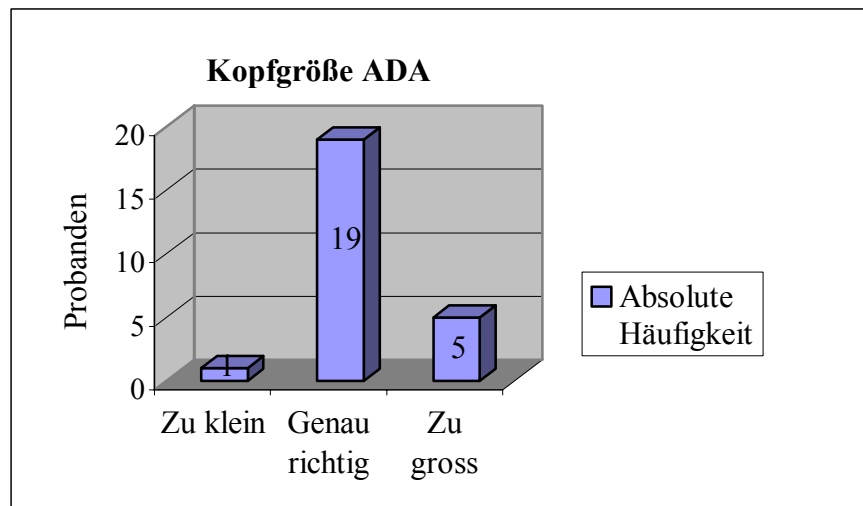


Abb. 5.4.2.2 Grafische Darstellung zur Beurteilung der Bürstenkopfgröße der „ADA-Zahnbürste“

Der Bürstenkopf der ADA-Zahnbürste wurde von 19 Probanden als „genau richtig“ eingestuft, ein Proband bevorzugt einen noch größeren Bürstenkopf, fünf Studienteilnehmer ist der Bürstenkopf „zu groß“.

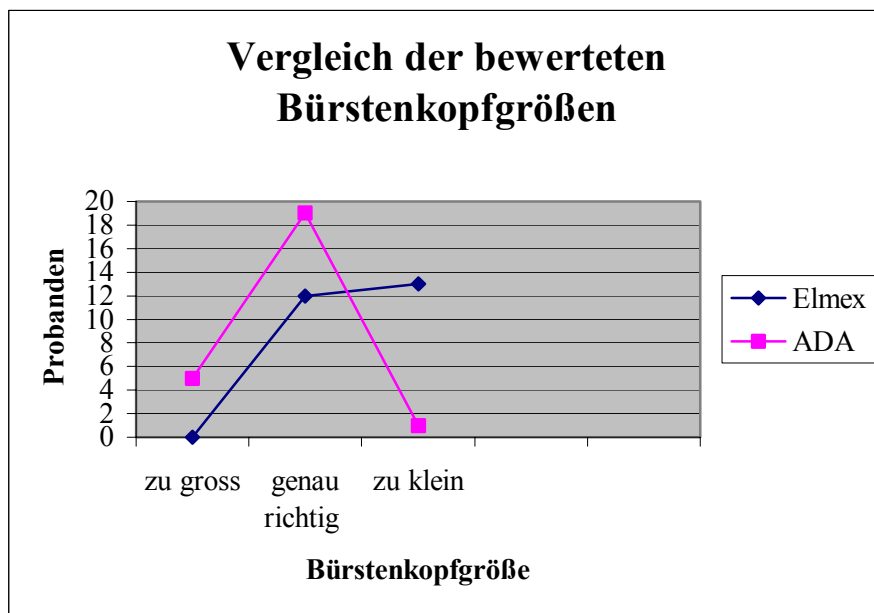


Abb. 5.4.2.3 Liniendiagramm für die Bürstenkopfgrößen-Einteilung der Zahnbürsten ADA und Elmex Inter X-Kurzkopf mittel

Der Wilcoxon-Test vergleicht die Verteilungen der Kopfgrößenbewertungen der zwei Testzahnbürsten miteinander. Es existiert ein signifikanter Unterschied in der Verteilung der Bewertungen (Monte-Carlo-Signifikanz: $p < 0,001$, $\alpha < 0,05$). Dies war aufgrund der zwei unterschiedlich konzipierten Kopfgrößen (Elmex-Kurzkopf und ADA-Normalkopflänge) zu erwarten.

Wilcoxon-Test	
	Größe Bürstenkopf ADA - Größe Bürstenkopf Elmex
Z	-3,77
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,000
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	0,000

Tab. 5.4.2.1

Mit Hilfe des Korrelationstestes von Spearman-Rho sind mögliche Zusammenhänge zwischen Bürstenkopfgröße und –härtegradbeurteilungen der Zahnbürsten untersucht worden. Es zeigen sich keine signifikanten Beziehungen zwischen der Beurteilung der Zahnbürstenkopfgröße und der Zahnbürstenhärte (Tab. 5.4.2.1).

Korrelationen			Bürstenkopfgröße ADA	Borstenhärtegrad ADA
	Bürstenkopfgröße Elmex	Korrelationskoeffizient	0,328	-0,226
		Signifikanz (2-seitig)	0,109	0,277
Spearman- Rho		N	25	25
	Borstenhärtegrad Elmex	Korrelationskoeffizient	0,064	0,029
		Signifikanz (2-seitig)	0,76	0,891
		N	25	25

Tab. 5.4.2.1 Korrelationstabelle Bürstenkopfgröße/Härtegrad der Bürste

5.4.3 Form des Bürstengriffes

Bei der Beurteilung des Bürstengriffes waren Mehrfachnennungen möglich.

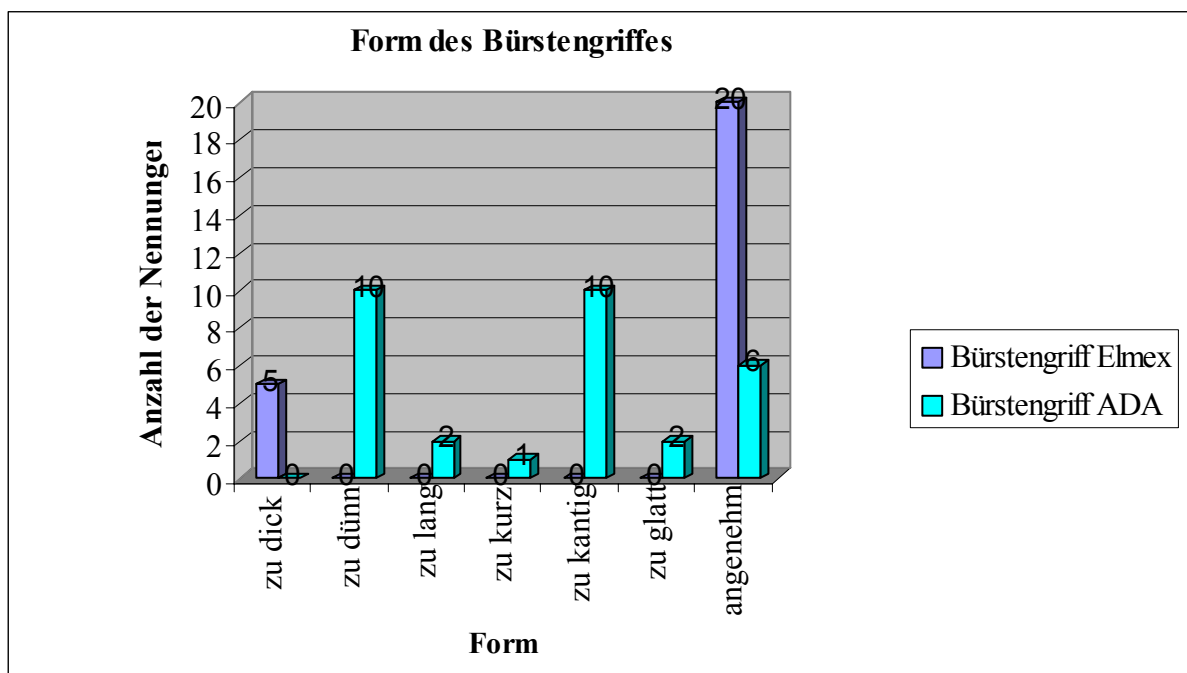


Abb. 5.4.3.1 Formgriffbeurteilungen der ADA- und Elmex-Zahnbürste

Der Elmex-Zahnbürstengriff wird von 20 Probanden als „angenehm“ beurteilt. Nur fünf Teilnehmer möchten den Griff der Elmex-Zahnbürste etwas dünner

gestaltet sehen. Kein Proband machte Mehrfachnennungen. Bei dem ADA-Zahnbürstengriff waren die Probanden weitaus unentschlossener, da sie in vielen Fällen Mehrfachnennungen vornahmen. Mit jeweils 10 Nennungen war ihnen der ADA-Griff „zu dünn“ und „zu kantig“.

5.4.4 Bevorzugte Zahnbürste in Bezug auf das Putzgefühl und dem Gefühl der besseren Reinigung

A) Angenehmeres Putzgefühl

Zahnbürste mit dem angenehmeren Putzgefühl

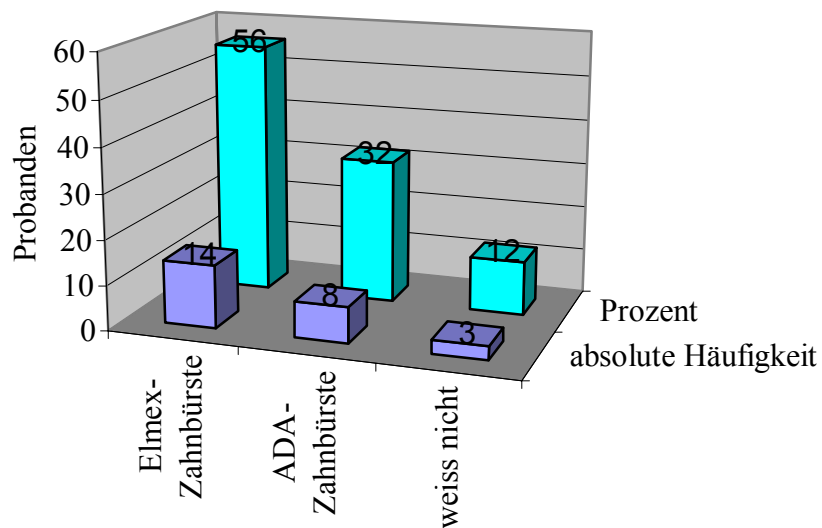


Abb.5.4.4.1 Grafische Darstellung zur Entscheidung für eine der Testzahnbürsten in Bezug auf den Putzkomfort

14 der Befragten bevorzugten die Zahnbürste Elmex Inter X-Kurzkopf mittel. Acht Probanden sprachen sich für die ADA-Zahnbürste aus. Nicht eindeutig festlegen auf eine Zahnbürste konnten sich drei Teilnehmer.

B) Gefühl der besseren Reinigung

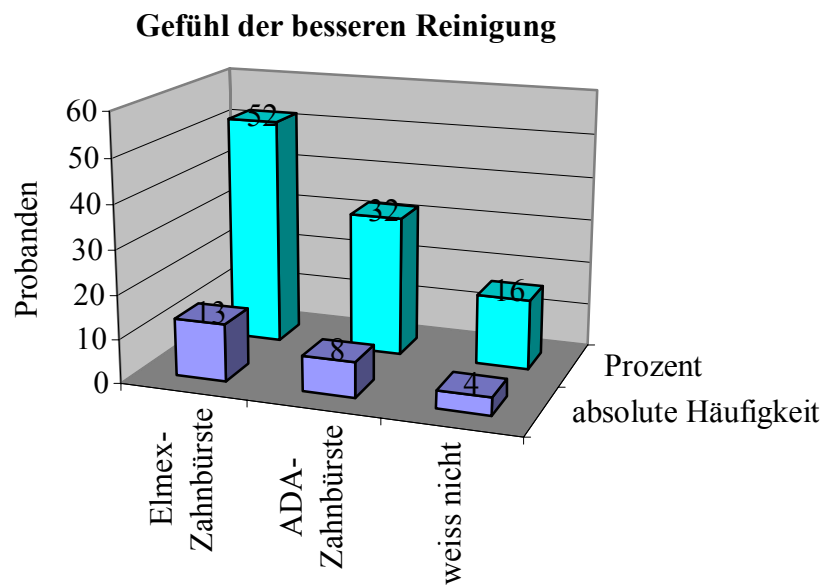


Abb.5.4.4.2 Grafische Darstellung zur Entscheidung für eine der Testzahnbürsten in Bezug auf das bessere Reinigungsgefühl

13 der Probanden hatten das Gefühl, daß die Elmex Inter X- Kurzkopf mittel die bessere Reinigungswirkung besitzt. Dagegen stimmten acht der Teilnehmer für die ADA- Zahnbürste. Vier Teilnehmer wollten sich auf keine der beiden Zahnbürsten festlegen.

5.4.5 Insgesamt bevorzugte Handzahnbürste

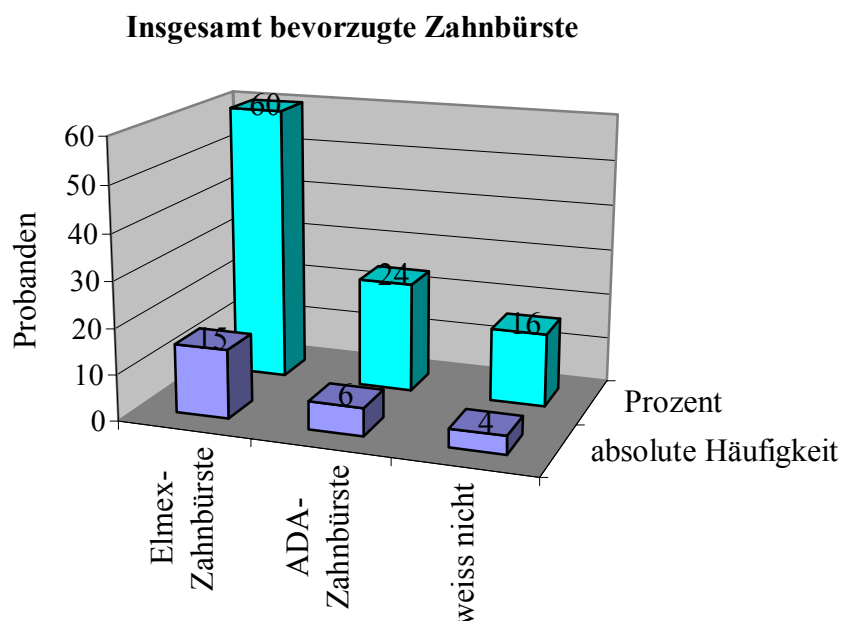


Abb.5.4.5.1 Grafische Darstellung zur Befragung über die Zahnbürste, welche die Probanden insgesamt bevorzugen

Über die Hälfte der Probanden (15) putzte insgesamt gesehen lieber mit der Elmex Inter X-Kurzkopf mittel als mit der ADA-Zahnbürste. Sechs Teilnehmer entschieden sich für die ADA-Zahnbürste, wo hingegen vier sich nicht eindeutig für eine der beiden Zahnbürsten aussprechen wollten.

5.5 Aufwand der Studie

Diese Zahnbürstenstudie ist in einer Münchener Praxis durchgeführt worden. Der Zeitaufwand pro Patient pro Sitzung setzte sich folgendermaßen zusammen:

2x Plaqueindex-Messung an sechs Ramfjord-Zähnen (prebrush und postbrush)	10 Minuten
2x Gingivitisindex-Messung an den sechs Ramfjord-Zähnen (prebrush und postbrush)	10 Minuten
Abdrucknahme OK und UK	18 Minuten
Modellherstellung	20 Minuten

Dokumentation	8 Minuten
Summe einzelne Sitzung	68 Minuten
Zeitaufwand für alle vier Sitzungen pro Proband	4h 32 Minuten

Tab. 5.5.1

Die Vermessung der Modelle aus allen Sitzungen im 3D-Scanner und das Bearbeiten der Bilder mit dem Match3d-Programm dauerte:

Einscannen der Ramfjord-Zähne pro Patient	70 Minuten
Differenzbild-Bearbeitung der Ramfjord-Zähne pro Patient	45 Minuten
Auswertung mit Hilfe des Auswertungsfensters pro Patient	84 Minuten
Zeit pro Patient für das Einscannen und die Bearbeitung der Bilder aus allen vier Sitzungen	3h 19 Minuten

Tab. 5.5.2

Für einen Patienten mußte ein Zeitaufwand von ca. 7 Stunden und 51 Minuten aufgewendet werden, um die Studie durchzuführen. Hinzu kommt die Zeit für das Ausfüllen des Fragebogens zum Ende der Studie. Somit bestand ein Arbeitsaufwand von ca. 8 Stunden, die Studie durchzuführen und zu dokumentieren.

Da 25 Probanden die Studie im Cross over-Verfahren durchlaufen haben, hatte man einen Zeitaufwand von insgesamt 200 Stunden, um die erforderlichen Daten zu erhalten.

Mit dem Abformmaterial Impregum® Penta® Soft kosteten die Abformungen pro Proband und Sitzung ca. 5,00 €. Für alle Sitzungen bedeutete dies einen Betrag von 20 €. Für die gesamte Studie mußten demnach ca. 500 € Materialkosten berechnet werden. Hinzu kam der Kostenaufwand für den Superhartgips Fuji Rock® zur Modellherstellung von ca. 160 €. Allein die Materialkosten lagen somit bei ca. 660 €.

6. Diskussion

6.1 Cross over-Design

Die Cross over-Konzeption, die in dieser Studie gewählt wurde, ist in einer Vielzahl von Zahnbürstenstudien zur Anwendung gekommen (Kap. 2.6.2). Das Verfahren ist in unserer Studie gewählt worden, da es bei der Durchführung in der Praxis organisatorisch leichter war, eine kleinere Anzahl von Probanden durch die Studie zu führen. Es bietet den Vorteil einer geringeren Probandenzahl und wird besonders bei kurzfristigen Studien bevorzugt eingesetzt. Der wesentliche Nachteil besteht in möglichen Wechselwirkungen der ersten Testphase auf die folgende (Heinecke et al. 1992). Um diese zu eliminieren, ist ein Zeitraum von einer Woche festgesetzt worden (Wash out-Phase).

Die Ergebnisse in Kap. 5.2.1 zeigen, daß eine Wash out-Phase von einer Woche ausgereicht hat, um mögliche Wechselwirkungen auf die zweite Testphase zu prohibieren. Somit kann in zukünftigen Studien die Wash out-Phase von einer Woche beibehalten werden.

6.2 Anzahl der Probanden

Wie in Kap. 2.6.1 dargestellt, differieren die Größe der Probandengruppen sehr stark (Niemi 1987, Sharma et al. 1994). Generell anzustreben ist eine große Probandenzahl, um möglichst viele Daten für die statistische Auswertung erheben zu können. Die Stärke der Probandengruppe hängt mit der Art der Studie zusammen. Während bei Pilotstudien eher kleinere Probandengruppen gewählt werden, partizipieren bei erprobten Studiendesigns eine größere Anzahl von Teilnehmern. Die Realisierbarkeit ist ein weiterer Faktor, der Einfluß auf die Wahl der Teilnehmeranzahl nimmt, ebenso der Zeit-/Kostenaufwand. Im Falle dieser Studie ist eine Probandenzahl von 25 Personen festgelegt worden, da sie auf dem Feld der 3D-Scanner-Weichgewebsvermessung den Charakter einer Pilotstudie aufweist. Dies ist auch die Mindestempfehlung der American Dental Association (ADA 1998). In Folgestudien sollte die Probandenzahl erhöht werden, um exaktere Signifikanzen (asymptotische Signifikanz) errechnen zu können.

6.3 Studiendauer

Die Studiendauer beläuft sich bei den meisten Zahnbürstenstudien auf einen Zeitraum zwischen einer Woche und drei Monaten (Kap. 2.6.1).

Bei der Untersuchung des Plaquereduktionsvermögens der Zahnbürsten werden Zeiträume zwischen einer Woche und 14 Tagen (Tab. 2.6.1) angesetzt. Sobald Gingivitiswerte erhoben werden, wählen die Autoren Zeiträume ab einem Monat, da die Gingivitiswerte sich erst innerhalb von drei Wochen und länger manifestieren bzw. die Ausheilungsprozesse der Gingiva diese Zeit benötigen (Kap. 2.2.3).

Für diese Studie wurde eine Testzeit von 30 Tagen festgelegt, um die gingivalen Veränderungen erfassen zu können. Aufgrund der Gingivitis-Indexwert-Ergebnisse (Kap. 5.2.2/5.2.3), die eine nur sehr geringe Veränderung bis gar keine Veränderung des Gingivazustandes verdeutlichen, sollte für zukünftige Studien mit diesem Schwerpunkt ein etwas längerer Zeitraum festgelegt werden, damit sich eine Gingivitis deutlicher reduzieren bzw. manifestieren kann (Kap. 6.4.7).

6.4 Indexauswertung

6.4.1 Plaqueindexauswertung-Turesky et al-Indexauswertung

Alle für Studien üblichen Plaqueindices basieren auf der Sichtbarmachung der Plaque durch Relevatorlösungen. Die Hauptunterschiede bestehen in den unterschiedlichen Flächenaufteilungen, die zu differenzierten Schwerpunkten der Auswertungsregionen auf der Zahnoberfläche führen. Neben dem Turesky et al-Index wird ebenso häufig der Rustogi et al-Index verwendet. Da der Rustogi et al-Index durch die stark differenzierte Zahnflächenaufteilung auch komplizierter und unübersichtlicher wird, also auch die Fehlerwahrscheinlichkeit ansteigt, ist der Turesky et al-Index in dieser Studie hinzugezogen worden, welcher ebenfalls eine Empfehlung der ADA (1998) darstellt und sich in der Studie als praktikabel erwiesen hat. Der Turesky et al-Index ist auch in vielen weiteren Studien verwendet worden und gilt als anerkannter Index für diese Art von Studien (Tab. 2.6.3).

6.4.2 Gingivitisindexauswertung-SBI nach Mühlemann und Son

Neben dem SBI nach Mühlemann und Son (1971) wird mit noch einem weiteren Gingivitisindex in vielen Studien gearbeitet. Dies ist der Gingivitisindex (GI) nach Loe & Silness (1963) mit seinen Modifikationen. Mit dem non-invasiven Ansatz des GI müßte in jedem Fall eine noch längere Studiendauer veranschlagt werden, da die Leitsymptome der Gingivitis ohne Sondierung in den Anfangsstadien noch schwieriger vom Untersucher zu erkennen sind. Deshalb ist in dieser Studie der invasive SBI verwendet worden, da man sich durch die Sondierung eine Erleichterung der Beurteilung der Gingivitis versprochen hat. Es sind jedoch auch mit dem SBI keine starken Veränderungen des Gingivazustandes deutlich geworden. Dieses Ergebnis kann dadurch zustande gekommen sein, daß die Probanden, die sich zu der Studie bereit erklärt haben, von vornherein eine gute Mundhygiene besaßen, so daß die Gingivitiswerte sich nicht stark verändern konnten. Deshalb sollte analog zum „qualifizierenden“ Plaqueindex (Kap. 4.2) ein zusätzlicher „qualifizierender“ Gingivitisindex eingeführt werden (Khoct et al. 1992). Dieser gewährleistet, daß zu Beginn der Studie eine Mindestausprägung an Gingivitis vorhanden ist, damit Verbesserungen durch den Gebrauch der Zahnbürste registriert werden können. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß die Studiendauer nicht ausgereicht hat, um eindeutige Veränderungen der Gingivitiswerte beobachten zu können. Eine dritte Möglichkeit besteht in der zu geringen Sensibilität des „subjektiven“ Indexsystems SBI. Dies läßt folgende Überlegungen für zukünftige Studien zu:

1. Einführung eines „qualifizierenden“ Gingivitisindex
2. Die Studiendauer von 30 Tagen erhöhen
3. Die Wahl eines anderen Indexsystemes

6.4.3 Zahnauswahl: Ramfjord-Zähne

Zur Reduktion des Arbeitsaufwandes sind spezielle Zähne für die Evaluation innerhalb der Studie ausgewählt worden. Die Ramfjord-Zähne (16, 21, 24, 36, 41, 44) gelten in der Literatur als repräsentativ für Plaque- und Gingivitisevaluationen (Di Murro et al. 1990, Silness und Roynstrand 1988). Diese einschränkende Zahnauswahl ist im Hinblick auf den Faktor Zeitaufwand unbedingt sinnvoll. Gegen eine Einbeziehung aller Zähne spricht ebenso die erforderliche Präzision der Abformung zur Erstellung von Modellen für die 3D-

Vermessung. Eine präzise Abformung ist besser zu erreichen, wenn sich der Untersucher auf einzelne Zahnbereiche konzentrieren kann. Die Präzision war eine Grundvoraussetzung für das weitere Bearbeiten der Differenzbilder, die erstellt worden sind. Diese Regelung sollte auch für Folgestudien beibehalten werden.

6.4.4 Plaqueindexauswertung für die Effektivität innerhalb der Sitzungen (kurzfristig)

Der Effektivitätsvergleich der Testzahnbürsten beim Putzen innerhalb der Sitzungen erfolgte mit Hilfe der „Mean Differenzwerte mesialer/vestibulärer/distaler/Gesamt Plaqueindex Baseline+Follow up“ (Kap. 4.5.1.3). Der einzig signifikante Unterschied in der Wirkung der beiden Testzahnbürsten beim Putzen innerhalb der Sitzungen ergab sich bei den distalen Flächen. Die Elmex-Zahnbürste reduziert an diesen Flächen mit dem Medianwert des „Mean Differenzwertes distaler Plaqueindex Baseline+Follow up“ (Kap. 5.2.2) von $-0,92$ pro Zahnfläche signifikant besser Plaque als die ADA-Zahnbürste mit einem Wert von $-0,58$. Dieser Vorteil relativierte sich bei der Betrachtung aller Flächen zusammengefaßt wieder. Dort fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den zwei Testzahnbürsten.

Zukünftig könnte der Auswertungsaufwand reduziert werden, indem die Flächen nicht einzeln ausgewertet werden, wie in dieser Studie geschehen, sondern nur zusammengefaßt die Gesamtfläche in Betracht gezogen wird. Allerdings können dadurch Detailergebnisse verloren gehen, die wichtig sein könnten.

In der Literatur werden eine Vielzahl neu entwickelter Zahnbürsten miteinander oder mit herkömmlichen Zahnbürsten (multi-tufted) verglichen. In den meisten Fällen ergeben die Studien, daß die neuen Borstenanordnungen (verschiedene Borstenlängen, abgewinkelte Borsten) signifikant mehr Plaque bzw. Gingivitis reduzieren. In dieser Studie hat sich die Überlegenheit der Elmex Inter X-Bürste nur an den distalen Flächen der Zähne gezeigt. Zu den bestehenden ähnlichen Studien (Yankell und Emling 1995, de Guzman et al. 1996, Chava 2000, Sharma et al. 2000, Cronin et al. 2001) kann man jedoch nur eingeschränkt Vergleiche zulassen, da mit unterschiedlichen Studiendesigns gearbeitet wurde. Sie unterscheiden sich in der Wahl der Studiendauer und auch in der Auswahl der Indexsysteme. In diesem Zusammenhang stellt sich wieder die Frage nach

standardisierten objektiven Verfahren, die in Zukunft benutzt werden können, um diese Studien besser vergleichen zu können.

6.4.5 Gingivitisindexauswertung für die Effektivität innerhalb der Sitzungen (kurzfristig)

Es ist bei den „Mean Differenzwerten mesialer/vestibulärer/distaler/Gesamt Gingivitisindex Baseline+Follow up“ (Kap. 5.2.2) bezogen auf Veränderungen innerhalb der Sitzung zwar auf signifikante Unterschiede zwischen den Zahnbürsten getestet worden, es war jedoch zu erwarten, daß sich keine Veränderungen einstellen, da es prinzipiell nur sinnvoll ist, die Gingivitiswerte über längere Zeiträume zu verfolgen, wie es auch in dem Auswertungsteil in Kap. 5.2.3 durchgeführt worden ist. Das einzige, was bei dieser Untersuchung hätte deutlich werden können, wären spontane Putzläsionen innerhalb der Sitzung gewesen. Doch auch dies hat sich anhand der Ergebnisse nicht gezeigt. In der Literatur werden Gingivitiswerte üblicherweise erst mit Studienzeiträumen ab vier Wochen erhoben (Kap. 2.6.1), was mit den vorliegenden Überlegungen für diese Studie übereinstimmt. Für zukünftige Studien können Untersuchungen vereinfacht werden, indem diese Auswertung nicht durchgeführt wird, da die Gingiva-Untersuchungen nur über längere Zeiträume sinnvoll sind.

6.4.6 Plaqueindexauswertung für die Effektivität der Testzahnbürsten über einen Zeitraum von 30 Tagen

Der Effektivitätsvergleich der beiden Testzahnbürsten über 30 Tage ist mit den „Mean Differenzwerten mesialer/vestibulärer/distaler/Gesamt Plaqueindex prebrush“ (Kap. 5.2.3) durchgeführt worden, da dies die Ausgangswerte waren, mit denen die Probanden jeweils zu den Sitzungen erschienen. Es konnte weder für die Plaquewerte bezogen auf die Unterteilung der einzelnen Flächen ein signifikanter Unterschied in der Putzwirkung festgestellt werden, noch zusammenfassend für die Gesamtfläche der Zähne. Erwartet wurden Ergebnisse zugunsten der Elmex-Zahnbürste, von welcher man sich aufgrund der X-Borsten eine höhere Effektivität interdental verspricht. Viele Studien belegen die These, daß eine neuartige Borstengestaltung mit verschieden langen und angulierten

Borsten eine höhere Effektivität in der Plaquerreduktion aufweist (Singh et al. 1992, Volpe et al. 1992, Deasy et al. 1993, Beals et al. 2000). Man muß jedoch auch hier die eingeschränkte Vergleichbarkeit zu dieser Studie betonen, da als Vergleichszahnbürsten andere als die ADA-Zahnbürste hinzugezogen worden sind und teilweise andere Indices (Rustogi et al-Index) zur Anwendung kamen. Eine Überlegung wäre für folgende Studien ein Wechsel zum Rustogi et al-Index, da dieser Index eine noch feinere Beurteilung approximal zuläßt. Dagegen spricht die leichtere Durchführbarkeit, d.h. höhere Praktikabilität des von uns verwendeten Turesky et al-Indexes.

6.4.7 Gingivitisindexauswertung für die Effektivität der Testzahnbürsten über einen Zeitraum von 30 Tagen

Die Untersuchung der Wirkung der Zahnbürsten über 30 Tage ist mit den „Mean Differenzwerten mesialer/vestibulärer/distaler/Gesamt Gingivitisindex prebrush“ (Kap. 5.2.3) durchgeführt worden. Der Zeitraum von 30 Tagen sollte Veränderungen der Gingivitiswerte anzeigen, da dieser Zeitraum theoretisch ausreicht, um Veränderungen registrieren zu können (Kap. 2.2.3). Doch auch bei der Beobachtung der Werte nach 30 Tagen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Zahnbürsten in der Wirkung auf die Gingiva. Viele Autoren haben für die Untersuchung der Gingivitis in den Zahnbürstenstudien noch längere Zeiträume als einen Monat angesetzt (Sharma et al. 1994, Haesman et al. 1999, Sharma et al. 2000, Bader und Boyd 1999, Kap. 2.6.1). Um definitive Veränderungen der Gingiva zu beobachten, sollte für folgende Studien ein längerer Zeitraum für die Gingivitisevaluation in Betracht gezogen werden.

6.5 3D-Evaluation

6.5.1 Festlegung des Auswertungsbereiches durch das neu entwickelte Auswertungsfenster

Das Auswertungsfenster, welches bei der 3D-Auswertung benutzt wurde, ist unter bestimmten Kriterien entwickelt worden (Kap. 4.5.2). Es wurde auf der vestibulären Fläche der Ramfjord-Zähne immer mittig positioniert. Die mittige

Position des Fensters ist deshalb gewählt worden, weil die Abformungen (Kap. 4.3.1./4.3.1.1) in diesen Bereichen eine noch größere Präzision aufweisen als sie dies in den Interproximalbereichen tun. In dieser Studie sollte zunächst herausgefunden werden, ob die orale Metrologie prinzipiell auch für die Messungen am Weichgewebe geeignet ist, da diese Methode bisher den Verschleißuntersuchungen von Füllungswerkstoffen gedient hat (Kunzelmann 1996). Da sich diese Methode als praktikabel auch zur Vermessung von Weichgewebsveränderungen erwiesen hat, sollte in Folgestudien versucht werden, auch Papillenbereiche zu vermessen. Dazu bedarf es einiger Modifikationen beim Abformverfahren (Kap. 4.3.1.1). Es scheint besser zu sein, wenn man keine ganzen Metall-Löffel bei der Abformung verwendet, sondern kleinere individuelle Löffel für die einzelnen Zahnbereiche auswählt. Damit sollte die Präzision vor allen Dingen approximal gesteigert werden können. Ist die erforderliche Präzision auch interdental gewährleistet, könnte das Auswertungsfenster in diesen Bereich gelegt werden. Das Abformmaterial Impregum® Penta® Soft (Kap. 4.3.1.1) sollte beibehalten werden, da es sich auch bei den schon länger erprobten Verschleißuntersuchungen von Füllungswerkstoffen als präzises Abformmaterial bewährt hat.

6.5.2 Zahnhartsubstanz-Volumenveränderungen bezogen auf alle Zähne

Beide Testzahnbürsten haben über die Gebrauchsphase von 30 Tagen eine Abrasion an der Zahnoberfläche bewirkt (Kap. 5.3.1). Ein negativer Wert ist erwartet worden, da an der Zahnhartsubstanz keine Volumenzunahme im Gegensatz zur Gingiva denkbar ist. Keine der Zahnbürsten hat eine signifikant höhere Abrasion an der Zahnoberfläche verursacht. Die Daten, die sich für die Zahnhartsubstanz ergeben haben, stellen zudem ein Kontrollinstrument für die Präzision der Abdrücke bzw. der Gipsreplika dar. Hätten sich im Medianwert positive Werte (Volumenzunahme) ergeben, müßte über mögliche Ungenauigkeiten im Hinblick auf die Abformung oder die Replikaherstellung nachgedacht werden. Da die Zahnhartsubstanz-Werte aber eine geringe Abrasionsrate durch den Gebrauch der Zahnbürsten aufzeigen, ist von einer ausreichenden Genauigkeit der Replika auszugehen.

6.5.3 Weichgewebe-Volumenveränderungen bezogen auf alle Zähne

Bei der Evaluation der Weichgewebsveränderungen über den Testzeitraum von 30 Tagen haben beide Zahnbürsten im Median zu Volumenzunahmen der Gingiva geführt (Kap. 5.3.2). Diese Werte sind zwar prinzipiell denkbar, wurden jedoch nicht erwartet, da man sich von dem Zahnbürstengebrauch eine Verringerung des Gingivitisödems versprochen hat. Eine folgende Untersuchung, bezogen auf einzelne Zähne, sollte herausstellen, ob die Volumenveränderungen an den einzelnen Zähnen stark differierte. Es konnte denkbar sein, daß an einzelnen Zahngruppen Volumenreduktionen erreicht werden konnten, die von sehr ausgeprägten Volumenzunahmen einzelner Gingivaregionen, an denen die Zahnbürsten nicht so gut wirkten, überlagert wurden.

6.5.4 Weichgewebe-Volumenveränderungen bezogen auf einzelne Zähne

An der Gingiva des Zahnes 16 führte der Gebrauch der beiden Testzahnbürsten im Medianwert zu einer Volumenzunahme von $97237000 \mu\text{m}^3$ (Elmex) und $50152000 \mu\text{m}^3$ (ADA). Die Volumenveränderungen unterschieden sich bei den Zahnbürsten nicht signifikant.

Das Weichgewebe des Zahnes 21 erfuhr bei dem Gebrauch der Elmex-Zahnbürste eine Volumenreduktion von $-1,1\text{E}+08 \mu\text{m}^3$ (Median), während die ADA-Zahnbürste eine Volumenzunahme von $50152000 \mu\text{m}^3$ (Median) bewirkte. Auch hier lagen die Veränderungen, verursacht durch die zwei Testzahnbürsten, nicht signifikant weit auseinander.

Auch an Zahn 24 bewirkten beide Testzahnbürsten eine Volumenzunahme der Gingiva um $1,0\text{E}+08 \mu\text{m}^3$ (Elmex) und $1,1\text{E}+08 \mu\text{m}^3$ (ADA), ohne daß sich die Volumenveränderungen bezogen auf die Art der Testzahnbürste signifikant voneinander unterschieden.

Das Volumen der Gingiva des Zahnes 36 stieg ebenfalls bei beiden Testzahnbürsten an. Hier lagen die Medianwerte bei $6374200 \mu\text{m}^3$ (Elmex) und $14030000 \mu\text{m}^3$ (ADA), wiederum bewirkte keine der Zahnbürsten signifikant größere Volumenveränderungen als die andere.

An der Gingiva des Zahnes 41 unterschieden sich die Wirkungen der Zahnbürsten auf die Gingiva signifikant ($p = 0,015$). Die Elmex- Zahnbürste bewirkte eine Volumenreduktion von $-2,0E+08 \mu\text{m}^3$ (Median), der Gebrauch der ADA- Zahnbürste löste hingegen eine Volumenzunahme von $64189000 \mu\text{m}^3$ (Median) aus.

Volumenzunahmen sind ebenfalls für den Gebrauch beider Zahnbürsten an der Gingiva des Zahnes 44 festgestellt worden mit einem Medianwert von $55339000 \mu\text{m}^3$ (Elmex) und $37103000 \mu\text{m}^3$ (ADA). Wiederum ließen sich keine signifikanten Differenzen bei den Volumenveränderungen zwischen den zwei Testzahnbürsten feststellen.

Der einzig signifikante Unterschied in der Wirkung der beiden Testzahnbürsten auf die Gingiva zeigte sich im Bereich des Zahnes 41, wo die Elmex-Zahnbürste für eine signifikante Verringerung des Gingivaödems gesorgt hat. An den einzelnen Zahngruppen war kein Muster zu erkennen, wo besonders starke Gingivavolumenzunahmen oder –reduktionen vorherrschten.

Die 3D-Ergebnisse lassen folgende Überlegungen zu:

- Da die Zahnhartsubstanz-Ergebnisse die zwingend erwarteten Zahlen der geringen Zahnhartsubstanzabration, verursacht durch den Abrieb der Zahnbürsten lieferten, kann man von einer ausreichend präzisen Abdrucknahme und Replikaherstellung ausgehen.
- Der Grund für die unterschiedlichen Gingivavolumenveränderungen könnte in den zu „guten“ Gingivitiswerten der Probanden zu Beginn der Studie liegen, so daß eine Verbesserung (Volumenreduktion) nicht mehr zu registrieren war. Hier muß für zukünftige Studien an einen „qualifizierenden Gingivitisindex“ gedacht werden (Kap. 6.4.2).
Ein weiterer Faktor könnte auch die Studiendauer darstellen, die in zukünftigen Studien länger gewählt werden sollte, um eine ausgeprägtere Manifestation von Gingivaveränderungen messen zu können.

6.5.5 Lageveränderungen des Gingivarandes nach 30 Tagen

Allein durch die Sichtung der Differenzbilder mit der roten Farbgebung für Gewebeverluste und hellgrauen Farbgebung für Volumenzunahmen konnte beurteilt werden, ob sich der Gingivarand zurückgezogen bzw. nach koronal bewegt hat.

Aufgrund der Studiendauer von 30 Tagen wurde nicht erwartet, daß durch den Gebrauch der Zahnbürsten z.B. starke Rezessionen entstehen können. Dies ist auch nicht der Fall gewesen (Kap. 5.3.4). Der Aspekt der Studiendauer spielt hier wiederum eine Rolle, welche ausgedehnt werden sollte, um die Effekte auf die Gingiva genauer sehen zu können. Es ist jedoch deutlich geworden, daß auch Lageveränderungen des Gingivarandes mit der oralen Metrologie-Methode (Mehl et al. 1997) sichtbar gemacht werden können und zwar schon in Veränderungsbereichen, die mit dem Auge nicht wahrzunehmen sind. Auch hier liegt ein Einsatzbereich für die Vermessungstechnik vor, um gingivale Veränderung präzisieren zu können.

6.6 Fragebogen

6.6.1 Härtegrad der Zahnbürstenborsten

Die Probanden beurteilten die Borsten beider Zahnbürsten in der Mehrzahl mit „mittel“. Der Test auf signifikante Unterschiede mittels des Wilcoxon-Testes erwies sich als negativ. Die weitgehend übereinstimmenden Beurteilungen der Zahnbürstenborsten waren zu erwarten, da die Borstendurchmesser mit 0,175 (Elmex) - 0,20 mm (ADA) fast identisch waren, die Borsten demnach den gleichen Härtegrad aufwiesen.

6.6.2 Zahnbürstenkopfgröße

Aufgrund der unterschiedlichen Kopflängenkonzeption der beiden Testzahnbürsten, bei welcher die Elmex-Zahnbürste einen ausgewiesenen Kurzkopf besitzt, ist das Ergebnis der Befragung eindeutig ausgefallen. Während die ADA-Zahnbürstenkopflänge als größtenteils „genau richtig“ eingestuft wurde, zeigt sich die Tendenz bei der Elmex-Zahnbürste, daß die

Probanden sie beim Putzen als „zu klein“ empfanden. Dieser Unterschied ist signifikant. Von Gülzow et al. (1970, 1975) ist die Kurzkopfzahnbürste empfohlen worden mit dem Argument, daß der Kurzkopf in unzugänglichen, engen Bereichen der Mundhöhle effektiver reinigen kann. Aufgrund des Ergebnisses der Fragebögen empfinden die Probanden die Kurzkopfzahnbürste allerdings als zu klein. Sie scheinen auch mit dem normal großen Bürstenkopf der ADA-Zahnbürste an die dorsalen Bereiche der Mundhöhle zu gelangen.

6.6.3 Form des Zahnbürstengriffes

Bei der Beurteilung der Bürstengriff-Form wurde der Elmex-Zahnbürste am häufigsten die Eigenschaft „angenehm“ zugeteilt (20x). Bei der ADA-Zahnbürste fielen die Antworten nicht so eindeutig aus, die zwei häufigsten Antwortgruppen lauteten „zu dünn“ und „zu kantig“ (jeweils 10x). Somit kann man davon ausgehen, daß die Teilnehmer generell Bürstengriffe bevorzugen, die abgerundet sind, ähnlich wie die der Elmex-Zahnbürste in einer etwas dünneren Ausführung. In jedem Falle ist deutlich geworden, daß die kantige, dünne Gestaltung des ADA-Zahnbürstengriffes verbesserungsfähig ist. In der Literaturübersicht (Kap. 2.3.3) sieht man, daß sich die Autoren nicht einig sind, wie der Zahnbürstengriff gestaltet werden soll. Als angenehmer werden rundere Griff-Formen empfunden.

6.6.4 Putzgefühl und Gefühl der besseren Reinigung

In beiden Kategorien wurde die Elmex-Zahnbürste von den Probanden bevorzugt. 56 Prozent gaben an, bei der Elmex-Zahnbürste ein angenehmeres Gefühl beim Putzen gegenüber der ADA-Zahnbürste zu haben, für die sich nur 32 Prozent entschieden. 52 Prozent der Probanden hatten das Gefühl, daß die Elmex-Zahnbürste wirklich besser die Zähne reinigt. 32 Prozent favorisierten bei dieser Frage die ADA-Zahnbürste. Die subjektive Bewertung zugunsten der Elmex-Zahnbürste kann dem aufwendigen Design der Elmex-Zahnbürste zu verdanken sein, welches optisch ansprechender ist als das der ADA-Zahnbürste. Die Indexauswertung hat die Einschätzung der Versuchsteilnehmer nicht bestätigt, da keine Zahnbürste im Vergleich zueinander wirklich besser putzt. Dieses Ergebnis gibt nur das subjektive Empfinden der Probanden wieder.

6.6.5 Insgesamt bevorzugte Zahnbürste

Bei der in dem Fragebogen zuletzt gestellten Frage, welche Zahnbürste die Probanden insgesamt bevorzugen, entschieden sich 60 Prozent für die Elmex-Zahnbürste. 24 Prozent erwählten die ADA-Zahnbürste als Favorit, 16 Prozent der Probanden wollten sich nicht festlegen.

Durch diese Zahlen wird deutlich, daß die Wahl einer Zahnbürste auf Seiten der Benutzer sehr von optischen Gegebenheiten abhängt. Je ansprechender eine Zahnbürste gestaltet ist, desto eher neigen die Teilnehmer dazu, dieser Zahnbürste auch die besseren Putzeigenschaften zuzuschreiben. Dieser Erkenntnis wird Rechnung getragen, da die Mehrheit der erhältlichen Zahnbürsten in vielen auffälligen Farben mit ansprechendem Design auf den Markt gebracht wird.

6.7 Aufwand der Studie

Bei allen Planungen für ein optimales Studiendesign sollte jedoch auch der Zeit-/Kostenaufwand berücksichtigt werden. Für jeden Probanden mußten ca. 8 Stunden Arbeitszeit berechnet werden mit einem Materialkostenaufwand von 26,40 €. Dies bedeutete für die gesamte Studie ein Zeitaufwand von 200 Stunden und 660 € (Kap. 5.5). Es muß bei Folgestudien immer in Betracht gezogen werden, welchen Nutzen ein erhöhter Aufwand für eine Studie mit sich bringt. Ziel muß ein Höchstmaß an Information mit möglichst geringem Zeit-/Kostenaufwand sein.

Diese Grundüberlegung findet sich ebenso in der Literatur, in welcher generell über Studiendesigns mit möglichst geringem Aufwand und hohem Informationsgehalt diskutiert wird. Dies mündet z.B. in der Empfehlung der ADA (1998) über die Durchführung von Zahnbürstenstudien. Einige Autoren haben einen Überblick über die Erfordernisse innerhalb der Zahnbürstenstudien zusammengestellt, um höhere Standardisierungen zwischen den einzelnen Zahnbürstenstudien zu erreichen und den Aufwand zu reduzieren (Chilton und Fleiss 1986, Addy 1998, Hujoel 1998).

6.8 Zukünftige Studien

Für zukünftige Studien sind folgende Änderungen des Studiendesigns denkbar:

- Erhöhung der Probandenzahl auf 50 Probanden
- Einführung eines „qualifizierenden“ Gingivitisindexes, ähnlich dem in der Studie verwendeten „qualifizierenden“ Plaqueindex.
- Verlängerung der Studiendauer über 30 Tage hinaus, wenn Veränderungen der Gingivitis evaluiert werden sollen.
- Weitere Entwicklung und zukünftige Verwendung „objektiver Meßverfahren“ zur Beurteilung der Plaque-/und Gingivitisreduktion. Dies kann für die Plaqueerhebung in Form von Fotodokumentationen mit planimetrischer Plaqueflächenauswertung geschehen. Für die Gingivitisevaluation ist ein dreidimensionales Meßverfahren, wie in dieser Studie gezeigt, vorstellbar. Als Weiterentwicklung sollte das Augenmerk auf die papillären Bereiche gelegt werden, die analysiert werden sollen. Dazu müssen noch einige Änderungen (Abformtechnik, Kap. 6.5.1) bei der Durchführung der Studie vorgenommen werden. Die Richtung zukünftiger Studien muß ein schrittweiser Übergang weg von der Verwendung „subjektiver Indexsysteme“ zu „objektiv“ meßbaren Verfahren sein.

7. Zusammenfassung

In dieser Studie ist ein Effektivitätsvergleich zwischen den zwei Zahnbürsten Elmex Inter X-Kurzkopf und der ADA-Zahnbürste durchgeführt worden.

Als konventionelle Bewertungskriterien für die Effektivität sind Plaque-/und Gingivitiswerte evaluiert worden. Die Plaquewerte sind mit Hilfe des Turesky et al-Indexes (1970) erhoben worden, für die Gingivitisbeurteilung wurde der Sulkus-Blutungs-Index (SBI) nach Mühlemann und Son (1971) verwendet.

Die gewonnenen Daten sind zur statistischen Auswertung für folgende Zusammenhänge verwertet worden:

- Untersuchung möglicher Wechselwirkungen, verursacht durch das Cross over-Design
- Effektivitätsvergleich der Testzahnbürsten bei dem Zähneputzen innerhalb der Sitzungen (kurzfristig)
- Effektivitätsvergleich der Testzahnbürsten über den Testzeitraum von 30 Tagen

Die Auswertung hat ergeben, daß die Wash out-Phase von sieben Tagen zur Eliminierung möglicher Wechselwirkungen ausgereicht hat.

Bei dem Zähneputzen innerhalb der Sitzungen, Ablauf wie in Kap. 4.3.1 beschrieben, erzielte die Elmex-Zahnbürste an den distalen Flächen eine signifikant höhere Plaquereduktion als die ADA-Zahnbürste (Kap. 5.2.2). Diese höhere Effektivität konnte jedoch nur dann festgestellt werden, wenn die Zahnflächen in der Unterteilung mesial/vestibulär/distal getrennt voneinander betrachtet wurden. Bei der Zusammenfassung der Flächen zur Bewertung des Gesamtflächeneffektes (Kap. 5.2.2) hob sich dieser Einzeleffekt wieder auf, so daß in Bezug auf die Gesamtflächen keine der beiden Zahnbürsten eine signifikant höhere Effektivität aufwies.

Bei der Effektivitätsbetrachtung der Zahnbürsten über 30 Tage ergab sich weder bei den Gingivitis- noch bei den Plaquewerten eine signifikante Effektivitätsdifferenz zwischen den Zahnbürsten (Kap.5.2.3).

Als neuartige Bewertungsmethode für die Wiedergabe von Volumenveränderungen an dem Weichgewebe und der Zahnhartsubstanz ist eine metrologische Bewertungsmethode mit dem 3D-Laserscanner und dem

weiterverarbeitenden „Match 3D- Programm“ eingeführt worden. Dieses System ist fähig, quantitative Volumenveränderungen an dem Weichgewebe und der Zahnhartsubstanz zu berechnen, wobei Volumenzunahmen des Weichgewebes als Verstärkung der Gingivitis und –reduktionen als Verringerung der Gingivitis gedeutet werden können.

Bei der metrischen Evaluation der Zahnhartsubstanz sind nach dem Gebrauch der beiden Testzahnbürsten jeweils über 30 Tage geringe Volumenreduktionen festgestellt worden, die durch den Abrieb der Zahnbürsten beim Putzen entstanden sind.

Bei der Erfassung des Weichgewebes lagen sowohl Volumenzunahmen, als auch Volumenreduktionen vor. Auf die Gesamtanzahl der Zähne bezogen überwogen die Daten der Volumenzunahmen (Kap. 6.5.3) bei beiden Zahnbürsten. Die Untersuchung auf signifikante Unterschiede zwischen den Zahnbürsten in Bezug auf die Volumenveränderungen an Zahnhartsubstanz und Weichgewebe ergab unter Einbeziehung aller Ramfjord-Zähne kein positives Ergebnis.

Ebenso können mit der metrologische Bewertungsmethode Lageveränderungen des Gingivarandes (Kap. 5.3.4) erfaßt werden.

Die Auswertung der Fragebögen (Kap. 5.4), welche die Teilnehmer zum Ende der Studie ausfüllten, wies die Elmex Inter X-Kurzkopf-Zahnbürste als die mehrheitlich bevorzugte Zahnbürste aus.

Die Hypothesen, die in Kap. 3 aufgestellt worden sind, haben sich nur teilweise bestätigt.

- Nicht bestätigt hat sich die Hypothese, daß die Elmex-Zahnbürste eine höhere Plaque- und Gingivitisreduktion als die ADA-Vergleichszahnbürste bewirkt, insbesondere in den Interproximalräumen bewertet mit herkömmlichen Indices.
- Bestätigt hat sich die Annahme, daß die Probanden die Elmex-Zahnbürste bevorzugen, da ihnen das Design der Bürste mehr entgegenkommt.
- Das in dieser Studie verwendete dreidimensionale Meßverfahren mit Laserabtastung (Mehl et al. 1997) ist in der Lage, Volumenveränderungen sowohl an der Zahnhartsubstanz, als auch am Weichgewebe zu verifizieren. Es sind jedoch noch Modifikationen im Studiendesign denkbar, die vermutete Störfaktoren ausschalten können.

8. Literaturverzeichnis

1. Aass, A. M., Gjermo, P.: Comparison of oral hygiene efficacy of one manual and two electric toothbrushes. *Acta Odontol Scand* 58 (4), 166-70 (2000)
2. Addy, M.: Measuring success in toothbrush design- an opinion and debate of the concepts. *International Dental Journal* 48 (1), 509-18 (1998)
3. Agerholm, D. M.: A clinical trial to evaluate plaque removal with a double-headed toothbrush. *Br Dent J* 170 (11), 411-3 (1991)
4. Ainamo, J., Bay, I.: Problems and proposals for recording gingivitis and plaque. *Int Dent J* 25 (4), 229-35 (1975)
5. Albers, H. K.: Die Akzeptanz und Effektivität von elektrischen und von Handzahnbürsten. *Zahnärztliche Mitteilungen* 78, 1777-80 (1998)
6. Alexander, J. F., Saffir, A. J., Gold, W.: The measurement of the effect of toothbrushes on soft tissue abrasion. *J Dent Res* 56 (7), 722-27 (1977)
7. Allet, B.: Die Rolle der Griffabwicklung auf die Reinigungskraft einer Zahnbürste. *Schweiz Mschr Zahnheilk* 82, 452, (1972)
8. Althaus, D., Kockapan, C., Wetzel, W. E.: Borstenabrundung und Besteckung bei Kinderzahnbürsten. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin* 2, 159-64 (1990)
9. American Dental Association (ADA): Acceptance Program Guidelines TOOTHBRUSH. Council of Scientific Affairs (1998)
10. Anneroth, G., Poppelmann, A.: Histological evaluation of gingival damage by toothbrushing. *Acta Odonto Scand* 33, 119-27 (1975)
11. Bader, H. I., Boyd, R. L.: Comparative efficacy of a rotary and a sonic powered toothbrush on improving gingival health in treated adult periodontitis patients. *Am J Dent* 12 (3), 143-7 (1999)

12. Balanyk, T. E., Sharma, N.C., Galustians, J.: A clinical study of comparative plaque removal performance of two manual toothbrushes. *The Journal of Clinical Dentistry* Vol. 4 (D), D8-12 (1993)
13. Bass, C. C.: The optimum characteristics of toothbrushes for personal oral hygiene. *Dental items of interest* 70, 697-718 (1948)
14. Beals, D., Ngo, T., Feng, Y., Cook, D., Grau, D. G., Weber, D. A.: Development and laboratory evaluation of a new toothbrush with novel brush head design. *Am J Dent* 13, 5A-14A (2000)
15. Bergström, J., Lavstedt, S.: An epidemiologic approach to toothbrushing and dental abrasion. *Community Dent Oral Epidemiol* 7, 57-64 (1979)
16. Boyd, R. L., McLey, L., Zahradnik, R.: Clinical and laboratory evaluation of powered electric toothbrushes: in vivo determination of average force for use the manual and powered toothbrushes. *J Clin Dent* 8, 72-5 (1997)
17. Bramstedt, F., Büttner, W., Gehring, F.: *Kariesforschung*. Steiner, Wiesbaden (1970)
18. Breitenmoser, J., Mörmann, W., Mühleemann, H. R.: Damaging effects of toothbrush bristles end form on gingiva. *J Periodontol*, 50 (4), 212-16 (1979)
19. Buddeke, E.: *Biochemische Grundlagen der Zahnmedizin*. Berlin, De Gruyter (1981)
20. Chadwick, R. G., Mitchell, H. L., Cameron, I.: Development of a novel system for assessing tooth and restoration wear. *J Dent* 25 (1), 41-47 (1997)
21. Chadwick, R. G., Mitchell, H. L.: Conduct of an algorithm in quantifying simulated palatal surface tooth erosion. *Journal of Oral Rehabilitation* 28, 450-56 (2001)
22. Chava, V. K.: An evaluation of the efficacy of a curved bristle and conventional toothbrush. A comparative clinical study. *J Periodontol* 71 (5), 785-9 (2000)

23. Ciancio, S. G. Mather, M. L.: A clinical comparison of two electric toothbrushes with different mechanical actions. *Clin Prev Dent* 12 (3), 5-7 (1990)
24. Claydon, N., Addy, M.: The use of planimetry to record and score the modified Navy index and other area-based plaque indices. A comparative toothbrush study. *J Clin Periodontol*, 22 (9), 670-3 (1995)
25. Claydon, N., Addy, M.: Comparative single-use plaque removal by toothbrushes of different designs. : *J Clin Periodontol* 23 (12), 1112-6 (1996)
26. Claydon, N., Leach, K., Newcombe, R. G., 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 (10), 749-52 (2000)
27. Cronin, M., Dembling, W., Warren, P. R., King, D. W.: 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, 17-21 (1998)
28. Cronin, M. J., Dembling, W. Z., Jacobs, D. M., Low, M. A., Warren, P. R.: A comparative single-use clinical study of the efficacy of two manual toothbrushes with angled bristles. *Am J Dent* 14 (5), 263-6 (2001)
29. Curilovic, Z., Axelsson, P.: SBI versus GI: a clinical study. *Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* 90 (4), 368-73 (1980)
30. David, E., Meyer, G., Kollmann, W.: Keilförmige Defekte als mögliche Folge von Streß? *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 49, 522-4 (1994)
31. De Guzman, S. R., Ojeda, L., Novido, J.: Clinical study of comparative plaque removal performance of two manual toothbrushes. *J Phillip Dent Assoc* 48 (2), 19-30 (1996)
32. De La Rosa, M., Sturzenberger, O. P.: Clinical reduction of gingivitis through the use of a mouthwash containing two quaternary compounds. *J Periodontol* 47, 535-7 (1976)

33. Deasy, M. J., Singh, S. M., Kemp, J. H.: A clinical comparison of plaque removal performance of three manual toothbrushes. *J Clin Dent* 4, 17-21 (1993)
34. Delong, R., Pintado, M. R., Ko, C. C.: Factors influencing optical 3D scanning of vinyl polysiloxane impression materials. *J Prosthodont* 10 (2), 78-85 (2001)
35. 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 (2), 123 (1990)
36. Dorfer, C. E., von Bethlenfalvy, E. R., Pioch, T., Galustians, H. J., Qaqish, J., Sharma, N. C.: Clinical evaluation of the efficacy of a battery-powered toothbrush. results from two independent studies. *Am J Dent* 14 (5), 273-7 (2001)
37. Elliot, J. R., Bowers, G. M., Clemmer, B. A., Rovelstad, G. A.: Evaluation of an oral physiotherapy center in the reduction of bacterial plaque and periodontal disease. *J Periodontol* 43, 221-4 (1972)
38. Ernst, C. P., Nauth, C., Willershausen, B., Warren, P. R.: Clinical plaque removing efficacy of a new power toothbrush. *Am J Dent* 11, 13-6 (1998)
39. Fleiss, J. L., Park, M. H., Chilton, N. W.: Representativeness of the Ramfjord teeth for epidemiologic studies of gingivitis and periodontitis. *Community Dent Oral Epidemiol* 15 (4), 221-4 (1987)
40. Forgas-Brockmann, L. B., Carter-Hanson, C., Killoy, W. J.: The effects of an ultrasonic toothbrush on plaque accumulation and gingival inflammation. *J Clin Periodontol* 25 (5), 375-9 (1998)
41. GABA: Produktinformationen (2001)
42. Galgut, P. N.: The influence of toothbrush wear on the variables of plaque and gingivitis in clinical trials. *J Dent Hyg* 75 (2), 150-5 (2001)
43. Garcia-Godoy, F., Marcushamer, M., Cugini, M., Warren, P. R.: The safety and efficacy of a children's power toothbrush and a manual toothbrush in 6-11 year-olds. *Am J Dent* 14 (4), 195-9 (2001)

44. Glickman, J.: Clinical periodontology, 4 ed. Philadelphia: W. B. Saunders Company (1972)
45. Goldmann, H. M., Schluger, S., Fox, L., Cohen, D.: Periodontal Therapy. 3 ed. St. Louis, The C. V. Mosby Company (1964)
46. Graf, H.: Telemetrie des pH der Interdentalplaque. Schweiz Mschr Zahnheilk 79, 146 (1969)
47. Guggenheim, B.: Periodontology today, Basel 1988a, Karger (1988)
48. Gustafsson, B. Quensel, C., Lanke, L.: The Vipeholm dental caries study. The effect of different levels of carbohydrate intake on caries activity in 436 individuals observed for five years. Acta Odonto Scand 11, 232 (1953)
49. Gülzow, H. J., Opel, H. H.: Vergleichende Untersuchungen über den Reinigungseffekt von Kurzkopfzahnbürsten mit unterschiedlichen Borstenfeldern. Dtsch zahnärztl Z 30, 576 (1975)
50. Gülzow, H. J.: Methoden und Hilfsmittel für die tägliche Mundhygiene. Quintessenz, Berlin (1978)
51. Gülzow, H. J., Busse, G.: Klinisch experimentelle Untersuchungen über die Wirksamkeit verschiedener Zahnputzmethoden und Zahnputzmittel. Dtsch zahnärztl Z 25, 1126 (1970)
52. Haesman, P. A., Stacey, F., Haesman, L.: A comparative study of the Philips HP 735, Braun/Oral B D7 and the Oral B 35 Advantage toothbrushes. J Clin Periodontol 26 (2), 85-90 (1999)
53. Hanioka, T., Tanaka, M., Ojima, M., Takaya, K., Shizukuishi, S.: Plaque removal efficacy of the V-shaped toothbrush with new designs in bristle arrangement. J Clin Dent 10 (4), 127-30 (1999)
54. Harpenau, L.: Clinical comparison of plaque removal and gingival bleeding reduction by two different brush heads on a sonic toothbrush. J Clin Dent 11 (2), 29-34 (2000)
55. Hein, W.: Mundhygiene- Prophylaxe der Karies und Parodontalerkrankungen. 1. Auflage, Berlin, Quintessenz Verlag (1980)

56. Heinecke, A., Hultsch, E., Repges, R.: Medizinische Biometrie. Berlin, Springer Verlag (1992)
57. Hellwig, E., Klimek, J., Attin, T.: Einführung in die Zahnerhaltung. 1. Auflage, München, Urban& Schwarzenberg (1995)
58. Ho, H. P., Niederman, R.: Effectiveness of the Sonicare sonic toothbrush on reduction of plaque, gingivitis, probing pocket depth and subgingival bacteria in adolescent orthodontic patients. *J Clin Dent* 8 (1), 15-9 (1997)
59. Kantorowicz, A.: Karies und Kriegsernährung. *Dtscher zahnärztl Z* 8, 41 (1953)
60. Khocht, A., Spindel, L., Person, P.: A comparative clinical study of the safety and efficacy of three toothbrushes. *J Periodontol* 63, 603-10 (1992)
61. Khocht, A., Simon, G., Person, P., Denepitiya, J. L.: Gingival recession in relation to history of hard toothbrush use. *J Periodontol* 64, 900-5 (1993)
62. Kieser, J., Groeneveld, H.: A clinical evaluation of a novel toothbrush design. *J Clin Periodontol* 24 (6), 419-23 (1997)
63. Kilicoglu, H., Yildirim, M., Polater, H.: Comparison of the effectiveness of two types of toothbrushes on the oral hygiene of patients undergoing orthodontic treatment with fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 111 (6), 591-4 (1997)
64. Klimek, J., Hellwig, E.: Clinical comparison of newly introduced toothbrush with two presently available toothbrushes. *Oralprophylaxe* 11 (4), 144-48 (1989)
65. König, K. G.: Karies und Kariesprophylaxe. 2. Auflage, Goldmann, München (1974)
66. Kunzelmann, K. H.: Verschleißanalyse und –quantifizierung von Füllungsmaterialien in vivo und in vitro. Habilitationsschrift an der Ludwig-Maximilians-Universität München (1996, a)
67. Lambrechts, P., Vanherle, G., Vuylsteke, M., Davidson, C. L.: Quantitative evaluation of the wear resistance of posterior dental restorations: a new three-dimensional measuring technique. *J Dent* 12 (3), 252-67 (1984)

68. Lange, D. E.: Über den Einfluß verschiedener Zahnbürstentypen auf die Gingiva. Zahnärztliche Mitteilungen 67, 729 (1977)
69. Lehmann, K. M., Hellwig, E.: Einführung in die restaurative Zahnheilkunde. München, Urban & Schwarzenberg (1993)
70. Listgarten, M. A.: Pathogenesis of periodontitis. J Clin Periodontol 13, 418 (1986)
71. Listgarten, M. A.: Nature of periodontal disease: pathogenic mechanism. J Periodont Res 22, 172 (1987)
72. Lobene, R. R., Weatherford, T., Ross, N. M.: A modified gingival index for use in clinical trials. Clin Prev Dent 8 (1), 3-6 (1986)
73. Loesche, W. J.: Clinical and microbiological aspects of chemotherapeutic agents used according to the specific plaque hypothesis. J Dent Res 58 (12), 2404-12 (1979)
74. Loe, H., Silness, J.: Periodontal disease in pregnancy. Acta Odontol Scand 21, 533 (1963)
75. Loe, H., Theilade, E., Jensen, S. B.: Experimental gingivitis in man. J Periodontol 36 (1965)
76. Mantokoudis, D., Joss, A., Christensen, M. M., Meng, H. X., Suvan, J. E., Lang, N. P.: Comparison of the clinical effects and gingival abrasion aspects of manual and electric toothbrushes. J Clin Periodontol 28 (1), 65-72 (2001)
77. Marks, R. G.: Evaluation of reliability and reproducibility of dental indices. J Clin Periodontol 20, 54-8 (1993)
78. McCracken, G. I., Heasman, L., Stacey, F., Kelly, P. J., Heasman, P. A.: Testing the efficacy of plaque removal of a prototype brush head for a powered toothbrush. J Clin Periodontol 27 (8), 542-8 (2000)
79. McCracken, G. I., Stacey, F., Heasman, L., Sellers, P., Macgregor, I. D., Kelly, P. J., Heasman, P. A.: A comparative study of two powered toothbrushes and one manual toothbrush in young adults. J Clin Dent 12 (1), 7-10 (2001)

80. McDaniel, T. F., Miller, D. L., Jones, R. M.: Effects of toothbrush design and brushing proficiency on plaque removal. *Compendium* 18 (6), 572-7 (1997)
81. McKinney, J., Burns, S., Killoy, W.: Comparison between the counter-rotational toothbrush and multi-action toothbrush. *J Clin Dent* 2 (2), 39-42 (1990)
82. Mees G.: Kritische Beobachtungen zu den handelsüblichen deutschen Zahnbürsten. *Med Diss Mainz* 1971
83. Mehl, A., Gloger, W., Kunzelmann, K. H., Hickel, R.: A new optical 3-D device for the detection for wear. *J Dent Res* 76 (11), 1799-807 (1997)
84. Meye, G., David, E., Schwartz, P.: Zur Pathomorphologie keilförmiger Defekte. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 46, 629-32 (1991)
85. Mierau, H. D., Spindler, T.: Beitrag zur Ätiologie der Gingivarezessionen. *Dtsch Zahnärztl Z* 39, 634-9 (1984)
86. Miller, W. D.: Die Mikroorganismen der Mundhöhle. Thieme, Leipzig (1889)
87. Miller, W. D.: Experiments and observations on the wasting of tooth tissue. *Dent Cosmos* 49, 109-16 (1907)
88. Mitchell, H. L., Chadwick, R. G.: Mathematical shape matching as a tool in toothwear assessment- development and conduct. *J Oral Rehabil* 26 (2), 183-4 (1999)
89. Mühlemann, H. R.: *Parodontologie* (2001)
90. Mühlemann, H. R.: *Einführung in die orale Präventivmedizin*. Bern-Stuttgart-Wien (1974)
91. Mühlemann, H. R., Marthaler, T. M., Rateitschak, K. H., König, K. G.: Eine Zahnbürste für Kinder und Jugendliche. *Schweiz Mschr Zahnheilk* 73, 624 (1963)
92. Mühlemann, H. R.: Der marginale Parodontalinfekt. *Schweiz Mschr Zahnheilk* 80, 36 (1970)

93. Müller, H. P.: Parodontologie. Stuttgart, Thieme (2001)
94. Müller, P. J., Kockapan, C., Wetzel, W. E.: Borstenverankerung und Borstenabrundung bei Erwachsenenzahnbürsten. Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin 102, 38-46 (1992)
95. Niemi, M. L.: Gingival abrasion and plaque removal after toothbrushing with an electric and a manual toothbrush. Acta Odontol Scand 45, 367-70 (1987)
96. Niemi, M. L., Ainamo, J., Etemadzadeh, H.: Gingivale Abrasion und Plaqueentfernung mit manuellen Zahnbürsten gegenüber elektrischen Zahnbürsten. Oralprophylaxe 10, 11 (1988)
97. Nolden, R.: Zahnerhaltungskunde. Stuttgart, Thieme (1994)
98. Ott, R. W., Pröschel, P.: Zur Ätiologie des keilförmigen Defektes. Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift 40, 1223-7 (1985)
99. Page, R. C., Schroeder, H. E.: Periodontitis in man and other animals. Basel, Karger (1982)
100. Pils, W.: Praxis der Zahnerhaltung und oralen Prävention. Leipzig, Johann Ambrosius Barth (1985)
101. Pretara-Spanedda, P., Grossmann, E., Curro F. A., Generallo, C.: Toothbrush bristle density: relationship to plaque removal. Am J Dent 2, 345-8 (1989)
102. Quigley, G. A., Hein, J. W.: Comparative cleansing efficiency of manual and power brushing. JADA 65, 26-9 (1962)
103. Radentz, W. H., Barness, G. P., Cutright, D. E.: A survey of factors possibly associated with cervical abrasion of tooth surfaces. J Periodontol 47 (3), 148-54 (1976)
104. Raetzke, P.: Funktionelle Aspekte der Parodontalerkrankungen. Praxis der Zahnheilkunde, 2.Auflage, Bd. 4, München, Urban& Schwarzenberg (1990)
105. Rateitschak, K. H., Rateitschak, E. M., Wolf, H. F.: Parodontologie 1. Stuttgart, Thieme (1984)

106. Renggli, H. R.: Ätiologie marginaler Parodontopathien. Praxis der Zahnheilkunde, München, Urban& Schwarzenberg (1990)
107. Riethe, P.: Die Quintessenz der Mundhygiene. Quintessenz, Berlin (1974)
108. Ruhlman, C. D., Bartizek, R. D., Biesbrock, A. R.: Plaque removal efficacy of a battery-operated toothbrush compared to a manual toothbrush. Am J Dent 14 (4), 191-4 (2001)
109. Rustogi, K. N., Curtis, J. P., Volpe, A. R.: Refinement of the modified Navy plaque index to increase plaque scoring efficiency in gumline and interproximal tooth areas. J Clin Dent 3 (C), 9-12 (1992)
110. Sandholm, I., Niemi, M. L., Ainamo, J.: Identification of soft tissue brushing lesions. A clinical and scanning electron microscopic study. J Clin Periodontol 9, 397-401 (1982)
111. Sangnes, G., Gjeramo, P.: Prevalence of oral soft and hard tissue lesions related to mechanical toothcleansing procedures. Community Dent Oral Epidemiol 4, 77-83 (1976)
112. Sauerwein, E.: Traktat über die Zahnbürste. Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift 17, 121-34 (1962)
113. Savill, G., Grigor, J., Huntingdon, E.: Toothbrush design: adapting for the future. International Dental Journal 48 (1), 519-25 (1998)
114. Saxer, U. P., Yankell, S. L.: Impact of improved toothbrushes on dental diseases. I. Quintessence International 28, 13-25 (1997)
115. Scheinin, A., Mäkinen, K.: Turku sugar studies V-XIV and XVIII-XX. Acta Odonto Scand 33 (70), 1 (1975)
116. Schneider, H.: Konservierende Zahnheilkunde 1. 2 ed, Aachen (1989)
117. Sharma, N. C., Galustians, J., McCool, J. J.: The clinical effects on plaque and gingivitis over three-month's use of four complex-design manual toothbrushes. J Clin Dent 5, 114-18 (1994)

118. Sharma, N. C., Qaqish, J. G., Galustians, H. J., King, D. W., Low, M. A., Jacobs, D. M., Weber, D. A.: A 3-month comparative investigation of the safety and efficacy of a new toothbrush: results from two independent clinical studies. *Am J Dent*, 13, 27A-32A (2000)
119. Shibly, O., Schifferle, R. E., Ciancio, S. G., Tarakji, M., Mather, M. L.: A clinical comparison of 2 electric toothbrush designs. *J Clin Periodontol* 24 (4), 260-3 (1997)
120. Silness, J., Roynstrand, T.: Partial mouth recording of plaque, gingivitis and probing depth in adolescents. *J Clin Periodontol* 15 (3), 189-92 (1988)
121. Silverstone, L. M., Featherstone, M. J.: A scanning electron microscope study of the end rounding of bristles in eight toothbrush types. *Quintessenz International* 19 (2), 87-107 (1988)
122. Silverstone, L. M., Tilliss, T. S., Cross-Poline, G. N., Van der Linden, E., Stach, D. J., Featherstone, M. J.: A six-week study comparing the efficacy of a rotary electric toothbrush with a conventional toothbrush. *Clin Prev Dent* 14 (2), 29-34 (1992)
123. Singh, S. M., Rustogi, K. N., Mc Cool, J. J.: Clinical studies regarding the plaque removal efficacy of manual toothbrushes. *J Clin Dent* 3 (C), 21-8 (1992)
124. Singh, S. M., Deasy, J. M.: Clinical plaque removal performance of two manual toothbrushes. *J Clin Dent* 4 (D), 13-16 (1993)
125. Singh, S. M., Battista, G. W., Rustogi, K. N., DeVizio, W., Volpe, A. R., Petrone, M. E., Proskin, H. M.: The comparative plaque removal efficacy of two advanced manual toothbrush designs in two independent clinical studies. *J Clin Dent* 12 (3), 83-6 (2001)
126. Soparkar, P. M., Newman, M. B., DePaola, P. F.: The efficacy of a novel toothbrush design. *J Clin Dent* 2 (4), 107-10 (1991)
127. Stephan, R., Miller, B.: A quantitative method for evaluating physical and chemical agents which modify production of acids in bacterial plaques on human teeth. *J Dent Res* 22, 45 (1943)

128. Thienpont, V., Dermaut, L. R., Van Maele, G.: Comparative study of 2 electric and 2 manual toothbrushes in patients with fixed orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 120 (4), 353-60 (2001)
129. Tritten, C. B., Armitage, G. C.: Comparison of a sonic and a manual toothbrush for efficacy in supragingival plaque removal and reduction of gingivitis. *J Clin Periodontol* 23 (7), 641-8 (1996)
130. Turesky, S., Gilmore, N. D., Glickman, I.: Reduced plaque formation by the chloromethyl analogue of vitamin C. *J Periodontol* 41 (1), 41-3 (1970)
131. Van der Weijden, G. A., Timmerman, M. F., Reijerse, E., Snoek, C. M., van der Velden, U.: Comparison of 2 electric toothbrushes in plaque-removing ability. Professional and supervised brushing. *J Clin Periodontol* 22 (8), 648-52 (1995)
132. Van der Weijden, F. A., Timmermann, M. F., Piscaer, M. et al: A comparison of the efficacy of a novel electric toothbrush and a manual toothbrush in the treatment of gingivitis. *Am J Dent* 11, 23-8 (1998)
133. Van Swol, R. L., Van Scotter, D. E., Pucher, J. J., Dentino, A. R.: Clinical evaluation of an ionic toothbrush in the removal of established plaque and reduction of gingivitis. *Quintessence Int* 27 (6), 389-94 (1996)
134. Vehkalahti, M.: Occurrence of gingival recession in adults. *J Periodontol* 60, 599-603 (1989)
135. Volpe, A. R., Emling, R. C., Yankell, S. L.: The toothbrush- A new dimension in design, engineering, and clinical evaluation. *J Clin Dent* 3 (C) (1992)
136. Warren, P. R., Cugini, M., Marks, P., King, D. W.: Safety, efficacy and acceptability of a new power toothbrush: a 3-month comparative clinical investigation, *Am J Dent*, 1, 3-7 (2001)
137. Wetzel, W. E., Kockapan, C.: Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen der Borstenenden verschiedener Kinderzahnbürsten. *Oralprophylaxe* 9, 77 (1987)

138. WHO (World Health Organisation): Epidemiology, etiology and prevention of periodontal disease 621 (1978)
139. Wilson, S., Levine, D., Dequincey, G., Killoy, W. J.: Effects of two toothbrushes on plaque , gingivitis, gingival abrasion, and recession: a 1-year longitudinal study. *Compendium Suppl* 16, 569-79 (1993)
140. Woltmann, R.: Sind Zahnbürsten falsch konstruiert? *Zahnärztliche Mitteilungen* 14, 893-5 (1980)
141. Yankell, S. L., Emling, R. C., Perez, B.: A six-month clinical evaluation of the Dentrust toothbrush. *J Clin Periodontol* 22 (9), 670-3 (1996)
142. Zimmer, S., Didner, B., Roulet, J. F.: Clinical study on the plaque removing ability of a new triple- headed toothbrush. *J Clin Periodontol* 26 (5), 281-5 (1999)
143. Zimmer, S., Fosca, M., Roulet, J. F.: Clinical study of the effectiveness of two sonic toothbrushes. *J Clin Dent* 11 (1), 24-7 (2000)

9. Anhang

9.1. Erhebungsbögen einzelner Patient

9.1.1 Anamnesebogen

Anamnesebogen für die Zahnbürstenstudie

Name: _____ Geb.: _____
 Straße: _____ Wohnort: _____
 Tel.: _____

	Ja	Nein	unbek.
Standen Sie bis vor kurzem in ärztlicher Behandlung ?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stehen Sie in ärztlicher Behandlung?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nehmen Sie Medikamente ein?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn ja , welche _____			
Haben Sie einen Allergiepaß?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Auf welche Stoffe reagieren Sie allergisch? _____			
Leiden oder litten Sie an folgenden Krankheiten ?			
Herzerkrankung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hoher Blutdruck	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Niedriger Blutdruck	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Blutgerinnungsstörungen, Nachblutungen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Schlaganfall	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lebererkrankung (z. B. Gelbsucht/ Hepatitis)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zuckerkrankheit (Diabetes)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Magen-/Darmerkrankung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nierenerkrankung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nervenerkrankung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anfallsleiden (Epilepsie)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Migräne	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Schilddrüsenerkrankung	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Infektionskrankheiten (HIV, Hepatitis, Tbc. usw.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Rheuma
Unfall/ Verletzungen

Haben Sie **andere ernsthafte Erkrankungen**?
Wenn ja, **welche** ? _____

Zahnärztliche Behandlungen:

Sind Sie zur Zeit in kieferorthopädischer Behandlung?
Hatten Sie in den letzten 6 Monaten eine Zahnfleisch-
behandlung (Parodontitis-Behandlung)?
Besteht eine Schwangerschaft?

Datum:

Unterschrift:

9.1.2 Einverständniserklärung

Einverständniserklärung zur Teilnahme an einer wissenschaftlichen Studie

Wir möchten Sie bitten, an einer wissenschaftlichen Studie teilzunehmen und wollen Sie mit diesem Formblatt über folgendes informieren:

Es handelt sich um eine Zahnbürstenstudie, die unter Anleitung von Prof. Dr. K.-H. Kunzelmann in der Zahnklinik der Ludwig-Maximilian-Universität München durchgeführt wird.

Wir werden Ihnen nacheinander zwei Zahnbürsten aushändigen, die Sie wie gewohnt benutzen sollen. An insgesamt vier Tagen im Zeitraum von neun Wochen kommen Sie in die zahnärztliche Praxis, wo Untersuchungen zur Plaquebestimmung und zum Zustand des Zahnfleisches erfolgen.

Auf folgende Punkte im Rahmen dieser Studie möchten wir besonders hinweisen:

Jeweils 12 bis 16 Stunden vor einem vereinbarten Termin sollten die Zähne nicht geputzt sein.

Bitte putzen Sie Ihre Zähne morgens und abends und verwenden sie dabei keine zusätzlichen Hilfsmittel wie Zahnseide, Zahnhölzer, o.ä.

Benutzen Sie Ihre gewohnte Zahnpasta, wechseln Sie die Zahnpastamarke während der Studie bitte nicht.

Alle genannten Maßnahmen und Untersuchungen sind mit keinerlei Risiken verbunden.

Die Ergebnisse der Studie können nützliche Erkenntnisse über zweckmäßige Mundhygiene zur Prophylaxe erbringen, die dann Ihnen und allen weiteren Patienten zugute kommen.

Die gewonnen Daten sind anonym.

Datum:

Unterschrift

9.1.3 Befunderhebungsbogen der Screening-Sitzung

Name des Probanden:

Datum:

1. 01- Befund+Taschentiefenmessung

|Schema

2. Plaqueindex+ Gingivitisindex

Zahn	SBI		Plaqueindex	
	mesial	vestibulär	mesial	vestibulär
16				
21				
24				
36				
41				
44				

Gingivitisindex:

0 = keine Blutung,

1 = Blutung bei Sondierung, keine Schwellung oder Farbveränderung,

2 = Blutung und Farbveränderung, noch keine Schwellung,

3 = Blutung, Farbveränderung, schwache ödematöse Schwellung,

4 = Blutung, Farbveränderung, deutl. Schwellung,

5 = deutliche Blutung, auch spontan, deutl. Farbveränderung, starke Schwellung mit und ohne Ulzeration

Erhebung an Ramfjordzähnen

Plaqueindex:

0 = keine Plaque,

1 = einzelne Plaqueinseln am Gingivalsaum,

2 = dünnes Band von Plaque \leq 1mm entlang des Gingivalsaumes,

3 = Band von Plaque \geq 1 mm

4 = Plaque bedeckt min. 1/3, aber weniger als 2/3 der Krone,

5 = Plaque bedeckt mehr als 2/3 der Krone

Qualifizierender Plaqueindex = Summe aller erhobenen Plaquewerte/ Anzahl der bewerteten Zähne (6)

Qualifizierender Plaqueindex \geq 1,5 Voraussetzung

9.1.4 Befunderhebungsbogen (für jede Sitzung, pre- und postbrush)

Befunderhebungsbogen

1./2./3./4. Sitzung

Pre-/Postbrush-Evaluation:

Testzahnbürste:

Name des Probanden:

Datum:

Zahn	SBI			Turesky-Plaqueindex		
	mesial	vestibulär	distal	mesial	vestibulär	distal
16						
21						
24						
36						
41						
44						
Summe						

Mod. Turesky et al-Index:

0 = keine Plaque

1 = einzelne Plaqueinseln am Gingivalsaum

2 = dünnes Band von Plaque ≤ 1 mm entlang des Gingivalsaumes

3 = Band von Plaque ≥ 1 mm, bedeckt aber weniger als 1/3 der Krone

4 = Plaque bedeckt mind. 1/3, aber weniger als 2/3 der Krone

5 = Plaque bedeckt mehr als 2/3 der Krone

Plaque- und Gingivitisindex an den Ramfjord-Zähnen (16, 21, 24, 36, 41, 44)

Sulcus-Blutungsindex (SBI) nach Mühlemann und Son:

0= keine Blutung

1= Blutung bei Sondierung, keine Schwellung oder Farbveränderung

2= Blutung und Farbveränderung, noch keine Schwellung

3= Blutung, Farbveränderung und schwache ödematöse Schwellung

4= Blutung, Farbveränderung, deutliche Schwellung

5= deutliche Blutung, auch spontan, deutl. Farbveränderung, starke Schwellung mit und ohne Ulzeration

9.1.5 Fragebogen

Fragebogen zur Zahnbürstenstudie
(bitte ankreuzen)

Name:

Datum:

Testzahnbürste (1.Testzeitraum): Elmex ADA
Testzahnbürste (2.Testzeitraum): Elmex ADA

1. Wie beurteilen Sie den Härtegrad der Bürste?

	zu hart	hart	mittel	weich	zu weich
Elmex	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ADA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Wie fanden Sie die Größe des Bürstenkopfes?

	zu klein	genau richtig	zu groß
Elmex	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ADA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Wie fanden Sie die Form des Bürstengriffs (Mehrfachnennungen möglich) ?

	zu dick	zu dünn	zu lang	zu kurz	zu kantig	zu glatt	angenehm
Elmex	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ADA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Welche Zahnbürste war Ihnen beim Putzen vom Gefühl her angenehmer?

Elmex
ADA
weiß nicht

5. Bei welcher Zahnbürste hatten Sie das Gefühl der besseren Reinigung?

Elmex
ADA
weiß nicht

6. Welche Zahnbürste würden Sie insgesamt gesehen bevorzugen?

Elmex
ADA
weiß nicht

9.2. Tabellen

9.2.1 Tabellen Indexwerte

9.2.1.1 Dokumentationstabellen Gingivitisindex

Dokumentationstabelle Gingivitisindex 1. Sitzung = Baseline-Sitzung

Proband	Sitzung	Bürste	mg_i_pre0	mg_i_post0	vgi_pre0	vgi_post0	dgi_pre0	dgi_post0
1	0	1	2	2	0	0	1	1
2	0	1	0	0	1	0	1	0
3	0	0	3	2	0	1	3	2
4	0	1	0	0	1	0	0	0
5	0	0	1	0	0	0	1	0
6	0	0	3	3	2	2	4	2
7	0	0	2	2	0	0	1	0
8	0	0	1	0	2	3	0	2
9	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	1	4	0	0	0	0	0
11	0	1	0	0	0	0	0	0
12	0	1	0	0	1	1	1	0
13	0	1	0	0	0	0	0	0
14	0	1	1	0	0	0	0	0
15	0	1	0	0	1	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	1	0
17	0	1	0	0	1	0	0	0
18	0	0	0	0	0	1	0	0
19	0	1	0	0	1	0	0	0
20	0	1	0	0	1	0	0	0
21	0	0	0	0	1	0	1	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	1
25	0	0	0	0	0	0	0	0

Probandennummer: 1, 2, 3 usw.

Sitzung: 0 = 1. Sitzung (Baseline)

Zahnbürste: 0 = Elmex, 1 = ADA

mg_i_pre: Summe mesialer Gingivitisindex prebrush

mg_i_post: Summe mesialer Gingivitisindex postbrush

vgi_pre: Summe vestibulärer Gingivitisindex prebrush

vgi_post: Summe vestibulärer Gingivitisindex postbrush

dgi_pre: Summe distaler Gingivitisindex prebrush

dgi_post: Summe distaler Gingivitisindex postbrush

Dokumentationstabelle Gingivitisindex 2. Sitzung = Follow up-Sitzung

Proband	Sitzung	Bürste	mg_i_pre1	mg_i_post1	vg_i_pre1	vg_i_post1	dgi_pre1	dgi_post1
1	1	1	1	1	1	0	2	2
2	1	1	0	1	1	0	0	0
3	1	0	1	0	0	1	1	1
4	1	1	0	0	1	0	0	0
5	1	0	1	0	0	0	1	0
6	1	0	1	0	2	0	0	0
7	1	0	1	1	0	1	0	0
8	1	0	1	1	2	1	0	0
9	1	0	0	0	0	0	0	0
10	1	1	0	0	0	0	0	0
11	1	1	0	0	0	0	0	0
12	1	1	0	2	0	0	1	0
13	1	1	0	0	0	0	0	0
14	1	1	1	0	1	1	0	0
15	1	1	0	0	0	0	0	0
16	1	0	0	0	1	0	1	0
17	1	1	0	1	1	0	0	0
18	1	0	0	0	0	0	0	0
19	1	1	0	0	0	0	0	0
20	1	1	0	0	0	0	0	0
21	1	0	0	0	0	0	0	0
22	1	0	0	0	0	0	0	0
23	1	0	0	0	0	0	0	0
24	1	0	0	0	0	0	0	0
25	1	0	0	0	0	0	1	0

Probandennummer: 1, 2, 3 usw.

Sitzung: 1 = 2. Sitzung = Follow up- Sitzung

Zahnbürste: 0 = Elmex, 1 = ADA

mg_i_pre: Summe mesialer Gingivitisindex prebrush

mg_i_post: Summe mesialer Gingivitisindex postbrush

vg_i_pre: Summe vestibulärer Gingivitisindex prebrush

vg_i_post: Summe vestibulärer Gingivitisindex postbrush

dgi_pre: Summe distaler Gingivitisindex prebrush

dgi_post: Summe distaler Gingivitisindex postbrush

Dokumentation Gingivitisindex 3. Sitzung = Baseline-Sitzung (nach Cross over)

Proband	Sitzung	Bürste	mg_i_pre0	mg_i_post0	vg_i_pre0	vg_i_post0	dgi_pre0	dgi_post0
1	2	0	0	0	0	0	0	0
2	2	0	0	0	0	0	0	0
3	2	1	0	1	0	0	0	0

4	2	0	1	0	1	0	1	0
5	2	1	1	0	0	0	0	0
6	2	1	0	0	0	1	0	0
7	2	1	0	0	0	0	0	0
8	2	1	0	0	0	1	1	0
9	2	1	0	0	0	0	0	0
10	2	0	0	0	1	0	0	0
11	2	0	0	0	0	0	0	0
12	2	0	0	0	3	0	0	0
13	2	0	0	0	0	0	0	0
14	2	0	0	0	0	0	0	0
15	2	0	0	0	1	0	0	0
16	2	1	0	0	0	0	0	0
17	2	0	0	0	0	0	0	0
18	2	1	0	0	0	0	0	0
19	2	0	0	0	1	0	0	0
20	2	0	0	0	1	0	0	0
21	2	1	0	0	0	0	1	0
22	2	1	0	0	0	0	0	0
23	2	1	0	0	0	1	0	0
24	2	1	0	0	0	0	0	0
25	2	1	0	0	0	0	0	0

Probandennummer: 1, 2, 3 usw.

Sitzung: 2 = 3. Sitzung = Baseline nach Cross over

Zahnbürste: 0 = Elmex, 1 = ADA

mg_i_pre: Summe mesialer Gingivitisindex prebrush

mg_i_post: Summe mesialer Gingivitisindex postbrush

vg_i_pre: Summe vestibulärer Gingivitisindex prebrush

vg_i_post: Summe vestibulärer Gingivitisindex postbrush

dg_i_pre: Summe distaler Gingivitisindex prebrush

dg_i_post: Summe distaler Gingivitisindex postbrush

Dokumentationstabelle Gingivitisindex 4. Sitzung = Follow up-Sitzung (nach Cross over)

Proband	Sitzung	Bürste	mg_i_pre1	mg_i_post1	vg_i_pre1	vg_i_post1	dg_i_pre1	dg_i_post1
1	3	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	0	0	0	0
3	3	1	0	0	0	0	0	0
4	3	0	0	0	0	0	1	0
5	3	1	0	0	0	0	0	0
6	3	1	0	0	0	0	0	0
7	3	1	0	0	0	0	0	0

8	3	1	0	0	0	0	0	0	0
9	3	1	0	0	0	0	0	0	0
10	3	0	0	0	0	0	0	0	0
11	3	0	0	0	0	0	0	0	0
12	3	0	0	0	0	0	0	0	0
13	3	0	0	0	0	0	0	0	0
14	3	0	0	0	0	0	0	0	0
15	3	0	0	0	0	0	2	0	0
16	3	1	0	0	0	0	0	0	0
17	3	0	0	0	0	0	0	0	0
18	3	1	0	0	0	0	0	0	0
19	3	0	0	0	0	0	0	0	0
20	3	0	0	0	0	0	0	0	0
21	3	1	0	0	0	0	0	0	0
22	3	1	0	0	0	0	0	0	0
23	3	1	0	0	0	0	0	0	0
24	3	1	0	0	0	0	0	0	0
25	3	1	1	0	0	0	0	0	0

Probandennummer: 1, 2, 3 usw.

Sitzung: 3 = 4. Sitzung = Follow up-Sitzung nach Cross over

Zahnbürste: 0 = Elmex, 1 = ADA

mgi_pre: Summe mesialer Gingivitisindex prebrush

mgi_post: Summe mesialer Gingivitisindex postbrush

vgi_pre: Summe vestibulärer Gingivitisindex prebrush

vgi_post: Summe vestibulärer Gingivitisindex postbrush

dgi_pre: Summe distaler Gingivitisindex prebrush

dgi_post: Summe distaler Gingivitisindex postbrush

9.2.1.2 Dokumentationstabellen Plaquewerte

Dokumentationstabelle Plaqueindex 1. Sitzung = Baseline-Sitzung

Proband	Sitzung	Bürste	mpli_pre0	mpli_post0	vpli_pre0	vpli_post0	dpli_pre0	dpli_post0
1	0	1	8	6	7	2	10	11
2	0	1	14	5	8	1	16	4
3	0	0	18	11	15	11	18	16
4	0	1	6	6	4	1	13	9
5	0	0	8	10	6	6	9	6
6	0	0	6	2	5	4	10	9
7	0	0	13	4	9	1	13	8
8	0	0	16	7	21	10	19	10
9	0	0	16	10	14	9	15	7
10	0	1	18	8	13	6	19	13

11	0	1	9	4	13	8	15	9
12	0	1	18	10	17	6	17	17
13	0	1	19	10	12	4	14	4
14	0	1	14	6	7	8	14	8
15	0	1	12	13	3	1	10	9
16	0	0	8	5	3	0	9	3
17	0	1	13	10	12	5	15	13
18	0	0	15	8	6	1	17	10
19	0	1	21	11	18	5	18	8
20	0	1	5	1	3	0	7	4
21	0	0	8	3	0	0	9	4
22	0	0	16	8	4	2	14	5
23	0	0	9	7	10	6	16	7
24	0	0	9	6	3	2	11	8
25	0	0	15	8	12	9	12	14

Probandennummer: 1, 2, 3 usw.

Sitzung: 0 = 1. Sitzung = Baseline-Sitzung

Zahnbürste: 0 = Elmex, 1 = ADA

mpli_pre0: Summe mesialer Plaqueindex prebrush Baseline-Sitzung

mpli_post0: Summe mesialer Plaqueindex postbrush Baseline-Sitzung

vpli_pre0: Summe vestibulärer Plaqueindex prebrush Baseline-Sitzung

vpli_post0: Summe vestibulärer Plaqueindex postbrush Baseline-Sitzung

dpli_pre0: Summe distaler Plaqueindex prebrush Baseline-Sitzung

dpli_post0: Summe distaler Plaqueindex postbrush Baseline-Sitzung

Dokumentationstabelle Plaqueindex 2. Sitzung = Follow up-Sitzung

Proband	Sitzung	Bürste	mpli_pre1	mpli_post1	vpli_pre1	vpli_post1	dpli_pre1	dpli_post1
1	1	1	9	4	7	5	11	8
2	1	1	8	1	5	2	8	3
3	1	0	11	7	14	3	15	13
4	1	1	7	5	1	0	4	6
5	1	0	9	6	12	0	12	8
6	1	0	5	1	4	4	12	7
7	1	0	11	4	7	1	15	7
8	1	0	14	10	12	8	13	9
9	1	0	18	2	13	4	13	2
10	1	1	14	13	12	11	13	11
11	1	1	10	7	6	4	14	11
12	1	1	24	14	19	9	25	14
13	1	1	16	5	12	1	17	5
14	1	1	15	13	11	9	19	17
15	1	1	14	12	9	4	14	13
16	1	0	5	5	1	0	7	3

17	1	1	16	13	9	3	14	12
18	1	0	10	9	6	3	17	12
19	1	1	13	10	7	0	15	4
20	1	1	7	5	2	0	9	7
21	1	0	13	5	7	0	15	5
22	1	0	17	12	7	1	15	9
23	1	0	9	10	7	5	13	11
24	1	0	12	3	9	3	13	5
25	1	0	12	9	13	9	19	16

Probandennummer: 1, 2, 3 usw.

Sitzung: 1 = 2. Sitzung = Follow up-Sitzung

Zahnbürste: 0 = Elmex, 1 = ADA

mpli_pre: Summe mesialer Plaqueindex prebrush Follow up-Sitzung

mpli_post: Summe mesialer Plaqueindex postbrush Follow up-Sitzung

vpli_pre: Summe vestibulärer Plaqueindex prebrush Follow up-Sitzung

vpli_post: Summe vestibulärer Plaqueindex postbrush Follow up-Sitzung

dpli_pre: Summe distaler Plaqueindex prebrush Follow up-Sitzung

dpli_post: Summe distaler Plaqueindex postbrush Follow up-Sitzung

Dokumentationstabelle Plaqueindex 3. Sitzung = Baseline nach Cross over

Proband	Sitzung	Bürste	mpli_pre0	mpli_post0	vpli_pre0	vpli_post0	dpli_pre0	dpli_post0
1	2	0	9	9	6	5	12	11
2	2	0	14	4	10	4	20	6
3	2	1	20	11	21	13	25	18
4	2	0	9	6	4	3	8	8
5	2	1	10	6	10	8	9	11
6	2	1	7	3	10	6	16	12
7	2	1	13	5	8	0	14	10
8	2	1	12	10	8	7	9	10
9	2	1	14	8	11	7	12	5
10	2	0	15	7	12	1	17	7
11	2	0	15	2	9	5	16	6
12	2	0	19	19	26	12	23	15
13	2	0	22	13	23	2	24	4
14	2	0	16	17	13	13	18	13
15	2	0	11	13	5	2	13	12
16	2	1	8	3	3	0	5	3
17	2	0	16	10	13	2	15	10
18	2	1	10	5	5	0	14	7
19	2	0	13	9	11	6	12	7
20	2	0	9	6	5	1	12	7
21	2	1	13	5	8	0	12	8

22	2	1	14	14	3	2	13	10
23	2	1	18	6	11	6	17	9
24	2	1	7	4	5	2	10	11
25	2	1	12	11	10	10	16	13

Probandennummer: 1, 2, 3 usw.

Sitzung: 2 = 3. Sitzung = Baseline-Sitzung nach Cross over

Zahnbürste: 0 = Elmex, 1 = ADA

mpli_pre: Summe mesialer Plaqueindex prebrush Baseline-Sitzung

mpli_post: Summe mesialer Plaqueindex postbrush Baseline-Sitzung

vpli_pre: Summe vestibulärer Plaqueindex prebrush Baseline-Sitzung

vpli_post: Summe vestibulärer Plaqueindex postbrush Baseline-Sitzung

dpli_pre: Summe distaler Plaqueindex prebrush Baseline-Sitzung

dpli_post: Summe distaler Plaqueindex postbrush Baseline-Sitzung

Dokumentationstabelle Plaqueindex 4. Sitzung = Follow up-Sitzung (nach Cross over)

Proband	Sitzung	Bürste	mpli_pre1	mpli_post1	vpli_pre1	vpli_post1	dpli_pre1	dpli_post1
1	3	0	12	7	7	4	14	10
2	3	0	10	2	7	3	16	5
3	3	1	17	13	15	12	24	22
4	3	0	9	8	4	3	6	5
5	3	1	8	3	8	5	14	9
6	3	1	16	5	13	3	17	13
7	3	1	11	6	6	1	15	15
8	3	1	10	8	11	8	16	13
9	3	1	12	6	10	6	11	4
10	3	0	19	13	15	10	20	14
11	3	0	10	8	5	5	15	9
12	3	0	21	17	18	10	25	19
13	3	0	25	9	25	3	26	6
14	3	0	16	14	12	10	15	12
15	3	0	12	12	2	3	11	12
16	3	1	12	5	5	0	11	6
17	3	0	18	10	10	6	18	12
18	3	1	14	10	11	3	18	12
19	3	0	19	9	12	0	18	6
20	3	0	9	6	9	4	16	13
21	3	1	9	1	6	1	16	8
22	3	1	15	9	5	1	14	13
23	3	1	10	9	7	6	13	11
24	3	1	10	5	9	3	14	10
25	3	1	13	8	12	8	15	15

Probandennummer: 1, 2, 3 usw.

Sitzung: 3 = 4. Sitzung = Follow up-Sitzung nach Cross over

Zahnbürste: 0 = Elmex, 1 = ADA

mpli_pre: Summe mesialer Plaqueindex prebrush Follow up-Sitzung

mpli_post: Summe mesialer Plaqueindex postbrush Follow up-Sitzung

vpli_pre: Summe vestibulärer Plaqueindex prebrush Follow up-Sitzung

vpli_post: Summe vestibulärer Plaqueindex postbrush Follow up-Sitzung

dpli_pre: Summe distaler Plaqueindex prebrush Follow up-Sitzung

dpli_post: Summe distaler Plaqueindex postbrush Follow up-Sitzung

9.2.1.3 Cross over-Auswertungstabelle

Mean Gesamt Plaqueindex prebrush Baseline

Proband	Sitzung	Bürste	gpli_pre0	Mgpli_pre0
1	0	1	8,33	1,39
2	0	1	12,67	2,11
4	0	1	7,67	1,28
10	0	1	16,67	2,78
11	0	1	12,33	2,06
12	0	1	17,33	2,89
13	0	1	15	2,5
14	0	1	11,67	1,94
15	0	1	8,33	1,39
17	0	1	13,33	2,22
19	0	1	19	3,17
20	0	1	5	0,83
3	2	1	22	3,67
5	2	1	9,67	1,61
6	2	1	11	1,83
7	2	1	11,67	1,94
8	2	1	9,67	1,61
9	2	1	12,33	2,06
16	2	1	5,33	0,89
18	2	1	9,67	1,61
21	2	1	11	1,83
22	2	1	10	1,67
23	2	1	15,33	2,56
24	2	1	7,33	1,22
25	2	1	12,67	2,11
3	0	0	17	2,83
5	0	0	7,67	1,28
6	0	0	7	1,17

7	0	0	11,67	1,94
8	0	0	18,67	3,11
9	0	0	15	2,5
16	0	0	6,67	1,11
18	0	0	12,67	2,11
21	0	0	5,67	0,94
22	0	0	11,33	1,89
23	0	0	11,67	1,94
24	0	0	7,67	1,28
25	0	0	13	2,17
1	2	0	9	1,5
2	2	0	14,67	2,44
4	2	0	7	1,17
10	2	0	14,67	2,44
11	2	0	13,33	2,22
12	2	0	22,67	3,78
13	2	0	23	3,83
14	2	0	15,67	2,61
15	2	0	9,67	1,61
17	2	0	14,67	2,44
19	2	0	12	2
20	2	0	8,67	1,44

Probandennummer: 1, 2, 3 usw.

Sitzung: 0 = 1. Sitzung (Baseline vor Cross over), 2 = 3. Sitzung (Baseline nach Cross over)

Bürste: 0 = Elmex, 1 = ADA

gpli_pre0 = Gesamt Plaqueindex prebrush Baseline-Sitzung =

(mpli_pre0+vpli_pre0+dpli_pre0)/3 (Tab. 9.2.2.1.2)

Mgpli_pre0 = Mean Gesamt Plaqueindex prebrush Baseline-Sitzung = gpli_pre0/6

9.2.1.4 Auswertungstabelle zur Effektivität der Zahnbürsten innerhalb der Sitzungen beim Putzen

Mean Differenzwert mesialer/vestibulärer/distaler/Gesamt Gingivitis-/Plaqueindex
Baseline+Follow up

Prob.	Bürste	Mdif_mgi01	Mdif_vgi01	Mdif_dgi01	Mdif_mpli01	Mdif_vpli01	Mdif_dpli01	Mdif_ggi01	Mdif_gpli01
1	0	0	0	0	-0,42	-0,33	-0,42	0	-0,39
1	1	0	-0,08	0	-0,58	-0,58	-0,17	-0,03	-0,44
2	0	0	0	0	-1,5	-0,83	-2,08	0	-1,47
2	1	0,08	-0,17	-0,08	-1,33	-0,83	-1,42	-0,06	-1,19
3	0	-0,17	0,17	-0,08	-0,92	-1,25	-0,33	-0,03	-0,83

3	1	0,08	0	0	-1,08	-0,92	-0,75	0,03	-0,92
4	0	-0,08	-0,08	-0,17	-0,33	-0,17	-0,08	-0,11	-0,19
4	1	0	-0,17	0	-0,17	-0,33	-0,17	-0,06	-0,22
5	0	-0,17	0	-0,17	-0,08	-1	-0,58	-0,11	-0,56
5	1	-0,08	0	0	-0,75	-0,42	-0,25	-0,03	-0,47
6	0	-0,08	-0,17	-0,17	-0,67	-0,08	-0,5	-0,14	-0,42
6	1	0	0,08	0	-1,25	-1,17	-0,67	0,03	-1,03
7	0	0	0,08	-0,08	-1,33	-1,17	-1,08	0	-1,19
7	1	0	0	0	-1,08	-1,08	-0,33	0	-0,83
8	0	-0,08	0	0,17	-1,08	-1,25	-1,08	0,03	-1,14
8	1	0	0,08	-0,08	-0,33	-0,33	-0,17	0	-0,28
9	0	0	0	0	-1,83	-1,17	-1,58	0	-1,53
9	1	0	0	0	-1	-0,67	-1,17	0	-0,94
10	0	0	-0,08	0	-1,17	-1,33	-1,33	-0,03	-1,28
10	1	-0,33	0	0	-0,92	-0,67	-0,67	-0,11	-0,75
11	0	0	0	0	-1,25	-0,33	-1,33	0	-0,97
11	1	0	0	0	-0,67	-0,58	-0,75	0	-0,67
12	0	0	-0,25	0	-0,33	-1,83	-1,17	-0,08	-1,11
12	1	0,17	0	-0,17	-1,5	-1,75	-0,92	0	-1,39
13	0	0	0	0	-2,08	-3,58	-3,33	0	-3
13	1	0	0	0	-1,67	-1,58	-1,83	0	-1,69
14	0	0	0	0	-0,08	-0,17	-0,67	0	-0,31
14	1	-0,17	0	0	-0,83	-0,08	-0,67	-0,06	-0,53
15	0	0	0,08	0	0,17	-0,17	0	0,03	0
15	1	0	-0,08	0	-0,08	-0,58	-0,17	-0,03	-0,28
16	0	0	-0,08	-0,17	-0,25	-0,33	-0,83	-0,08	-0,47
16	1	0	0	0	-1	-0,67	-0,58	0	-0,75
17	0	0	0	0	-1,17	-1,25	-0,92	0	-1,11
17	1	0,08	-0,17	0	-0,5	-1,08	-0,33	-0,03	-0,64
18	0	0	0,08	0	-0,67	-0,67	-1	0,03	-0,78
18	1	0	0	0	-0,75	-1,08	-1,08	0	-0,97
19	0	0	-0,08	0	-1,17	-1,42	-1,42	-0,03	-1,33
19	1	0	-0,08	0	-1,08	-1,67	-1,75	-0,03	-1,5
20	0	0	-0,08	0	-0,5	-0,75	-0,67	-0,03	-0,64
20	1	0	-0,08	0	-0,5	-0,42	-0,42	-0,03	-0,44
21	0	0	-0,08	-0,08	-1,08	-0,58	-1,25	-0,06	-0,97
21	1	0	0	-0,08	-1,33	-1,08	-1	-0,03	-1,14
22	0	0	0	0	-1,08	-0,67	-1,25	0	-1
22	1	0	0	0	-0,5	-0,42	-0,33	0	-0,42
23	0	0	0	0	-0,08	-0,5	-0,92	0	-0,5
23	1	0	0,08	0	-1,08	-0,5	-0,83	0,03	-0,81
24	0	0	0	0,08	-1	-0,58	-0,92	0,03	-0,83
24	1	0	0	0	-0,67	-0,75	-0,25	0	-0,56
25	0	0	0	-0,08	-0,83	-0,58	-0,08	-0,03	-0,5

25	1	-0,08	0	0	-0,5	-0,33	-0,25	-0,03	-0,36
----	---	-------	---	---	------	-------	-------	-------	-------

Proband = Probandennummer

Bürste: 0 = Elmex, 1 = ADA

Mdif_mgi01 = (Mdif_mgi0+Mdif_mgi1)/2

Mdif_vgi01 = (Mdif_vgi0+Mdif_vgi1)/2

Mdif_dgi01 = (Mdif_dgi0+Mdif_dgi1)/2

Mdif_mpli01 = (Mdif_mpli0+Mdif_mpli1)/2

Mdif_vpli01 = (Mdif_vpli0+Mdif_vpli1)/2

Mdif_dpli01 = (Mdif_dpli0+Mdif_dpli1)/2

Mdif_ggi01 = (Mdif_mgi01+Mdif_vgi01+Mdif_dgi01)/3 = Mean Gesamt Differenzwert
Gingivitisindex Baseline+Follow up-Sitzung

Mdif_gpli01 = (Mdif_mpli01+Mdif_vpli01+Md_dpli01)/3 = Mean Gesamt Differenzwert
Plaueindex Baseline+Follow up-Sitzung

9.2.1.5 Tabelle zur Auswertung der Effektivität der Zahnbürsten über den Zeitraum von 30 Tagen

Mean Differenzwerte mesialer/vestibulärer/distaler/Gesamt Plaque-/Gingivitisindex prebrush

Prob.	Bürste	Mdif_mgi pre	Mdif_vgi pre	Mdif_dgi pre	Mdif_mpli pre	Mdif_vpli pre	Mdif_dpli pre	Mdif_ggi pre	Mdif_gpli pre
1	0	0	0	0	0,5	0,17	0,33	0	0,33
1	1	-0,17	0,17	0,17	0,17	0	0,17	0,06	0,11
2	0	0	0	0	-0,67	-0,5	-0,67	0	-0,61
2	1	0	0	-0,17	-1	-0,5	-1,33	-0,06	-0,94
3	0	-0,33	0	-0,33	-1,17	-0,17	-0,5	-0,22	-0,61
3	1	0	0	0	-0,5	-1	-0,17	0	-0,56
4	0	-0,17	-0,17	0	0	0	-0,33	-0,11	-0,11
4	1	0	0	0	0,17	-0,5	-1,5	0	-0,61
5	0	0	0	0	0,17	1	0,5	0	0,56
5	1	-0,17	0	0	-0,33	-0,33	0,83	-0,06	0,06
6	0	-0,33	0	-0,67	-0,17	-0,17	0,33	-0,33	0
6	1	0	0	0	1,5	0,5	0,17	0	0,72
7	0	-0,17	0	-0,17	-0,33	-0,33	0,33	-0,11	-0,11
7	1	0	0	0	-0,33	-0,33	0,17	0	-0,17
8	0	0	0	0	-0,33	-1,5	-1	0	-0,94
8	1	0	0	-0,17	-0,33	0,5	1,17	-0,06	0,44
9	0	0	0	0	0,33	-0,17	-0,33	0	-0,06
9	1	0	0	0	-0,33	-0,17	-0,17	0	-0,22
10	0	0	-0,17	0	0,67	0,5	0,5	-0,06	0,56
10	1	-0,67	0	0	-0,67	-0,17	-1	-0,22	-0,61
11	0	0	0	0	-0,83	-0,67	-0,17	0	-0,56
11	1	0	0	0	0,17	-1,17	-0,17	0	-0,39

12	0	0	-0,5	0	0,33	-1,33	0,33	-0,17	-0,22
12	1	0	-0,17	0	1	0,33	1,33	-0,06	0,89
13	0	0	0	0	0,5	0,33	0,33	0	0,39
13	1	0	0	0	-0,5	0	0,5	0	0
14	0	0	0	0	0	-0,17	-0,5	0	-0,22
14	1	0	0,17	0	0,17	0,67	0,83	0,06	0,56
15	0	0	-0,17	0	0,17	-0,5	-0,33	-0,06	-0,22
15	1	0	-0,17	0	0,33	1	0,67	-0,06	0,67
16	0	0	0,17	0	-0,5	-0,33	-0,33	0,06	-0,39
16	1	0	0	0	0,67	0,33	1	0	0,67
17	0	0	0	0	0,33	-0,5	0,5	0	0,11
17	1	0	0	0	0,5	-0,5	-0,17	0	-0,06
18	0	0	0	0	-0,83	0	0	0	-0,28
18	1	0	0	0	0,67	1	0,67	0	0,78
19	0	0	-0,17	0	1	0,17	1	-0,06	0,72
19	1	0	-0,17	0	-1,33	-1,83	-0,5	-0,06	-1,22
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	1	0	-0,17	0	0,33	-0,17	0,33	-0,06	0,17
21	0	0	-0,17	-0,17	0,83	1,17	1	-0,11	1
21	1	0	0	-0,17	-0,67	-0,33	0,67	-0,06	-0,11
22	0	0	0	0	0,17	0,5	0,17	0	0,28
22	1	0	0	0	0,17	0,33	0,17	0	0,22
23	0	0	0	0	0	-0,5	-0,5	0	-0,33
23	1	0	0	0	-1,33	-0,67	-0,67	0	-0,89
24	0	0	0	0	0,5	1	0,33	0	0,61
24	1	0	0	0	0,5	0,67	0,67	0	0,61
25	0	0	0	0,17	-0,5	0,17	1,17	0,06	0,28
25	1	0,17	0	0	0,17	0,33	-0,17	0,06	0,11

Prob = Probandennummer

Bürste: 0 = Elmex, 1 = ADA

Mdif_mgi_pre = Mean Differenzwert mesialer Gingivitisindex prebrush = dif_mgi_pre/6

Mdif_vgi_pre = Mean Differenzwert vestibulärer Gingivitisindex prebrush = dif_vgi_pre/6

Mdif_dgi_pre = Mean Differenzwert distaler Gingivitisindex prebrush = dif_dgi_pre/6

Mdif_mpli_pre = Mean Differenzwert mesialer Plaqueindex prebrush = dif_mpli_pre/6

Mdif_vppli_pre = Mean Differenzwert vestibulärer Plaqueindex prebrush = dif_vppli_pre/6

Mdif_dppli_pre = Mean Differenzwert distaler Plaqueindex prebrush = dif_dppli_pre/6

Mdif_ggi_pre = Mean Differenzwert Gesamt Gingivitisindex prebrush =

(Mdif_mgi_pre+Mdif_vgi_pre+Mdif_dgi_pre)/3

Mdif_gpli_pre = Mean Differenzwert Gesamt Plaqueindex prebrush =

(Mdif_mpli_pre+Mdif_vppli_pre+Mdif_dppli_pre)/3

9.2.2 3D-Tabelle

Totale Volumenveränderung der Zahnhartsubstanz und des Weichgewebes in μm^3 (avol_tot)

Zahnbürste	Differenzbild	Zahn	Tot. Vol.-änderung Hartgewebe	Tot. Vol.-änderung Weichgewebe
1	161cr.xv-160cr.xv	16	-8,80E+08	-4,40E+08
1	161thue.xv-160thuer	16	-7,60E+08	78628000
0	161MV.xv-160MV	16	-2,20E+08	-4,80E+08
1	163ar.xv-162ar.xv	16	-2,10E+08	-4,10E+08
0	161mak.xv-160mak	16	-1,30E+08	-3,20E+08
0	161slaM.xv-160slaM	16	-9,90E+07	-1,60E+07
1	161har.xv-160har	16	-8,30E+07	-3,10E+09
0	161vach.xv-160vac	16	-8,10E+07	3,48E+08
1	163juk.xv-162juk	16	-5,60E+07	-6,90E+08
0	161SV.xv-160SV	16	-5,20E+07	-1,60E+08
0	163de.xv-162de	16	-4,80E+07	2,77E+09
1	161phe.xv-160phe	16	-4,80E+07	-7,00E+08
1	161gre.xv-160gre	16	-4,80E+07	-1,40E+08
1	163slaA.xv-162sla	16	-4,30E+07	-3,80E+08
0	161slaA.xv-160sla	16	-3,80E+07	66791000
1	163sex.xv-162sex	16	-3,20E+07	-2,00E+08
0	163phe.xv-162phe	16	-1,50E+07	-4,00E+08
0	163gre.xv-162gre.	16	-1,40E+07	1,13E+09
1	161der.xv-160det	16	-1,40E+07	-1,00E+09
1	161stste.xv-160stst	16	-1,30E+07	-3,80E+08
1	161bhe.xv-160bhe	16	-1,20E+07	-6101100
0	163kno.xv-162kno.	16	-1,20E+07	-1,70E+09
0	161chst.xv-160chst	16	-7892100	-3,50E+08
0	161brue.xv-160brue	16	-7635700	-4,30E+08
1	163eb.xv-162eb.xv	16	-6112000	-3,40E+08
0	163cr.xv-162cr.xv	16	-2873600	1,78E+08
0	163bhe.xv-162bhe	16	-709250	-1,60E+08
1	163MV.xv-162MV	16	8452600	-3,60E+08
0	161scho.xv-160scho	16	8525500	-2,00E+08
0	161das.xv-160das	16	9670900	6,03E+08
0	161sex.xv-160sex	16	10077000	2,39E+08
0	163stst.xv-162stst	16	12959000	43609000
1	163SV.xv-162SV	16	15669000	-1,70E+08
1	163brue.xv-162bru	16	16346000	86148000
1	163chst.xv-162chst	16	19642000	13499000
1	161dur.xv-160dur	16	21109000	-2,00E+08
1	163das.xv-162da	16	28720000	-1,10E+08
0	163har.xv-162har	16	40828000	2,08E+08

1	161neu.xv-160neu	16	43831000	-2,20E+08
0	163dur.xv-162dur	16	49408000	-8,50E+07
1	163ma.xv-162ma	16	52742000	3,19E+08
1	161kno.xv-160kno.	16	60538000	3,97E+08
0	161eb.xv-160eb.xv	16	65616000	-2,40E+08
0	161juk.xv-160juk	16	1,01E+08	-7253500
1	163slaM.xv-162slaM	16	1,28E+08	4,05E+08
0	163neu.xv-162neu	16	1,46E+08	1,18E+09
1	163vach.xv-162vac	16	1,65E+08	3,50E+08
0	161ar.xv-160ar.xv	16	2,60E+08	1,98E+09
0	163thuer.xv-162thuer	16	7,70E+08	-3,60E+08
1	163schoe.xv-162scho	16	1,05E+09	6,12E+08
1	211thuer.xv-210thuer	21	-8,20E+08	-1,10E+08
0	211vach.xv-210vac	21	-5,90E+08	1,29E+08
1	211cr.xv-210cr.xv	21	-2,60E+08	9,03E+08
1	211stst.xv-210stst	21	-1,20E+08	4,74E+08
0	213dur.xv-212dur	21	-9,80E+07	-1,10E+08
1	213brue.xv-212brue	21	-7,80E+07	65550000
1	211kno.xv-210kno.	21	-7,10E+07	4,29E+08
0	211slaA.xv-210sla	21	-6,00E+07	-2,50E+08
0	213cr.xv-212cr.xv	21	-4,90E+07	-2,80E+08
1	211phe.xv-210phe	21	-4,60E+07	1,03E+08
0	211brue.xv-210brue	21	-3,00E+07	2,61E+08
0	213stste.xv-212stst	21	-2,30E+07	10377000
0	211MVe.xv-210MV	21	-2,20E+07	-1,10E+08
0	211slaM.xv-210slaM	21	-2,20E+07	7,76E+08
1	213ar.xv-212ar.xv	21	-1,60E+07	-6,50E+08
0	213har.xv-212har	21	-1,50E+07	3,81E+08
1	213das.xv-212das	21	-1,30E+07	-6,50E+08
1	213SV.xv-212SV	21	-1,20E+07	-2,70E+08
1	211neu.xv-210neu	21	-7871500	39343000
1	213eb.xv-212eb.xv	21	-7414500	-2,00E+08
1	211gre.xv-210gre.	21	-4955600	-8,40E+08
0	211ar.xv-210ar.xv	21	2216900	-6,10E+08
0	213phe.xv-212phel	21	3638300	1,30E+08
0	213neu.xv-212neu	21	4667500	-8,90E+07
0	211mak.xv-210mak	21	8387000	2,82E+08
0	213gre.xv-212gre.	21	11586000	18739000
0	213de.xv-212de	21	11823000	1,56E+08
1	213MV.xv-212MV	21	12946000	-2,80E+08
1	213juk.xv-212juk	21	14906000	1,16E+08
1	213slaA.xv-212sla	21	17788000	-3,50E+08
0	211das.xv-210das	21	24177000	4,45E+08
0	211scho.xv-210scho	21	28714000	-4,80E+08

1	213ma.xv-212mak	21	47701000	1,29E+08
1	211de.xv-210de	21	50278000	-2,00E+08
0	211eb.xv-210eb.xv	21	54555000	-1,20E+08
0	211juk.xv-210juk	21	56486000	-1,30E+08
1	213scho.xv-212scho	21	60245000	7,56E+08
1	211har.xv-210har	21	67284000	-3,00E+08
0	211SV.xv-210SV	21	70954000	-2,30E+08
0	213kno.xv-212kno.	21	73374000	1,04E+08
1	213vach.xv-212vac	21	95404000	-6,50E+08
1	213slaM.xv-212slado	21	1,03E+08	2,44E+08
1	211sex.xv-210sex	21	1,26E+08	64189000
0	213sex.xv-212sex	21	1,90E+08	-2,70E+08
0	213thue.xv-212thuer	21	1,98E+08	2,23E+08
0	213bhe.xv-212bhe	21	2,46E+08	28978000
1	211dur.xv-210dur	21	2,76E+08	8,94E+08
1	211bhe.xv-210bhe	21	5,01E+08	-2057300
1	223chst.xv-222chst	22	-9,40E+07	3,83E+08
0	221chst.xv-220chst	22	-7809700	2,70E+08
1	231bhe.xv-230bhe	23	-1,80E+08	3,59E+08
0	233thue.xv-232thue	23	1,70E+08	50800000
0	233bhe.xv-232bhe	23	2,94E+08	1,33E+09
1	231thue.xv-230thue	23	8,15E+08	-1,10E+07
0	241SV.xv-240SV	24	-2,10E+08	-9,90E+08
1	241neu.xv-240neu	24	-2,00E+08	-5,30E+07
0	243phe.xv-242phe	24	-1,40E+08	1,03E+09
1	241stst.xv-240stst	24	-1,30E+08	-5,10E+07
0	243kno.xv-242kno.	24	-8,70E+07	-6,10E+08
0	241ar.xv-240ar.xv	24	-7,10E+07	97237000
0	241das.xv-240das	24	-6,70E+07	1,02E+08
1	243juk.xv-242 ju	24	-5,70E+07	-3,80E+08
0	241MV.xv-240MV	24	-5,70E+07	1,67E+08
1	241de.xv-240de	24	-5,40E+07	7,97E+08
0	243dur.xv-242dur	24	-3,70E+07	2,36E+08
0	241juk.xv-240juk	24	-3,50E+07	1,80E+08
1	241phe.xv-240phe	24	-2,70E+07	1,96E+08
1	243slaM.xv-242sladM	24	-2,40E+07	-2177500
0	241brue.xv-240brue	24	-2,00E+07	7,38E+08
1	241gre.xv-240gre.	24	-1,70E+07	55339000
1	243ar.xv-242ar.xv	24	-1,50E+07	-3,80E+08
0	243har.xv-242har	24	-1,40E+07	1,16E+08
1	241har.xv-240har	24	-1,40E+07	-3,70E+08
1	243scho.xv-242scho	24	-1,00E+07	-6,80E+08
0	243de.xv-242de	24	-6474500	2,43E+08
0	241schoe.xv-240scho	24	4628600	8,35E+08

1	243SV.xv-242SV	24	7248500	4,50E+08
1	243MV.xv-242MV	24	10029000	15067000
1	243eb.xv-242eb.xv	24	11963000	3,38E+08
1	243vach.xv-242vac	24	12344000	-3,00E+08
1	243chst.xv-242chst	24	14893000	-8,70E+07
0	243stst.xv-242stst	24	16569000	10283000
1	241kn.xv-240kn.	24	18180000	1,09E+09
0	241ebt.xv-240eb.xv	24	19918000	-9,00E+08
0	243cr.xv-242cr.xv	24	20642000	4,99E+08
0	243sex.xv-242sex	24	37190000	16297000
1	241sex.xv-240se	24	38641000	6,90E+08
0	241chst.xv-240chst	24	44817000	-5,70E+08
0	241mak.xv-240mak	24	46238000	-4,30E+08
0	243neu.xv-242neu	24	61046000	-2,20E+08
1	243das.xv-242das	24	65617000	-5,90E+08
1	241cr.xv-240cr.xv	24	78321000	-2,10E+08
0	241vach.xv-240vac	24	79514000	-5,70E+07
1	243mak.xv-242mak	24	84536000	46832000
1	243brue.xv-242brue	24	89794000	1,27E+09
0	241slaM.xv-240sladM	24	1,11E+08	-7,40E+08
0	243gre.xv-242gre.	24	1,33E+08	-5,50E+08
1	241dur.xv-240dureti	24	5,21E+08	2,18E+09
0	251slaA.xv-250sla	25	-1,00E+08	2,47E+08
1	253slaAn.xv-252sla	25	10740000	55507000
1	353das.xv-352das	35	-1,20E+08	5,98E+08
0	351das.xv-350das	35	49321000	-4,30E+07
0	361chst.xv-360chst	36	-4,40E+08	74525000
1	361stst.xv-360stst	36	-4,30E+08	1,40E+08
0	361ar.xv-360ar.xv	36	-3,70E+08	87063000
0	363der.xv-362de	36	-3,60E+08	2,85E+08
0	363thue.xv-362thue	36	-2,10E+08	1,83E+08
1	363slaM.xv-362sladM	36	-2,00E+08	1,08E+09
0	363stst.xv-362stst	36	-1,60E+08	-5,40E+08
1	363juk.xv-362juk	36	-9,10E+07	68090000
0	361MV.xv-360MV	36	-7,40E+07	-1,20E+08
0	361vac.xv-360vac	36	-7,30E+07	-7,30E+08
1	363brue.xv-362brue	36	-6,90E+07	-1,60E+09
0	363gre.xv-362gre.	36	-6,10E+07	-9,60E+07
1	363slaA.xv-362sla	36	-5,30E+07	7,80E+08
1	363scho.xv-362scho	36	-4,50E+07	-4,80E+08
1	361sex.xv-360sex	36	-3,60E+07	43511000
0	363har.xv-362hart	36	-3,40E+07	-2,40E+08
1	361de.xv-360de	36	-3,30E+07	1,44E+08
0	361SV.xv-360SV	36	-3,30E+07	1,14E+08

1	363MV.xv-362MV	36	-3,10E+07	-8,20E+07
1	361bhe.xv-360bhe	36	-3,00E+07	5,32E+08
0	361mak.xv-360mak	36	-1,20E+07	-1,30E+07
0	361slaAnxv-360sla	36	-2723300	2,08E+08
1	363mak.xv-362mak	36	2279300	-2,80E+08
1	361neu.xv-360neu	36	4722900	-3,00E+07
0	363phe.xv-362phe	36	22585000	-1,50E+08
1	361gre.xv-360gre.	36	27099000	2,90E+08
1	361phe.xv-360phe	36	27395000	3,92E+08
0	361slaM.xv-360slaM	36	30558000	1,93E+08
0	363cr.xv-362cr.xv	36	36238000	3,03E+08
1	361thuer.xv-360thuer	36	38997000	-3,20E+07
1	363SV.xv-362SV	36	45115000	3,39E+08
1	363ar.xv-362ar.xv	36	61207000	-1,70E+09
1	361cr.xv-360cr.xv	36	62090000	50981000
1	361har.xv-360har	36	65830000	1,30E+08
1	363vach.xv-362vac	36	70000000	5,34E+08
0	361brue.xv-360brue	36	96819000	6374200
0	361scho.xv-360scho	36	1,05E+08	3,66E+08
0	363sex.xv-362sex	36	1,30E+08	16433000
1	361kno.xv-360kno.	36	1,40E+08	-2,40E+08
0	363kno.xv-362kno.	36	1,44E+08	3,67E+08
0	363neu.xv-362neu	36	1,89E+08	-1,70E+08
0	361juk.xv-360juk	36	1,95E+08	-6,20E+08
0	363bhe.xv-362bhe	36	2,54E+08	-5,30E+08
1	363chst.xv-362chst	36	4,90E+08	-9,40E+07
1	373eb.xv-372eb.xv	37	-8,50E+07	-2,90E+07
0	373dur.xv-372dur	37	-2,30E+07	-5,40E+08
1	371dur.xv-370dur	37	59992000	-1,30E+08
0	371eb.xv-370eb.xv	37	77277000	-7,50E+08
0	411SV.xv-410SV	41	-7,40E+08	59177000
1	413SV.xv-412SV	41	-5,40E+08	-2,30E+08
1	411de.xv-410de	41	-2,20E+08	-5,40E+08
0	411eb.xv-410eb.xv	41	-1,20E+08	78045000
1	411ststxv-410stst	41	-1,10E+08	1,15E+08
1	411sex.xv-410sex	41	-9,30E+07	1,05E+09
1	413slaA.xv-412sla	41	-7,80E+07	4,36E+08
0	411MV.xv-410MV	41	-7,00E+07	76368000
0	413bhe.xv-412bhe	41	-6,40E+07	6,12E+08
1	413chs.xv-412chst	41	-5,90E+07	1,13E+08
0	411brue.xv-410brue	41	-5,80E+07	2,05E+09
0	411vach.xv-410vac	41	-4,00E+07	-5,40E+07
0	413har.xv-412har	41	-4,00E+07	-2,00E+08
1	413das.xv-412das	41	-3,70E+07	-1,20E+08

0	411juk.xv-410juk	41	-3,50E+07	7,88E+08
1	413slaM.xv-412sladM	41	-3,30E+07	2,80E+08
1	411har.xv-410har	41	-3,00E+07	6962200
0	411slaM.xv-410slaM	41	-2,80E+07	3,38E+08
0	411scho.xv-410scho	41	-2,50E+07	-6,30E+07
0	413thue.xv-412thue	41	-2,00E+07	9,19E+08
0	411slaA.xv-410sla	41	-1,90E+07	-2,30E+08
1	411cr.xv-410cr.xv	41	-1,40E+07	6,49E+08
1	411dur.xv-410dur	41	-1,10E+07	-2,90E+07
1	413juk.xv-412juk	41	-9486900	1,00E+09
1	411neu.xv-410neu	41	-6975500	4,43E+08
1	413scho.xv-412scho	41	-2445800	4,97E+08
0	413sex.xv-412sex	41	-2288700	-1,40E+08
1	413mak.xv-412mak	41	-2036300	52569000
0	413de.xv-412de	41	62036	-2,90E+08
0	413neu.xv-412neu	41	9675900	50152000
1	411phe.xv-410phe	41	9885500	-3,90E+08
1	413eb.xv-412eb.xv	41	13235000	2,03E+08
0	411ar.xv-410ar.xv	41	16600000	-4,60E+08
0	411mak.xv-410mak	41	17880000	2,08E+08
0	413dure.xv-412dur	41	17915000	-5,60E+08
0	411chst.xv-410chst	41	24525000	1,31E+08
0	413phe.xv-412phe	41	25510000	1,92E+08
1	411thue.xv-410thue	41	25721000	-1,60E+08
0	413kno.xv-412kno.	41	26060000	99139000
1	413brue.xv-412bru	41	32482000	2,31E+08
0	413cr.xv-412cr.xv	41	36665000	-1,10E+09
0	413stst.xv-412stst	41	47259000	66351000
0	411das.xv-410das	41	55472000	-1,10E+08
0	413gre.xv-412gre.	41	57345000	-2,00E+08
1	411kno.xv-410kno.	41	57596000	-4,40E+08
1	413ar.xv-412ar.xv	41	80563000	-5,20E+08
1	413MVn.xv-412MV	41	1,12E+08	-3,80E+08
1	413vach.xv-412vac	41	1,68E+08	14030000
1	411gre.xv-410gre.	41	2,24E+08	-9,40E+08
1	411bhe.xv-410bhe	41	6,26E+08	-4,40E+08
0	441das.xv-440das	44	-2,50E+08	-3,50E+08
0	441mak.xv-440mak	44	-1,90E+08	37103000
1	441cr.xv-440cr.xv	44	-1,80E+08	3827000
1	443das.xv-442das	44	-1,50E+08	4,48E+08
0	443stst.xv-442stst	44	-1,50E+08	-5,40E+07
0	441MV.xv-440MV	44	-1,50E+08	78756000
0	441SV.xv-440SV	44	-1,10E+08	-6,80E+08
1	441stst.xv-440stst	44	-1,10E+08	-1,90E+08

1	441neu.xv-440neu	44	-9,40E+07	-7,30E+08
0	443de.xv-442de	44	-8,40E+07	1,31E+08
1	441phe.xv-440phe	44	-7,50E+07	58965000
0	441slaM.xv-440slaM	44	-6,10E+07	-2,30E+08
0	441vach.xv-440vac	44	-5,50E+07	1,19E+09
0	443cr.xv-442cr.xv	44	-5,00E+07	2,57E+08
1	443bruxv-442brue	44	-4,60E+07	3661900
0	443har.xv-442har	44	-4,30E+07	-3,60E+07
0	441chst.xv-440chst	44	-3,80E+07	88882000
1	443SV.xv-442SV	44	-3,40E+07	48529000
0	441juk.xv-440juk	44	-3,00E+07	-8,20E+07
1	443ar.xv-442ar.xv	44	-2,10E+07	18375000
1	443slaM.xv-442slaM	44	-1,90E+07	81166000
1	443mak.xv-442mak	44	-1,70E+07	3,67E+08
1	443scho.xv-442scho	44	-1,40E+07	-8,70E+08
1	441har.xv-440har	44	-1,30E+07	-1,40E+09
1	443MV.xv-442MV	44	-349080	-1,60E+08
0	443phe.xv-442ph	44	1043900	-8971500
1	441de.xv-440de	44	1069500	9,42E+08
1	443ebt.xv-442eb.xv	44	4061500	3,02E+08
0	443dur.xv-442dur	44	20276000	-7,50E+08
1	441kno.xv-440kno.	44	26843000	-9,00E+08
0	441eb.xv-440eb.xv	44	33795000	-1,80E+08
0	443sex.xv-442sex	44	36091000	1,46E+08
0	443neu.xv-442neu	44	40861000	1,24E+09
0	441scho.xv-440scho	44	53525000	-1,70E+08
1	443juk.xv-442juk	44	67249000	1,69E+09
0	443gre.xv-442gre.	44	69768000	-1,30E+09
1	443vach.xv-442vac	44	71553000	5,84E+08
1	441dur.xv-440dur	44	81977000	-8,00E+08
0	441brue.xv-440brue	44	82179000	2581100
0	443kno.xv-442kno.	44	89376000	-4,20E+07
1	441gre.xv-440gre.	44	97919000	-2,60E+08
1	441sex.xv-440sex	44	1,04E+08	-7,00E+08
1	441bhe.xv-440bhe	44	1,53E+08	71462000
0	443bhe.xv-442bhe	44	2,31E+08	2,40E+08
0	441ar.xv-440ar.xv	44	2,64E+08	1,38E+08
1	443chst.xv-442chst	44	1,91E+09	3,89E+08
0	451slaA.xv-450sla	45	-5,40E+07	-6,00E+07
1	453slaAna.xv-452sla	45	16918000	-4,10E+08
0	463thue.xv-462thue	46	-4,30E+08	48445000
1	461thue.xv-460thue	46	-6,30E+07	-7,30E+07

Zahnbürste: 0 = Elmex, 1 = ADA

Differenzbild: Differenzbildbezeichnungen

Zahn: 16 = Zahn 16, 21 = Zahn 21, 24 = Zahn 24, 36 = Zahn 36, 41 = Zahn 41, 44 = Zahn 44
bzw. deren Ausweichzähne

Tot. Vol.-änderung Hartgewebe: Totale Volumenveränderung Hartschubstanz in μm^3

Tot. Vol.-änderung Weichgewebe: Totale Volumenveränderung Weichgewebe in μm^3

9.3 Kurzanleitung zum Vorgehen an dem 3D-Scanner/Verarbeitung der Daten im Match3D-Programm

1. Einscannen an dem 3D-Laserscanner

Scan 3D-Programm aufrufen (Befehl „scan3d“)

→Programm-Fenster öffnet sich

→Meßobjekt im Scanner in Position bringen

→File→scan parameters→Fenster mit Scan-Parameter-Einstellungen→number of steps anpassen, Mirror-Option ausstellen, dann OK

→unten links im Fenster auf Start (Türen des Scanners müssen geschlossen sein, Licht ist ausgeschaltet)

→nach dem Scannen Bildbenennung→Fenster öffnet sich automatisch, Bilder haben die Endung „.xv“

2. Überlagerung der Bilder zu Differenzbildern mittels des „Match 3D“-Programmes

A) Aufrufen von eingescannten Bildern

Match 3D-Programm aufrufen (Befehl „match 3d“)

→Fenster öffnet sich mit Möglichkeit, Bilder auszuwählen, die bearbeitet werden sollen

→File→open VIFF→neues unterteiltes Fenster öffnet sich→im linken Teilfenster einen Verzeichnisnamen anklicken (Doppelklick links), im rechten Teilfenster den Namen des gewünschten Bildes anklicken (Doppelklick links), der Dateiname erscheint oben im Fenster File/Filter, dann OK

→Gewünschtes Bild öffnet sich

B) Bilder überlagern/Erstellen von Differenzbildern

Zwei Bilder (Baseline und Follow up), die verglichen werden sollen, werden, wie unter A) beschrieben, aufgerufen

→mit der linken Maustaste wird der Bereich (hier Bezugsfläche: Zahnhartsubstanz), der bei der Überlagerung der beiden Bilder übereinandergebracht werden soll, „ausgeschnitten“. Mit der rechten Maustaste wird das Polygon geschlossen. Dies wird in beiden Bildern durchgeführt.

→bei beiden Bildern jeweils oben im Fenster→edit→select polygon

→im Follow up-Bild oben im Fenster→match→parameters→neues Fenster („matching control panel-Fenster“) öffnet sich

→im obersten Fensterbereich auf den Namen des Baseline-Bildes gehen (z.B....xv)

→wieder in die Bildfenster zurückkehren→in beiden Bildern nun 3 oder mehr identische Punkte aussuchen, dazu mit linker Maustaste Punkte markieren, rechte Maustaste schließt das Polygon

→in dem grauen matching control panel-Fenster, das zuvor geöffnet worden war→from points→match

→neues Fenster „matching error progress“ öffnet sich, gibt den Errechnungsprozeß der Überlagerung der Bilder wieder→letzter Wert muß unter $2,5E+01$ sein, dann ist die Überlagerung exakt genug→nach Beendigung der Rechnung erscheint neues Fenster („Accept“-Fenster)

→Accept computed transformation→ yes→Matching error progress-Fenster schließt sich dann wieder

→in den Bildfenstern jeweils auf \diamond ALL drücken, dadurch wird wieder das gesamte Zahnbild sichtbar

→im matching control panel-Fenster (oben links)→Diff. img.→es öffnet sich das produzierte Differenzbild

→in dem Differenzbildfenster→File→save VIFF→graues Fenster mit Vorschlag für Bildnamen erscheint→Namensgebung→OK

3. Statistik-Auswertung

Gewünschtes Differenzbild mit dem Match 3D-Programm (oben beschrieben) aufrufen

→edit→load polygon→rechteck1.txt auswählen→ Auswertungsfenster-Rechteck erscheint im Differenzbild

→Positionierung des Rechteckes in der Mitte der Vestibulärfläche der Zähne→Rechteck wird mit STRG-Taste und linker Maustaste bewegt

→Speicherung des positionierten Rechteckes→process→path data, „path data“-Fenster öffnet sich→unten in diesem Fenster „average point“ löschen→file→save, Fenster für die Namensgebung öffnet sich, vor dem vorgeschlagenen Namen wird ein r (für Rechteck) positioniert→OK

→im Differenzbildfenster→edit→unselect all→Polygon-Eingabe für das Hartgewebe, genaue Abgrenzung am Zahn-Gingivalbereich erforderlich

→edit→select polygon→edit→load polygon→das vorher positionierte und abgespeicherte Rechteck auswählen (r...)→OK, das Rechteck erscheint im Bild

→edit→unselect complement, jetzt ist nur der Anteil ausgeschnitten, der ausgewertet werden soll→process→statistics, „Differenzbild-Statistik“-Fenster öffnet sich

File→save, Namensgebungsfenster öffnet sich→ „rh“ für Hartgewebe wird vor dem Namensvorschlag positioniert (rh...) →OK

Dieselbe Prozedur wird für den Weichgewebeanteil durchgeführt.

10. Danksagung

Besonders möchte ich mich bei Prof. Dr. K.-H. Kunzelmann für die Überlassung des interessanten Themas und für die intensive Unterstützung und fachliche Beratung bei der Erstellung dieser Arbeit bedanken.

Bei Herrn Prof. Dr. Reinhard Hickel, Direktor der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, bedanke ich mich, daß er mir die Durchführung dieser Arbeit in seiner Abteilung ermöglichte.

Ich danke allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Poliklinik, besonders Wolfram Gloger (Physiker), die mir bei meiner Arbeit geholfen und mir wertvolle Tips gegeben haben.

Für die statistische Beratung danke ich Dr. Michael Wiseman aus dem Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

Ebenso gilt mein Dank den Probanden der Studie, die sich zur Verfügung gestellt haben und die Grundlage für diese Arbeit darstellten.

Meiner Mutter, Regine Berkel, möchte ich danken, die mich in meinem Studium sehr unterstützt und gefördert hat.

Nicht zuletzt möchte ich meinem Ehemann Stefan Steinle für das Verständnis und die Unterstützung danken, die er mir auch in schwierigen Abschnitten dieser Arbeit entgegengebracht hat. Ohne ihn wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

11. Lebenslauf

Name: Steinle, geb. Berkel
Vorname: Katja
Geburtsdatum: 01.01.1973
Geburtsort: Kirchhellen

Schulbildung:

1979-1983 St. Agatha Grundschule Dorsten
1983-1992 Gymnasium Petrinum Dorsten mit Abschluß der Allgemeinen Hochschulreife am 10. Juni 1992

Hochschulbildung:

1992-1998 Studium des Faches Zahnmedizin an der Westfälischen Wilhelms- Universität Münster
27.09.1993 Naturwissenschaftliche Vorprüfung für Zahnheilkunde
28.09.1995 Zahnärztliche Vorprüfung
23.11.1998 Zahnärztliche Prüfung
03.12.1998 Erteilung der Approbation als Zahnärztin

Praktische Tätigkeit:

12.04.1999-31.10.2001 Tätigkeit als Vorbereitungsassistentin in freier Praxis in München