

Aus der Abteilung Präventive Zahnmedizin, Parodontologie und Kariologie
(komm. Direktor: Prof. Dr. med. dent. M. Hülsmann)
im Zentrum Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

Klinische Studie zum Einfluss der Gebrauchsdauer
von Zahnbürsten verschiedener Borstenhärten
auf Plaquekontrolle und Gingivazustand

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades für Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von
Susanne Wurbs
aus Krefeld

Göttingen 2011

Dekan: Prof. Dr. med. C. Frömmel

1. Berichtstatter: Prof. Dr. med. dent. R. F. Mausberg

2. Berichtstatterin: Priv. - Doz. Dr. med. dent. Sennhenn- Kirchner

3. Berichtstatter: Prof. Dr. med. Oppermann

Tag der mündlichen Prüfung: 28.02.2012

Abkürzungsverzeichnis

ADA	American Dental Association
API	Approximalraum-Plaque-Index
DMF-T	Index zur Erfassung der kariösen (D <i>decayed</i>), fehlenden (M <i>missing</i>) und gefüllten (F <i>filled</i>) Zähne (T <i>teeth</i>) (Klein et al. 1938)
DMS	Deutsche Mundgesundheitsstudie
GI	Gingivaindex (Löe und Silness 1963)
HIV	Humanes Immundefizienz-Virus
mm	Millimeter
MW	Mittelwert
PBI	Papillen-Blutungs-Index (Saxer und Mühlemann 1975)
PEP-PTS	Phosphoenolpyruvat-Phosphotransferasesystem
pH	pondus Hydrogenii oder potentia Hydrogenii (lat. Pondus = Gewicht, lat. Potentia = Kraft, lat. Hydrogenium = Wasserstoff)
PI	Plaqueindex
ppm	parts per million
p-Wert	von p-value (engl. probability = Wahrscheinlichkeit)
PZR	professionelle Zahnreinigung
QHI	Quigley-Hein-Index (Quigley und Hein 1962) modifiziert nach Turesky (Turesky et al. 1972)
S.	Streptococcus
SBI	Sulkus-Blutungs-Index (Mühlemann und Son 1971)
SD	Standardabweichung
TBC	Tuberkulose
WHO	World Health Organisation

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Literaturübersicht	3
2.1 Plaque	3
2.1.1 Reaktionen im Parodont	5
2.1.2 Auswirkungen auf die Zahnhartsubstanz	6
2.2 Mundgesundheit und Mundhygiene	8
2.3 Die Handzahnbürste	9
2.4 Systematik des Zähneputzens	13
2.5 Zahnputztechniken	14
2.5.1 Modifizierte Bass-Methode	14
2.5.2 Charters-Methode	15
2.5.3 Modifizierte Stillman-Methode	15
2.5.4 Fones-Technik	16
2.6 Zahnputzdauer und -häufigkeit	16
2.7 Nutzungsdauer von Zahnbürsten	17
2.7.1 Klinische Studien	18
2.7.2 Bakterielle Kontamination	19
3 Material und Methoden	21
3.1 Administrative Vorbereitungen	21
3.2 Material	21
3.2.1 Probanden	21
3.2.2 Zahnbürsten	22
3.2.3 Testzahnpasta	26
3.3 Methode	27
3.3.1 Einteilung der Gruppen	27
3.3.2 Studienablauf	27
3.3.3 Zahnärztliche Anamnese und Einverständniserklärung	28
3.3.4 Klinisch-zahnmedizinische Untersuchung	28
3.3.5 Professionelle Zahnreinigung und Instruktion	30
3.3.6 Untersuchungs- und Kontrollintervall	30
3.3.7 Abschlussuntersuchung	30
3.3.8 Versuchsplan	31
3.4 Statistischer Teil	34
4 Ergebnisse	35

4.1 Probanden	35
4.2 Quigley-Hein-Index	36
4.3 Papillen-Blutungs-Index	42
4.4 Gingivaindex	46
5 Diskussion	51
5.1 Studiendesign	51
5.1.1 Paralleldesign	51
5.1.2 Reliabilität	51
5.1.3 Studiendauer/ Kontrollintervall	52
5.1.4 Probandenanzahl	53
5.1.5 Probandenauswahl	53
5.1.6 Zahnputzdauer und Mundhygieneinstruktion	54
5.1.7 Randomisierung	55
5.2. Material	55
5.2.1 Testzahnbürsten	55
5.2.2 Plaquerevelator	56
5.2.3 Testzahnpaste	56
5.3 Methodik	56
5.3.1 Professionelle Zahnreinigung	56
5.3.2 Auswahl der Mundhygiene-Indizes	57
5.3.3 Plaqueindex	57
5.3.4 Gingivaindizes	58
5.3.4.1 Papillen-Blutungs-Index	58
5.3.4.2 Gingivaindex	59
5.4 Ergebnisse	59
6 Zusammenfassung	63
7 Anhang	76
7.1 Anamnesebogen	76
7.2 Patientenaufklärung	79
7.3 Einverständniserklärung	81
7.4 Dokumentationsbögen zur Erhebung der Indizes	82
7.5 Tabellenverzeichnis	84
7.6 Abbildungsverzeichnis	85
8 Literaturverzeichnis	87

1 Einleitung

Laut der vierten Deutschen Mundgesundheitsstudie (DMS IV 2006) ist in weiten Bevölkerungskreisen ein gesteigertes Bewusstsein für den Wert gesunder und schöner Zähne festzustellen. Die Studie zeigte im Vergleich zur letzten Untersuchung (DMS III 1996) eine deutliche Verbesserung des Mundhygieneverhaltens. Dennoch zählen Parodontalerkrankungen und Karies zu den häufigsten Infektionskrankheiten der Menschheit. Epidemiologische und experimentelle Studien haben gezeigt, dass Gingivitis, Parodontitis und Karies abhängig von der Anwesenheit von Plaque sind (Glaze und Wade 1986). Plaque ist ein strukturierter, zäher Biofilm, der sich aus Bakterien, deren Stoffwechselprodukten und Speichel- und Nahrungsbestandteilen zusammensetzt (Hellwig et al. 1999). Neben Fissurenversiegelungen, der Anwendung von Fluoridpräparaten und der Anpassung der Ernährungsgewohnheiten spielt die gezielte Mundhygiene bei der Kariesprävention eine wichtige Rolle. Hinsichtlich parodontaler Erkrankungen ist unumstritten, dass die Intensivierung der Mundhygiene mit möglichst optimaler Plaquekontrolle die beste Prophylaxe darstellt (Axelsson et al. 1991, Loe et al. 1965, Strahan et al. 1977). Die zuverlässigste Methode der Plaquekontrolle ist die der mechanischen Plaqueentfernung mit Handzahnbürsten, elektrischen Zahnbürsten oder anderen Mundhygienemitteln (Glaze und Wade 1986). Außerdem stellt das Zähneputzen mit der Zahnbürste in fast allen zivilisierten Ländern die immer noch effektivste und populärste Methode zur Entfernung der Plaque dar (Frandsen 1985). Da die Zahnbürste ein Verbrauchsmaterial ist, welches täglich verwendet wird und somit Verschleißvorgängen unterliegt, hat sie eine begrenzte Lebensdauer und sollte regelmäßig ausgetauscht werden. Während gewöhnlich ein Zahnbürstenwechsel nach drei Monaten empfohlen wird, besteht in der Literatur über den Zeitraum der Nutzungsdauer und den Zusammenhang von Abnutzung und Effektivität derzeit Uneinigkeit. Bei der Betrachtung klinischer Studien zu natürlich benutzten Zahnbürsten zeigt sich, dass der Abnutzungsgrad einer Zahnbürste offensichtlich weniger bedeutend für den Erhalt einer guten Plaquekontrolle ist (Koch CA et al. 2007). Drei Studien zeigen keinerlei Unterschiede hinsichtlich der Effizienz in der Plaqueentfernung beim Vergleich von älteren teilweise stark abgenutzten Bürsten mit neuen oder gering abgenutzten Zahnbürsten (Daly et al. 1996, Hedge et al. 2005, Tan und Daly 2002).

Glaze und Wade hingegen kamen zu dem Ergebnis, dass eine abgenutzte Zahnbürste die Plaque nicht mehr optimal entfernen kann (Glaze und Wade 1986). Trotzdem schlugen alle Autoren vor, dass der Zeitraum des Gebrauchs einer Zahnbürste zwischen zweieinhalb Monaten und sechs Monaten liegen sollte (McKendrick et al. 1971, Abraham et al. 1990, Dean 1991, Dean et al. 1992). Zudem wurde den Patienten empfohlen, die Zahnbürste auszutauschen, sobald sich deren Borsten verbiegen (Sforza et al. 2000). In den meisten Studien betrug der Beobachtungszeitraum allerdings lediglich ein bis maximal vier Monate (Glaze und Wade 1986, Conforti et al. 2003, Daly et al. 1996, Hedge et al. 2005, Sforza et al. 2000, Tan und Daly 2002). Ebenso blieb der Einfluss der Nutzungsdauer auf den Zustand der Gingiva häufig unberücksichtigt. Es ist somit unklar, ob die Nutzungsdauer und der damit verbundene Verschleiß der Zahnbürste über einen viermonatigen Gebrauch hinaus den Mundhygienezustand beeinflussen. Diese Arbeit befasst sich mit der Fragestellung, ob eine sechsmonatige Gebrauchsdauer von Handzahnbürsten verschiedener Härtegrade und Bürstenkopf-Größen Einfluss auf die Plaquekontrolle und den Gingivazustand hat. Dabei soll die Hypothese, dass das Zahnbürstenalter bzw. deren Abnutzung die Plaqueentfernung nicht beeinflussen, überprüft werden. Ein weiterer Aspekt, mit dem sich diese Untersuchung beschäftigt, ist, ob es einen Unterschied in der Abnutzung bzw. Effektivität bei Bürsten mit unterschiedlichen Borstenhärten und Bürstenkopf-Größen gibt.

2 Literaturübersicht

2.1 Plaque

Plaque ist ein strukturierter, zäher, verfilzter Zahnbelag aus Bestandteilen des Speichels, bakteriellen Stoffwechselprodukten, Bakterienzellen und Nahrungsresten (Hellwig et al. 1999). Sie ist das Produkt bakterieller Kolonisierung und Proliferation und zu einem hoch komplexen Biofilm organisiert. Die Fähigkeit von Bakterien, strukturierte Gemeinschaften zu bilden, bietet ihnen den Vorteil, Nährstoffe zu akkumulieren und wiederzuverwerten, sich gegen äußere Einflüsse zu schützen, sowie genetische Informationen auszutauschen (Müller 2001). Bei allen Biofilmen sind die Mikroorganismen in eine Matrix aus extrazellulären polymeren Substanzen eingebettet, die die Haftung an Oberflächen ermöglicht und sie zusammenhält (Flemming und Wingender 2001).

Die Entwicklung der Plaque vollzieht sich in mehreren Schritten. Während der ersten Phase der Plaquebildung lagert sich innerhalb von Minuten bis Stunden ein unstrukturierter, azellulärer Film (*acquired pellicle*, exogenes Zahnoberhäutchen) an eine gereinigte Zahnoberfläche an. Das exogene Zahnoberhäutchen ist maximal 1 µm dick und besteht aus sauren, prolinreichen und phosphathaltigen Proteinen, sowie sulfathaltigen Glycoproteinen (Bennick et al. 1981). Aufgrund der Eigenladung dieser Proteine ist eine elektrostatische Bindung an die Kalzium- und Phosphatgruppen der Zahnhartsubstanz möglich. Innerhalb weniger Stunden heften sich selektiv zuerst grampositive Kokken (*Streptococcus* (S.) *sanguis*) und Aktinomyzeten an. Nach ein bis zwei Tagen vernachlässigter Plaqueentfernung entsteht eine 10 bis 20 Zelllagen dicke Bakterienmasse. Diese besteht hauptsächlich aus grampositiven Kokken (S. *sanguis*, S. *oralis*, S. *mitis*) und Stäbchen (Mac Pherson et al. 1991, Nyvad und Kilian 1990). Die Plaque wächst nun durch Teilungsvorgänge bzw. Akkumulation weiterer Bakterien und gewinnt mit zunehmendem Alter anaeroben Charakter. Nach 7 bis 14 Tagen ungestörten Plaquewachstums ist sie ausgereift und besteht aus dicht gepackten (60-70 Volumen-Prozent) Bakterien. Nun können auch Spirochäten und bewegliche Stäbchen in der supragingivalen Plaque nachgewiesen werden. In diesem Zustand ist sie durch die Selbstreinigungskräfte der Mundhöhle nicht mehr vom Zahn zu entfernen (Hellwig et al. 1999, Müller 2001).

Breitet sich die supragingivale Plaque in den Sulcus gingivae aus, spricht man von subgingivaler Plaque, bei welcher sich die Zusammensetzung und die Struktur verändern. Durch das sauerstoffarme Milieu des Subgingivalraumes wird die Entwicklung anaerober Keime begünstigt. Die subgingivale Flora im gesunden Parodont besteht überwiegend aus nichtbeweglichen Mikroorganismen. Bei einem entzündeten Parodont vermehren sich die beweglichen Mikroorganismen, sodass ein großer Anteil der Plaque aus fusiformen bzw. filamentösen Mikroorganismen, sowie beweglichen Stäbchen und Spirochäten besteht (Theilade et al. 1966). Die subgingivale Plaque setzt sich aus einem der Zahnoberfläche anhaftenden, strukturierten Anteil (attached Plaque) und einem nicht adhärenen Bakterienanteil zusammen. Zunächst breitet sich die adhärenente Taschenplaque per continuitatem apikalwärts aus, erst später wird diese sekundär von gramnegativen, beweglichen Organismen lose überwachsen (*swimming plaque*) (Listgarten 1976). Die mehrheitlich gramnegativen Mikroorganismen der *swimming plaque* werden für den beschleunigten Verlauf parodontaler Entzündungen verantwortlich gemacht.

Die alleinige Anlagerung von Bakterien ist jedoch nicht der Auslöser für eine Entzündung.

Parodontopathogene Plaquebakterien verfügen über Eigenschaften, die die Destruktion des Parodonts beschleunigen können. Diese sogenannten Virulenzfaktoren verursachen schädigende Prozesse, welche auf direkter oder indirekter Toxizität der Mikroorganismen beruhen (Listgarten 1987). Die direkte Toxizität besteht in der bakterieneigenen Produktion von Enzymen wie Kollagenasen, Hyaluronidasen und anderen Proteasen, die die Interzellulärsubstanz des inneren Saumepithels angreifen bzw. das kollagene Stützgerüst auflösen, und dadurch das Eindringen weiterer Mikroorganismen sowie von Zytotoxinen und Endotoxinen erleichtern. Bei der indirekten Toxizität handelt es sich um immunologische Reaktionen des Körpers auf die Stoffwechselprodukte der Plaquebakterien. Die Stimulation der Immunabwehr, leukozytäre Infiltration und die Aktivierung des Komplementsystems führen zu einer phlogistischen Reaktion, bei welcher durch neutrophile Granulozyten und lysosomale Enzyme auch körpereigenes Gewebe geschädigt wird (Renggli 1990).

2.1.1 Reaktionen im Parodont

Der Begriff Parodontopathien beschreibt krankhafte Veränderungen der Gingiva und des Zahnhalteapparates. Er ist ein Sammelbegriff für alle Krankheiten des Parodonts oder seiner Teile (World Health Organisation 1978). Diese Erkrankungen können entzündlich bedingt sein oder aufgrund von funktionellen oder endogenen Störungen auftreten. Die Genese der plaquebedingten Entzündungen des Parodonts vollzieht sich histologisch in vier Schritten. Man unterscheidet nach Page und Schröder (1976):

- die initiale Läsion
- die frühe Läsion
- die etablierte Läsion
- die fortgeschrittene Läsion.

Die initiale Läsion entwickelt sich innerhalb von zwei bis vier Tagen nach Beginn der Plaqueakkumulation. Obwohl die Gingiva klinisch völlig gesund erscheint, kommt es zu Veränderungen im Saumeepithel und dem darunter liegenden Gefäßplexus. Dieser Zustand ist vollständig reversibel. Innerhalb der zweiten und dritten Woche ungestörten Plaquewachstums werden einige Kardinalsymptome der Entzündung wie Rötung und Schwellung der Gewebe beobachtet. Diese Symptome sind zurückzuführen auf die zunehmende Vaskularisierung und eine gesteigerte Gefäßpermeabilität mit verstärktem Austritt von Plasmaproteinen (Müller 2001). Innerhalb weniger Wochen nach einer frühen Läsion stellt sich die etablierte Läsion ein, welche wie die initiale und die frühe Läsion bei optimaler Mundhygiene noch reversibel zu sein scheint (Hellwig et al. 1999). Kennzeichen einer etablierten Gingivitis ist die Ausbildung einer gingivalen Tasche, sowie die Etablierung einer subgingivalen Mikroflora, deren Stoffwechselprodukte direkten Einfluss auf das Bindegewebe nehmen. Die ständige Herausforderung des Wirtsorganismus durch subgingival kolonisierende Bakterien lässt nach unbestimmter Zeit die spezifischen und unspezifischen Abwehrmechanismen zusammenbrechen. Es kommt zur Ausbildung einer parodontalen Tasche und zum Verlust der bindegewebigen Anheftung am Zahn. Außerdem wird der Knochenabbau durch Osteoklasten eingeleitet (Müller 2001). Die entzündlichen Destruktionsprozesse stellen keine gleichmäßig verlaufende Erkrankung dar. Vielmehr finden sich Perioden der Exazerbation (akut) und der Stagnation (chronisch). Durch alleinige Mundhygienemaßnahmen ist bei der fortgeschrittenen

Gingivitis (marginale Parodontitis) keine Restitutio ad integrum mehr möglich (Hellwig et al. 1999).

Die entzündlichen Parodontopathien werden heute als eine opportunistische Infektion angesehen, bei der es neben der Anwesenheit pathogener Keime auf ein für deren Vermehrung günstiges Milieu (z.B. anaerobe Nische, veränderte Wirtsabwehr) ankommt (Hellwig et al. 1999).

Löe et al. wiesen durch ihre Studien zur experimentellen Gingivitis nach, dass durch unterbrochene Hygienemaßnahmen eine bakterielle Plaqueakkumulation bei gesunden Gingivaverhältnissen innerhalb von zehn Tagen zu klinisch sichtbaren Zeichen einer Gingivitis führt. Es zeigen sich Farb- und Oberflächenstrukturveränderungen und eine erhöhte Blutungsneigung. Nach professioneller Plaqueentfernung und Wiederaufnahme der Mundhygiene bildet sich die Entzündung innerhalb von drei bis sechs Tagen wieder zurück (Löe et al. 1965). Wie schnell sich eine Gingivitis manifestiert, hängt dabei von der Immunabwehr des Wirtsorganismus ab (Savitt et al. 1988). Tierversuche an Hunden zeigten, dass sich bei einer länger andauernden Anwesenheit von Plaque aus einer bestehenden Gingivitis eine Parodontitis entwickeln kann (Lindhe et al. 1973 und 1975). Gleichzeitig war es durch diese Versuche möglich, die Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen Plaqueakkumulation und der Entstehung einer Parodontitis zu belegen: Zwei von zehn Testhunden entwickelten trotz ungestörter Plaquebildung und einer bestehenden Gingivitis keine Parodontitis. Daraus konnte geschlossen werden, dass sich aus einer Gingivitis eine Parodontitis entwickeln kann, aber nicht zwangsläufig entwickeln muss.

2.1.2 Auswirkungen auf die Zahnhartsubstanz

Plaque ist nicht nur der Auslöser entzündlicher Parodontopathien, sondern spielt auch bei der Entstehung von Karies eine zentrale Rolle.

Karies ist die häufigste Erkrankung der Zahnhartsubstanzen und entsteht durch das Zusammenwirken potentiell pathogener Mikroorganismen und potentiell pathogener ökologischer Faktoren (Hellwig et al. 1999). Die von Miller (1898) erstmals vorgestellte und später von zahlreichen Wissenschaftlern verifizierte und erweiterte chemoparasitäre Theorie zur Ätiologie der Karies ist heute die allgemein akzeptierte Theorie der Kariesentstehung. Man geht davon aus, dass kariogene Mikroorganismen der Mundhöhle (Plaque) bei einem Überangebot an kariogenem

Substrat organische Säuren produzieren. Wirken diese lange genug auf die Zahnhartsubstanzen (Wirt) ein, so entmineralisieren sie diese. Daneben gibt es zahlreiche sekundäre Faktoren, welche die Entstehung und Progression einer kariösen Läsion beeinflussen können. Dazu zählen z.B. der Speichelfluss und dessen Zusammensetzung, der pH-Wert und die Pufferkapazität des Speichels, Dauer und Häufigkeit der Substratzufuhr, Immunabwehr, bisher nicht bekannte genetische Faktoren, sowie Zahnfehlstellungen und- bildungen.

Es konnte nachgewiesen werden, dass *S. mutans* aufgrund seiner StoffwechsellLeistungen eine herausragende Rolle bei der Kariesentstehung spielt ([Emilson und Krasse 1985](#), [Loesche 1986](#)). Man unterscheidet unterschiedliche Spezies in der Mutans-Gruppe. Für die Kariesentstehung spielen beim Menschen die Arten *S. mutans*, *S. sobrinus*, *S. cricetus* und *S. rattus* eine Rolle. Am häufigsten werden *S. mutans* und *S. sobrinus* in einer kariogenen Plaque angetroffen. Die Fähigkeit, in Anwesenheit von Zucker extrazelluläre Polysaccharide zu synthetisieren, erlaubt eine feste Anhaftung dieses Mikroorganismus an Zahnoberflächen und die Etablierung einer adhäsiven und hoch kariogenen Plaque. Durch anaerobe Glycolyse kann *S. mutans* organische Säuren bilden, die bei längerer Einwirkzeit die Zahnhartsubstanzen demineralisieren. Er ist außerdem in der Lage, intrazelluläre Polysaccharide als Speicherkohlenhydrate zu bilden, weshalb er auch in Zeiten geringer Substratzufuhr seinen Stoffwechsel aufrechterhalten kann. *S. mutans* ist aber nicht nur azidogen, sondern auch säuretolerant, was ihm auch unter sauren mikroökologischen Bedingungen ermöglicht, in der Plaque zu existieren und Säuren zu bilden ([Hellwig et al. 1999](#)).

Als Substrat für kariogene Bakterien dienen hauptsächlich niedermolekulare Kohlenhydrate in Form von Mono- oder Disacchariden. In der zweijährigen TURKU- Studie ([Scheinin und Mäkinen 1975](#)) wurde unter anderem die Kariogenität von Saccharose, Fructose und Xylit miteinander verglichen. Man fand heraus, dass das Monosaccharid Fructose eine etwas geringere Kariogenität aufweist als das Disaccharid Fructose und dass Xylit nicht kariogen ist. Die Vipeholm-Studie ([Gustafsson et al. 1954](#)) untersuchte das Auftreten von Karies in Abhängigkeit von der Häufigkeit der Zuckeraufnahme. Das Ergebnis dieser Ernährungsstudie war, dass die Häufigkeit der Zuckeraufnahme und die Klebrigkeit des Zuckers einen entscheidenden Einfluss auf das Auftreten kariöser Läsionen haben.

2.2 Mundgesundheit und Mundhygiene

Mundgesundheit ist ein bedeutender Bestandteil der allgemeinen Gesundheit. Sie bezieht sich auf die uneingeschränkte Funktionalität und Entzündungs- bzw. Beschwerdefreiheit aller Organe der Mundhöhle, d. h. der Zähne, des Zahnhalteapparates, der Schleimhäute, der Zunge, der Kiefergelenke und der Speicheldrüsen. Sie wird als Fähigkeit, Nahrungsmitteln zu kauen und zu essen, deutlich zu sprechen, ein sozial akzeptables Lächeln, sowie ein entsprechendes dentofaziales Profil (Gesicht und Zähne betreffend) zu besitzen, sich im Mundbereich wohl zu fühlen, frei von Schmerzen zu sein und einen frischen Atem zu haben umschrieben (Sheiham und Spencer 1997).

Parodontalerkrankungen und Karies zählen zu den häufigsten Infektionskrankheiten der Menschheit. Die Ausbreitung der Erkrankungen der Mundhöhle ist eng mit der Lebensweise, insbesondere dem erhöhten Konsum von Zucker, Alkohol und Tabak verbunden. Außerdem sind orale Erkrankungen erheblich vom Gesundheitsverhalten abhängig, welches wiederum mit sozioökonomischen Faktoren wie Schulbildung und Einkommen verknüpft ist. Im Vergleich zu anderen Erkrankungen lassen sich aber bei Parodontopathien und Karies durch relativ einfache Maßnahmen wie gezielte Mundhygiene und die Anwendung von Fluoridpräparaten sehr gute Präventionserfolge erzielen (Robert-Koch-Institut 2009).

Zur Kariesprävention durch Mundhygiene und Fluoridaufnahme, Fissurenversiegelung sowie Anpassung der Ernährungsgewohnheiten wurden zahlreiche Studien durchgeführt. Immer wieder wurde der Zusammenhang zwischen einer optimalen Mundhygiene und der Kariesprävention untersucht. Allerdings konnte in der Zeit, in der die allgemeine Verfügbarkeit lokaler Fluoride wesentlich schlechter als heute war, keinesfalls durchweg nachgewiesen werden, dass eine gute Mundhygiene mit einer reduzierten Kariesprävalenz einhergeht (Gülzow 1965, Mansbridge 1960, Ripa 1974). Erst durch den weltweiten Einsatz von Fluoridierungsmaßnahmen, vor allem fluoridhaltigen Zahnpasten, wurde ein effektives Mittel zur Kariesprävention gefunden. Einige Studien aus der Fluorid-Ära, in denen der Zusammenhang zwischen häuslicher Mundhygiene und Karies untersucht wurde, zeigten sogar, dass auch eine suboptimale Plaqueentfernung zu einer Karieshemmung führt (Levine 1996, Mathiesen et al. 1996). Die Rolle der mechanischen Plaquekontrolle in der Kariesprävention sollte jedoch nicht unterschätzt werden. Vielmehr zeigt sich bei der

Betrachtung anderer Untersuchungen, dass die Reduktion der Plaque und Fluoride eine synergistische Wirkung haben (Koch G und Lindhe 1970).

Wie wichtig die supragingivale Plaqueentfernung hinsichtlich der Verhütung entzündlicher Parodontopathien ist, wurde überzeugend durch Studien zur Gingivitis (Löe et al. 1965, Axelsson und Lindhe 1981) demonstriert.

2.3 Die Handzahnbürste

Das Zähneputzen mit der Zahnbürste stellt in fast allen zivilisierten Ländern die immer noch effektivste und populärste Methode zur Plaqueentfernung dar (Frandsen 1985).

Bereits 1948 definierte Bass die grundlegenden Anforderungen an eine optimale Zahnbürste (Tabelle 1).

Tab. 1: Anforderungen an eine optimale Handzahnbürste (Bass 1948)

Anforderungen an eine Handzahnbürste
Der Handgriff soll einfach und gerade sein.
Die Borstenlänge sollte 10,3 mm betragen.
Die Gesamtlänge der Bürste soll bei 12,25 cm liegen und die Breite des Bürstenkopfes bei 11,1 mm.
Pro Borstenreihe sollen sechs Borstenbüschel verwendet werden, wobei jedes Büschel 80 Nylon-Borsten enthält.
Die Borstenbüschel sollen gleichmäßig angeordnet sein.
Die einzelne Borste soll mit einem Durchmesser von 0,18 mm abgerundet sein.
Das Borstenfeld soll plan sein.
Kinderzahnbürsten sollen entsprechend kleiner dimensioniert sein.

Gegenwärtig unterliegen in Deutschland die Handzahnbürsten der internationalen Qualitätsnorm DIN EN ISO 20126 (2005).

In dieser Norm sind die Anforderungen an Handzahnbürsten und Prüfverfahren für deren Eigenschaften beschrieben, um die Gebrauchssicherheit dieser Produkte zu steigern. Beispiele hierfür sind die Büschelauzugskraft, die Materialermüdung und die chemische Belastung, die dazugehörige Probenahme, die notwendigen Angaben

im Prüfbericht und die Angaben für die Kennzeichnung und Etikettierung sowie für die Verpackung, die damit ebenfalls vorgeschrieben ist. Ausgenommen sind manuell betätigte Interdentalbürsten und elektrisch betriebene Geräte für die Mundhygiene. Diese Produkte werden in anderen Normen beschrieben.

Eine Zahnbürste nach [DIN EN ISO 20126](#) muss funktionsfähig sein und darf keine sichtbaren Verunreinigungen sowie scharfe oder raue Oberflächen aufweisen.

Vor Einführung der internationalen [DIN EN ISO 20126](#) im Jahr 2005 definierte die Deutsche Industrienorm [DIN 13917 \(1988\)](#) wesentlich genauer den Aufbau, die Form und die Gestalt von Handzahnbürsten. Es fand eine Einteilung nach verschiedenen Gesichtspunkten statt, die auch heute noch üblich ist.

Zum einen unterscheidet man je nach Härtegrad der Borsten zwischen weichen, mittelharten und harten Zahnbürsten, wobei sich der Härtegrad der Borsten nach deren Durchmesser richtet. Als *weich* werden Zahnbürsten mit einem Borstendurchmesser von 0,17-0,20mm, als *mittel* werden Zahnbürsten mit einem Borstendurchmesser von 0,25mm und als *hart* werden Zahnbürsten mit einem Borstendurchmesser von 0,30mm bezeichnet. Außerdem erfolgt eine Einteilung nach dem Personenkreis (Kinder, Jugendliche und Erwachsene), sowie nach Länge und Breite des Bürstenkopfes, Länge und Breite des Besteckungsfeldes und Länge und Schnitthöhe der Besteckung.

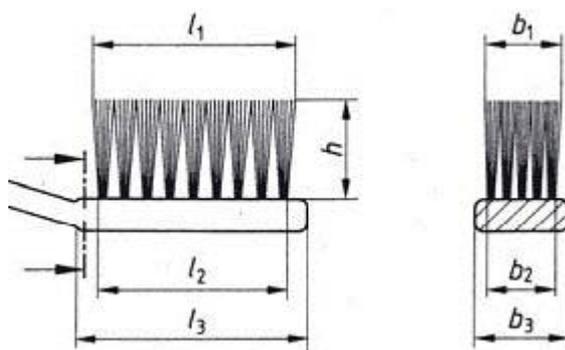


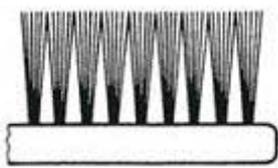
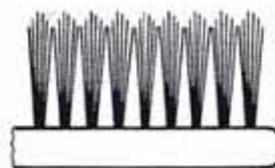
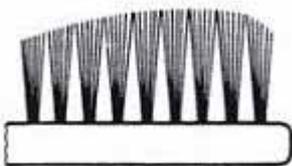
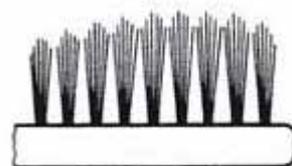
Abb. 1: Länge (l_3) und Breite (b_3) des Bürstenkopfes, Länge (l_1) und Breite (b_1) des Besteckungsfeldes, Länge (l_2) und Breite (b_2) des Bürstenfeldes und der Schnitthöhe (h) der Besteckung (aus [DIN 13917, 1988, Seite 2](#))

In diesem Zusammenhang ist in der Deutschen Industrienorm genau festgelegt, wie lang und breit der Borstenkopf und wie hoch das Besteckungsfeld einer Zahnbürste für den jeweiligen Personenkreis zu sein hat (Tab. 2).

Tab. 2: Maße für Länge, Höhe und Breite des Bürstenkopfes (mm) (DIN 13917)

Gruppe	Breite des Bürstenkopfes	Länge des Bürstenkopfes	Länge des Besteckungsfeldes
Kinder	9	15-25	9-12
Jugendliche	11	17-30	9-13
Erwachsene	13	18-40	9-13

Neben den oben genannten Hauptgesichtspunkten zur Unterscheidung verschiedener Zahnbürstentypen, ist zudem eine Differenzierung nach anderen Qualitätsmerkmalen möglich. Dazu gehört die Beschaffenheit des Griffs, der Besteckung und des Borstenfeldes. Der Zahnbürstengriff kann entweder gerade oder abgewinkelt sein. Der Schnitt der Besteckung ist entweder plan (Abb. 2) oder konturiert (Abb. 3). Plane oder konturierte Borstenschnitte gibt es mit oder ohne Auszahnung (Abb. 4, Abb. 5).

**Abb. 2: Planer Schnitt****Abb. 3: Ausgezahnter Schnitt****Abb. 4: Kontinuierliches Borstenfeld ohne Auszahnung****Abb. 5: Kontinuierliches Borstenfeld mit Auszahnung**

(Abbildungen 2-5 entnommen aus DIN 13917, 1988, S. 2-3)

Je nach Anordnung der Büschel unterscheidet man zwischen Zahnbürsten mit weitem (*space-tufted*) und engem (*multi-tufted*) Büschelabstand. Die Büschel sind

entweder parallel und/oder gegeneinander geneigt angeordnet. Gegeneinander geneigte Büschel ergeben eine V-Stellung.

Auch hinsichtlich der Werkstoffe legt die DIN genaue Anforderungen fest. So dürfen Zahnbürsten bei bestimmungsgemäßem Gebrauch keine toxischen Substanzen abgeben. Die Besteckung muss hygienisch einwandfrei und frei von unangenehmem Geruch und Geschmack sein. Sie sollte aus synthetischen Monofilen bestehen, deren Enden abgerundet sein müssen, da nicht abgerundete Borsten zu einem erhöhten Auftreten von Schleimhautläsionen führen können (Bass 1948, Breitenmoser et al. 1978). Bei dem Material, aus welchem die Monofilen bestehen, handelt es sich meist um Kunststoffe, zum Beispiel Polyamide, Polyethylen und Polyacrylnitrile.

Derzeit werden drei unterschiedliche Verfahren zur Herstellung von *multitufted* Zahnbürsten verwendet: die Bündelstanz-, die Bündeleinspritz- und die Bündel-einfügebsteckung. Bei der Bündelstanzbesteckung handelt es sich um das älteste automatisierte Verankerungsprinzip. Hierbei werden zunächst mehrere Reihen von Löchern im Bürstenkopf angelegt und danach die gebündelten Borsten, welche schlaufenförmig um ein Metallplättchen gebogen sind, in das Bohrloch eingepresst (Bock 1983). Bei der Bündeleinspritzbesteckung werden die gebündelten Borsten mit fließendem Kunststoff in den vorgeformten Hohlräumen des Besteckungsfeldes verankert (Europäisches Patentamt 1989, Europäisches Patentamt 1995). Die Bündel-einfügebsteckung unterscheidet sich von den anderen Techniken darin, dass die Borstenbündel zunächst mit Kunststoff ummantelt werden. Nach der Erhitzung der Masse erfolgt dann das Einbringen des plastischen Basiskunststoffes in die Hohlräume (Bundespatentamt 1984). Bienengräber et al. wiesen 1995 darauf hin, dass der hygienische Schwachpunkt bei Zahnbürsten im Besteckungsareal zu finden sei (Bienengräber et al. 1995). Zur Frage, ob die Art des Befestigungsverfahrens Einfluss auf die Hygienefähigkeit hat, kamen Nies et al. 2008 zu dem Ergebnis, dass es keine signifikanten Unterschiede in der Keimbesiedlung zwischen Zahnbürsten verschiedener Herstellungsverfahren gibt. Vielmehr scheint die Retention der Keime im engen Abstand der einzelnen Borsten zueinander begründet zu sein (Nies et al. 2008).

Lange Zeit galt eine Zahnbürste mit einem kurzen Kopf, einem planen Borstenfeld und abgerundeten Borsten als eine ideale Zahnbürste. Bürsten mit Büscheln in V-Stellung wurden lange Zeit abgelehnt, da es technisch nicht möglich war die Bors-

tenenden abzurunden. Da die Industrie heutzutage in der Lage ist, Borstenenden auch bei nicht ebenen Borstenfeldern abzurunden, ist eine Vielfalt verschiedener Zahnbürstentypen im Handel erhältlich. Darüber, ob durch eine Zahnbürste mit nicht planem Borstenfeld Plaque besser oder schlechter entfernt werden kann als durch eine Zahnbürste mit planem Borstenfeld, herrscht noch immer Uneinigkeit. Einige Studien zeigten, dass Zahnbürsten mit V-förmiger oder divergierender Anordnung der Borsten in ihrer Reinigungswirkung denen mit planem Borstenfeld überlegen sind (Mulry et al. 1992, Sharma et al. 1994, Yankell et al. 1992). Andere Studien hingegen fanden keinen signifikanten Unterschied in der Plaqueentfernung einer Zahnbürste mit V-Profil gegenüber einer Bürste mit planem Borstenfeldprofil (Reardon et al. 1993, Volpenhein und Hartman 1996).

Aufgrund dieser Erkenntnisse gilt die Forderung nach einem planem Borstenfeld heutzutage als überholt. Der Anspruch auf eine Kurzkopfzahnbürste, weiche bis mittelharte, abgerundete Kunststoffborsten und einen dichten Borstenbesatz (*multitufted*) sind jedoch geblieben (Heidemann 1997). Trotz der Überlegenheit der Kurzkopfzahnbürsten mit planem Borstenfeld scheint der Großteil der Zahnbürstenbenutzer jedoch noch immer Bürsten mit zu langem Bürstenkopf zu bevorzugen (Ziebolz et al. 2006).

2.4. Systematik des Zähneputzens

Plaquetfreiheit hängt weniger von der Form der Zahnbürste, der Zahnpasta oder der Putztechnik ab, als vielmehr von einem konsequenten systematischen Vorgehen, bei welchem alle Zahnflächen erfasst werden (Rateitschak et al. 1989). Hinsichtlich der Plaqueentfernung steht nicht die Häufigkeit, sondern die Gründlichkeit des Zähneputzens im Vordergrund. Um eine möglichst gründliche Reinigung aller Zahnflächen zu erreichen, ist es wichtig, dass beim Putzen eine gewisse Systematik eingehalten wird.

Bei der Systematik des Zähneputzens nach Rateitschak sollen zuerst die schwer zugänglichen Bereiche, die Lingualflächen, anschließend die bukkalen Flächen der Zähne gereinigt werden. Die Zahnbürste beschreibt bei der Reinigung des Ober- und des Unterkiefers einen Kreis, sodass im Unterkiefer lingual mit dem Zähneputzen angefangen und bukkal im Unterkiefer wieder geendet wird. Zuletzt werden die okklusalen Flächen gesäubert (Rateitschak et al. 1989).

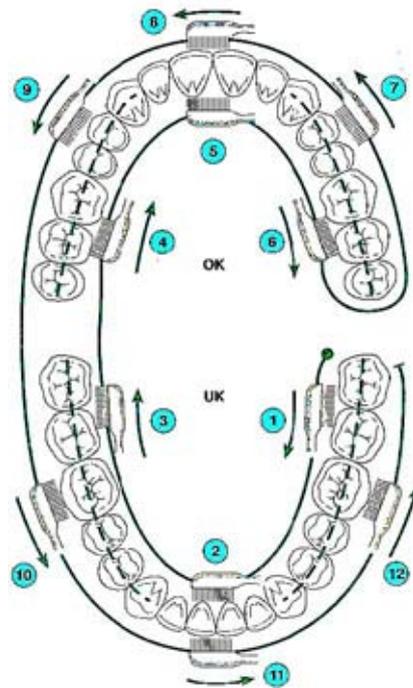


Abb. 6: Systematik des Zähneputzens nach Rateitschak (Hellwig et al. 1999, S.355)

2.5 Zahnputztechniken

2.5.1 Modifizierte Bass-Methode

Die modifizierte Bass-Methode (Bass 1954) eignet sich sowohl bei gesunden als auch bei krankhaft veränderten Parodontalverhältnissen. Sie wird außerdem empfohlen, wenn die Interdentalspapille weitgehend erhalten ist und die marginale Gingiva nahe der Schmelz-Zement-Grenze endet (Hellwig et al. 1999). Die Bürste wird gleichzeitig auf Zahn und Gingiva in einem 45°-Winkel zur Zahnängsachse aufgesetzt, um dann pro Zahnfläche zehn bis 15 Kreis- bzw. Rüttelbewegungen auf der Stelle auszuführen. Durch eine Drehbewegung der Bürste zur Kaufläche hin findet ein Auswischen der Plaque statt. Untersuchungen haben gezeigt, dass die modifizierte Bass-Technik im Vergleich zu normalem Putzen deutlich effektiver in der Entfernung supragingivaler Plaque, besonders an den lingualen Flächen ist (Poyato-Ferrera et al. 2003). Außerdem ist mittels Bass-Technik eine Plaque-Entfernung bis in ein Millimeter subgingival gelegene Bereiche möglich (Waerhaug 1981).

Bei unsachgemäßem Anlegen der Bürste (beispielsweise senkrecht zum Zahnhals) oder durch exzessive Rüttelbewegungen kann es bei dieser Methode zu Verletzungen der Gingiva und des Epithelansatzes kommen (Gülzow 1978, Rateitschak et al. 1989).

2.5.2 Charters-Methode

Die Methode nach [Charters \(1948\)](#) stellt eine effektive Technik besonders bei ausgeprägten entzündlichen Veränderungen der marginalen Gingiva und nach parodontalchirurgischen Eingriffen dar. Die Zahnbürste wird hier, umgekehrt wie bei der Bass- Technik, in einem Winkel von 45 Grad zur Zahnängsachse von apikal an die Gingiva angelegt. Es folgen kleine kreisende, rüttelnde Bewegungen zur Massage des Zahnfleisches. Zusätzlich werden die Borstenspitzen in die Interdentalräume geführt.

Die Methode nach Charters ist zeitaufwändig und schwer zu erlernen, da die lingualen Flächen Zahn für Zahn gereinigt werden müssen. Sie ist deshalb nur für geschickte und motivierte Personen geeignet, ist dann aber sehr effektiv.

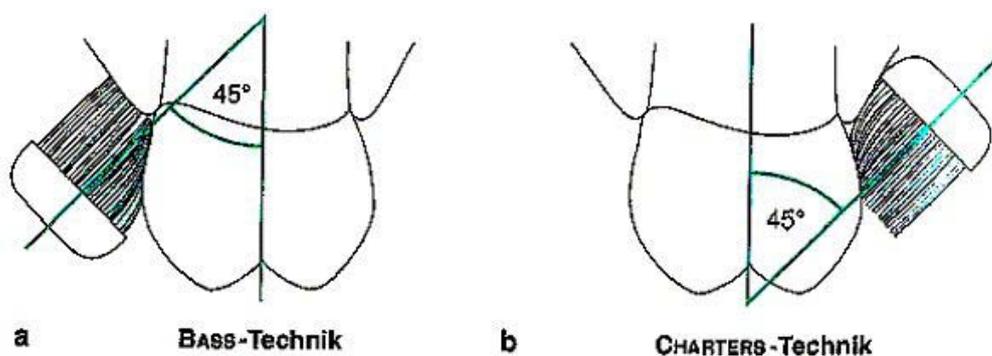


Abb. 7: Zahnpflichtechniken nach Bass und Charters ([Hellwig et al.1999, S.356](#)).

2.5.3 Modifizierte Stillman-Methode

Die modifizierte Stillman-Methode wird bei gesundem Parodont oder bei gingivalen Rezessionen angewendet. Durch intermittierend ausgeübten Druck kommt es zu einer Stimulation der Gingiva durch Blutdrainage. Die Borstenenden einer weichen Zahnbürste werden im Bereich der angewachsenen Gingiva angesetzt. Es erfolgt eine Auswischbewegung vom Zahnfleisch zum Zahn. Wenn es die Geschicklichkeit des Patienten erlaubt, werden gleichzeitig Rüttelbewegungen durchgeführt ([Hellwig et al. 1999](#)). Eine Studie ergab jedoch, dass die Stillman-Technik der modifizierten Bass-Technik hinsichtlich der Reinigungseffektivität an den lingualen und fazialen Flächen unterlegen ist ([Gibson und Wade 1977](#)).

2.5.4 Fones-Technik

Bei der ursprünglich von [Fones \(1934\)](#) angegebenen Technik werden die bukkalen Zahnflächen bei geschlossener Zahnreihe mit kleinen kreisenden Bewegungen gebürstet. Danach werden nach gleichem Bewegungsmuster die lingualen und okklusalen Flächen gereinigt. Diese Methode wird vor allem Kindern und Patienten empfohlen, die nicht die manuelle Geschicklichkeit besitzen, die zuvor genannten Techniken zu erlernen, und soll bei Verwendung einer Kurzkopfbürste und Zahnpasta hinsichtlich der Reinigungswirkung die effektivste Putzmethode sein ([Gülzow und Busse 1970](#)). Wird die Technik jedoch nicht exakt ausgeführt, besteht die Gefahr, dass die kreisenden Bewegungen abflachen und eine schädliche horizontale Bürstenführung die Folge ist ([Sauerwein 1962](#)).

2.6 Zahnputzdauer und -häufigkeit

Laut der vierten [Deutschen Mundgesundheitsstudie \(DMS IV\)](#) aus dem Jahr 2006 ist in weiten Bevölkerungskreisen ein gesteigertes Bewusstsein für den Wert gesunder und schöner Zähne festzustellen. Die Studie zeigte im Vergleich zur letzten Untersuchung von 1997 ([DMS III](#)) eine deutliche Verbesserung des Mundhygieneverhaltens. Bei der Untersuchung der Zahnpflegegewohnheiten gaben 74,2 Prozent der Kinder und 73,4 Prozent der Jugendlichen an, zweimal täglich die Zähne zu putzen. Unter den Erwachsenen liegt der Wert bei 72,8 Prozent, in der Gruppe der Senioren bei 60,6 Prozent.

Die Häufigkeit des Zähneputzens allein ist allerdings nicht entscheidend für eine optimale Mundhygiene. Klinische Erfahrungen zeigen nämlich, dass Zähneputzen nur selten zur Plaquefreiheit führt ([Frandsen et al. 1986](#)). [Schmid et al. \(1976\)](#) fanden heraus, dass durch die Verwendung der Zahnbürste 71 bis 86 % der Plaque auf lingualen und fazialen Oberflächen und 60 bis 74 % an zugänglichen approximalen Oberflächen entfernt werden können. Dies könnte auf mangelnde Kenntnisse bezüglich der verschiedenen Putztechniken oder eingeschränkte manuelle Fähigkeiten zurückzuführen sein. Als Hauptursache wird jedoch eine zu kurze Putzzeit diskutiert. Sowohl für Handzahnbürsten als auch für elektrische Zahnbürsten konnte nachgewiesen werden, dass die Reduktion der Plaque mit steigender Reinigungsdauer ansteigt ([Mc Cracken et al. 2003](#), [van der Weijden et al. 1993](#), [Williams et al. 2004](#)). Andere Untersuchungen zeigten hingegen, dass auch bei längeren Putzzeiten

bestimmte Problemzonen nicht zwangsläufig besser gereinigt werden. Bukkale Flächen werden stets besser gereinigt als orale Flächen, orale Flächen des Oberkiefers besser als die entsprechenden des Unterkiefers und Frontzähne, sowie Prämolaren werden gründlicher geputzt als die Molaren (Hawkins et al. 1986, Huber et al. 1985).

Um die optimale Putzdauer zu ermitteln, wurde eine Reihe von Studien durchgeführt. Frandsen et al. kamen zu dem Ergebnis, dass eine Putzzeit von 90 Sekunden unabhängig von der Putztechnik für eine vollständige Belagsentfernung nicht ausreicht (Frandsen et al. 1970). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Van der Weijden et al. Sie fanden heraus, dass eine einminütige Putzzeit für eine akzeptable Plaquerentfernung nicht genügt. Eine mindestens zweiminütige Reinigung hingegen führt zu einer signifikant besseren Reduktion der Beläge. Allerdings wurde ebenfalls deutlich, dass durch eine Erhöhung der Reinigungsdauer auf drei und vier Minuten keine signifikant bessere Plaquereduktion erreicht werden kann (Van der Weijden et al 1993, van der Weijden et al. 1996). Im Gegensatz dazu ermittelten Hawkins et al. eine ideale Putzdauer von 5,1 Minuten bei Anwendung einer Handzahnbürste (Hawkins et al. 1986). Demgegenüber stehen tatsächliche durchschnittliche Putzzeiten zwischen 33 Sekunden (Mac Gregor und Rugg-Gun 1979) und 83,5 Sekunden (Saxer et al. 1983). Als Grund für die Diskrepanz zwischen Ist und Soll gilt neben einer schlechten Compliance die fehlerhafte Einschätzung der Putzdauer. Saxer et al. ermittelten ein gravierendes Missverhältnis zwischen geschätzter und tatsächlicher Putzzeit. Die durchschnittliche Putzzeit von 68,8 Sekunden wurde von Probanden auf durchschnittlich 148,1 Sekunden geschätzt (Saxer et al. 1983).

Nach heutigem Stand der präventiven Zahnheilkunde sind eine Entfernung der Speisereste nach jeder Mahlzeit, sowie mindestens einmal täglich zusätzlich die Reinigung der Approximalräume mit entsprechenden Hilfsmitteln empfehlenswert (Marthaler 1978, Mintel und Crawford 1992, Warren et al. 1998).

2.7 Nutzungsdauer von Zahnbürsten

Da die Zahnbürste täglich Verschleißvorgängen unterliegt und somit ein Verbrauchsmaterial ist, stellt die Notwendigkeit der regelmäßigen Auswechslung einen wichtigen Faktor für deren korrekte Anwendung dar (Koch CA et al. 2007). Während gewöhnlich ein Zahnbürstenwechsel nach spätestens drei Monaten empfohlen wird,

besteht in der Literatur über den Zeitraum der Nutzungsdauer und den Zusammenhang von Abnutzung und Effektivität derzeit Uneinigkeit.

Ein Zahnbürstenwechsel findet weltweit sehr selten statt. Ein Großteil der Bevölkerung scheint die Zahnbürste erst dann auszutauschen, wenn offensichtliche Mängel, wie zum Beispiel umgebogene Borsten erkennbar sind (Glaze und Wade 1986, Abraham et al. 1990, Dean 1991). Auch die Verkaufszahlen für Handzahnbürsten zeigen, dass allgemein nur etwa alle sechs Monate die Zahnbürste gewechselt wird (Ziebolz et al. 2006, Staehle und Kerschbaum 2003).

Allgemein gibt es drei Thesen, die einen Zahnbürstenwechsel begründen: uneffiziente Plaqueentfernung, mikrobielle Besiedlung und eine mögliche Verletzungsgefahr. Einer abgenutzten Zahnbürste wird die Fähigkeit abgesprochen, bakterielle Plaque aus Nischen, Spalten und Furchen entfernen zu können. Kariogene und parodontalpathogene Keime, die aus der Mundhöhle entfernt werden, kolonisieren und vermehren sich auf der Zahnbürste. Eine mögliche Verletzungsgefahr für Hart- und Weichgewebe der Mundhöhle, die von einer abgenutzten Zahnbürste ausgeht, resultiert aus abradierten, aufgewirbelten oder abgebogenen Borsten. Aufgrund des Zusammenwirkens dieser drei Faktoren, deutet sich bereits an, dass es hinsichtlich der vielen beeinflussenden individuellen Faktoren schwierig ist, eine allgemeingültige Formel für die Haltbarkeit einer Zahnbürste zu definieren (Koch et al. 2007).

2.7.1 Klinische Studien

Bei der Betrachtung klinischer Studien zu natürlich benutzten Zahnbürsten zeigt sich, dass der Abnutzungsgrad einer Zahnbürste offensichtlich weniger kritisch für den Erhalt einer guten Plaquekontrolle ist. Drei Studien zeigen keinerlei Unterschiede hinsichtlich der Effizienz in der Plaqueentfernung beim Vergleich von älteren teilweise stark abgenutzten Bürsten mit neuen oder gering abgenutzten Zahnbürsten (Daly et al. 1996, Hedge et al. 2005, Tan und Daly 2002). Bei zwei Untersuchungen konnte zwar eine Tendenz zu höheren Plaquewerten nach dem Putzen mit einer drei Monate alten Zahnbürste im Vergleich zu einer einen Monat alten Bürste festgestellt werden; eine statistische Signifikanz wurde aber knapp nicht erreicht (Conforti et al. 2003, Sforza et al. 2000). Erst beim Vergleich der Plaquewerte in den approximalen Bereichen konnte eine statistisch signifikante Überlegenheit der neuen Zahnbürste gegenüber der drei Monate alten belegt werden (Conforti et al. 2003). Glaze & Wade

hingegen kamen zu dem Ergebnis, dass eine abgenutzte Zahnbürste die Plaque nicht mehr optimal entfernen kann (Glaze und Wade 1986). Trotz der unterschiedlichen Ergebnisse sind sich dennoch die Autoren einig, dass eindeutige Unterschiede bei der Abnutzung innerhalb der Versuchsgruppe erkennbar sind. Bei Glaze & Wade war bei einigen Versuchsteilnehmern die Bürste innerhalb von zwei Wochen bereits in einem schlechten Zustand, während bei anderen auch nach zehn Wochen der Zustand der Zahnbürste noch als gut bezeichnet werden konnte (Glaze und Wade 1986).

Zu der Frage, welchen Einfluss die Nutzungszeit auf die Abnutzung einer Zahnbürste hat, wurden zahlreiche Studien durchgeführt, die fast alle zeigten, dass die Abnutzung der Bürste von Individuum zu Individuum variiert und hauptsächlich von der Art und Weise, wie die Zahnbürste benutzt wird, abhängig ist (Dean 1991, Dean et al. 1992, Kreifeld et al. 1980, McKendrick et al. 1971). Nur eine Untersuchung konnte eine Korrelation zwischen Abnutzung und Nutzungszeit der Bürste darstellen (Bergström 1973).

2.7.2 Bakterielle Kontamination

Generell wird empfohlen, dass nach der Ausheilung einer Grippe oder eines grippalen Infektes eine neue Zahnbürste verwendet werden sollte, da durch die auf der alten Zahnbürste verbliebenen Krankheitserreger die Gefahr einer erneuten Infektion drohe. In der wissenschaftlichen Literatur gibt es allerdings nur eine Untersuchung, die wenigstens teilweise einen Zusammenhang zwischen dem Umfang der bakteriellen Besiedlung der Borsten und der Nutzungszeit der Zahnbürste sieht. Demnach solle eine Zahnbürste nach drei beziehungsweise spätestens nach sechs Monaten ausgewechselt werden und außerdem immer dann, wenn Entzündungen im Mund- und Rachenraum überstanden sind (Hingst 1989). Alle anderen Quellen bekunden zwar eine bakterielle Besiedlung von Zahnbürsten (Bößmann 2001, Efstratiou et al. 2007, Malmberg et al. 1994, Quirynen et al. 2001), allerdings reduziere die Benutzung von Zahnpasten mit antibakterieller Wirkung (z.B. Aminfluorid) die Anzahl und die Überlebensrate der Bakterien so stark, dass dadurch die Gefahr einer Infektionsübertragung verringert werden könne (Bößmann 2001, Efstratiou et al. 2007, Malmberg et al. 1994, Quirynen et al. 2001, Taji und Rogers 1998).

Bei allen Studien, die das Putzen mit oder ohne Zahnpasta verglichen, konnte gezeigt werden, dass die Benutzung von Zahnpasta die bakterielle Kolonisierung der Zahnbürste signifikant reduziert (Efstratiou et al. 2007, Quirynen et al. 2001). Bei Menschen mit stabilem Immunsystem ist gewiss nicht mit einer Infektion durch eine Keimbesiedelung der Zahnbürste zu rechnen. Um allerdings die Zahnbürste größtenteils keimfrei zu halten, wird im Allgemeinen dazu geraten, die Bürste nach dem Putzen gründlich mit Wasser abzuspülen und in einem Zahnbecher stehend trocknen zu lassen. Durch die trockene Lagerung wird ein Großteil der Bakterien, die im feuchten Milieu leben, eliminiert (Koch et al. 2007). In einer Studie konnte sogar nachgewiesen werden, dass 24 Stunden nach dem Zähneputzen mit Zahnpasta und anschließender trockener Lagerung nur noch ein Prozent der ursprünglichen Ausgangsmenge von *S. mutans* auf Zahnbürsten nachweisbar war (Svanberg 1978).

3 Material und Methoden

3.1 Administrative Vorbereitungen

Die generelle Erlaubnis zur Durchführung der Studie wurde bei der Ethik-Kommission der Georg-August-Universität Göttingen beantragt und durch den Vorsitzenden unter der Auftragsnummer 20/3/07 genehmigt.

3.2 Material

3.2.1 Probanden

Insgesamt konnten 120 Probanden für eine freiwillige Teilnahme an der Studie gewonnen werden. Diese wurden in acht Gruppen zu je 15 Personen eingeteilt. Da in einigen Gruppen Kontrolltermine nicht wahrgenommen wurden und andere Testpersonen die Teilnahme an der Studie vorzeitig abbrachen, wurde die Gruppengröße auf zwölf Probanden pro Gruppe reduziert.

Bei den Teilnehmern, welche die Zahnbürstenstudie vollständig durchliefen, handelte es sich um 49 Frauen und 46 Männer.

Folgende Ausschlusskriterien wurden vorab festgelegt:

- Probanden unter 18 Jahren
- Immunsupprimierte und organtransplantierte Personen
- Personen, bei denen eine Endokarditisprophylaxe erforderlich ist
- Vorliegen von Hepatitis A, B, C, TBC, HIV
- Personen mit Niereninsuffizienz, Anfalls- oder Nervenleiden
- Suchtkranke Patienten
- Schwangerschaft
- Probanden mit weniger als 20 Zähnen
- Probanden mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen
- Probanden mit herausnehmbarem Zahnersatz.

3.2.2 Zahnbürsten

Untersucht wurden vier verschiedene Erwachsenenzahnbürsten:

- a) Dr. Best Flex-Plus mittel (GlaxoSmithKline Consumer Healthcare, Bühl, Deutschland)
- b) Dr. Best Flex-Plus mittel Kurzkopf (GlaxoSmithKline Consumer Healthcare)
- c) Dr. Best Flex-Plus weich (GlaxoSmithKline Consumer Healthcare)
- d) Dr. Best Flex-Plus weich Kurzkopf (GlaxoSmithKline Consumer Healthcare).

Für jede dieser vier Zahnbürstentypen wurden zwei Untergruppen gebildet. Eine Gruppe, in welcher die Testpersonen ihre Zahnbürste über ein halbes Jahr benutzen sollten, und eine zweite Gruppe, in der die Probanden über einen Zeitraum von sechs Monaten alle vier Wochen eine neue Zahnbürste erhielten. Daraus ergaben sich insgesamt acht Gruppen (Tab. 3).

Tab. 3: Darstellung der Gruppen und Untergruppen. Die Gruppengröße betrug jeweils $n = 12$.

Gruppe A	Dr. Best Flex - mittel	1 Zahnbürste über 6 Monate
Gruppe B	Dr. Best Flex - mittel	Alle 4 Wochen eine neue Zahnbürste
Gruppe C	Dr. Best Flex - mittel Kurzkopf	1 Zahnbürste über 6 Monate
Gruppe D	Dr. Best Flex - mittel Kurzkopf	Alle 4 Wochen eine neue Zahnbürste
Gruppe E	Dr. Best Flex - weich	1 Zahnbürste über 6 Monate
Gruppe F	Dr. Best Flex - weich	Alle 4 Wochen eine neue Zahnbürste
Gruppe G	Dr. Best Flex - weich Kurzkopf	1 Zahnbürste über 6 Monate
Gruppe H	Dr. Best Flex - weich Kurzkopf	Alle 4 Wochen eine neue Zahnbürste

Überprüfte Zahnbürsten:

a) Dr. Best Flex-Plus mittel

Hersteller: GlaxoSmithKline Consumer Healthcare, Bühl, Deutschland

43 Borstenbüschel, mittelharte Borsten

Borstenlänge: 11,5 mm

Länge des Bürstenkopfes: 31 mm

Breite des Bürstenkopfes: 12 mm

Borstenmaterial: Nylon (PA 6.12-Polyamid)

Borstenbefestigung: Metallanker



Abb. 8: Dr. Best Flex-Plus mittel: Aufsicht, Normkopf



Abb. 9: Dr. Best Flex-Plus mittel: Seitenansicht, Normkopf

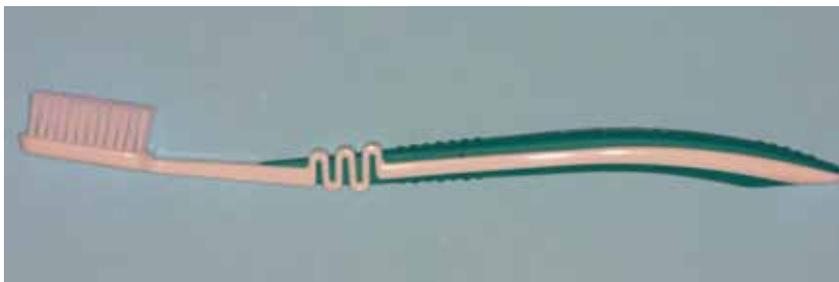


Abb. 10: Dr. Best Flex-Plus mittel: Komplettansicht

b) Dr. Best Flex-Plus mittel Kurzkopf

Hersteller: GlaxoSmithKline Consumer Healthcare, Bühl, Deutschland

36 Borstenbüschel, mittelharte Borsten

Borstenlänge: 11,5 mm

Länge des Bürstenkopfes: 28 mm

Breite des Bürstenkopfes: 13mm

Borstenmaterial: Nylon (PA 6.12-Polyamid)

Borstenbefestigung: Metallanker



Abb. 11: Dr. Best Flex-Plus mittel: Aufsicht, Kurzkopf



Abb. 12: Dr. Best Flex-Plus mittel: Seitenansicht, Kurzkopf

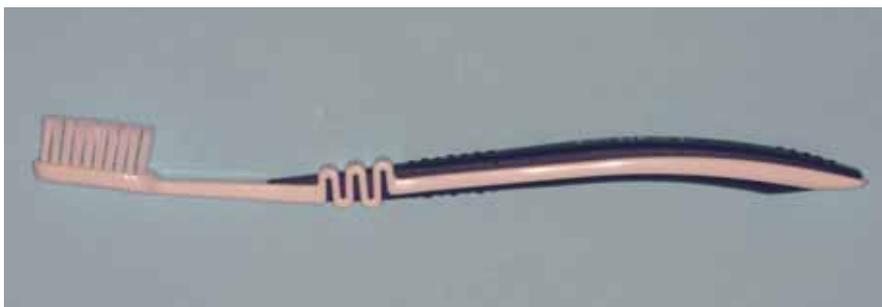


Abb. 13: Dr. Best Flex-Plus mittel, Kurzkopf: Komplettansicht

c) Dr. Best Flex-Plus weich

Hersteller: GlaxoSmithKline Consumer Healthcare, Bühl, Deutschland

43 Borstenbüschel, weiche Borsten

Borstenlänge: 11,5 mm

Länge des Bürstenkopfes: 31 mm

Breite des Bürstenkopfes: 12 mm

Borstenmaterial: Nylon (PA 6.12-Polyamid)

Borstenbefestigung: Metallanker



Abb. 14: Dr. Best Flex-Plus weich: Aufsicht, Normkopf



Abb. 15: Dr. Best Flex-Plus weich: Seitenansicht, Normkopf

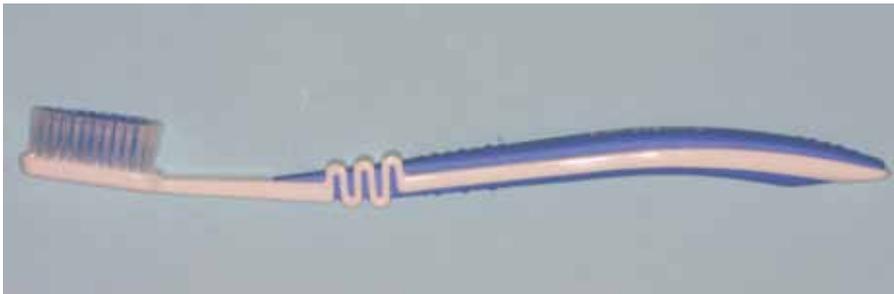


Abb. 16: Dr. Best Flex-Plus weich: Komplettansicht

d) Dr. Best Flex- Plus weich Kurzkopf

Hersteller: GlaxoSmithKline Consumer Healthcare, Bühl, Deutschland

36 Borstenbüschel, weiche Borsten

Borstenlänge: 11,5 mm

Länge des Bürstenkopfes: 28 mm

Breite des Bürstenkopfes: 12mm

Borstenmaterial: Nylon (PA 6.12-Polyamid)

Borstenbefestigung: Metallanker



Abb. 17: Dr. Best Flex-Plus weich: Aufsicht, Kurzkopf



Abb. 18: Dr. Best Flex-Plus weich: Seitenansicht, Kurzkopf

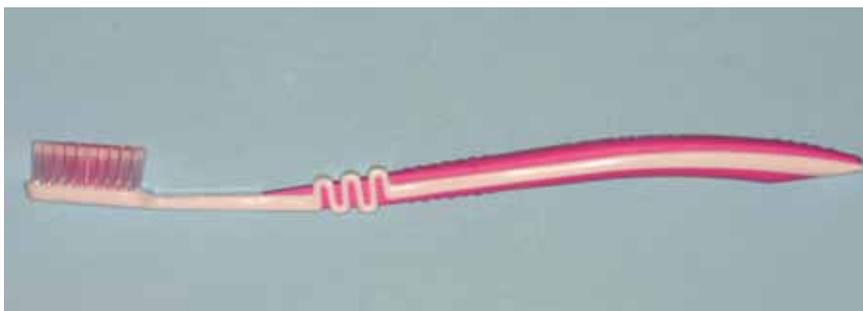


Abb. 19: Dr. Best Flex weich, Kurzkopf: Komplettansicht

3.2.3 Testzahnpaste

Um auszuschließen, dass das Testergebnis durch die verwendete Zahnpaste beeinflusst wird, erhielten alle Probanden die gleiche Zahnpaste Odol-med3 original (GlaxoSmithKline). Als Abrasivstoff enthält diese Zahnpaste Silica, als Schaumbildner (Tensid) Natriumlaurylsulfat und als Kariostatikum Natriumfluorid in einer Konzentration von 1350 ppm.



Abb. 20: Testzahnpaste Odol-med3

3.3 Methode

3.3.1 Einteilung der Gruppen

Die Gruppeneinteilung erfolgte entsprechend der verwendeten Zahnbürsten und der Anwendungsdauer in die Gruppen A bis H (siehe 4.1.2.). Die Gruppengröße betrug zwölf Probanden je Gruppe.

Die Testpersonen wurden anhand ihrer Ausgangsmundhygienesituation gleichermaßen und zufällig auf die Gruppen A bis H verteilt. Hierfür wurden anhand des in der Eingangsuntersuchung erhobenen Plaqueindex (QHI) die Probanden in drei Mundhygiene-Kategorien unterteilt: gute Mundhygiene, mittelmäßige Mundhygiene und schlechte Mundhygiene. Aus diesen drei Gruppen wurden nun alle acht Gruppen gleichmäßig durch Losen aufgefüllt. Zudem erfolgte eine Balancierung der Gruppen nach Rechts-/Linkshändigkeit, um in jeder Gruppe ein ausgeglichenes Verhältnis von Rechts- und Linkshändern zu erzielen.

3.3.2 Studienablauf

Die Freiwilligkeit der teilnehmenden Probanden war Voraussetzung für die Aufnahme in die Studie. Es erfolgten eine intraorale Inspektion und die Erhebung eines dentalen Befundes, um evtl. vorhandene Reizfaktoren zu bestimmen. Falls solche vorhanden waren, wurden diese vor Untersuchungsbeginn behoben.

Die teilnehmenden Personen wurden angehalten, während der Studienteilnahme keine weiteren Mundhygienehilfsmittel zur täglichen Zahnpflege (Interdentalraum-pflege, Antiseptika) zu verwenden.

3.3.3 Zahnärztliche Anamnese und Einverständniserklärung

Die Probanden wurden gebeten, einen Fragebogen auszufüllen, um Allgemeinerkrankungen ausschließen zu können und um Informationen über Zahnpflegewohnheiten zu erlangen. Ebenfalls wurden die Probanden über die Studie aufgeklärt und eine Einverständniserklärung eingeholt.

3.3.4 Klinisch-zahnmedizinische Untersuchung

Bei der klinischen Erstuntersuchung wurde eine intraorale Inspektion vorgenommen, um Mundhöhle und Gingiva auf auffällige Schleimhautbefunde zu untersuchen, sowie ein dentaler Befund mit Hilfe des DMF-T-Index (Klein et al. 1938) aufgenommen, um eventuell vorliegende Reizfaktoren zu bestimmen. Bei diesem Index wird die Anzahl der zerstörten (D=decayed), fehlenden (M=missed) und gefüllten (F=filled) Zähne addiert. Ein hoher DMF-T-Wert steht somit für ein in höherem Maße vorgeschädigtes Gebiss, ein niedriger DMF-T Wert für ein weniger vorgeschädigtes Gebiss.

Die Mundhygiene der Probanden wurde mit Hilfe des Plaqueindex QHI nach Turesky (Turesky et al. 1972) eingestuft. Der Plaqueindex nach Quigley und Hein (Quigley und Hein 1962) (QHI) bewertet den Plaquebefall der koronalen Zahnoberflächen. Im Gegensatz zum 1962 publizierten ursprünglichen Bewertungssystem, welches nur die Fazialfläche und das gingivale Drittel der Zahnkronen berücksichtigt, ergibt die von Turesky et al. modifizierte Form eine verbesserte Objektivität der Quigley-Hein-Kriterien (Turesky et al. 1972). Nach Anfärben der Plaque erfolgt eine Bewertung der fazialen und lingualen Zahnoberflächen, wobei jede Zahnfläche jeweils in drei Segmente unterteilt wird.

Es werden sechs Schweregrade unterschieden:

Grad 0: keine Plaque

Grad 1: vereinzelte Plaqueinseln

Grad 2: deutlich zusammenhängende, bis zu 1mm breite Plaquelinie am
Gingivalrand

Grad 3: Plaqueausdehnung im zervikalen Drittel

Grad 4: Plaqueausdehnung ins mittlere Drittel

Grad 5: Plaqueausdehnung bis ins koronale Drittel.

Der gingivale Zustand wurde mit den Gingivaindizes PBI (Papillen-Blutungs-Index) nach [Saxer und Mühlemann \(1975\)](#) und GI (Gingivaindex) nach [Løe und Silness \(1963\)](#) beurteilt.

Beim GI wird die Gingiva in vier Abschnitte unterteilt, von denen drei auf der bukkalen Seite liegen. Es werden vier Bewertungsgrade unterschieden:

Grad 0: normale Gingiva

Grad 1: leichte Entzündung mit leichten Farbveränderungen, leichtes Ödem, keine Blutung bei Palpation

Grad 2: mäßige Entzündung mit Rötung, Ödem und Blutung bei Ausstreichen mit der Sonde

Grad 3: schwere Entzündung, ausgeprägte Rötung und Ödembildung, Ulzerationen, Tendenz zur Spontanblutung.

Der GI-Wert errechnet sich durch Bildung des Mittelwertes der Einzelwerte jedes Zahnes. Für die Erhebung wird eine Parodontalsonde horizontal im Bereich des Sulkuseingangs am Gingivalrand entlang geführt. Die GI-Werte können mit verschiedenen Ausprägungsgraden der Gingivitis in Verbindung gebracht werden:

Tab. 4: Einteilung der Ausprägungsgrade beim Gingivaindex

GI-Werte	Grad der Gingivitis
0,1 -1	Mild
1,1 -2	Mäßig
2,1 - 3	Schwer

Für die Erhebung des PBI wird eine Parodontalsonde von der Basis bis zur Papillenspitze im Bereich des Sulkuseingangs entlang geführt. Dieser Index wird in allen vier Quadranten erhoben, wobei die Sondierung im ersten und dritten Quadranten nur von oral, im zweiten und vierten Quadranten von facial erfolgt. Der PBI kann als Blutungszahl (Summe aller Einzelwerte) oder als Index (Mittelwert aller Einzelwerte) ausgedrückt werden. Unterschieden werden fünf Grade, in denen die Stärke der Reizblutung erfasst wird:

Grad 0: keine Blutung

Grad 1: Auftreten eines Blutungspunktes

Grad 2: Auftreten mehrerer Blutungspunkte oder eines schmalen Blutbandes

Grad 3: Ausfüllen des interdentalen Dreiecks mit Blutung unmittelbar nach Sondierung

Grad 4: profuse Blutung nach Sondierung, die Blutung dehnt sich über die marginale Gingiva aus, evtl. mit Tropfenbildung.

3.3.5 Professionelle Zahnreinigung und Instruktion

Zu Beginn der Studie (Tag 1) wurde bei allen Probanden eine professionelle Zahnreinigung durchgeführt, um eine einheitliche Ausgangssituation zu schaffen. Vorhandene Reizfaktoren und nicht natürliche Plaqueretentionsstellen wurden vor Studienbeginn beseitigt. Die Probanden erhielten eine Mundhygieneunterweisung und wurden über den Studienablauf aufgeklärt. Außerdem erfolgte die Ausgabe von Zahnbürste und Zahnpasta. Die Studienteilnehmer wurden darüber hinaus aufgefordert, ihre Zähne zweimal täglich für zwei Minuten, sowie unmittelbar vor jeder Kontrolluntersuchung mit der ihnen überlassenen Zahnbürste zu putzen. Während der gesamten Studiendauer durften keine weiteren Mundhygienehilfsmittel wie Zahnseide oder Interdentalraumbürsten benutzt werden.

3.3.6 Untersuchungs- und Kontrollintervall

Die erste Nachkontrolle fand zwei Wochen nach Studienbeginn statt (Tag 14 ± 3). Weitere Kontrolltermine erfolgten drei Monate (Tag 90 ± 3), vier Monate (120 ± 3) und sechs Monate (180 ± 3) nach Studienbeginn. An allen Terminen wurden wie in der Eingangsuntersuchung der Plaqueindex (QHI) und die Gingivaindizes (PBI und GI) erhoben.

3.3.7 Abschlussuntersuchung

Nach Abschluss der Untersuchung erhielten alle acht Gruppen eine neue Zahnbürste. Die Abschlussuntersuchung erfolgte sieben bis zehn Tage (187 ± 3) nach dem letzten Kontrolltermin. Hier wurden ebenfalls der Plaqueindex sowie die Gingivaindizes erhoben.

3.3.8 Versuchsplan

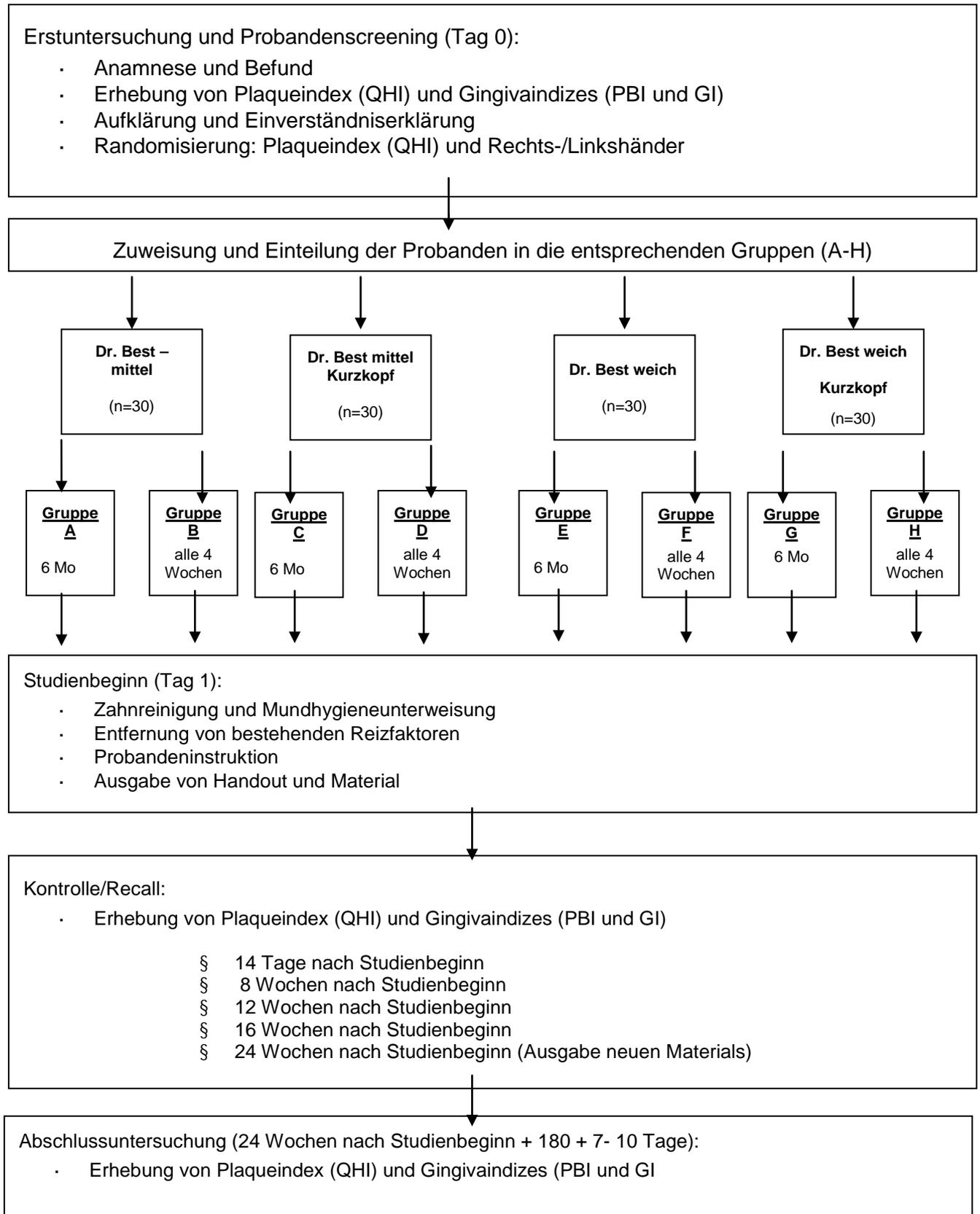


Abb. 21: Darstellung des Versuchsdesigns

3.4 Statistischer Teil

Die statistische Auswertung erfolgte zusammen mit der Abteilung Medizinische Statistik der Universitätsmedizin Göttingen (UMG). Für die vorliegende Untersuchung wurde eine Kovarianzanalyse mit den Faktoren Zahnbürstentyp (Gruppe), Zeitpunkt und Verschleißgruppe, sowie der Kovariablen Baseline-Wert durchgeführt. Zur Analyse wurde die SAS-Prozedur (SAS 9.2) PROC MIXED verwendet. Die Adjustierung des multiplen Niveaus bei den Vergleichen gegen den Baseline-Wert erfolgte nach [Dunnett \(1955\)](#).

4 Ergebnisse

4.1 Probanden

Bei den 95 Teilnehmern, welche die Zahnbürstenstudie vollständig durchliefen, handelte es sich um 49 Frauen und 46 Männer im Alter zwischen 21 und 70 Jahren, davon sechs Linkshänder und 26 Raucher. Das Durchschnittsalter lag bei $32,2 \pm 10,5$ Jahren. Ein männlicher Proband der Gruppe H kam ohne Angabe von Gründen nicht zum vereinbarten Kontrolltermin (acht Wochen nach Baseline) und wurde im weiteren Verlauf nicht mehr berücksichtigt. Angaben zur Probandencharakteristik entsprechend der Gruppenzugehörigkeit sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tab. 5: Probandencharakteristik für alle Probanden nach Gruppen

	Gruppe								
	Insgesamt	A	B	C	D	E	F	G	H
Probandenanzahl (N)	n=96	n=12	n=12	n=12	n=12	n=12	N=12	n=12	n=12
Drop outs (N)	n=1	n=0	n=0	n=0	n=0	n=0	n=0	n=0	n=1
Alter (MW±SA)	31,2±10,5	34,7±12,9	28,0±3,95	34,0±13,2	33,5±12,1	31,2±12,5	27,2±6,3	32,8±12,8	27,9±3,2
Geschlecht (männlich)	n=47	n=6	n=6	n=4	n=6	n=5	n=8	n=6	n=5
Linkshänder (N)	n=6	n=1	n=1	n=1	n=0	n=1	N=1	n=0	n=1
Zahnzahl (MW±SA)	27,0±1,5	27,2±1,8	26,6±1,9	26,8±1,3	26,8±1,6	26,8±1,4	26,8±2,0	27,6±0,8	27,6±0,8

4.2 Quigley-Hein-Index

Die Auswertung zeigte in allen Gruppen gleichermaßen eine Verbesserung des QHI von Tag 0 (t 0) bis zum ersten Kontrolltermin (nach 14 Tagen). Dies blieb für alle Gruppen über acht Wochen bis zu zwölf Wochen (drei Monaten) konstant. In den Gruppen des vierwöchigen Zahnbürstenwechsels war weiterhin keine Veränderung (Verschlechterung/Verbesserung) des QHI unabhängig vom Zahnbürstentyp über den gesamten Zeitraum festzustellen. Demgegenüber war in den Gruppen der 6-Monatsanwendung unabhängig vom Zahnbürstentyp ein Anstieg des QHI ab 16 Wochen nach Studienbeginn bis zum Ende der Untersuchung zu verzeichnen. Nach dem Austausch der Zahnbürsten am Ende der Studie war wiederum eine Verbesserung des QHI festzustellen (Abb. 22-25).

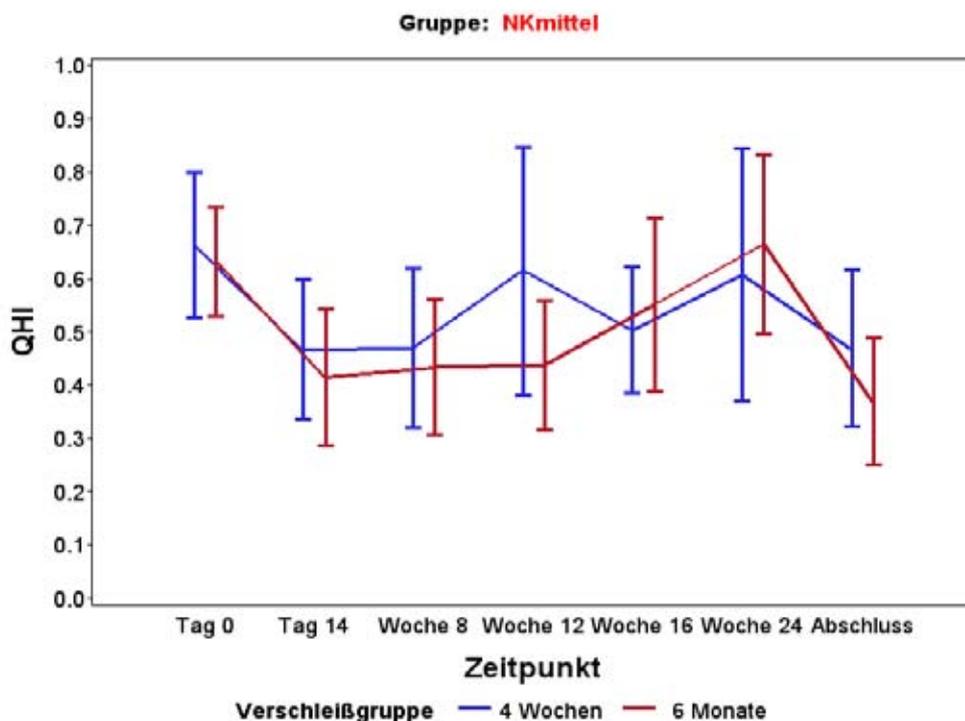


Abb. 22: Verlauf des QHI für Gruppe A und B. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.

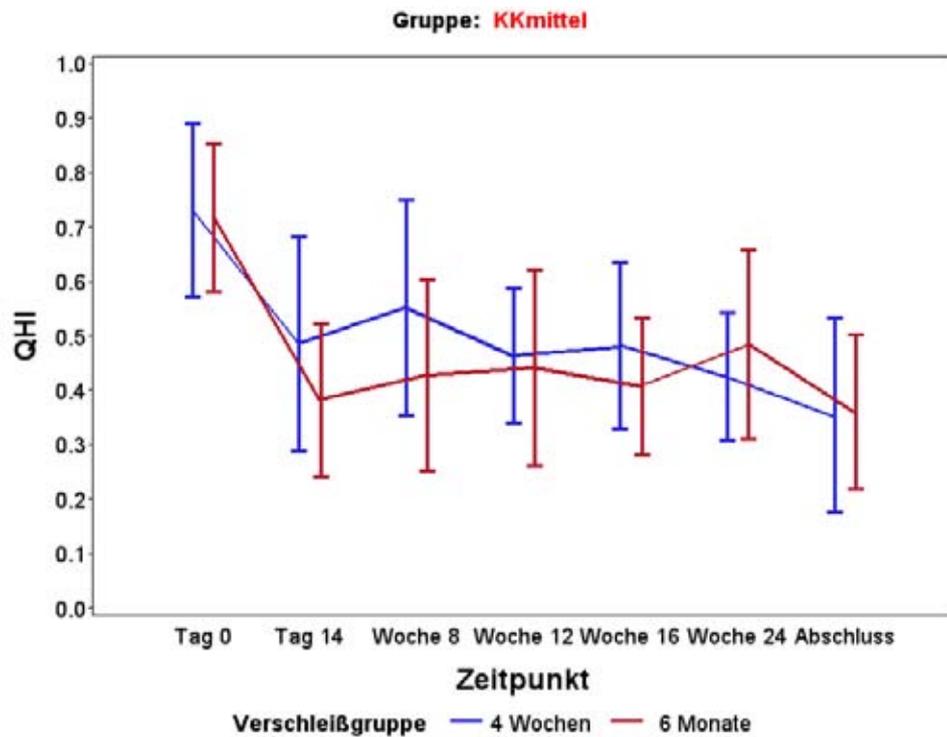


Abb. 23: Verlauf des QHI für Gruppe C und D. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.

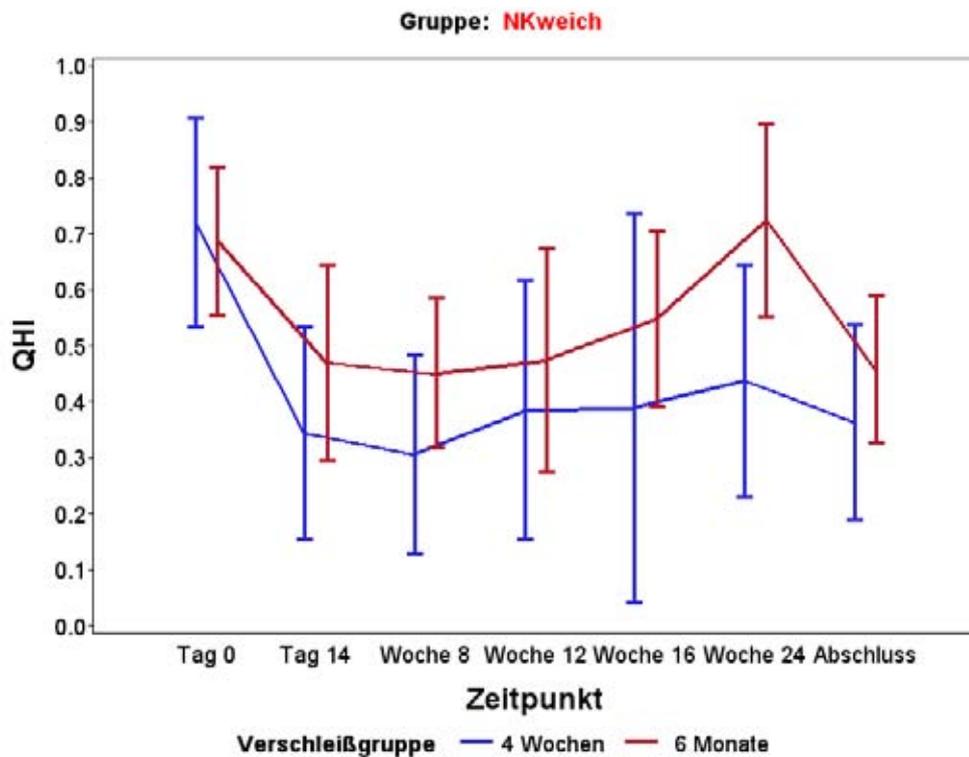


Abb. 24: Verlauf des QHI für Gruppe E und F. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.

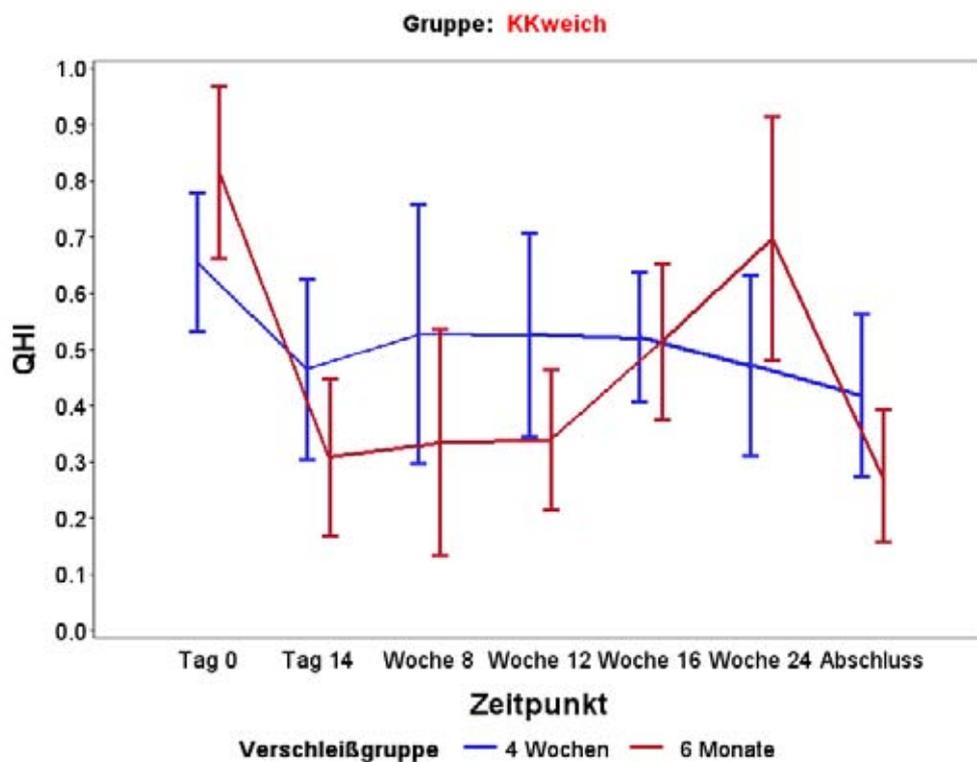


Abb. 25: Verlauf des QHI für Gruppe G und H Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.

Die statistische Auswertung zeigte einen signifikanten Unterschied ($p=0,0165$) in den Zeitverläufen der beiden Verschleißgruppen (4-Wochenanwendung oder 6-Monatsanwendung). Deshalb wurde eine nach Verschleißgruppen getrennte Analyse durchgeführt. Hierbei konnte in beiden Verschleißgruppen ein Effekt des zeitlichen Verlaufs ($p<0,001$ in beiden Verschleißgruppen) nachgewiesen werden. Ein signifikanter Gruppeneffekt lag in keiner der beiden Verschleißgruppen vor: $p=0,2983$ (4-Wochen-Verschleißgruppe) bzw. $p=0,5083$ (6-Monats-Verschleißgruppe).

In den Gruppen der 4-Wochenanwendung (Gruppe B, D, F und H) zeigte sich beim Vergleich der einzelnen Untersuchungszeitpunkte zur Baseline (t 0) stets ein signifikanter Unterschied (Verbesserung) des QHI über die Zeit ($p<0,01$) (Tab. 6, Tab. 8).

Tab. 6: Paarvergleiche gegen Zeitpunkt Baseline (Tag 0) für den vierwöchigen Zahnbürstenwechsel (QHI)

Zeitpunkt	Zeitpunkt	Schätzwert	Standardfehler	DF	t-Wert	Pr > t	Adj P	Untere	Obere	Adj Lower	Adj Upper
Tag 14	0	-0.2519	0.05253	42	-4.79	<.0001	<.0001	-0.3579	-0.1459	-0.3864	-0.1174
Woche 8	0	-0.2293	0.04993	42	-4.59	<.0001	0.0002	-0.3301	-0.1286	-0.3572	-0.1014
Woche 12	0	-0.1916	0.05804	42	-3.30	0.0020	0.0080	-0.3087	-0.07448	-0.3402	-0.04297
Woche 16	0	-0.2189	0.05571	42	-3.93	0.0003	0.0014	-0.3313	-0.1065	-0.3616	-0.07626
Woche 24	0	-0.2056	0.05548	42	-3.71	0.0006	0.0026	-0.3175	-0.09360	-0.3476	-0.06348
Abschluss	0	-0.2880	0.05786	42	-4.98	<.0001	<.0001	-0.4048	-0.1712	-0.4362	-0.1398

Legende

Adj P: adjustierter P-Wert. „Adj Lower“/ „Adj Upper“: adjustiertes Konfidenzintervall; untere und obere Grenze (siehe auch Tabelle 7, 9, 10, 11, 12)

In den Verschleißgruppen der 6-Monatsanwendung (Gruppe A, C, E und G) zeigte sich bei den Vergleichen der einzelnen Untersuchungszeitpunkte (14 Tage, acht Wochen, zwölf Wochen und 16 Wochen sowie Abschluss) zur Baseline (t 0) stets ein signifikanter Unterschied (Verbesserung) des QHI über die Zeit ($p < 0,01$) (Tab. 7, Tab. 8). Dagegen war zum Zeitpunkt 24 Wochen kein signifikanter Unterschied zur Baseline ($p = 0,433$) festzustellen (Tab. 7, Tab. 8).

Tab. 7: Paarvergleiche gegen Zeitpunkt Baseline (Tag 0) für den sechmonatigen Gebrauch (QHI)

Zeitpunkt	Zeitpunkt	Schätzwert	Standardfehler	DF	t-Wert	Pr > t	Adj P	Untere	Obere	Adj Lower	Adj Upper
Tag 14	0	-0.3154	0.05253	42	-6.00	<.0001	<.0001	-0.4214	-0.2094	-0.4442	-0.1865
Woche 8	0	-0.3052	0.05373	42	-5.68	<.0001	<.0001	-0.4136	-0.1967	-0.4370	-0.1734
Woche 12	0	-0.2835	0.05427	42	-5.22	<.0001	<.0001	-0.3931	-0.1740	-0.4166	-0.1504
Woche 16	0	-0.2127	0.04953	42	-4.30	0.0001	0.0004	-0.3127	-0.1128	-0.3342	-0.09126
Woche 24	0	-0.07021	0.05563	42	-1.26	0.2139	0.4330	-0.1825	0.04206	-0.2067	0.06624
Abschluss	0	-0.3539	0.05119	42	-6.91	<.0001	<.0001	-0.4572	-0.2506	-0.4795	-0.2284

Tab. 8: Gruppenabhängige Mittelwerte (MW) ± Standardabweichung (SD) und Medianwerte für die Parameter QHI und PBI zu allen Messzeitpunkten

Parameter	Zeitpunkt	Gruppe							
		A	B	C	D	E	F	G	H
QHI MW±SD (Median)	Baseline	0,55±0,37 (0,45)	0,62±0,45 (0,42)	0,74±0,46 (0,62)	0,74±0,59 (0,65)	0,68±0,43 (0,52)	0,74±0,48 (0,87)	0,96±0,58 (1,19,)	0,60±0,37 (0,65)
	14 d	0,35±0,19 (0,32)	0,44±0,30 (0,33)	0,41±0,22 (0,42)	0,50±0,50 (0,24)	0,47±0,45 (0,32)	0,36±0,25 (0,28)	0,46±0,26 (0,46)	0,41±0,27 (0,33)
	8 w	0,35±0,18 (0,30)	0,43±0,27 (0,42)	0,43±0,32 (0,36)	0,55±0,64 (0,30)	0,45±0,35 (0,28)	0,31±0,24 (0,19)	0,48±0,42 (0,42)	0,47±0,40 (0,35)
	12 w	0,36±0,15 (0,29)	0,57±0,40 (0,39)	0,47±0,27 (0,39)	0,48±0,43 (0,34)	0,49±0,49 (0,29)	0,34±0,22 (0,24)	0,49±0,32 (0,40)	0,47±0,36 (0,38)
	16 w	0,44±0,24 (0,42)	0,34±0,19 (0,32)	0,43±0,19 (0,45)	0,50±0,41 (0,28)	0,54±0,39 (0,40)	0,55±0,44 (0,42)	0,66±0,42 (0,49)	0,49±0,33 (0,61)
	24 w	0,58±0,29 (0,51)	0,56±0,42 (0,43)	0,51±0,29 (0,45)	0,44±0,39 (0,29)	0,72±0,38 (0,59)	0,46±0,34 (0,34)	0,84±0,54 (0,70)	0,42±0,31 (0,36)
	Abschl.	0,29±0,12 (0,28)	0,40±0,18 (0,34)	0,35±0,17 (0,36)	0,37±0,30 (0,24)	0,45±0,36 (0,30)	0,38±0,25 (0,34)	0,44±0,26 (0,40)	0,36±0,25 (0,26)
PBI MW±SD (Median)	Baseline	0,27±0,23 (0,21)	0,27±0,20 (0,20)	0,32±0,22 (0,26)	0,41±0,31 (0,37)	0,23±0,22 (0,21)	0,26±0,27 (0,14)	0,54±0,32 (0,50)	0,26±0,19 (0,17)
	14 d	0,27±0,21 (0,18)	0,25±0,15 (0,18)	0,23±0,17 (0,15)	0,32±0,23 (0,28)	0,21±0,17 (0,17)	0,19±0,13 (0,15)	0,41±0,24 (0,40)	0,25±0,13 (0,21)
	8 w	0,25±0,20 (0,15)	0,25±0,11 (0,23)	0,25±0,18 (0,20)	0,29±0,24 (0,25)	0,25±0,19 (0,20)	0,29±0,28 (0,17)	0,39±0,24 (0,39)	0,21±0,16 (0,21)
	12 w	0,23±0,17 (0,14)	0,24±0,13 (0,26)	0,26±0,18 (0,20)	0,28±0,23 (0,28)	0,22±0,14 (0,19)	0,16±0,13 (0,17)	0,41±0,23 (0,40)	0,24±0,14 (0,25)
	16 w	0,23±0,15 (0,17)	0,24±0,14 (0,25)	0,26±0,19 (0,22)	0,30±0,24 (0,27)	0,32±0,21 (0,26)	0,45±0,35 (0,35)	0,46±0,26 (0,42)	0,20±0,15 (0,20)
	24 w	0,31±0,19 (0,22)	0,26±0,16 (0,24)	0,33±0,20 (0,26)	0,30±0,22 (0,27)	0,40±0,23 (0,37)	0,30±0,27 (0,18)	0,63±0,24 (0,71)	0,24±0,15 (0,23)
	Abschl	0,25±0,15 (0,18)	0,22±0,13 (0,22)	0,23±0,13 (0,21)	0,33±0,22 (0,33)	0,27±0,17 (0,23)	0,28±0,25 (0,18)	0,43±0,23 (0,44)	0,23±0,13 (0,21)

4.3 Papillen-Blutungs-Index

Die Auswertung des PBI zeigte in allen Gruppen gleichermaßen eine Verbesserung vom Untersuchungszeitpunkt Baseline (t 0) zum ersten Kontrolltermin nach 14 Tagen. Dies blieb für alle Gruppen über acht Wochen bis hin zu zwölf Wochen (3 Monaten) konstant. Ausnahmen bildeten die Gruppe E und F (Normkopf weich), bei welchen bereits nach 8 Wochen der Baseline-Wert wieder erreicht wurde. Bei allen Gruppen des vierwöchigen Zahnbürstenwechsels war im weiteren Verlauf weiterhin keine Veränderung (Verschlechterung / Verbesserung) des PBI unabhängig vom Zahnbürstentyp festzustellen. Demgegenüber war in den Gruppen der 6-Monatsanwendung unabhängig vom Zahnbürstentyp ein Anstieg des PBI von 16 bis zu 24 Wochen nach Studienbeginn zu verzeichnen, was mit einer Verschlechterung der Mundhygienesituation verbunden ist. Nach dem Austausch der Zahnbürsten am Ende der Studie war wiederum eine Verbesserung des PBI festzustellen (Abb. 5-8).

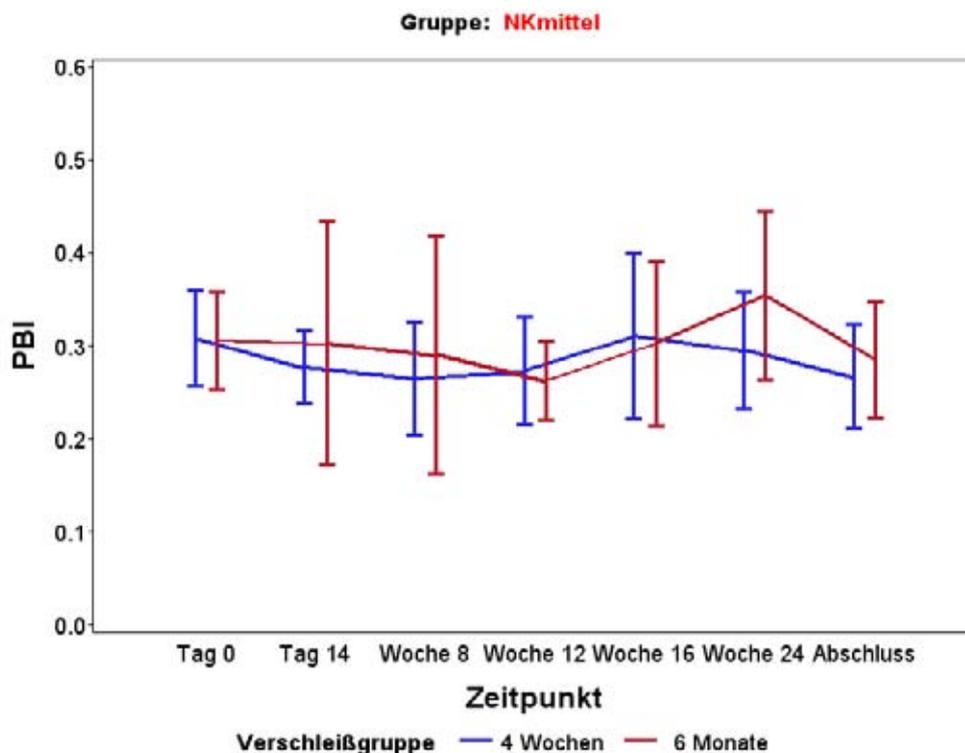


Abb. 26: Verlauf des PBI für Gruppe A und B. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.

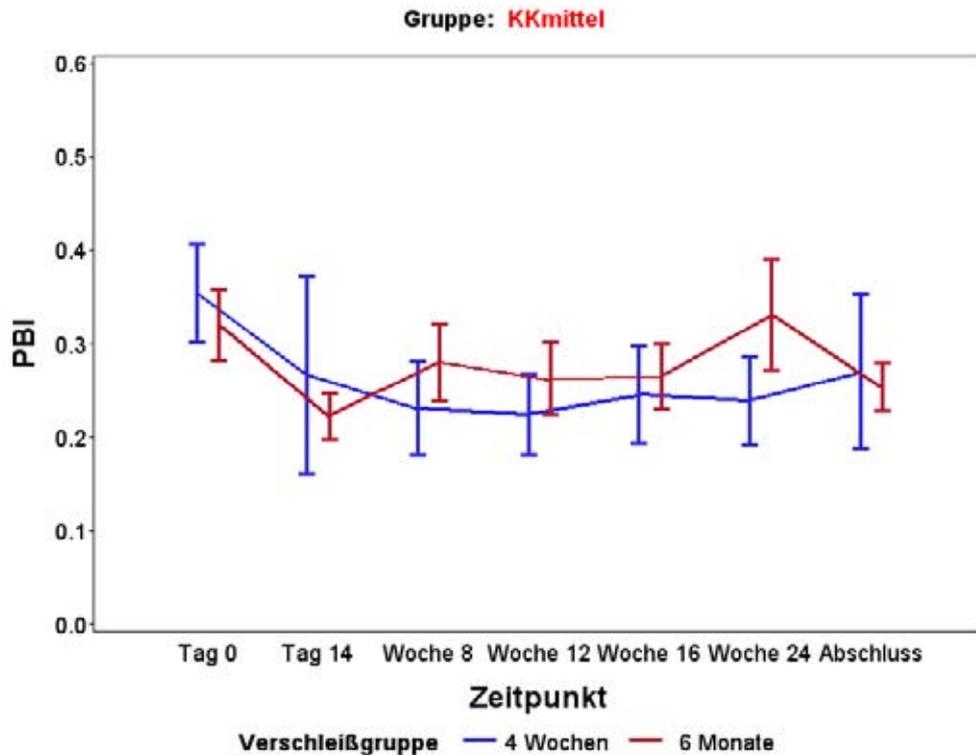


Abb. 27: Verlauf des PBI für Gruppe C und D. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.

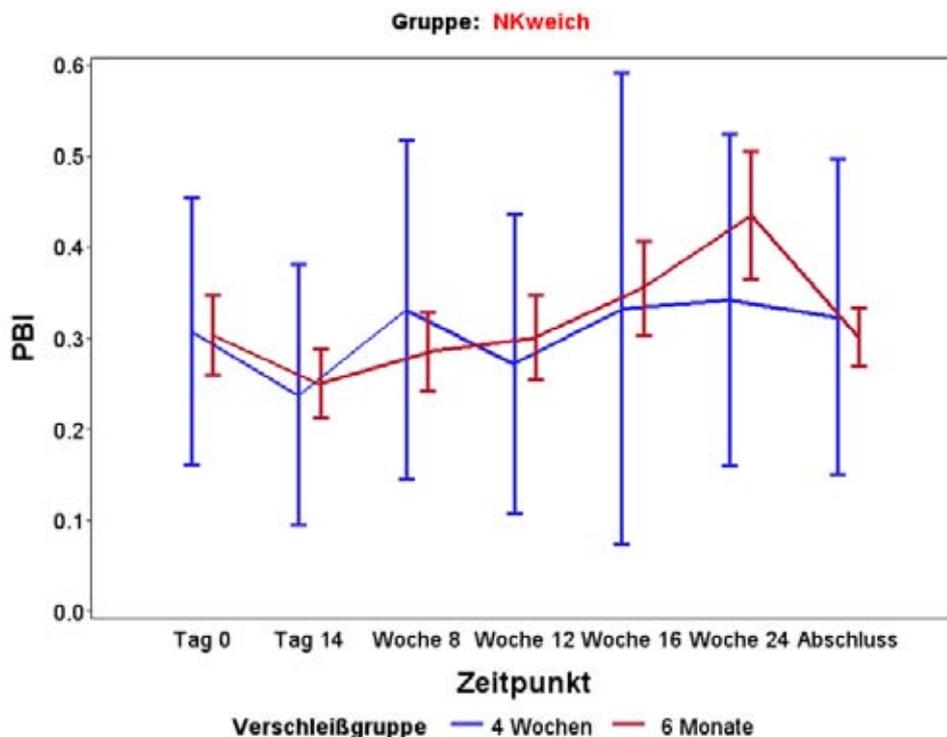


Abb. 28: Verlauf des PBI für Gruppe E und F. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.

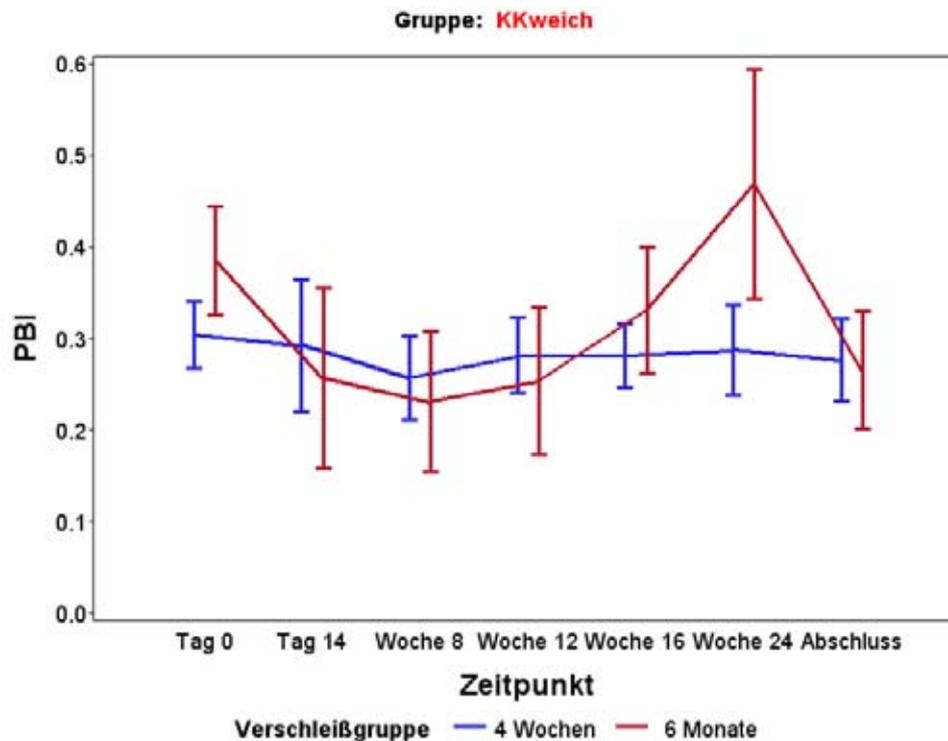


Abb. 29: Verlauf des PBI für Gruppe G und H. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.

Die statistische Auswertung zeigte unabhängig vom verwendeten Zahnbürstentyp eine signifikante Wechselwirkung zwischen Untersuchungszeitpunkt und Verschleißgruppe (4-Wochenanwendung und 6-Monatsanwendung) ($p=0,0396$). Es wurde daher eine nach Verschleißgruppen getrennte Analyse durchgeführt. Hierbei konnte in den 4-Wochen-Verschleißgruppen (B, D, F und H) ein Effekt des zeitlichen Verlaufs nachgewiesen werden ($p=0,0182$). Ein signifikanter Gruppeneffekt lag nicht vor ($p=0,5384$). Bei dieser Verschleißgruppe zeigte sich bei den Vergleichen der einzelnen Untersuchungszeitpunkte zum Tag 0 (t_0) kein signifikanter Unterschied (Verbesserung) des PBI über die Zeit ($p>0,05$); d.h. es ist keine signifikante Verbesserung oder Verschlechterung des PBI im Vergleich zum Baseline-Wert zu verzeichnen (Tab. 8, Tab. 9).

Tab. 9: Paarvergleiche gegen Zeitpunkt Baseline (Tag 0) für den vierwöchigen Gebrauch (PBI)

Zeit-punkt	Zeit-punkt	Schätz-wert	Standard-fehler	DF	t-Wert	Pr > t	Adj P	Untere	Obere	Adj Lower	Adj Upper
Tag 14	0	-0.04936	0.02731	42	-1.81	0.0779	0.2375	-0.1045	0.005759	-0.1197	0.02094
Woche 8	0	-0.04843	0.02602	42	-1.86	0.0697	0.2158	-0.1009	0.004079	-0.1154	0.01854
Woche 12	0	-0.05180	0.02066	42	-2.51	0.0161	0.0583	-0.09350	-0.01009	-0.1050	0.001390
Woche 16	0	-0.02270	0.03327	42	-0.68	0.4988	0.9130	-0.08983	0.04443	-0.1083	0.06292
Woche 24	0	-0.02733	0.02567	42	-1.06	0.2933	0.6790	-0.07914	0.02449	-0.09341	0.03876
Abschluss	0	-0.03528	0.02746	42	-1.28	0.2059	0.5261	-0.09068	0.02013	-0.1059	0.03539

In den Verschleißgruppen der 6-Monatsanwendung ließ sich eine signifikante Wechselwirkung zwischen dem Zeitpunkt und dem verwendeten Zahnbürstentyp nachweisen. Das heißt, dass sich der zeitliche Verlauf des PBI bei den 6-Monatswechslern nach den verwendeten Zahnbürstentypen unterschied, weswegen eine Auswertung getrennt nach Zahnbürstentyp durchgeführt wurde. Ein signifikanter Zeiteffekt ließ sich dabei einzig bei der weichen Normkopfzahnbürste nachweisen ($p=0.0183$), wohingegen sich bei den anderen Zahnbürstentypen keine Veränderung des PBI über die Zeit nachweisen ließ ($p=0.1154$ für KK mittel, $p=0.0584$ für KK weich, $p=0.0624$ für NK mittel). Für die Gruppe E (NK weich) ergaben sich nach detaillierter Betrachtung des nachgewiesenen Zeiteffekts folgende Resultate: Es zeigte sich bei den Vergleichen der einzelnen Untersuchungszeitpunkte (14 Tage, acht Wochen, zwölf Wochen und 16 Wochen sowie Abschluss) zu Tag 0 (t 0) keine

signifikante Veränderung (Verbesserung/Verschlechterung) des PBI über die Zeit ($p > 0,05$) (Tab. 8). Dagegen war zum Zeitpunkt 24 Wochen ein signifikanter Unterschied (Verschlechterung gegenüber) zu Tag 0 ($p = 0,02$) festzustellen (Tab. 8).

Tab. 10: Paarvergleiche gegen Zeitpunkt Baseline (Tag 0) für den sechsmonatigen Gebrauch (PBI)

Zeit-punkt	Zeit-punkt	Schätz-wert	Standard-fehler	DF	t-Wert	Pr > t	Adj P	Untere	Obere	Adj Lower	Adj Upper
Tag 14	0	-0.05333	0.02570	9	-2.08	0.0678	0.2414	-0.1115	0.004802	-0.1337	0.02705
Woche 8	0	-0.01825	0.02582	9	-0.71	0.4975	0.9420	-0.07665	0.04015	-0.09900	0.06250
Woche 12	0	0.004123	0.02347	9	0.18	0.8644	1.0000	-0.04897	0.05722	-0.06929	0.07754
Woche 16	0	0.05183	0.02569	9	2.02	0.0744	0.2616	-0.00628	0.1099	-0.02852	0.1322
Woche 24	0	0.1315	0.03522	9	3.73	0.0047	0.0200	0.05182	0.2112	0.02133	0.2417
Abschluss	0	-0.00254	0.02455	9	-0.10	0.9198	1.0000	-0.05808	0.05300	-0.07934	0.07425

4.4 Gingivaindex

Die Auswertung des GI zeigte in allen Gruppen gleichermaßen eine Verbesserung vom Untersuchungszeitpunkt Baseline (t 0) zum ersten Kontrolltermin nach 14 Tagen. Dies blieb für alle Gruppen mit sechsmonatiger Anwendung über acht Wochen bis hin zu zwölf Wochen konstant. In der Gruppe des vierwöchigen Wechsels zeigte sich unabhängig vom Zahnbürstentyp kein Zeiteffekt (Verschlechterung/Verbesserung) des GI. Demgegenüber war in den Gruppen der 6-Monatsanwendung unabhängig vom Zahnbürstentyp ein Anstieg des GI von 16 bis zu 24 Wochen, bei den weichen Zahnbürsten zum Teil bereits ab zwölf Wochen nach

Studienbeginn zu verzeichnen, was eine Verschlechterung der Mundhygienesituation signalisiert. Nach Austausch der Zahnbürsten am Ende der Studie war wiederum eine Verbesserung des GI festzustellen (Abb. 9-12).

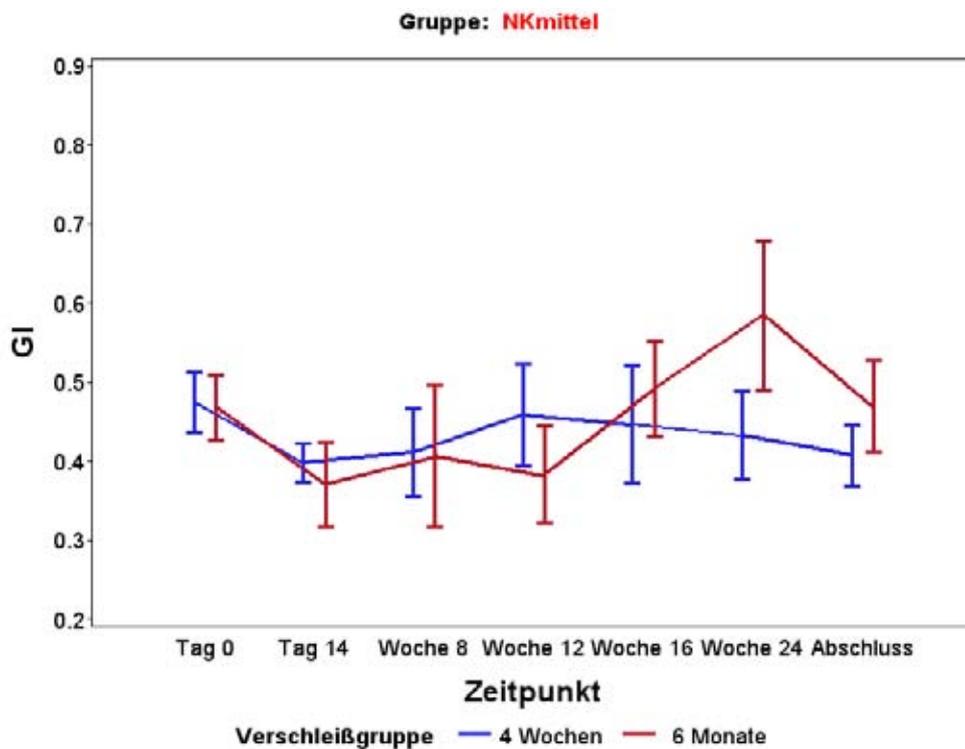


Abb. 30: Verlauf des GI für Gruppe A und B. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.

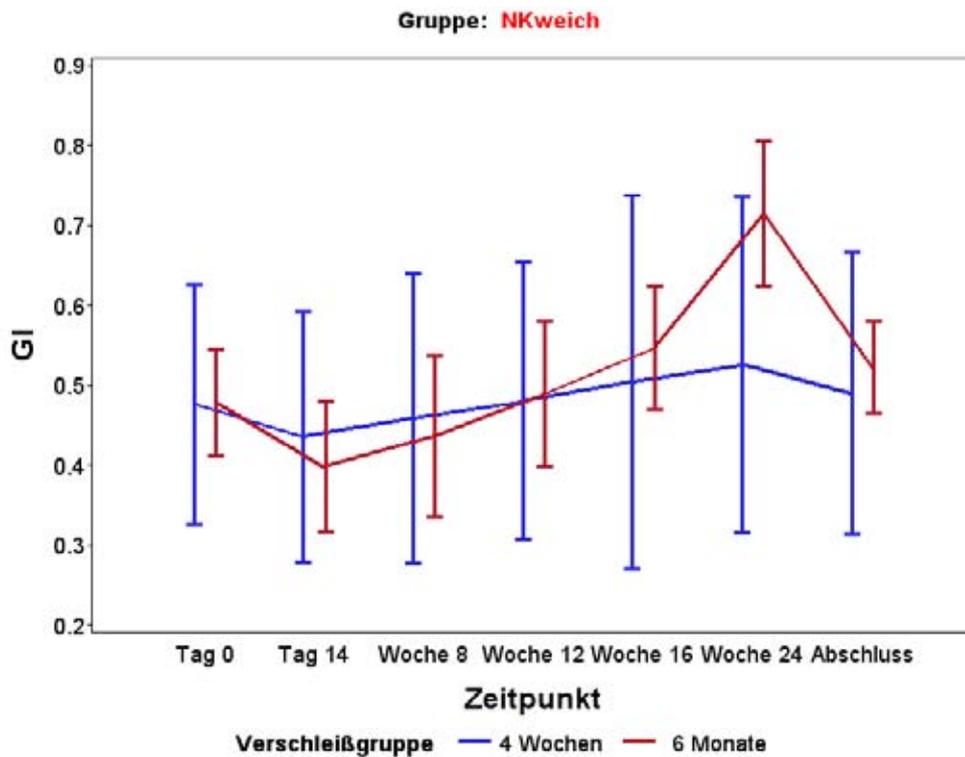


Abb. 31: Verlauf des GI für Gruppe C und D. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.

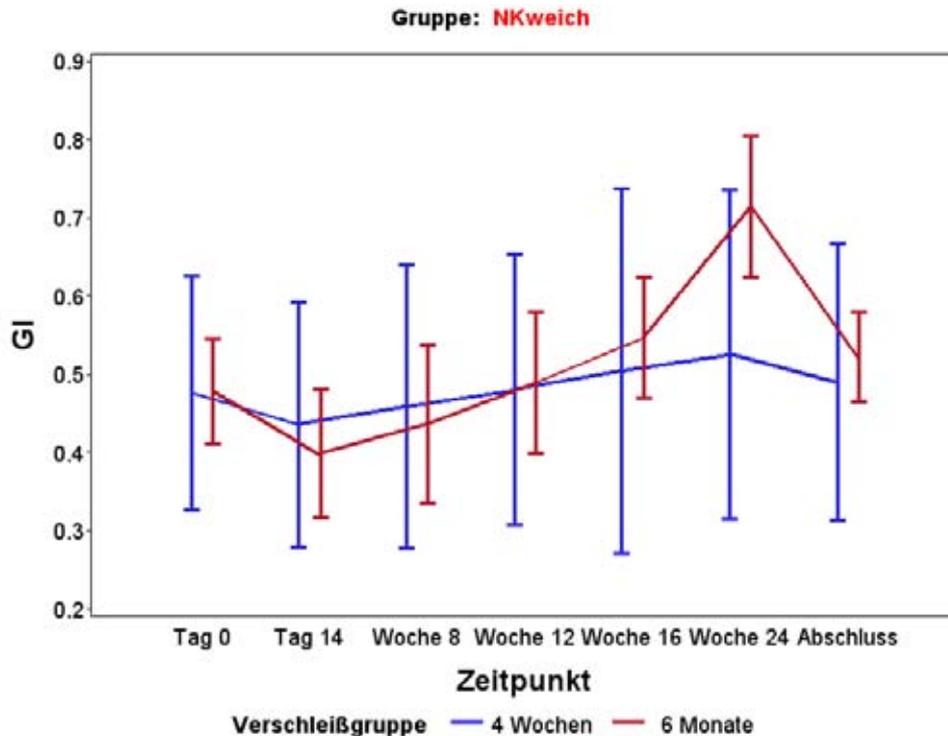


Abb. 32: Verlauf des GI für Gruppe E und F. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.

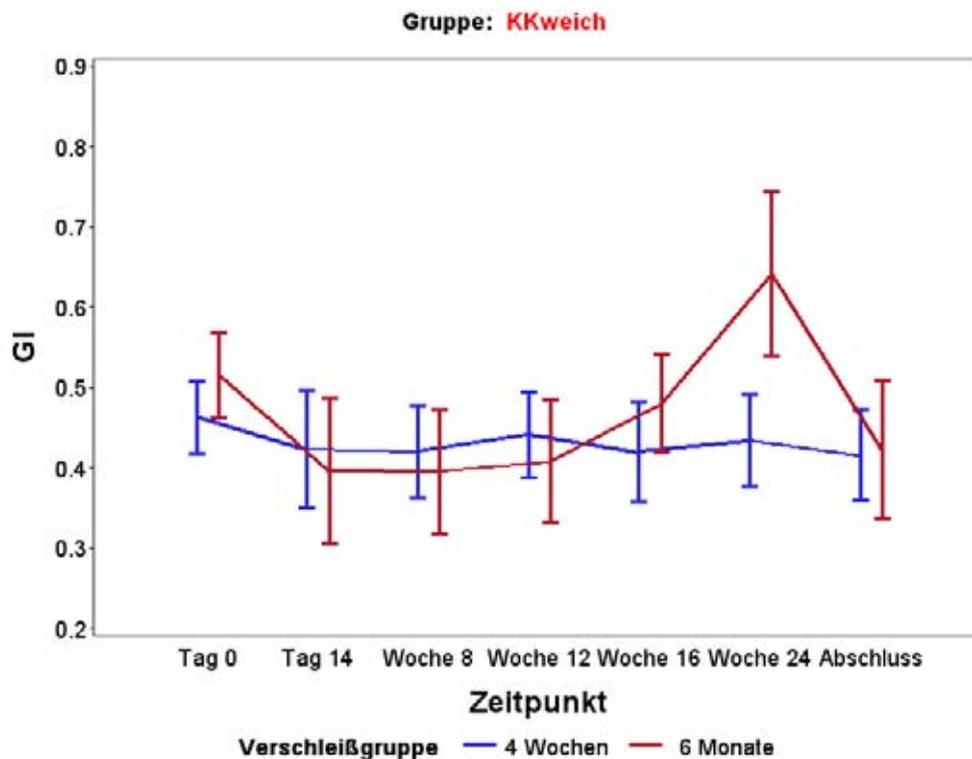


Abb. 33: Verlauf des GI für Gruppe G und H. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.

Die statistische Auswertung zeigte einen signifikanten Unterschied in den Zeitverläufen der beiden Verschleißgruppen ($p=0.0002$), der zeitliche Verlauf des GI unterschied sich je nach Verschleißgruppe (4-Wochenanwendung zu 6-Monatsanwendung). Es zeigte sich schließlich ein signifikanter Effekt des zeitlichen Verlaufs in der Gruppe der Sechsmonatswechsler ($p<0,0001$), aber kein signifikanter Zeiteffekt bei vierwöchigem Wechsel ($p=0.9294$). Ein signifikanter Gruppeneffekt lag in keiner der beiden Verschleißgruppen vor ($p=0.8459$ bzw. $p=0.0914$).

Der Zeiteffekt in der Gruppe der Sechsmonatswechsler stellte sich im Detail wie folgt dar: Es zeigte sich bei den Vergleichen der einzelnen Untersuchungszeitpunkte (14 Tage, acht Wochen, zwölf Wochen) zu Tag 0 (t_0) stets ein signifikanter Unterschied (Verbesserung) des GI über die Zeit ($p<0,05$) (Tab.4). Dagegen war zum Zeitpunkt 24 Wochen eine signifikante Verschlechterung zur Baseline ($p<0,001$) festzustellen (Tab.12). Zum Zeitpunkt 16 Wochen und bei der Abschlussuntersuchung lag kein signifikanter Unterschied zu Tag 0 vor ($p>0,05$) (Tab.12).

Tab. 11: Paarvergleiche gegen Zeitpunkt Baseline (Tag 0) für den vierwöchigen Gebrauch (GI)

Zeitpunkt	Zeitpunkt t	Schätzwert	Standardfehler	DF	t-Wert	Pr > t	Adj P	Untere	Obere	Adj Lower	Adj Upper
Tag 14	0	-0.06020	0.05645	42	-1.07	0.2923	0.7398	-0.1741	0.05372	-0.2091	0.08874
Woche 8	0	-0.01813	0.05905	42	-0.31	0.7603	0.9991	-0.1373	0.1010	-0.1739	0.1377
Woche 12	0	-0.00780	0.05817	42	-0.13	0.8940	1.0000	-0.1252	0.1096	-0.1613	0.1457
Woche 16	0	-0.00974	0.06915	42	-0.14	0.8887	1.0000	-0.1493	0.1298	-0.1922	0.1727
Woche 24	0	-0.00394	0.05991	42	-0.07	0.9479	1.0000	-0.1248	0.1170	-0.1620	0.1541
Abschluss	0	-0.03056	0.05921	42	-0.52	0.6085	0.9854	-0.1501	0.08894	-0.1868	0.1257

Tab. 12: Paarvergleiche gegen Zeitpunkt Baseline (Tag 0) für den sechsmonatigen Gebrauch (GI)

Zeitpunkt	Zeitpunkt	Schätzwert	Standardfehler	DF	t-Wert	Pr > t	Adj P	Untere	Obere	Adj Lower	Adj Upper
Tag 14	0	-0.1034	0.02547	42	-4.06	0.0002	0.0009	-0.1548	-0.05194	-0.1687	-0.03804
Woche 8	0	-0.07829	0.02767	42	-2.83	0.0071	0.0268	-0.1341	-0.02244	-0.1492	-0.00734
Woche 12	0	-0.06077	0.02319	42	-2.62	0.0122	0.0439	-0.1076	-0.01398	-0.1202	-0.00132
Woche 16	0	-0.00121	0.02011	42	-0.06	0.9523	1.0000	-0.04180	0.03938	-0.05277	0.05035
Woche 24	0	0.1272	0.02617	42	4.86	<.0001	<.0001	0.07437	0.1800	0.06008	0.1943
Abschluss	0	-0.02908	0.02131	42	-1.36	0.1796	0.4596	-0.07208	0.01392	-0.08371	0.02555

5 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit sollte überprüft werden, ob das Alter und die Abnutzung von Handzahnbürsten verschiedener Härtegrade Einfluss auf die Plaquekontrolle und das Gingivaverhalten haben. Dabei sollte die Hypothese, dass das Zahnbürstenalter bzw. deren Abnutzung die Plaqueentfernung nicht beeinflussen, überprüft werden.

5.1 Studiendesign

5.1.1 Paralleldesign

Aufgrund der langen Studiendauer von mehr als einem halben Jahr wurde bei dieser Untersuchung das Parallel-Design dem Crossover-Design vorgezogen. Crossover-Studien haben gegenüber Parallel-Studien den Vorteil, dass jede Probandengruppe sozusagen ihre eigene Kontrollgruppe bildet, weil jeder einzelne Proband jede in der Versuchsreihe vorgesehene Zahnbürste testet (Addy 1998). Dadurch werden gleiche Grundvoraussetzungen geschaffen und individuelle Unterschiede verringert.

Auch wenn zum Erlangen von statistisch signifikanten Ergebnissen beim Parallel-Design eine höhere Probandenanzahl notwendig ist, bietet es neben der verkürzten Studiendauer den Vorteil, dass es zu keinen Wechselwirkungen, welche bedingt durch die einzelnen Testphasen beim Crossover-Design auftreten können, kommen kann (Heinecke et al. 1992). Weiterhin sind keine Carry-over-Effekte wie Ermüdung, schwankende Motivation, Neuheitseffekte und Trainingseffekte, die Nachteil des Cross-over- Designs sind, zu erwarten (Bortz 1993). Vor allem aber ist beim Parallel-Design vorteilhaft, dass jeder Studienteilnehmer lediglich mit einem Testprodukt in Berührung kommt. Dadurch kann es nicht durch bewusste oder unbewusste Begünstigung eines der getesteten Produkte zu einer Verfälschung der Testergebnisse kommen.

5.1.2 Reliabilität

Da ein doppelt-blindes Studiendesign bei dieser Untersuchung nicht möglich war, wurden zur Gewährleistung der Reliabilität alle Messungen untersucherblind von derselben Zahnärztin durchgeführt. Um die einzelnen Untersuchungen nicht durch eventuelle eigene Erwartungen zu beeinflussen, erfolgte die Einteilung der Probanden in die einzelnen Gruppen mit Hilfe eines Losverfahrens durch eine zweite

Person. Die Zuteilung der verschiedenen Zahnbürsten erfolgte ebenfalls durch eine zweite Person. Über welchen Zeitraum eine Testperson die ihr zugewiesene Zahnbürste benutzte und um welche Zahnbürste es sich handelte, war der Untersucherin somit zu keinem Zeitpunkt der Studie bekannt. Durch eine Kalibrierung der Zahnärztin im Vorfeld der Studie wurde die möglichst präzise Erhebung der Indizes und die daraus resultierende Reproduzierbarkeit gesichert.

5.1.3 Studiendauer/ Kontrollintervall

Nach einem von der [American Dental Association \(ADA 1998\)](#) herausgegebenen Richtlinien-skript für Mundhygiene- Studien soll die Studiendauer mindestens 30 Tage betragen.

Bei vergleichbaren Studien, die sich mit der Abnutzung und der Effektivität von Zahnbürsten beschäftigen, wurde hauptsächlich eine Studiendauer von drei Monaten gewählt ([Daly et. al 1996](#), [Sforza et al. 2000](#), [Glaze und Wade 1986](#)). Um herauszufinden, ob die Reinigungswirkung einer Zahnbürste, die länger als drei Monate benutzt worden ist, nachlässt, und um zu überprüfen, ob ein Zahnbürstenwechsel nach drei Monaten, wie generell empfohlen, sinnvoll erscheint, wurde für diese Studie ein Zeitraum von mehr als drei Monaten festgelegt. Die mit 25 Wochen erheblich längere Versuchsdauer begründet sich darin, dass in der vorliegenden Arbeit zusätzlich untersucht werden sollte, inwiefern sich die Reinigungswirkung der verschiedenen Zahnbürsten nach Ablauf der empfohlenen drei Monate, nämlich nach vier- bzw. sechsmonatigem Gebrauch, verändert.

Der erste Kontrolltermin fand 14 Tage nach der zu Studienbeginn durchgeführten professionellen Zahnreinigung statt, da sich frühestens innerhalb dieser Zeitspanne eine Gingivitis entwickeln kann ([Löe et al. 1965](#)). Die Erhebung eines Gingivaindex zu einem früheren Zeitpunkt wäre deshalb wenig aussagefähig gewesen. Um die Anzahl der jeweiligen Kontrolltermine auf ein sinnvolles Maß zu reduzieren, fanden diese nicht alle vier Wochen, sondern lediglich acht, zwölf, 16 und 24 Wochen nach Studienbeginn statt. Der letzte Kontrolltermin, eine Woche nach Ablauf der 24 Wochen, diente zur Erfassung der Mundhygienesituation nach der einwöchigen Verwendung einer neuen Zahnbürste. Hierbei sollte überprüft werden, welchen Veränderungen die Plaque- und Gingivaindizes derjenigen Probanden unterlagen, die über die gesamte Studiendauer dieselbe Zahnbürste benutzten.

5.1.4 Probandenanzahl

Ob man die Daten und Ergebnisse einer Studie auf die Gesamtbevölkerung übertragen kann, hängt von der Anzahl der Probanden und der Studiendauer ab. Je länger die Studiendauer ist und je größer die Anzahl an Versuchsteilnehmern, als desto repräsentativer kann man eine Studie bezeichnen.

Bei der vorliegenden Untersuchung wurde eine Gruppengröße von 15 Probanden in jeder der acht Gruppen angestrebt. Schließlich konnten die erhobenen Daten von 95 Testpersonen statistisch ausgewertet werden. Nach den Richtlinien der [American Dental Association \(ADA 1998\)](#) sollte die Gruppengröße klinischer Studien mindestens 25 Probanden betragen, jedoch muss berücksichtigt werden, dass diese Studie den Einfluss der Gebrauchsdauer von Handzahnbürsten auf Plaquekontrolle und Gingivazustand über einen Zeitraum von 25 Wochen untersuchte. Allein bei 95 Probanden, die diese Studie vollständig durchliefen, ergaben sich 665 Kontrolltermine.

5.1.5 Probandenauswahl

Durch die Erhebung eines klinischen Befundes und mit Hilfe eines Anamnesebogens wurden im Vorfeld der Studie Personen mit Allgemeinerkrankungen, bestimmter Medikation, Parodontitiden, festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen oder herausnehmbarem Zahnersatz von der Studienteilnahme ausgeschlossen. Auch Probanden mit einem Zahnbestand von weniger als 20 Zähnen nahmen nicht an der Studie teil (vgl. Kap. 3.2.1, S.22). Somit wurden eine Vielzahl möglicher beeinflussender Faktoren bereits im Vorfeld der Untersuchung eliminiert und die Validität der Untersuchung gesichert.

Bei den Versuchsteilnehmern handelte es sich um Personen mit prophylaxeorientiertem Verhalten (regelmäßige Prophylaxe-Sitzungen), Zahnmedizinstudenten und zahnärztliches Personal. Ein Nachteil könnte sein, dass es sich hierbei um einen mit Fachwissen ausgestatteten Personenkreis handelt, der eine überdurchschnittliche Geübtheit im Umgang mit Mundhygienemitteln besitzt. Somit könnte der Vorwurf erhoben werden, dass das Studienergebnis nicht repräsentativ für die Bevölkerung sei. Da es in der vorliegenden Untersuchung jedoch nicht vorrangig um einen Vergleich verschiedener Produkte, wie beispielsweise die Effektivität einer neuen Zahnbürstenform - verglichen mit einer alten - geht, sondern ob und ab welchem Zeitpunkt die Effektivität einer gebrauchten Zahnbürste nachlässt, ist eine homogene

Gruppe an Versuchsteilnehmern in diesem Fall sogar vorteilhaft. Es kann nämlich davon ausgegangen werden, dass es durch den geringen Einfluss probandenbedingter individueller Faktoren lediglich zu einer minimalen Beeinträchtigung der Testergebnisse gekommen ist.

5.1.6 Zahnputzdauer und Mundhygieneinstruktion

Allen Studienteilnehmern wurde eine Putzdauer von zwei Minuten bei zweimaligem Zähneputzen pro Tag vorgegeben, um standardisierte Voraussetzungen zu schaffen. Sowohl für Handzahnbürsten als auch für elektrische Zahnbürsten konnte nachgewiesen werden, dass die Reduktion der Plaque mit steigender Reinigungsdauer ansteigt (Mc Cracken et al. 2003, van der Weijden et al. 1993, Williams et al. 2004). Folglich kann man annehmen, dass Zähne bei ausreichender Dauer bzw. fehlender Standardisierung der Putzzeit mit jeder Bürste gleich effektiv gereinigt werden können. Deshalb stellt die Zahnputzdauer in einer Untersuchung zum Vergleich verschiedener Zahnbürsten einen bedeutenden Faktor dar. Während die [American Dental Association](#) eine Zahnputzdauer von drei Minuten empfiehlt (ADA 1998), wurde zwar in verschiedenen Untersuchungen deutlich, dass eine einminütige Putzzeit für eine akzeptable Plaqueentfernung nicht genügt und eine mindestens zweiminütige Reinigung zu einer signifikant besseren Reduktion der Beläge führt, aber dass durch eine Erhöhung der Reinigungsdauer auf drei und vier Minuten keine signifikante Plaquereduktion erreicht werden kann (Van der Weijden et al 1993, van der Weijden et al. 1996). In Anbetracht dieser Ergebnisse wurde in der vorliegenden Studie eine Putzzeit von zwei Minuten festgelegt.

Die Probanden wurden instruiert, zwei Mal täglich ihre Zähne mit der Zahnputztechnik nach Bass zu putzen. Außerdem sollten die Testpersonen während der gesamten Studiendauer ausschließlich die ausgegebene Testzahnpaste benutzen. Weitere Mundhygienehilfsmittel wie Zahnseide oder Interdentalraumbürsten waren nicht erlaubt.

Bei der Durchführung von Studien muss immer in Kauf genommen werden, dass die Motivation der Teilnehmer aufgrund ihres Enthusiasmus, im Rahmen einer Untersuchung neue Produkte verwenden zu dürfen, höher als die der durchschnittlichen Bevölkerung ist. Um diesen Effekt nicht zu verstärken und somit die Ergebnisse zu verfälschen, wurde auf eine exzessive Mundhygieneunterweisung mit Modifikation

der Mundhygienegewohnheiten verzichtet. Es konnte jedoch nicht vollständig auf Instruktionen verzichtet werden, da aus Gründen der Standardisierung der Belagsentfernung eine bestimmte Zahnputztechnik vorgeschrieben werden musste. Die Putzanleitung wurde jedoch auf das Wesentliche beschränkt.

5.1.7 Randomisierung

Die Testpersonen wurden anhand ihrer Ausgangsmundhygienesituation gleichmäßig und zufällig auf die Gruppen A bis H verteilt. Um sicherzustellen, dass das Mundhygieniveau zu Beginn der Studie in allen Gruppen ähnlich war, wurden anhand des in der Eingangsuntersuchung erhobenen Plaqueindex (QHI) die Probanden in drei Mundhygiene-Gruppen unterteilt (gut, mittelmäßig, schlecht). Aus diesen drei Gruppen wurden nun alle acht Gruppen gleichmäßig durch Losen aufgefüllt. Zudem erfolgte eine Balancierung der Gruppen nach Rechts-/Linkshändigkeit, um in jeder Gruppe ein ausgeglichenes Verhältnis von Rechts- und Linkshändern zu erzielen. Eine bessere Möglichkeit wäre die Einteilung der Gruppen nach dem Papillen-Blutungs-Index gewesen, da Gingivaindizes das Mundhygiene-Niveau reeller wiedergeben als Plaqueindizes ([Rateitschak et al. 1989](#)).

5.2. Material

5.2.1 Testzahnbürsten

Da der Einfluss von Alter und Abnutzung von Zahnbürsten verschiedener Borstenhärten überprüft werden sollte, wurden in der vorliegenden Studie Zahnbürsten mit mittelharten und weichen Borsten ausgewählt. Um herauszufinden, ob eventuell auch die Größe des Bürstenkopfes einen Einfluss haben könnte, wurden die mittelharten und weichen Zahnbürsten jeweils in der Normkopf- und in der Kurzkopf-Variante überprüft. Daraus ergaben sich vier Zahnbürsten-Typen: Dr. Best Flex-Plus mittel Normkopf, Dr. Best Flex-Plus mittel Kurzkopf, Dr. Best Flex-Plus weich Normkopf und Dr. Best Flex-Plus weich Kurzkopf. Die in der Studie verwendeten Zahnbürsten wurden freundlicherweise von der Firma GlaxoSmithKline zur Verfügung gestellt.

5.2.2 Plaquerevelator

Um die dem Zahn anhaftende Plaque sichtbar und somit messbar zu machen, wurde in dieser Studie, so wie in vielen anderen Untersuchungen ([Sharma et al. 1998](#), [Chava 2000](#), [Schafer et al. 2003](#)), Erythrosin-Lösung verwendet. [Saxer und Yankell \(1997a\)](#) untersuchten die Applikation und die Verteilung des Plaquerevelators und stellten fest, dass die Verteilung der Lösung in der Mundhöhle von der Einwirkzeit und der Aktivität der Wangenmuskulatur abhängt. Auch die Menge des aufgetragenen Plaquerevelators unterliegt Schwankungen, wodurch die Intensität der Färbung und dadurch die Beurteilung der Plaquemenge beeinflusst werden können. Um diese Einflüsse und Schwankungen so gering wie möglich zu halten, wurde in jeder Sitzung nach demselben Prinzip vorgegangen: die Untersucherin verwendete pro Kiefer stets ein je mit einem Tropfen Erythrosin getränktes Schaumstoff-Pellet, anschließend wurden die Probanden gebeten, einmalig mit Wasser zu spülen, um die überschüssige Revelatormenge zu entfernen.

5.2.3 Testzahnpaste

Wie von [Saxer und Yankell \(1997b\)](#) empfohlen, verwendeten alle Probanden die gleiche Zahnpaste, um eine Beeinflussung der Testergebnisse durch die Art der Zahnpaste auszuschließen. In der vorliegenden Untersuchung benutzten alle Testpersonen Odol-med3 original-Zahnpaste (GlaxoSmithKline).

5.3 Methodik

5.3.1 Professionelle Zahnreinigung

Nach der Einteilung in die entsprechenden Gruppen erhielten alle Studienteilnehmer eine professionelle Zahnreinigung, um eine möglichst identische Ausgangssituation zu schaffen. Einige Autoren vermuten, dass der Einfluss der professionellen Zahnreinigung zu Studienbeginn so bedeutend sein kann, dass er in der Lage ist, den Effekt der zu testenden Zahnbürsten zu maskieren ([Ainamo et al. 1997](#), [Stoltze und Bay 1994](#)). [Saxer et al.](#) publizierten, dass eine initiale Zahnreinigung die Bildung von Plaque für drei bis vier Wochen und den Entzündungszustand des marginalen Parodontiums sogar für sechs bis acht Wochen beeinflussen kann ([Saxer und Yankell 1997a](#), [Saxer und Yankell 1997b](#)). Aufgrund dieser Ergebnisse wäre eine

Wash-out-Phase vor Beginn der Testphase denkbar gewesen, um das Risiko einer Beeinflussung der Ergebnisse durch die professionelle Zahnreinigung zu reduzieren. Nachteil der Wash-out-Phase wäre allerdings die mögliche Aufhebung der ebenfalls gewünschten gleichen Ausgangssituation gewesen. Die Studie zur experimentellen Gingivitis beim Menschen zeigte, dass bereits eine Woche ein ausreichender Zeitraum ist, um nach vollständiger Entfernung der Beläge Plaque erneut wachsen zu lassen und erste messbare Veränderungen des gingivalen Zustandes hervorzurufen (Löe et al. 1965). Deshalb, und aufgrund des ohnehin schon sehr umfangreichen Untersuchungszeitraumes, wurde in der vorliegenden Studie auf eine Wash-out-Phase verzichtet.

5.3.2 Auswahl der Mundhygiene-Indizes

Um die Mundhygiene der Probanden objektiv beurteilen und somit Rückschlüsse auf die Effizienz der getesteten Zahnbürsten ziehen zu können, wurden für die vorliegende Untersuchung ein Plaqueindex und zwei Gingivaindizes ausgewählt.

5.3.3 Plaqueindex

Die Plaqueausdehnung auf den koronalen Zahnoberflächen wurde anhand des QHI nach Turesky (Turesky et al. 1972) ermittelt. Im Gegensatz zum 1962 publizierten, ursprünglichen Bewertungssystem (Quigley und Hein 1962), welches die sulkuläre und die proximale Plaque nur unzureichend beurteilt, ist bei der von Turesky et al. modifizierten Form eine genaue Beurteilung der proximalen Bereiche möglich. Laut Richtlinienkonzept der American Dental Association (ADA 1998) wird der nach Turesky modifizierte QHI als „verlässlich“ bis „sehr verlässlich“ eingestuft und daher für Zahnbürstenstudien empfohlen. Dessen Erhebung ist im Vergleich zu anderen Plaqueindizes relativ aufwändig, da an jedem zu bewertenden Zahn sechs Messungen durchzuführen sind. Allerdings bietet der Index den Vorteil der Quantifizierung der Plaque. Bei der Erhebung des Approximalraum-Plaqueindex (API) nach Lange (Lange et al. 1977) hingegen erfolgt die Erfassung der Zahnbeläge lediglich nach dem Ja-Nein-Prinzip. Eine Aussage über die Plaquemenge wird nicht getroffen. Daher war die Erhebung des API für die Durchführung der vorliegenden Studie ungeeignet. Der Plaqueindex wurde an jedem Zahn erhoben. Zur Reduzierung des Arbeitsaufwandes hätte man ebenfalls die Möglichkeit gehabt, eine repräsentative

Zahnauswahl zu treffen. [Di Murro et al. \(1990\)](#) und [Silness und Roynstrand \(1988\)](#) sehen die Ramfjord-Zähne für Studien als uneingeschränkt repräsentativ an. [Fleiss et al. \(1987\)](#) bestätigen dies für Gingivitis-Studien, nicht jedoch für epidemiologische Studien zu Parodontopathien. Aufgrund der Tatsache, dass bestimmte Zähne und Zahnflächen unterschiedlich gründlich gereinigt werden ([Hawkins et al. 1986](#), [Huber et al. 1985](#)), wurde in der vorliegenden Studie der Plaqueindex an allen Zähnen erhoben.

5.3.4 Gingivaindizes

Da ein Plaqueindex immer nur eine Momentaufnahme der Mundhygiene darstellt und die Gefahr birgt, dass ein Proband unmittelbar vor dem Kontrolltermin außergewöhnlich gut die Zähne putzt und somit eine Verfälschung der Ergebnisse verursacht, wurden in der vorliegenden Untersuchung zusätzlich zwei Gingivaindizes erhoben. Außerdem etabliert sich eine Gingivitis bei inadäquater Plaqueentfernung stets verzögert und klingt umgekehrt erst nach mehreren Tagen der Plaquefreiheit ab ([Löe et al. 1965](#)). Deshalb kann die Qualität der Mundhygiene nur durch die zusätzliche Erhebung eines Gingivaindex verlässlich klassifiziert werden. Die Blutung der Gingiva auf Sondierung, die durch die erhöhte Permeabilität infolge entzündlicher Strukturveränderungen ausgelöst wird, gilt als sehr sensibler Indikator für eine Gingivitis, weil sie früher als visuell erkennbare Entzündungszeichen auftritt ([van der Weijden et al. 1994](#)). Um den gingivalen Zustand möglichst präzise beurteilen zu können, wurden in dieser Studie sowohl ein invasiver (PBI) und ein non-invasiver, visueller Gingivaindex (GI) erhoben.

5.3.4.1 Papillen-Blutungs-Index

Um den Grad der gingivalen Entzündung möglichst genau einstuft zu können, wurde bei dieser Untersuchung der PBI ([Saxer und Mühlemann 1975](#)) verwendet, dem eine große Verlässlichkeit bei der Bewertung des gingivalen Zustandes bescheinigt wird ([Rateitschak et al. 1989](#)). Der PBI zieht den papillären Entzündungsgrad als Indikator für die Interdentalhygiene heran und beurteilt die Blutungsintensität. Als Alternative zum PBI sei der Sulkus-Blutungs-Index (SBI) genannt ([Mühlemann und Son 1971](#)). Der SBI gibt mit einer Ja-/Nein-Entscheidung Auskunft über die Blutungsneigung, was diesen Index unanfälliger für subjektive Unterschiede

in der Beurteilung macht. Ein weiterer Vorteil ist, dass gingivale Entzündungen schon im frühen Stadium erkannt werden können. Allerdings kann mithilfe des SBI nicht die Blutungsintensität wiedergegeben werden.

5.3.4.2 Gingivaindex

Beim GI nach [Löe und Silness \(1963\)](#) wird der Grad der gingivalen Entzündung im Gegensatz zum PBI nicht nur nach der Intensität der Blutung beurteilt. Zur Einstufung werden weitere Symptome wie Rötung und Schwellung herangezogen, was eine sehr genaue Bewertung des Entzündungszustandes erlaubt. Farb- und Formveränderungen der Gingiva sind im frühen Stadium einer Gingivitis allerdings sehr schwach ausgeprägt, was die Beurteilung der Entzündung bei einer kurzen Versuchsdauer erschweren würde. Bei einer Studiendauer von mindestens 25 Wochen ist der GI jedoch aufgrund seiner präzisen Graduierung gut geeignet.

5.4 Ergebnisse

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass eine Korrelation zwischen Abnutzung und Nutzungszeit einer Zahnbürste besteht. Dies konnte sowohl für die Effektivität bezüglich der Plaqueentfernung als auch für den Entzündungsgrad der Gingiva unabhängig von den in der Studie getesteten vier Zahnbürstenvarianten dargestellt werden.

Beim Plaquebefund (QHI) zeigte sich zwischen vierwöchiger und sechsmonatiger Anwendung der Zahnbürsten ein signifikanter Unterschied. Während in der Gruppe des vierwöchigen Zahnbürstenwechsels über den gesamten Versuchszeitraum eine Verbesserung des Plaqueindex im Vergleich zur Baseline erkennbar war, konnte man dies bei der Gruppe des sechsmonatigen Gebrauchs nur bis vier Monate nach Untersuchungsbeginn beobachten. Danach nahm in dieser Gruppe der Plaquebefall wieder zu. Grund für die allgemeine Verbesserung des QHI könnte die zu Beginn der Studie durchgeführte professionelle Zahnreinigung sein. Die Untersuchung zur experimentellen Gingivitis zeigte zwar, dass bereits eine Woche ein ausreichender Zeitraum ist, um, nach vollständiger Entfernung der Beläge, Plaque erneut wachsen zu lassen und erste messbare Veränderungen des gingivalen Zustandes hervorzurufen ([Löe et al. 1965](#)), allerdings zeigten andere Studien, dass eine initiale Zahnreinigung die Bildung von Plaque für drei bis vier Wochen und den Entzün-

dungszustand des marginalen Parodontiums sogar für sechs bis acht Wochen beeinflussen kann (Saxer und Yankell 1997a, Saxer und Yankell 1997b). Ein anderer Grund für die bessere Plaqueentfernung könnte der Hawthorne-Effekt sein, der auch in vergleichbaren Studien beobachtet wurde (Frandsen et al. 1986, van der Weijden et al. 1993). Zusätzlich ist möglich, dass die Probandeninstruktion während der Baseline-Untersuchung, die aus zuvor erläuterten Gründen unverzichtbar war, zur Verbesserung des Mundhygieneniveaus aller Gruppen geführt haben könnte. Trotz des Auftretens von Fremdeinflüssen ist jedoch davon auszugehen, dass aufgrund der vor Studienbeginn erfolgten Stratifizierung und Randomisierung die erörterten Faktoren das Mundhygieneniveau aller Gruppen gleichermaßen beeinflusst haben.

Auch im Hinblick auf den Entzündungszustand der Gingiva (PBI, GI) gab es signifikante Unterschiede zwischen vierwöchigem und sechsmonatigem Gebrauch. Während bei einem Zahnbürstenwechsel alle vier Wochen gleich bleibende Werte des PBI festzustellen waren, zeigte sich bei einer Nutzungsdauer von sechs Monaten nach vier Monaten eine Verschlechterung des PBI. Das heißt, dass nach vier Monaten die Entzündung der Gingiva im Vergleich zum Beginn der Untersuchung zugenommen hat. Auch bei Betrachtung des GI zeigte sich in beiden Verschleißgruppen bis zu 14 Tage nach Untersuchungsbeginn zunächst ein Rückgang der Entzündungszeichen. Danach konnte in der Gruppe des sechsmonatigen Gebrauchs bis zu drei Monaten nach Beginn der Studie keine Veränderung festgestellt werden. Wie beim PBI war aber auch beim GI nach vier Monaten bis zu sechs Monaten eine Zunahme der gingivalen Entzündung zu erkennen. Die Überlegenheit eines bestimmten Zahnbürsten-Typs (weiche oder mittelharte Borsten, Normkopf oder Kurzkopf) konnte nicht eindeutig festgestellt werden. Lediglich beim PBI konnte ein Einfluss der verwendeten Zahnbürste nachgewiesen werden. In der Gruppe der sechsmonatigen Nutzung zeigte sich bei Betrachtung der Zahnbürste mit weichen Borsten und Normkopf nach 24 Wochen eine signifikante Verschlechterung des PBI im Vergleich zur Baseline. Möglicherweise kommt es bei Zahnbürsten mit weichen Borsten eher zu einer Abnutzung und durch die daraus resultierende schlechtere Plaqueentfernung im Lauf der Zeit zu einer vermehrten gingivalen Entzündung. Betrachtet man die wissenschaftliche Literatur, ist festzustellen, dass der Abnutzung von Zahnbürsten bezüglich der Effizienz und des Einflusses auf die Plaquereduktion keine besondere Bedeutung beigemessen wird. So zeigen drei Studien keinerlei Unterschiede hinsichtlich der Effizienz in der Plaqueentfernung beim Vergleich von

älteren teilweise stark abgenutzten Bürsten mit neuen oder gering abgenutzten Zahnbürsten (Daly et al. 1996, Hedge et al. 2005, Tan und Daly 2002). Bei zwei Untersuchungen konnte zwar eine Tendenz zu höheren Plaquewerten nach dem Putzen mit einer drei Monate alten Zahnbürste im Vergleich zu einer einen Monat alten Bürste festgestellt werden; eine statistische Signifikanz wurde aber knapp nicht erreicht (Conforti et al. 2003, Sforza et al. 2000). Erst beim Vergleich der Plaquewerte in den approximalen Bereichen konnte eine statistisch signifikante Überlegenheit der neuen Zahnbürste gegenüber der drei Monate alten belegt werden (Conforti et al. 2003). Lediglich eine Studie beschreibt eine signifikant bessere Plaqueentfernung (23%) nach dem Putzen mit einer zwei Wochen alten Zahnbürste verglichen mit einer zehn Wochen alten Bürste (Glaze und Wade 1986). Es ist allerdings schwer, die Ergebnisse der genannten Zahnbürsten-Studien miteinander zu vergleichen, da jeder Studie eine andere Methode zugrunde liegt. In einer weiteren Studie wurden beispielsweise keine Instruktionen über die Dauer und die Häufigkeit des Zähneputzens gegeben, was die Autoren selbst zu der Vermutung führte, dass möglicherweise die Probanden mit den abgenutzten Zahnbürsten länger geputzt und damit den Verlust der Plaqueentfernungseffizienz kompensiert haben könnten (Daly et al. 1996). Bei der Betrachtung der früheren Zahnbürstenstudien fällt ebenfalls auf, dass hierbei ältere Zahnbürstenmodelle benutzt wurden. Möglicherweise hängen die unterschiedlichen Ergebnisse nicht nur mit der Individualität der Probanden, sondern auch mit der unterschiedlichen Qualität der Zahnbürsten zusammen (Koch CA et al. 2007). Verglichen mit den genannten Studien, deren Beobachtungszeitraum maximal vier Monate umfasste, wurden bei der vorliegenden Untersuchung die Zahnbürsten über sechs Monate getestet. So konnte festgestellt werden, dass etwa vier Monate mit derselben Zahnbürste eine verbesserte beziehungsweise gleich bleibende Plaqueentfernung erreicht werden kann. Danach nimmt die Effizienz der Zahnbürste hinsichtlich der Plaqueentfernung ab.

Über den Einfluss der Nutzungsdauer von Zahnbürsten auf den gingivalen Zustand existieren nur wenige Untersuchungen. Glaze und Wade (1986) konnten bei der Betrachtung der Gingiva keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Personen, die über zehn Wochen mit derselben Zahnbürste putzten, und Personen, die alle zwei Wochen eine neue Zahnbürste verwendeten, feststellen. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass die gingivalen Verhältnisse (PBI, GI) bis zu

einer Gebrauchsdauer von vier Monaten stabil sind, darüber hinaus jedoch mit vermehrten Entzündungszeichen der Gingiva zu rechnen ist. Außerdem zeigte sich, dass bei Probanden, die die Zahnbürste mit weichen Borsten und Normkopf benutzten, nach 24 Wochen ein signifikant höherer PBI im Vergleich zur Baseline zu verzeichnen war. Die damit verbundene zu erwartende schlechtere Plaqueentfernung der weichen Zahnbürste konnte allerdings nicht nachgewiesen werden. [Zimmer et al. \(2011\)](#) zeigten in ihrer Untersuchung, dass Zahnbürsten mit harten Borsten besser die Plaque entfernen als Zahnbürsten mit weichen Borsten, allerdings können sie eher zu einer Traumatisierung der Gingiva führen.

Aber auch die Abnutzung von Zahnbürsten wird mit Traumatisierungen von oralen Hart- und Weichgeweben in Verbindung gebracht. Abgenutzte Zahnbürsten können zu gingivalen Erosionen ([Sandholm et al. 1982](#)), gingivalen Rezessionen ([Serino et al. 1994](#)) und Zahnhalsdefekten ([Bergström und Lavstedt 1979](#)) führen. In der internationalen Literatur findet sich jedoch kein Hinweis für eine mögliche Gefahr durch abgenutzte Borsten ([Koch et al. 2007](#)). [Kreifeld et al. \(1980\)](#) beobachteten, dass abgenutzte Borsten eher weicher und dadurch unwirksamer werden.

Dieser Aspekt wurde in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt. Auch die individuell angewendete Kraft und die damit verbundene unterschiedliche Abnutzung der Borsten fand hier keine Berücksichtigung, da die Zahnbürsten selbst aufgrund des ohnehin schon großen Aufwandes nicht untersucht wurden. Interessant wäre sicherlich nicht nur der zeitliche Aspekt, d.h., ab wann die Zahnbürste nicht mehr effektiv ist, sondern auch der Zustand der Zahnbürste, ab welchem die Plaqueentfernung schlechter und die Entzündung stärker wird. Dazu hätte man bei jedem Probanden den Zustand der Zahnbürste an jedem Termin mit dem Plaque- und den Gingivaindizes vergleichen müssen. Ein weiterer zu untersuchender Aspekt wäre der Zusammenhang zwischen der Gebrauchsdauer und der bakteriellen Kontamination von Zahnbürsten und ob dieser eventuell ebenfalls einen Einfluss auf den Zustand der Gingiva hat.

6 Zusammenfassung

Ziel der Studie war herauszufinden, ob eine sechsmonatige Gebrauchsdauer von Handzahnbürsten verschiedener Härtegrade und Bürstenkopf-Größen Einfluss auf die Plaquekontrolle und den Gingivazustand hat.

Für die Untersuchung wurden vier verschiedene Zahnbürsten mit unterschiedlichen Borstenhärten (weich, mittelhart) und Bürstenkopfgrößen (Normkopf, Kurzkopf) einer Marke (Dr. Best Flex Plus, GlaxoSmithKline) verwendet. Für jede dieser vier Zahnbürstentypen wurden zwei Untergruppen gebildet. Eine Gruppe, in welcher die Testpersonen ihre Zahnbürste über ein halbes Jahr benutzten, und eine zweite Gruppe, in der die Probanden über einen Zeitraum von sechs Monaten alle vier Wochen eine neue Zahnbürste erhielten. Daraus ergaben sich insgesamt acht Gruppen (A-H). 96 Probanden wurden anhand ihrer Ausgangsmundhygienesituation (QHI) per Los zufällig einer der Gruppen A-H ($n=12$) zugeteilt. Am Baseline-Termin, sowie 14 Tage, acht Wochen, zwölf Wochen, 16 Wochen, 24 Wochen und 26 Wochen (Abschluss) nach Studienbeginn wurden ein Plaqueindex (QHI) und zwei Gingivaindizes (PBI und GI) erhoben. Nach 24 Wochen erhielten alle Probanden ein neues Exemplar ihrer Testzahnbürste. Die statistische Auswertung erfolgte anhand einer Kovarianzanalyse mit den Faktoren Zahnbürstentyp (Gruppe), Zeitpunkt und Verschleißgruppe, sowie der Kovariablen Baseline-Wert ($p<0,05$).

Für die Parameter QHI, PBI und GI war im zeitlichen Verlauf ein signifikanter Unterschied zwischen vierwöchiger und sechsmonatiger Anwendung festzustellen (QHI: $p=0,0165$; PBI: $p=0,0396$ GI= $0,0002$). Beim QHI war der Unterschied zwischen vierwöchigem und sechsmonatigem Gebrauch dabei unabhängig von der verwendeten Zahnbürste. In der Gruppe mit vierwöchiger Anwendung zeigte sich beim QHI zu jedem Zeitpunkt eine Verbesserung im Vergleich zum Baseline-Wert (je $p<0,002$), wohingegen sich in der Gruppe mit sechsmonatiger Anwendung nach 24 Wochen kein signifikanter Unterschied zum Baseline-Wert nachweisen ließ. Beim PBI ließ sich in der Gruppe der 4-Wochenanwender unabhängig vom Bürstentyp zu keinem Zeitpunkt eine signifikante Verbesserung im Vergleich zum Baseline-Wert nachweisen, während bei den 6-Monatsanwendern der Gruppe E (weiche Borsten/Normkopf) eine signifikante Verschlechterung des PBI ab der 24. Woche auftrat ($p=0,02$); für die anderen Zahnbürsten ließ sich kein signifikanter Zeiteffekt nachweisen. Auch beim GI konnte bis zu 14 Tagen nach Baseline bei beiden

Verschleißgruppen eine Verbesserung gezeigt werden. In den Gruppen des vierwöchigen Wechsels kam es nach diesem Zeitpunkt zu keiner Verbesserung oder Verschlechterung. Bei den 6-Monatsanwendern hingegen konnte ab der 24. Woche eine signifikante Verschlechterung des GI im Vergleich zur Baseline belegt werden.

Mit steigender Abnutzung nahm die Effektivität der Handzahnbürsten hinsichtlich der Plaqueentfernung ab. Gleichzeitig kam es zu einer Verstärkung der gingivalen Entzündung. Die Überlegenheit eines Zahnbürstentyps mit bestimmter Borstenhärte (mittel oder weich) bzw. Bürstenkopfgröße (Normkopf oder Kurzkopf) konnte nicht eindeutig festgestellt werden.

7 Anhang

7.1 Anamnesebogen

Fragebogen

„Klinische Studie zur Überprüfung des Einflusses der Gebrauchsdauer von
Zahnbürsten verschiedener Borstenhärten auf Plaquekontrolle und
Gingivazustand“

Name:

Adresse:

Geburtsdatum:

Telefon:

Pat.-Nr.: _____

Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen bzw. kreuzen Sie **j a** oder **n e i n** an.
Die gewissenhafte Beantwortung ist eine Voraussetzung für eine erfolgreiche Behandlung!

	ja	nein
1. Sind Sie in <u>ständiger</u> ärztlicher Behandlung? Wenn ja, weswegen?	[]	[]
2. Sind Sie Diabetiker? Insulinpflichtig? (HbA1c Wert?	[] []	[] []
3. Leiden Sie an einer Herzerkrankung? (z.B. A. pectoris, Endokarditis, Klappenfehler)	[]	[]
4. Leiden Sie an Bluthochdruck (Werte?	[]	[]
5. Müssen Sie <u>ständig Medikamente</u> einnehmen? Wenn ja, welche? (z.B. zur Blutzuckersenkung; gegen Herzbeschwerden, Bluthochdruck; zur Hemmung der Blutgerinnung; Rheumamittel; Beruhigungs-/Schlaftabletten)	[]	[]
6. Sind Sie <u>zur Zeit</u> in ärztlicher Behandlung? Wenn ja, weswegen?	[]	[]
7. Nehmen Sie <u>zur Zeit Medikamente</u> ein? Wenn ja, welche?	[]	[]
8. Haben Sie in den letzten 3 Monaten ein Antibiotikum einnehmen müssen? Wenn ja, weshalb?	[]	[]
9. Nehmen Sie Hormonpräparate ein? Wenn ja, welche?	[]	[]
10. Sind Sie je operiert worden?	[]	[]
11. Sind Ihnen jemals Blut oder Blutprodukte übertragen worden? Wenn ja, weswegen?	[]	[]

12. Sind Sie allergisch auf bestimmte Medikamente oder Substanzen?
 Wenn ja, welche?
 (z.B. Schmerzmittel, Penicillin, Sulfonamide, Jod, Latex)
13. Haben Sie einen Allergie-Pass?
 Wenn ja, für welche Substanzen?
14. Wann sind Sie zum letzten Mal zahnärztlich untersucht worden?
15. Sind Ihre Zähne temperaturempfindlich?
16. Blutet Ihr Zahnfleisch?
17. Bemerkten Sie Stellungsveränderungen Ihrer Zähne?
18. Atmen Sie häufig durch den Mund?
19. Haben Sie manchmal einen schlechten Geschmack im Mund?
20. Haben Sie eine Zahnspange getragen?
21. Haben Sie wegen Zahnlockerung bzw. Zahnfleischbeschwerden schon einmal einen Zahnarzt aufgesucht?
 Wenn ja, was wurde gemacht?
22. Haben Sie schon einmal einen Zahn verloren?

 Wenn ja, was war die Ursache?
 Karies () Parodontose/ Zahnlockerung () Trauma/Unfall ()
23. Wurde bei Ihnen bereits eine "Parodontose"-Behandlung durchgeführt?
 Wenn ja, wann?
24. Rauchen Sie oder haben Sie geraucht?
25. Wie viel Zigaretten/ Schachteln pro Tag etwa?
 Zigaretten/ Tag, Schachteln/ Tag
26. In welchem Lebensalter haben Sie mit dem Rauchen begonnen?
 Mit Jahren
27. Vor wie viel Monaten/Jahren haben Sie mit dem Rauchen aufgehört?
 Vor Monaten/ Vor Jahren
28. Konsumieren Sie alkoholische Getränke? (Bier, Wein, Sekt, Spirituosen)
 nie gelegentlich täglich
29. Konsumieren Sie zuckerhaltige Genussmittel (z.B. gesüßte Getränke, Schokoriegel, Eis u. ä.)
 nie gelegentlich täglich mehrmals täglich
30. Wie sehen Ihre Zahnputzgewohnheiten aus?
 Wie oft putzen Sie? 1mal täglich () morgens und abends ()
 nach jeder Mahlzeit () seltener ()
 Wie putzen Sie? Handzahnbürste () elektrische Zahnbürste ()

7.2 Patientenaufklärung

Prof. Dr. med. dent. R. Mausberg; Georg-August-Universität Göttingen, Zentrum Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde; Abteilung Präventive Zahnheilkunde, Kariologie und Parodontologie; Robert-Koch-Str. 40, 37075 Göttingen; Tel. 0551/39 22878

Patientenaufklärung

„Klinische Studie zum Einfluss der Gebrauchsdauer von Zahnbürsten verschiedener Borstenhärten auf Plaquekontrolle und Gingivazustand“

SEHR GEEHRTER PATIENT!

Dentale Plaque (Zahnbelag) ist Ursache von Karies und entzündlichen Veränderungen an Zahnfleisch bzw. Zahnhalteapparat. Plaque ist ein sogenannter Biofilm, der sich ausschließlich mechanisch, d. h. durch Verwendung von Zahnbürste, Zahnpasta und Zahnseide entfernen lässt. Plaquekontrolle ist der effektivste Weg zur Vermeidung von Karies und Zahnfleischentzündungen, und ist daher nicht nur Voraussetzung für die Schaffung gesunder oraler Verhältnisse, sondern auch unabdingbar für den dauerhaften Erhalt der Zahngesundheit.

Diese wissenschaftliche Untersuchung soll Aufschluss darüber geben, ob Alter und Abnutzung von elektrischen Zahnbürsten die Plaquekontrolle und das Zahnfleischverhalten beeinflussen.

Um Aussagen über den jeweiligen Mundhygienezustand treffen zu können, werden spezielle Indizes erhoben, welche zum einen die Menge der Plaque erfassen (Plaqueindex), zum anderen der Beurteilung des Entzündungsgrades des Zahnfleisches dienen (Entzündungsindex). Mit Hilfe dieser Indizes können somit Rückschlüsse auf die Reinigungswirkung bzw. Effektivität der verwendeten Zahnbürste gezogen werden.

Die Untersuchung Ihrer Zähne bzw. Ihres Zahnfleisches führt eine Doktorandin (Zahnärztin) unserer Abteilung durch. Des Weiteren bitten wir Sie, einige Fragen zu Ihrem

Allgemeinzustand, Ihren Lebensgewohnheiten und Zahnpflegegewohnheiten zu beantworten.

Risiken und Nebenwirkungen bei der Durchführung der Studie sind nicht zu erwarten, da keine Medikamente oder Röntgenaufnahmen notwendig sind. Ihre Patientendaten und Angaben werden pseudonymisiert, nur zu Forschungszwecken verwendet und nach Auswertung vernichtet. Der Zeitraum für die Untersuchung ist ein halbes Jahr. Während dieses Untersuchungszeitraumes sollten keine weiteren Mundhygienehilfsmittel Anwendung finden. Die Terminvergabe für die Kontrolluntersuchungen erfolgt nach individueller Absprache.

Wir bitten um die freiwillige Teilnahme an der Studie. Sie können die Teilnahme jederzeit widerrufen, ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile erwarten zu müssen.

7.3 Einverständniserklärung

Prof. Dr. med. dent. R. Mausberg; Georg-August-Universität Göttingen, Zentrum Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde; Abteilung Präventive Zahnheilkunde, Kariologie und Parodontologie; Robert-Koch-Str. 40, 37075 Göttingen; Tel. 0551/3922878

Einwilligungserklärung

„Klinischen Studie zum Einfluss der Gebrauchsdauer von Zahnbürsten verschiedener Borstenhärten auf Plaquekontrolle und Gingivazustand“

Ich,, wurde von meinem Arzt vollständig über Wesen, Bedeutung und Tragweite der klinischen Prüfung mit dem Titel „Klinische Studie zum Einfluss der Gebrauchsdauer von Zahnbürsten verschiedener Borstenhärten auf Plaquekontrolle und Gingivazustand“ aufgeklärt.

Ich habe den Aufklärungstext gelesen und verstanden. Ich hatte die Möglichkeit, Fragen zu stellen, habe die Antworten verstanden und akzeptiere diese. Mein Arzt hat mich über die mit der Teilnahme an der Studie verbundenen Risiken und den möglichen Nutzen informiert.

Mir ist bekannt, dass bei dieser Untersuchung personenbezogene Daten, insbesondere medizinische Befunde, über mich erhoben, gespeichert und ausgewertet werden sollen. Die Verwendung der Angaben über meine Gesundheit erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor der Teilnahme an der klinischen Prüfung die folgende freiwillig abgegebene Einwilligungserklärung voraus.

Ich hatte ausreichend Zeit, mich zur Teilnahme an dieser Untersuchung zu entscheiden und weiß, dass die Teilnahme freiwillig ist.

Mir ist bekannt, dass ich jederzeit und ohne Angaben von Gründen diese Zustimmung widerrufen kann, ohne dass sich dieser Entschluss nachteilig auswirkt.

Ich habe eine Kopie der Patienteninformation und dieser Einwilligungserklärung erhalten. Ich erkläre hiermit meine freiwillige Teilnahme an dieser Studie.

Ort und Datum

Unterschrift

7.4 Dokumentationsbögen zur Erhebung der Indizes

Woche:

Datum:

QHI modifiziert nach Turesky

	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28	
Bukkal																	Bukkal
Oral																	Oral
Oral																	Oral
Bukkal																	Bukkal
	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38	

Wert: _____

PBI

	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28	
Bukkal																	Oral
Oral																	Bukkal
	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38	

Wert: _____

GI nach Loe und Silness

	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28	
Bukkal																	Bukkal
Oral																	Oral
Oral																	Oral
Bukkal																	Bukkal
	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38	

Wert: _____

Name des Patienten:

Gruppe:

	Datum	QHI	PBI	GI	DMF-T
Tag 0					
Tag 14					
Woche 8					
Woche 12					
Woche 16					
Woche 24					
Woche 25					

7.5 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Anforderungen an eine optimale Handzahnbürste (Bass 1948).....	9
Tab. 2: Maße für Länge, Höhe und Breite des Bürstenkopfes (mm) (DIN 13917).....	11
Tab. 3: Darstellung der Gruppen und Untergruppen. Die Gruppengröße betrug jeweils n = 12.	22
Tab. 4: Einteilung der Ausprägungsgrade beim Gingivaindex.....	29
Tab. 5: Probandencharakteristik für alle Probanden nach Gruppen.....	35
Tab. 6: Paarvergleiche gegen Zeitpunkt Baseline (Tag 0) für den vierwöchigen Zahnbürstenwechsel (QHI)	39
Tab. 7: Paarvergleiche gegen Zeitpunkt Baseline (Tag 0) für den sechsmonatigen Gebrauch (QHI)	40
Tab. 8: Gruppenabhängige Mittelwerte (MW) \pm Standardabweichung (SD) und Medianwerte für die Parameter QHI und PBI zu allen Messzeitpunkten...	41
Tab. 9: Paarvergleiche gegen Zeitpunkt Baseline (Tag 0) für den vierwöchigen Gebrauch (PBI)	45
Tab. 10: Paarvergleiche gegen Zeitpunkt Baseline (Tag 0) für den sechsmonatigen Gebrauch (PBI)	46
Tab. 11: Paarvergleiche gegen Zeitpunkt Baseline (Tag 0) für den vierwöchigen Gebrauch (GI)	50
Tab. 12: Paarvergleiche gegen Zeitpunkt Baseline (Tag 0) für den sechsmonatigen Gebrauch (GI)	51

7.6 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Länge (l3) und Breite (b3) des Bürstenkopfes, Länge (l1) und Breite (b1) des Besteckungsfeldes, Länge (l2) und Breite (b2) des Bürstenfeldes und der Schnitthöhe (h) der Besteckung (aus DIN 13917, 1988, Seite 2).....	10
Abb. 2: Planer Schnitt.....	11
Abb. 3: Ausgezahnter Schnitt.....	11
Abb. 4: Kontinuierliches Borstenfeld.....	11
Abb. 5: Kontinuierliches Borstenfeld.....	11
Abb. 6: Systematik des Zähneputzens nach Rateitschak (Hellwig et al. 1999, S.355).....	14
Abb. 7: Zahnputztechniken nach Bass und Charters (Hellwig et al.1999, S.356).....	15
Abb. 8: Dr.Best Flex-Plus mittel: Aufsicht, Normkopf.....	23
Abb. 9: Dr. Best Flex-Plus mittel: Seitenansicht, Normkopf.....	23
Abb. 10: Dr. Best Flex-Plus mittel: Komplettansicht	23
Abb. 11: Dr. Best Flex-Plus mittel: Aufsicht, Kurzkopf.....	24
Abb. 12: Dr. Best Flex-Plus mittel: Seitenansicht, Kurzkopf	24
Abb. 13: Dr. Best Flex-Plus mittel, Kurzkopf: Komplettansicht	24
Abb. 14: Dr. Best Flex-Plus weich: Aufsicht, Normkopf.....	25
Abb. 15: Dr. Best Flex-Plus weich: Seitenansicht, Normkopf	25
Abb. 16: Dr. Best Flex-Plus weich: Komplettansicht.....	25
Abb. 17: Dr. Best Flex-Plus weich: Aufsicht, Kurzkopf	26
Abb. 18: Dr. Best Flex-Plus weich:	26
Abb. 19: Dr. Best Flex weich, Kurzkopf: Komplettansicht.....	26
Abb. 20: Testzahnpaste Odol-med3.....	27
Abb. 21: Darstellung des Versuchsdesigns.....	31
Abb. 22: Verlauf des QHI für Gruppe A und B. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.....	36
Abb. 23: Verlauf des QHI für Gruppe C und D. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.....	37
Abb. 24: Verlauf des QHI für Gruppe E und F. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.....	37

Abb. 25: Verlauf des QHI für Gruppe G und H Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.....	38
Abb. 26: Verlauf des PBI für Gruppe A und B. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.....	42
Abb. 27: Verlauf des PBI für Gruppe C und D. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.....	43
Abb. 28: Verlauf des PBI für Gruppe E und F. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.....	43
Abb. 29: Verlauf des PBI für Gruppe G und H. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.....	44
Abb. 30: Verlauf des GI für Gruppe A und B. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.....	47
Abb. 31: Verlauf des GI für Gruppe C und D. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.....	48
Abb. 32: Verlauf des GI für Gruppe E und F. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.....	48
Abb. 33: Verlauf des GI für Gruppe G und H. Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle zu den jeweiligen Messzeitpunkten. Die zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten ermittelten Mittelwerte sind durch eine Linie verbunden.....	49

8 Literaturverzeichnis

Abraham N, Cirincione U, Glass R (1990): Dentists` and dental hygienists` attitudes toward toothbrush replacement and maintenance. *Clin Prev Dent* 12, 28-33

ADA (American Dental Association): Acceptance Program Guidelines: Toothbrushes. Council on Scientific Affairs (1998)

Addy M (1998): Measuring success in toothbrush design - an opinion and debate of the concepts. *Int Dent J* 48 (1), 509-18

Ainamo J, Xie Q, Ainamo A, Kallio P (1997): Assessment of the effect of an oscillating/rotating electric toothbrush on oral health. A 12-month longitudinal study. *J Clin Periodontol* 24, 28-33

Axelsson P, Lindhe J (1981): Effect of oral hygiene instruction and professional tooth cleaning on caries and gingivitis in schoolchildren. *Community Dent Oral Epidemiol* 9(6), 251–255

Axelsson P, Lindhe J, Nyström B (1991): On the prevention of caries and periodontal disease. Results of a 15-year longitudinal study in adults. *J Clin Periodontol* 18(3), 182–189

Bass CC (1948): The optimum characteristics of toothbrushes for personal oral hygiene. *Dent Items Interest* 70, 697-718

Bass CC (1954): An effective method of personal oral hygiene Part I. *Louisiana St Med Soc* 106, 100-112

Bennick A, Cannon M, Madapallimattam G (1981): Factors affecting the adsorption of salivary acidic proline-rich proteins to hydroxyapatite. *Caries Res* 15, 9-20

Bergström J (1973): Wear and hygiene status of toothbrushes in relation to some social background factors. *Swed Dent J* 66, 383-390

Bergström J, Lavstedt S (1979): An epidemiologic approach to tooth brushing and dental abrasion. *Community Dent Oral Epidemiol* 7, 57-64

Bienengräber V, Sponholz H, Hagin J (1995): Abrundungs- und Besteckungsqualität der Borsten fabrikneuer und benutzter Erwachsenen-Zahnbürsten. *Dtsch Zahnärztl Z* 50, 517-524

Bock E: Bürsten und Pinsel. Nagler, Bechhofen 1983

Bößmann K (2001): Zahnbürsten und ihr mögliches Infektionsrisiko. *Zahnärztl Mitt* 22, 50-52

Bortz J: Statistik für Sozialwissenschaftler. Springer Verlag, Berlin 1993

Bratthall D, Hänsel-Petersson G, Sundberg H (1996): Reasons for the caries decline: what do the experts believe? Eur J Oral Sci 104 (4), 416–422

Breitenmoser J, Mormann W, Mühlemann HR (1978): Zahnfleischverletzungen durch Zahnbürstenborsten. Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 88 (1), 79-89

Bundespatentamt. Patentschrift (Patentnummer DE 3403341). München 1984

Charters WJ (1948): Proper home care of the mouth. J Periodontol 19, 136-139

Chava VK (2000): An evaluation of the efficacy of a curved bristle and conventional toothbrush. A comparative clinical study. J Periodontol 71, 785-789

Conforti NJ, Cordero RE, Liebman J, Bowman JP, Putt MS, Kuebler DS, Davidson KR, Cugini M, Warren PR (2003): An investigation into the effect of three months' clinical wear on toothbrush efficacy: results from two independent studies. J Clin Dent 14, 29-33

Daly C, Chapple C, Cameron A (1996): Effect of toothbrush wear on plaque control. J Clin Periodontol 23, 45-49

Dean DH (1991): Toothbrushes with graduated wear: correlation with in vitro cleansing performance. Clin Prev Dent 13, 25-30 (1991)

Dean DH, Beeson LD, Cannon DF, Plunkett CB (1992): Condition of toothbrushes in use: correlation with behavioural and socio-economic factors. Clin Prev Dent 14, 14-18

Di Murro C, Paolantonio M, Gerboni G, De Leonardis D (1990): The reliability of different groups of sample teeth in assessing the status of periodontal disease in epidemiological studies. Minerva Stomatol 39(2), 123

DIN 13917, Beuth Verlag GmbH, Berlin 1988

DIN EN ISO 20126, Beuth Verlag GmbH, Berlin 2005

DMS III (Deutsche Mundgesundheitsstudie III): Micheelis W, Reich E: Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS III, Erhebungszeitraum 1997). Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln 1999

DMS IV (Deutsche Mundgesundheitsstudie IV): Micheelis W, Schiffner U: Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV). Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln 2006

- Dunnett CW (1955): A multiple comparison procedure for comparing several treatments with a control. J Am Stat Assoc 50, 1096-1121
- Efstratiou M, Papaioannou W, Nakou M, Ktenas E, Vrotsos IA, Panis V (2007): Contamination of toothbrush with antibacterial properties by oral micro-organisms. J Dent 35, 331-337
- Emilson CG, Krasse B (1985): Support for and implications of the specific plaque hypothesis. Scand J Dent Res 93, 96-104
- Europäisches Patentamt. Patentschrift (Patentnummer EP 0346646 B2). München 1989
- Europäisches Patentamt. Patentschrift (Patentnummer EP 0759711 B1). München 1995
- Fleiss JL, Park MH, Chilton NW (1987): Representativeness of the Ramfjord teeth for epidemiologic studies of gingivitis and periodontitis. Community Dent Oral Epidemiol 15(4), 221-224
- Flemming HC, Wingender J (2001): Biofilme - die bevorzugte Lebensform der Mikroorganismen. Biologie in unserer Zeit 31, 2-13
- Fones AC: Mouth Hygiene - A text-book for dental hygienists. Lea & Febiger, Philadelphia, 1934
- Frandsen A (1985): Changing patterns of attitudes and oral health behaviour. Int Dent J 35, 284-290
- Frandsen A, Barbano JP, Suomi JD, Chang JJ, Burke AD (1970): The effectiveness of the Charters´, scrub and roll methods of tooth brushing by professionals in removing plaque. Scand J Dent Res 78, 459-463
- Frandsen A, Løe H, Kleinman D: Dental plaque control measures and oral hygiene practices. IRL Press Limited, Oxford 1986
- Gibson JA, Wade AB (1977): Plaque removal by the Bass and Roll brushing techniques. J Periodontol 48, 456-459
- Glaze PM, Wade AB (1986): Toothbrush age and wear as it relates to plaque control. J Clin Periodontol 13, 52-56
- Gülzow HJ (1965): Die Mundhygiene in ihren Beziehungen zum marginalen Parodontium und zur Kariesfrequenz. Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl 44, 97-105 (1965)

- Gülzow HJ (1978): Oralhygiene. Münch Med Wochenschr 120, 1637-1642
- Gülzow HJ, Busse G (1970): Klinisch-experimentelle Untersuchungen über die Wirksamkeit verschiedener Zahnputzmethoden und Zahnputzmittel. Dtsch Zahnärztl Z 25, 1126-1134
- Gustafsson B, Quensel C, Lanke L (1954): The Vipeholm dental caries study. The effect of different levels of carbohydrate intake on caries activity in 436 individuals observed for five years. Acta Odontol Scand 11, 232
- Hawkins BF, Kohout FJ, Lainson PA, Heckert A (1986): Duration of tooth brushing for effective plaque control. Quintessence Int 17, 361-365
- Hedge PP, Ashok KB, Ankola AV (2005): Toothbrush age, wear and plaque control. Indian J Dent 16, 61- 64
- Heidemann D: Parodontologie, Praxis der Zahnheilkunde. Band 4 (3. Auflage). Urban & Schwarzenberg, München 1997
- Heinecke A, Hultsch E, Reppes R: Medizinische Biometrie. Springer Verlag, Berlin 1992
- Hellwig E, Klimek J, Attin T: Einführung in die Zahnerhaltung. Urban & Fischer, München 1999
- Hingst V (1989): Die Bedeutung der Kontamination von Mundhygieneprodukten. Ergebnisse einer Feldstudie. Z Bak Mikrobiol Hyg 186, 337-364
- Huber B, Rüeger K, Hefti A (1985): Der Einfluss der Zahnreinigungsdauer auf die Plaquereduktion. Schweiz Monatsschr Zahnmed 95, 985-992
- Klein H, Palmer E, Knutson JW (1938): Studies of dental caries - dental status and dental needs of elementary school children, Public Health Rep Wash 53, 751
- Koch CA, Auschill TM, Arweiler NB (2007): Wann sollte eine Zahnbürste ausgewechselt werden? Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkd 29, 150-158
- Koch G, Lindhe J: The state of the gingiva and the cariescrement school-children during and after withdrawal of various prophylactic measures. In: McHugh WD (ed.) Dental Plaque. Livingstone, Edinburgh 1970, 271–281
- Kreifeldt JG, Hill PH, Calisti LJ (1980): A systematic study of the plaque removal efficiency of worn toothbrushes. J Dent Res 59, 2047-55

Lange DE, Plagmann HC, Eenboom A, Promesberger A (1977): Klinische Bewetungsverfahren zur Objektivierung der Mundhygiene. Dtsch Zahnärztl Z 32, 44-47

Levine R: The scientific basis of dental health education, a policy document. Health Education Authority, London 1996

Lindhe J, Hamp SE, Loe H (1973): Experimental periodontitis in the Beagle dog. J Periodontol Res 8, 1-10

Lindhe J, Hamp SE, Loe H (1975): Plaque induced periodontal disease in Beagle dogs. A 4-year clinical, roentgenographical and histological study. J Periodontol Res 10, 243-255

Listgarten MA (1976): Structure of the microbiological plaque associated with periodontal health and disease in man. A light and electron microscopic study. J Periodontol 47, 1-18

Listgarten MA (1987): Nature of periodontal diseases: pathogenic mechanisms. J Periodontol Res 22, 172- 178

Loesche WJ (1986): Role of streptococcus mutans in Human Dental Decay. Microbiol Rev 50, 353- 380

Loe H (1967): The Gingival Index, the Plaque Index and the Retention Index Systems. J Periodontol 38, 610-616

Loe H, Silness J (1963): Periodontal disease in pregnancy: prevalence and severity. Acta Odontol Scand 21, 532

Loe H, Theilade E, Jensen SB (1965): Experimental gingivitis in man. J Periodontol 36, 177-187

Mac Gregor IDM, Rugg-Gunn AJ (1979): Survey of tooth brushing duration in 85 uninstructed English schoolchildren. Community Dent Oral Epidemiol 7, 297-298

Mac Pherson LMD, Mac Farlane TW, Stephen KW (1991): in situ microbiological study of the early colonisation of human enamel surfaces. Microb Ecol Health Dis 4, 39-44

Malmberg E, Birkhed D, Norvenius G, Noren JG, Dahlen G (1994): Microorganisms on toothbrushes at daycare centers. Acta Odontol Scand 52, 93-98

Mansbridge JN (1960): The effects of oral hygiene and sweet consumption on the prevalence of caries. Br Dent J 109, 343-348

- Marthaler TM (1978): Einmal oder dreimal am Tag Zahnbürsten? Schweiz Monatsschr Zahnmed 88, 113-121
- Mathiesen AT, Ogaard B, Rolla G (1996): Oral hygiene as a variable in dental caries experience in 14-year-olds exposed to fluoride. Caries Res 30, 29–33
- Mc Cracken GI, Janssen, Swan M, Steen N, de Jager M, Heasman PA (2003): Effect of brushing force and time on plaque removal using a powered toothbrush. J Clin Periodontol 30, 409-413
- McKendrick A, McHugh W, Barbenel L (1971): Toothbrush age and wear. An analysis. Br Dent J 130, 66-68
- Miller WD: Die Mikroorganismen der Mundhöhle. Thieme Verlag, Leipzig 1889
- Mintel TE, Crawford J (1992): The search for the superior toothbrush design technology. J Clin Dent 3, 1-4
- Mühlemann HR, Son S (1971): Gingival sulcus bleeding - a leading symptom in initial gingivitis. Helv Odontol Acta 15, 107
- Müller H: Parodontologie, Thieme Verlag, Stuttgart 2001
- Mulry A, Dellerman A, Ludwa J, White J (1992): A comparison of the end- rounding of nylon bristles in commercial toothbrushes: Crest Complete and Oral-B. J Clin Dent 3, 47-50
- Nies SM, Kröger T, Ansari Fi, Schaumburg C, Wetzel WE (2008): Keimbeseidlung an Zahnbürsten mit unterschiedlichen Borstenbündelbesteckungen. Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkd 30, 54-60
- Nyvad B, Kilian M (1990): Comparison of the initial streptococcal microflora on dental enamel in caries- active and in caries- inactive individuals. Caries Res 24, 267- 272
- Page RC, Schröder HE (1976): Pathogenesis of inflammatory periodontal disease. A summary of current work. Lab Invest 34(3), 235- 249
- Poyato-Ferrera M, Segura-Egea JJ, Bullón-Fernández P (2003): Comparison of modified Bass technique with normal tooth brushing practice for efficacy in supragingival plaque removal. Int J Dent Hyg 1, 110-114
- Quigley BA, Hein JH (1962): Comparative cleaning efficiency of manual and power brushing. J Am Dent 65, 26-29

Quirynen M, de Soete N, Pauwels M, Goosens K, Teughels W, van Eldere J, Can Steenberghe D (2001): Bacterial survival rate on tooth and interdental brushes in relation to the use of toothpaste. *J Clin Periodontol* 28, 1106-1114

Rateitschak KH, Rateitschak EM, Wolf HF: Farbatlanten der Zahnmedizin: Parodontologie. 2. Auflage, Thieme-Verlag, Stuttgart 1989

Reardon RC, Cronin M, Balbo F, Schiff T, Menaker L, Weatherford TW3rd (1993): Four clinical studies comparing the efficacy of flat-trim and multi-level trim commercial toothbrushes. *J Clin Dent* 4, 101-105

Renggli HR: Ätiologie marginaler Parodontopathien. Praxis der Zahnheilkunde. Urban & Fischer, München 1990

Ripa LW (1974): Correlation between oral hygiene status, gingival health and dental caries in schoolchildren. *J Prev Dent* 1, 28-38

Robert-Koch-Institut: Gesundheitsberichterstattung des Bundes, Robert-Koch-Institut in Zusammenarbeit mit dem Statistischen Bundesamt. (ISBN 978-3-89606-200-0, ISSN 1437-5478, Mundgesundheit), RKI Berlin 2009

Sandholm L, Niemi ML, Ainamo J (1982): Identification of soft tissue brushing lesions. A clinical and scanning microscopic study. *J Clin Periodontol* 9, 397-401

Sauerwein E (1962): Traktat über die Zahnbürste. *Dtsch Zahnärztl Z* 17, 121-134

Savitt E, Strzemko M, Vaccaro K, Peros W, French C (1988): Comparison of cultural methods and DNA-probe analyses for the detection of *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, *Bacteroides gingivalis* and *Bacteroides intermedius* in subgingival plaque samples. *J Periodontol* 59, 431-438

Saxer UP, Mühlemann HP (1975): Motivation and education. *Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* 85, 905-919

Saxer UP, Emling R, Yankell SL (1983): Actual versus estimated tooth brushing time and toothpaste used. *Caries Res* 17, 179-180

Saxer UP, Yankell SL (1997a): Impact of improved toothbrushes on dental diseases I. *Quintessence Int* 28, 513-525

Saxer UP, Yankell SL (1997b): Impact of improved toothbrushes on dental diseases II. *Quintessence Int* 28, 573-593

Schafer F, Nicholson JA, Gerritsen N, Wright RL, Gillam DG, Hall C (2003): The effect of oral care feed-back devices on plaque removal and attitudes towards oral care. *Int Dent J* 53, 404-408

- Scheinin A, Mäkinen K (1975): Turku sugar studies V-XIV and XVIII-XX. Acta Odontol Scan 33, 1
- Schmid MD, Balmelli OP, Saxer UP (1976): Plaque removing effect of a toothbrush, dental floss and a toothpick. J Clin Periodontol 3, 157-165
- Serino G, Wennström J, Lindhe J, Eneroth L (1994): The prevalence and distribution of gingival recession in subjects with a high standard of oral hygiene. J Clin Periodontol 21, 57-63
- Sforza NM, Rimondini L, di Menna F, Camorali C (2000): Plaque removal by worn toothbrush. J Clin Periodontol 27, 212-216
- Sharma NC, Galustians J, McCool JJ, Rustogi KN, Volpe AR (1994): The clinical effects on plaque and gingivitis over three-month's use of four complex design manual toothbrushes. J Clin Dent 5, 114-118
- Sharma NC, Galustians J, Qaqish H, Cugini MA (1998): A comparison of two electric toothbrushes with respect to plaque removal and subject preference. Am J Dent 11, 29-33
- Sheiham A, Spencer J (1997): Health needs assessment Community Oral Health Oxford 10, 39-54
- Silness J, Roynstrand T (1988): Partial mouth recording of plaque, gingivitis and probing depth in adolescents. J Clin Periodontol 15 (3), 189-92
- Staehele HJ, Kerschbaum T (2003): Mythos Schweiz – Meinungen und Fakten zur Mundgesundheits in der Schweiz im Vergleich zu Deutschland. Dtsch Zahnärztl Z 58, 325-230
- Stoltze K, Bay L (1994): Comparison of a manual and a new electric toothbrush for controlling plaque and gingivitis. J Clin Periodontol 21, 86-90
- Strahan JD, Bashaarat A, Greenslade RN (1977): Control of Plaque by non-chemical means. J Clin Periodontol 4, 13–22
- Svanberg M (1978): Contamination of toothpaste and toothbrush by Streptococcus mutans. Scand J Dent Res 86, 412-414
- Taji SS, Rogers AH (1998): ADRF Trebitsch Scholarship. The microbial contamination of toothbrushes. A pilot study. Aust Dent J 43, 128-130
- Tan E, Daly C (2002): Comparison of new and 3-monthold toothbrushes in plaque removal. J Clin Periodontol 29, 645-650

Theilade E, Wright WH, Børglum-Jensen S, Løe H (1966): Experimental gingivitis in man. II. A longitudinal clinical and bacteriological investigation. J Periodont Res 1, 1-13

Turesky S, Glickman I, Sandberg R (1972): In vitro chemical inhibition of plaque formation. J Periodontol 43, 263-269

Van der Weijden GA, Timmerman MF, Nijboer A, Lie MA, Van der Velden U (1993): A comparative study of electric toothbrushes for the effectiveness of plaque removal in relation to toothbrushing duration. J Clin Periodontol 20, 476-481

Van der Weijden GA, Timmerman MF, Danser MM, Nijboer A, Saxton CA, Van der Velden U (1994): Effect of pre-experimental maintenance care duration on the development of gingivitis in partial mouth experimental gingivitis model. J Periodontol Res 29, 168-173

Van der Weijden G A, Timmerman MF, Snoek CM, Reijerse E, Van der Velden U (1996): Tooth brushing duration and plaque removing efficacy of electric toothbrushes. Am J Dent 9, 31-36 (1996)

Volpenhein DW, Hartman WL (1996): A comparative evaluation of the in vitro penetration performance of the improved Crest Complete toothbrush versus the Colgate Total toothbrush and the Oral-B Advantage toothbrush. J Clin Dent 7, 101-115

Waerhaug J (1981): Effect of tooth brushing on subgingival plaque formation. J Periodontol 52, 30-34

Warren PR, Landmann H, Chater BV (1998): Electric toothbrush use. Attitudes and experience among dental practitioners in Germany. Am J Dent 11, 53-56

Williams K , Ferrante A, Dockter K, Haun J, Biesbrock AR, Bartizek RD (2004): One- and 3-Minute Plaque Removal by a Battery-Powered Versus a Manual Toothbrush. J Periodontol 75, 1107-1113

World Health Organisation (WHO): Epidemiology, etiology and prevention of periodontal disease. Report of WHO Scientific Group (Techn. Rep. Ser 621). Geneva 1978

Yankell SL, Shi X, Emling RC (1992): Comparative laboratory evaluation of three toothbrushes regarding interproximal access efficacy. J Clin Dent 3, 5-8

Ziebolz D, van Nüss K, Hornecker E, Mausberg RF (2006): Eine Untersuchung gebrauchter Handzahnbürsten - Ergebnisse einer Umtauschaktion. *Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkd* 28, 54-59

Zimmer S, Öztürk M, Barthel CR, Bizhang M, Jordan RA (2011): Cleaning efficacy and soft tissue trauma after use after use of different manual toothbrushes with different bristle stiffness. *J Periodontol* 82(2), 267-271

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. med. dent. Rainer Mausberg für die Überlassung des Themas und die Möglichkeit der Durchführung der Studie in der Abteilung Präventive Zahnmedizin, Parodontologie und Kariologie, sowie für die Unterstützung und das große Engagement.

Ebenso bedanke ich mich bei Herrn Dr. med. dent. Dirk Ziebolz, der durch sein engagiertes Mitwirken maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat.

Außerdem möchte ich mich bei Frau Katharina Lange, Mitarbeiterin in der Abteilung Medizinische Statistik, für ihren Beitrag bei der Auswertung der Studienergebnisse bedanken.

Des Weiteren danke ich meiner Schwester Sabine Wurbs für deren Hilfe bei der Durchführung der Studie und die Korrekturen.

Lebenslauf

Am 04.11.1979 wurde ich als erste Tochter des Zahnarztes Dr. Manfred Wurbs und der Physiotherapeutin Heide Wurbs geb. Dach in Krefeld geboren.

Von 1986 bis 1990 besuchte ich die Hupfeld-Schule in Kassel, von 1990 bis 1999 das Friedrichsgymnasium Kassel, wo ich im Juni 1999 die allgemeine Hochschulreife erlangte.

Im Sommersemester 2001 begann ich das Studium der Zahnheilkunde an der Eberhardt-Karls-Universität Tübingen. Im April 2002 wechselte ich an die Georg-August-Universität Göttingen. Dort legte ich im Dezember 2006 mein Staatsexamen ab und erhielt die Approbation als Zahnärztin.

Im Frühjahr 2007 begann ich meine Doktorarbeit in der Abteilung Präventive Zahnmedizin, Parodontologie und Kariologie im Zentrum Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Göttingen unter der Betreuung von Herrn Prof. Dr. med. dent. Rainer Mausberg und Herrn Dr. med. dent. Dirk Ziebolz.

Von April 2007 bis März 2011 arbeitete ich als wissenschaftliche Mitarbeiterin der Abteilung Präventive Zahnmedizin, Parodontologie und Kariologie der Universitätsmedizin Göttingen. Von April 2011 bis Juli 2011 arbeitete ich in der väterlichen Praxis in Kassel als Ausbildungsassistentin. Am 04.07.2011 ließ ich mich in Kassel als Zahnärztin nieder.