

KATRIN VAN NÜSS¹
 KARL-HEINZ FRIEDL²
 KARL-ANTON HILLER²
 ELSE HORNECKER¹
 RAINER F. MAUSBERG¹
 DIRK ZIEBOLZ¹

¹ Abteilung Präventive Zahnmedizin, Parodontologie und Kariologie, Zentrum Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Universitätsmedizin Göttingen

² Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, Zentrum Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Universitätsklinikum Regensburg

Korrespondenzadresse

Dr. med. dent. Dirk Ziebolz, MSc
 Universitätsmedizin Göttingen
 Abteilung Präventive Zahnmedizin,
 Parodontologie und Kariologie
 Robert-Koch-Strasse 40
 D-37099 Göttingen
 Tel. +49-551 39 8368
 Fax +49-551 39 22037
 E-Mail:
 dirk.ziebolz@med.uni-goettingen.de
 Zur Veröffentlichung angenommen:
 13. April 2010

Untersuchung zur Abnutzung von Handzahnbürsten unterschiedlicher Preiskategorien

Schlüsselwörter: Handzahnbürsten, Kaufpreis, Abnutzung, Flächenzunahme, REM

Zusammenfassung In dieser klinischen Studie wurde untersucht, ob sich Handzahnbürsten unterschiedlicher Preiskategorien in ihrer Abnutzung unterscheiden. 140 Personen (14 Gruppen zu je 10 Personen) putzten drei bzw. sechs Monate lang mit der modifizierten Bass-Technik zweimal täglich je zwei bis drei Minuten mit sieben verschiedenen Zahnbürsten (ZB) aus drei Preiskategorien. **A:** 2 ZB Preis unter 1 €; **B:** 2 ZB Preis 1 bis 2 €; **C:** 3 ZB Preis über 2 €. Nach drei bzw. sechs Monaten Gebrauchsdauer wurden die Flächenzunahme der Borstenfelder bestimmt und die Bürstenköpfe makroskopisch, lichtmikroskopisch sowie rasterelektronenmikroskopisch (REM) bewertet (Noten 1 bis 4: neuwertig, geringe, starke bzw. sehr starke Gebrauchsspuren). Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Mann-Whitney-U-Test und der Error-Rates-Methode ($p \leq 0,05$).

Alle Borstenfelder zeigten über die Nutzungsdauer eine Flächenzunahme. Makroskopisch und lichtmikroskopisch bestanden zwischen drei bzw. sechs Monaten Gebrauch sowie auch zwischen den ZB derselben Preiskategorie kaum Unterschiede. Am deutlichsten unterschieden sich die ZB der Preiskategorie B von C, wobei C schlechter bewertet wurde. Im REM war eine Zuordnung der Ergebnisse nach Preiskategorien schwierig. Hier wurden am häufigsten die Noten 3 und 4 vergeben. Die Ergebnisse der drei Untersuchungsmethoden unterschieden sich deutlich voneinander. So können aus einer starken Flächenzunahme des Borstenfelds keine Rückschlüsse auf den Zustand der Borsten gezogen werden. Die ZB der Preiskategorie B schnitten tendenziell am besten ab.

Einleitung

Neben Ernährungslenkung und Fluoridapplikation ist die Mundhygiene der zentrale Stützpfeiler zahnmedizinischer Kariesprophylaxe und somit wesentlich für den Erhalt gesunder Zähne bis ins hohe Lebensalter. Das wichtigste und meistangewendete Hilfsmittel für die tägliche Zahnpflege ist die Zahnbürste; ihr Nutzen für die Mundhygiene und die klinische Wirksamkeit zur Vorbeugung von Karies und Parodontalerkrankungen sind unbestritten (RATEITSCHAK ET AL. 1989, RIETHE 1994).

Eine gute Zahnbürste ist zwar Voraussetzung, aber nur ein Teilaspekt einer guten Mundhygiene; ebenso wichtig sind eine

richtige Technik und die regelmässige Benutzung. Die American Dental Association (2002) empfiehlt zweimal täglich Zähneputzen mit einer weichen bis mittelharten Zahnbürste. Aus Hygienegründen sowie zur effektiven Plaqueentfernung sollte, vor allem bei häufiger Anwendung, die Benutzungsdauer einer Zahnbürste höchstens ein bis drei Monate betragen (WOODALL & WILES 1993). Der unabhängigen Marktanalyse des Marktforschungsinstituts Nielsen aus dem Jahr 2003 zufolge wechseln die Deutschen ihre Zahnbürste im Durchschnitt jedoch nur knapp 1,3-mal statt 4–6-mal im Jahr (ZIEBOLZ ET AL. 2006). Ähnliche Ergebnisse zeigte ein Vergleich des Zahnbürstenverbrauchs in Deutschland und der Schweiz aus dem Jahr 2002; es wurde bei verschiedenen Markterhebungen ein jährlicher

Zahnbürstenverbrauch von durchschnittlich zwei Zahnbürsten pro Person und somit einen Zahnbürstenwechsel alle sechs Monate festgestellt (STAEHLE & KERSCHBAUM 2003).

In die wissenschaftliche Bewertung einer neuwertigen bzw. einer gebrauchten Zahnbürste fliessen unterschiedliche Aspekte ein: die Effizienz im Hinblick auf Plaqueentfernung, das Auftreten von Gebrauchsspuren an der Zahnbürste, die Auswirkungen auf Zahnhartsubstanzen sowie umgebendes Weichgewebe. Bei der Effizienz der Plaqueentfernung spielen neben der Zahnbürste vor allem die Putztechnik und die Motivation des Patienten eine massgebliche Rolle (HAWKINS ET AL. 1986, SHORY ET AL. 1987). SHARMA ET AL. (2005) zeigten jedoch, dass mit einigen neu entwickelten Handzahnbürsten auch ohne jegliche Patienteninstruktion eine signifikante Plaquereduktion erzielt werden kann. Allerdings sind klinische Studien wegen der schwer standardisierbaren Parameter, u. a. unterschiedliche Zahnbürstenformen, Versuchsdauer, Teilnehmerzahl, Instruktion der Probanden, immer nur eingeschränkt vergleichbar.

Mit zunehmender Gebrauchsdauer einer Zahnbürste kommt es zu einer Flächenzunahme des Bürstenfelds (RAWLS ET AL. 1989, RAWLS ET AL. 1993). Diese wird oft als Indikator für die Verbiegung der Borsten herangezogen. Je grösser die Fläche des Bürstenfelds nach dem Gebrauch der Bürste ist, desto mehr müssen sich die Borsten nach aussen verbogen haben. Die Beurteilung der Flächenzunahme des Bürstenfelds ist eine gebräuchliche Methode, um den Abnutzungsgrad einer Bürste zu bestimmen (KREIFELDT ET AL. 1980, RAWLS ET AL. 1989). Letztendlich aber spielen für die Entscheidung, nach welcher Zeit eine Zahnbürste gewechselt und welche dann gekauft wird, neben dem Aussehen der gebrauchten Bürste oft auch finanzielle Gründe eine Rolle (ZIEBOLZ ET AL. 2006).

Betrachtet man benutzte Zahnbürsten, so korrelieren die augenscheinlichen Gebrauchsspuren oft mit der mangelnden Effizienz der Bürste in Bezug auf die Plaqueentfernung (KREIFELDT ET AL. 1980, CONFORTI ET AL. 2003) oder mit Verletzungen an der Gingiva, z. B. durch Splissbildung der Borsten. Abgerun-

dete Borsten werden heute wegen der deutlich geringeren Verletzungsgefahr für die Weichgewebe favorisiert (SHARMA ET AL. 2005). Die Abrundung der Borstenenden von Zahnbürsten stellt dabei ein wichtiges Qualitätsmerkmal dar (REITER & WETZEL 1991, JUNG ET AL. 2005), auch wenn Bürsten neueren Typs mit mikrofeinen Filamenten eine ähnliche Reinigungseffektivität aufweisen (DÖRFER ET AL. 2003). In einigen Studien konnte das erhöhte Verletzungsrisiko bei scharfkantigen, nicht abgerundeten Borsten auf der Gingiva nachgewiesen werden (ANNEROTH & POPPELMANN 1975, ALEXANDER ET AL. 1977, ADRIAENS ET AL. 1985, REITER & WETZEL 1991, MÜLLER ET AL. 1992). Die Prävalenz gingivaler Verletzungen scheint vor allem bei Personen mit guter Mundhygiene bei Gebrauch scharfkantiger Zahnbürsten erhöht zu sein (SANGES & GJERMO 1976). So zeigten auch BREITENMOSE ET AL. (1978), dass scharfkantige Borstenenden 30% mehr gingivale Verletzungen verursachen als endgerundete.

In der vorliegenden Studie sollte der Frage nachgegangen werden, ob sich Handzahnbürsten unterschiedlicher Preiskategorien nach unterschiedlich langem klinischem Gebrauch, d. h. nach drei Monaten, wie empfohlen, und nach sechs Monaten, wie vielfach praktiziert, in ihrer Abnutzung unterscheiden. Dazu wurden die Flächenzunahme der Bürstenfelder bestimmt und die Bürstenköpfe makroskopisch, lichtmikroskopisch sowie rasterelektronenmikroskopisch (REM) bewertet. Des Weiteren sollte herausgefunden werden, ob die drei Untersuchungsmethoden ähnliche Ergebnisse bezüglich der Abnutzung zeigen.

Methode Zahnbürsten

Für die Untersuchung wurden sieben verschiedene Erwachsenenzahnbürsten aus drei Preiskategorien ausgewählt (Tab. I). Da in allen Preisklassen überwiegend Zahnbürsten mit einem ausgezählten Borstenfeld auf dem Markt sind, wurden aus-

Tab. I Auflistung der untersuchten Zahnbürsten (Handelsname) nach drei Preiskategorien unter Angabe von Vertrieb, Hersteller und Bürstenmerkmalen

	Preiskategorie A: Preis unter 1 Euro		Preiskategorie B: Preis 1 bis 2 Euro		Preiskategorie C: Preis über 2 Euro		
Handelsname	Kurikur interaktiv	Perlodent Interdental	Dr. Best Flex interdental	Blend-a-dent professionell	Elmex Inter X	Oral B Cross Action	Meridol
Vertrieb	Aldi (Nord), Essen, D	Rossmann, Burgwedel, D	Glaxo Smith Kline, Bühl, D	Procter & Gamble UK, Blend-a-med, D	GABA, Lörrach, D	Oral B Laboratories, Kronberg, D	GABA, Lörrach, D
Hersteller	M&C Schiffer, Neustadt, D	M&C Schiffer, Neustadt, D	M&C Schiffer, Neustadt, D	M&C Schiffer, Neustadt, D	Frisetta, Schönau, D	Gillette Group, Irl	Frisetta, Schönau, D
Bürstenkopf	Länge: 27 mm Breite: 10 mm	Länge: 28 mm Breite: 12 mm	Länge: 32 mm Breite: 13,2 mm	Länge: 31,5 mm Breite: 14,7 mm	Länge: 32 mm Breite: 14 mm	Länge: 31,5 mm Breite: 15,5 mm	Länge: 22 mm Breite: 14 mm
Anzahl der Bürstenbüschel	38	40	44	44	26 gerade, 10 X-gestellt	25	37
Borstenmaterial	Nylon (nicht klassifiziert)	Nylon (nicht klassifiziert)	Nylon (PA 6.12-Polyamide)	Nylon (nicht klassifiziert)	Nylon (PA 6.12-Polyamide)	Polybutylenterephthalat; (Indikatorborsten: Nylon)	Polyester
Borstenbefestigung	Metallanker	Metallanker	Metallanker	Metallanker	Metallanker	Spritzguss	Metallanker
Abrundung der Borsten?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein, da konische Filamente
Preis	0,38 €	0,39 €	1,79 €	1,79 €	2,89 €	3,15 €	3,79 €

schliesslich Zahnbürsten dieses Typs benutzt. Sechs Zahnbürsten hatten abgerundete Borsten mittlerer Härte. Die siebte Zahnbürste (*Meridol*; Preiskategorie C) hatte haarfein auslaufende Filamente und war dementsprechend die einzige Bürste mit nicht endgerundeten Borsten.

Probanden

An der Studie nahmen insgesamt 140 Personen teil (70 Männer und 70 Frauen; mittleres Alter der Teilnehmer: 23,9 Jahre). Die Probanden wurden per Los gleichmässig auf 14 Gruppen verteilt, sodass jede Gruppe aus sieben Männern und sieben Frauen bestand, von denen mindestens eine Person Linkshänder war. Jeweils zwei Gruppen wurde nach dem Zufallsprinzip (Los) eine bestimmte Zahnbürste zugeteilt. Welche der beiden Gruppen die entsprechende Zahnbürste drei Monate bzw. sechs Monate verwenden sollte, wurde wiederum dem Zufall überlassen (Los). Alle Teilnehmer wurden in einer eingehenden persönlichen Unterweisung und zusätzlich mithilfe einer schriftlichen Anleitung in der modifizierten Bass-Technik instruiert. Sie wurden gebeten, sich zweimal täglich (morgens und abends) für jeweils zwei bis drei Minuten (mit Zeitmessung) die Zähne mit der zugeteilten Zahnbürste zu putzen. Alle Teilnehmer verwendeten die gleiche Zahnpasta (Colgate Total; RDA-Wert: 78; Colgate/Palmolive, Hamburg, Deutschland).

Die Durchführung der Studie wurde von der Ethikkommission der Universitätsmedizin Göttingen genehmigt.

Auswertung der Abnutzung

Nach dem Nutzungszeitraum von drei bzw. sechs Monaten lagen 140 Untersuchungsobjekte zur Bewertung vor. Um passende Formate für die späteren Auswertungen zu erhalten, wurden die Bürstenköpfe nach Kodierung vom Zahnbürstengriff abgetrennt.

Die Definition der Bewertungskriterien, die Vorbereitung der Bürstenköpfe für die einzelnen Untersuchungen, die Anfertigung von Fotografien sowie die Vermessung der Flächenzunahme wurden von einer Person vorgenommen. Eine zweite, verblindete und vorab kalibrierte Person (Kappa-Wert: 0,8) bewertete anschliessend die makroskopisch, lichtmikroskopisch und rasterelektronenmikroskopisch erstellten Bilder nach den vorgegebenen Kriterien (Tab. II, Abb. 1).

Flächenzunahme: Zur Bestimmung der Flächenzunahme aufgrund der Borstenverbiegung wurden Fotografien der Bürstenköpfe angefertigt. Hierzu wurden diese in einem Stativ so fixiert, dass sie in der Ebene der Borsten immer den gleichen Abstand (20 cm) und die gleiche Ausrichtung zu einer Digitalkamera (EOS 10D + Ringblitz Macro Ring Lite MR-1HEX [Canon Deutschland, Krefeld]) hatten. Die Auswertung erfolgte mit dem Bildanalyseprogramm Image J (freies Programm, entwickelt vom National Institute of Health NIH zur Verwendung mit Windows). Pro Bürste wurden immer drei fabrikneue Bürsten (Kontrollgruppe) vermessen; sie dienten als Ausgangsreferenz. Anhand der standardisierten Bilder wurde anschliessend für jede verwendete Zahnbürste die Flächenzunahme im Vergleich zur Ausgangsreferenz ermittelt.

Makroskopische Untersuchung: Für die makroskopische Untersuchung wurde der gleiche Versuchsaufbau benutzt wie für die Flächenauswertung. Jede Zahnbürste wurde in der Aufsicht fotografiert. Die Aufnahmen wurden nach den in Tab. II vorgegebenen Klassifikationskriterien bewertet (Abb. 1).

Lichtmikroskopische Untersuchung: Für die lichtmikroskopische Untersuchung wurden die Bürstenköpfe zunächst auf einem Objektträger fixiert. Sie wurden mit einem Stereomikroskop (NOVEX Zoom, Euromex Mikroskope BV, Arnheim, Niederlande) in fünffacher Vergrösserung betrachtet und mit einer Schwarz/Weiss-Kamera (Typ JAI 235, 1/2"-IT-CCD-Micro-Lens, Sony) fotografiert. Diese Kamera bildete eine Einheit mit dem Stereomikroskop.

Tab. II Bewertungskriterien für die Notenvergabe nach makroskopischer, lichtmikroskopischer und rasterelektronenmikroskopischer Beurteilung; optische Beispiele sind in Abb. 1 unter dem jeweiligen Buchstaben dargestellt

Bewertung	Makroskopische Bewertungskriterien	Lichtmikroskopische Bewertungskriterien	Rasterelektronenmikroskopische (REM) Bewertungskriterien
Note 1	Neuwertige Optik, keine Borstenverbiegungen, keine Auffaserung der Borstenbüschel (Abb. 1a)	Neuwertige Optik, keine Borstenverbiegungen, keine Auffaserung der Borstenbüschel, keine Splissbildung (Abb. 1b)	Neuwertige Optik, akzeptabel endgerundete Borsten, glatte Borstenoberfläche, keine Kunststoffüberschüsse, gleichmässiger Borstenstand, keine Splissbildung (Abb. 1c)
Note 2	Geringe Gebrauchsspuren, geringe oder wenige Borstenverbiegungen, geringgradige Auffaserung der Borstenbüschel (Abb. 1d)	Geringe Gebrauchsspuren, geringe oder wenige Borstenverbiegungen, geringgradige Auffaserung der Borstenbüschel, noch keine Splissbildung (Abb. 1e)	Geringe Gebrauchsspuren, gleichmässiger Borstenstand, unregelmässige Endrundung bis Abflachung, aber Endrundung erkennbar (wenige nicht oder schlecht endgerundete Borsten), wenige Kunststoffüberschüsse, selten Oberflächenrauigkeiten, noch keine Splissbildung (Abb. 1f)
Note 3	Deutliche Gebrauchsspuren, stärkere Borstenverbiegungen, deutliche Auffaserung der Borstenbüschel (Abb. 1g)	Deutliche Gebrauchsspuren, stärkere Borstenverbiegungen, deutliche Auffaserung der Borstenbüschel und/oder geringe Splissbildung (Abb. 1h)	Deutliche Gebrauchsspuren, einseitig abgeschrägte Borsten (lanzenförmig), spitz zulaufende Borstenenden, Kunststoffüberschüsse, viele Oberflächenrauigkeiten, Büschelordnung nicht mehr erkennbar, geringe Splissbildung (Abb. 1i)
Note 4	Sehr starke Gebrauchsspuren, sehr starke Borstenverbiegungen, sehr starke Auffaserung der Borstenbüschel (Abb. 1j)	Sehr starke Gebrauchsspuren, sehr starke Borstenverbiegungen, sehr starke Auffaserung der Borstenbüschel und/oder sehr deutliche Splissbildung (Abb. 1k)	Deutliche Gebrauchsspuren, einseitig abgeschrägte Borsten (lanzenförmig), spitz zulaufende Borstenenden, Kunststoffüberschüsse, viele Oberflächenrauigkeiten, Büschelordnung nicht mehr erkennbar, geringe Splissbildung (Abb. 1m)

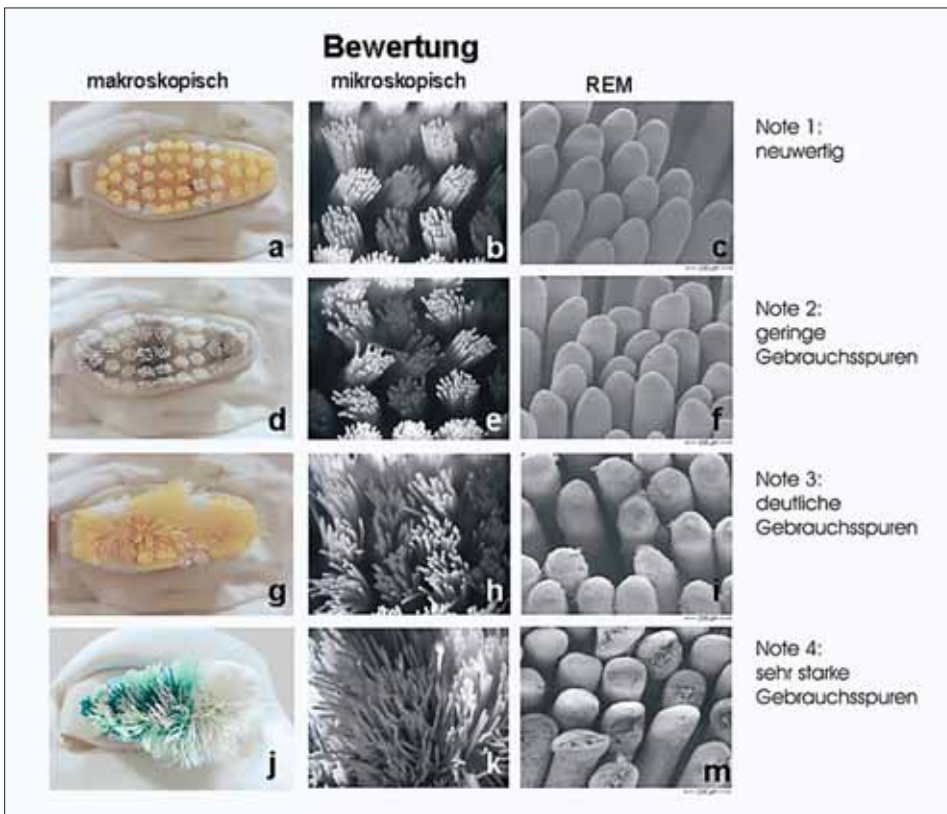


Abb. 1 Beispiele für die makroskopische, lichtmikroskopische und rasterelektronenmikroskopische Bewertung der Bürsten und Notenvergabe nach den in Tab. II aufgeführten Kriterien

Es wurden jeweils drei Aufnahmen pro Bürstenkopf angefertigt (vorderes, mittleres und hinteres Drittel), diese wurden ebenfalls nach den in Tab. II aufgeführten Kriterien bewertet (Abb. 1).

Rasterelektronenmikroskopische (REM) Untersuchung: Nach dem gleichmässigen Bedampfen mit einer Goldschicht wurden die Proben in ein Rasterelektronenmikroskop (S240, Cambridge Instruments, Vertrieb durch Zeiss, Oberkochen, Deutschland) eingeschleust. Die Betriebsspannung betrug bei allen Proben 5 kV, da in den Vorversuchen höhere Betriebsspannungen häufig starke Aufladungen der Borsten zur Folge hatten, d. h., die Borsten bewegten sich bei höheren Betriebsspannungen durch Elektronenbeschuss, wobei das entstehende Flimmern zu unscharfen Aufnahmen führte. Alle Aufnahmen wurden mit einem Kippwinkel von 70° und Fokus 10 gemacht (MEYER-LUECKEL ET AL. 2004). Der Arbeitsabstand betrug einheitlich 15 mm, die Vergrößerung 100. Es wurden sechs Aufnahmen pro Bürstenkopf (je 2-mal das vordere, das mittlere und das hintere Drittel) angefertigt und nach den in Tab. II beschriebenen Kriterien bewertet (Abb. 1).

Statistische Auswertung: Die statistische Auswertung erfolgte mithilfe der SSPS/PC-Software (Version 15.0 für Windows, SPSS, Chicago, USA).

Für die Bewertung der prozentualen Flächenzunahme wurden pro Bürste und Benutzungsdauer der Median der zehn Bürsten einer Gruppe sowie die 25%- und 75%-Perzentile berechnet.

Um die anderen Untersuchungsmethoden miteinander vergleichen zu können, wurde für jede einzelne Bürste und jede Methode eine Note vergeben (Abb. 1, Tab. II). Bei der makroskopischen Untersuchung wurde nur die Note für die Aufsichtsaufnahme berücksichtigt. Bei der mikroskopischen Untersuchung wurde zur Gesamtbewertung eines Bürstenkopfes der Medianwert der drei vergebenen Einzelnoten pro Bürste herangezogen. Bei der REM-Untersuchung wurde zur Gesamtbe-

wertung eines Bürstenkopfes der höhere Medianwert der sechs Einzelnoten herangezogen.

Anschließend erfolgte für jede Untersuchung der paarweise statistische Vergleich der Versuchsgruppen mit dem Mann-Whitney-U-Test. Um den Einfluss eines Parameters allgemein statistisch zu beurteilen, wurde das Signifikanzniveau α gemäß der Error-Rates-Methode zu $\alpha^*(k) = 1 - (1-\alpha)^{1/k}$ adjustiert, wobei k die Anzahl der zu betrachtenden paarweisen Tests bezeichnet. Das Signifikanzniveau α wurde bei 0,05 definiert, d. h., ein signifikanter Unterschied bestand, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit $p \leq 0,05$ war.

Resultate

Bei der Darstellung der Ergebnisse finden lediglich die sechs Zahnbürsten mit den endgerundeten Borsten, d. h. zwei in jeder Preiskategorie, Berücksichtigung, da ein Vergleich zur Zahnbürste *Meridol* (Preiskategorie C) aufgrund der Filamentbesteckung im Nachhinein nicht statthaft erscheint. Dessen ungeachtet ist die Filamentzahnbürste *Meridol* der Vollständigkeit halber in der Abb. 2 und den Tab. I und II aufgeführt (siehe auch Anmerkung am Ende der Diskussion).

Flächenzunahme

Die grösste Flächenzunahme war bei den preisgünstigen Bürsten (Kategorie A) nach drei Monaten Nutzungsdauer zu verzeichnen, wobei *Kurikur* mit über 50% Flächenzunahme am schlechtesten abschnitt (Abb. 2). Bei den Zahnbürsten der Preiskategorie B war die Flächenzunahme insgesamt am geringsten (Abb. 2).

Während in der Kategorie A nach sechs Monaten Nutzungsdauer keine signifikante Flächenzunahme zu beobachten war ($p > 0,05$), nahm diese bei den Bürsten der Kategorien B und C

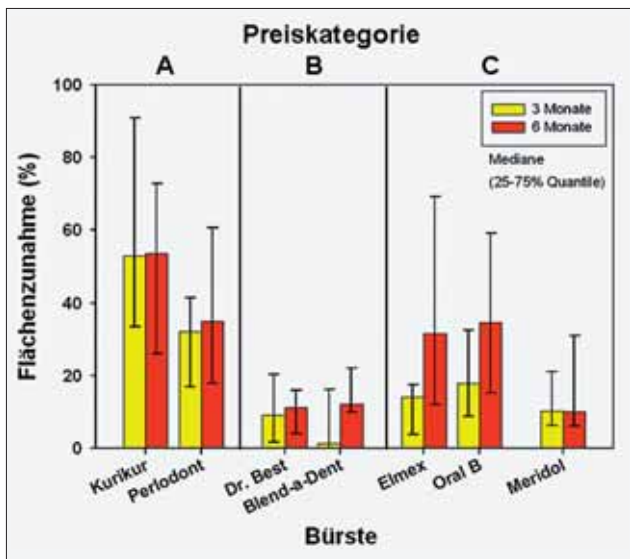


Abb. 2 Flächenzunahme der Bürsten der drei Preiskategorien nach drei und sechs Monaten klinischer Benutzung

augenscheinlich zu (Abb. 2). Ein signifikanter Einfluss der Nutzungsdauer war jedoch nur bei einer Zahnbürste aus Kategorie C (*Elmex*) festzustellen ($p=0,043$). Alle anderen Zahnbürsten zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen drei und sechs Monaten Nutzungsdauer ($p>0,05$).

Es zeigte sich, dass bei den Zahnbürsten der Preiskategorie A und der Preiskategorie C deutliche Unterschiede in der Flächenzunahme im Vergleich zu den Bürsten der Preiskategorie B bestanden (Abb. 2). Die Bürsten der Preiskategorie A wurden nach drei Monaten signifikant schlechter als die anderen Bürsten beurteilt ($p\leq 0,05$), mit einer Ausnahme aus Kategorie C (*Oral B*) ($p>0,05$). Nach sechs Monaten waren zwischen den Bürsten der Kategorie A und der Kategorie C keine signifikanten Unterschiede mehr feststellbar ($p>0,05$).

Makroskopische und lichtmikroskopische Untersuchung

Die makroskopische und die lichtmikroskopische Bewertung der Bürsten zeigten ähnliche Ergebnisse, deshalb werden sie zusammenfassend aufgeführt. Tab. III gibt eine Übersicht, wie

häufig die einzelnen Noten, bezogen auf jede der untersuchten Bürsten sowie die Nutzungsdauer von drei und sechs Monaten, vergeben wurden.

Insgesamt konnten bei den Bürsten innerhalb einer Preiskategorie keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ($p>0,05$). Ebenfalls bestand bei keiner Bürste ein signifikanter Unterschied zwischen drei und sechs Monaten Nutzung ($p>0,05$). Beide Bürsten der Kategorie A unterschieden sich makroskopisch lediglich nach sechs Monaten Nutzungsdauer signifikant von je einer Bürste der Kategorie B (*Dr. Best*) ($p=0,029$) und C (*Oral B*) ($p=0,02$); wobei sie gegenüber *Dr. Best* schlechter und gegenüber *Oral B* besser bewertet wurden. In der mikroskopischen Auswertung wurde lediglich *Kurikur* (Kategorie A) nach drei Monaten signifikant schlechter beurteilt als *Blend-a-dent* (Kategorie B) ($p=0,033$); zwischen den anderen Bürsten bestanden nach drei Monaten und nach sechs Monaten keine signifikanten Unterschiede ($p>0,05$). Beim Vergleich von Kategorie A zu C wurde lediglich eine Bürste (*Oral B*) signifikant schlechter bewertet: nach drei Monaten ($p=0,031$) und sechs Monaten ($p=0,017$).

REM-Untersuchung

Bei der Bewertung der rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen wurden die Noten 3 und 4 häufiger vergeben als bei der makroskopischen und lichtmikroskopischen Bewertung (Tab. III).

In der Kategorie B wurde *Blend-a-dent* sowohl nach drei als auch nach sechs Monaten signifikant schlechter bewertet als *Dr. Best* ($p\leq 0,001$).

Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen drei und sechs Monaten Nutzung festgestellt, mit einer Ausnahme: *Perlodent* (Kategorie A) wurde nach sechs Monaten signifikant schlechter bewertet als nach drei Monaten ($p=0,042$).

Im Vergleich der Bürsten der Kategorie A mit denen der Kategorie B schnitten nach drei Monaten sowohl *Kurikur* als auch *Perlodent* signifikant besser ab als *Blend-a-dent* ($p\leq 0,001$). Nach sechs Monaten zeigte *Kurikur* weiterhin eine signifikant bessere Bewertung ($p\leq 0,001$); *Perlodent* hingegen wurde signifikant schlechter bewertet als *Blend-a-dent* ($p\leq 0,003$). Zu *Dr. Best* bestanden sowohl nach drei als auch nach sechs Monaten keine signifikanten Unterschiede ($p>0,05$).

Nach drei Monaten waren ebenfalls keine Unterschiede zwischen Kategorie A und C feststellbar ($p>0,05$). Nach sechs

Tab. III Anzahl der einzelnen Bürsten einer Preiskategorie mit einer bestimmten Note, getrennt nach Untersuchungsmethode und klinischer Benutzungzeit

Untersuchungsmethode	Makroskopisch								Lichtmikroskopisch								REM											
	3 Monate				6 Monate				3 Monate				6 Monate				3 Monate				6 Monate							
	Note				Note				Note				Note				Note				Note							
Preis-kategorie Zahnbürste	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A Kurikur		4	4	2		5	5			4	2	4	2	3	4	1	1	6	3			3	7					
A Perlodent	1	4	5			5	5			3	2	3	2	1	6	1	2		5	5			1	8	1			
B Dr. Best	1	6	3		2	7	1			2	4	2	2	4	3	3		4	6			3	7					
B Blend-a-dent	1	6	3		1	7	2			4	2	4		1	6	1	2		2	8			2	8				
C Elmex		3	7			3	3	4			4	2	4		5	1	4		4	6		1	4	5				
C Oral B		3	5	2		1	6	3			1	2	7		1	5	4		6	4			6	4				
C Meridol		5	5			4	6			1	5	3	1		4	6			5	5			2	8				

Monaten wurde *Perlodent* jedoch signifikant schlechter beurteilt als *Elmex*. Beim Vergleich der Zahnbürsten der Kategorie B und C wurde *Blend-a-dent* sowohl nach drei als auch nach sechs Monaten signifikant schlechter bewertet als *Elmex* und *Oral B*; bei *Dr. Best* war weder nach drei noch nach sechs Monaten ein signifikanter Unterschied zu *Elmex* und *Oral B* feststellbar ($p > 0,05$).

Diskussion

Die Planung und Durchführung von In-vivo-Studien zur Abnutzung von Zahnbürsten gestaltet sich aufgrund der individuellen Putzgewohnheiten der Anwender als schwierig. Ungeachtet dieser Schwierigkeiten bei der Standardisierung verschiedener Parameter, wie z. B. Putztechnik, Putzdauer und die Benutzung der vorgeschriebenen Zahnpasta, gibt eine In-vivo-Studie wertvolle Aufschlüsse. Obwohl sich in einer Untersuchung zur Vergrößerung des Borstenfelds nach Zahnbürstengebrauch Labor- und klinische Studien nicht signifikant voneinander unterschieden (RAWLS ET AL. 1993), wurde in anderen Studien der «Faktor Mensch» als eines der entscheidenden Kriterien bei der Abnutzung der Zahnbürste herausgestellt (WOLTMANN 1980, STEWART & WOLFE 1989, RAWLS ET AL. 1989). Eine In-vitro-Studie zeigte, dass abhängig von Anpressdruck und Zahnpastamenge bereits nach 30 Minuten sehr deutliche Abnutzungerscheinungen festgestellt werden konnten (MCLEY ET AL. 1997). Um individuelle Gebrauchsfehler zu minimieren, wurden in der vorliegenden Studie alle Probanden detailliert in eine einheitliche Putztechnik eingewiesen (modifizierte Bass-Technik). Die Unterteilung in Gruppen erfolgte streng symmetrisch nach Geschlecht und immer unter Einschluss eines Linkshänders.

In bisherigen Studien über die Bewertung von Borstenendabrundungen fehlen häufig Angaben zur Verblindung der Untersucher zueinander (DRISKO ET AL. 1995). Um in der vorliegenden Studie eine Voreingenommenheit vollständig auszuschliessen und eine Standardisierung des Untersuchungsmaterials zu gewährleisten, wurden alle Proben und alle Aufnahmen (makroskopische, mikroskopische und rasterelektronenmikroskopische Fotos) von einer Person hergestellt. So konnten Unterschiede in der Probenbearbeitung und Aufnahmetechnik vermieden werden. Die nach dem Zufallsprinzip codierten Aufnahmen wurden anschliessend von einer zweiten, verblindeten und vorab kalibrierten Person nach definierten Kriterien bewertet, sodass auch hier Unterschiede durch zwei oder mehrere «Begutachter» sowie eine Beeinflussung ausgeschlossen werden konnten. Bei der Bewertung aller Untersuchungsobjekte der vorliegenden Studie muss allerdings bedacht werden, dass es sich bei den Fotografien um zweidimensionale Aufnahmen dreidimensionaler Objekte handelt, d. h., dass eine Beurteilung der nicht sichtbaren Bereiche nicht möglich war. Die Tatsache kann unter Umständen zu falsch positiven Ergebnissen führen (DRISKO ET AL. 1995).

Die Beurteilung der Flächenzunahme des Borstenfelds ist eine gebräuchliche Methode, um den Abnutzungsgrad einer Bürste zu bestimmen. Während in der vorliegenden Studie die relative Flächenzunahme bestimmt wurde, bewerteten andere Autoren diesen Untersuchungsparameter auf einer Skala von 0 bis 3 (RAWLS ET AL. 1989). Die Flächenzunahme wird dabei signifikant von der Qualität der Borsten beeinflusst (RAWLS ET AL. 1993); sie wird von einigen Autoren als einfaches Entscheidungskriterium für einen Bürstentausch beschrieben (KREIFELDT ET AL. 1980). Eine australische Studie fand heraus, dass 70% aller australischen Zahnärzte nach diesem Prozedere verfahren und ihren Patienten empfehlen, ihre Zahnbürste auszutau-

schen, wenn deren Borsten aufgefächert und verbogen sind (DALY ET AL. 2000).

In der vorliegenden Studie erfolgte die Bewertung jedes Bürstenkopfs auf makroskopischer, mikroskopischer und rasterelektronenmikroskopischer Ebene anhand von definierten Parametern. Die Klassifikation der Borstenendabrundung im REM nach SILVERSTONE & FEATHERSTONE (1988) ist dabei üblich.

Bei der Flächenauswertung wurden in dieser Studie Unterschiede zwischen den Bürsten der verschiedenen Preiskategorien nach drei Monaten deutlich, vor allem zwischen den Bürsten der Kategorie A (Preis unter 1 Euro) und den beiden anderen Kategorien.

Obwohl die untersuchten Bürsten über endgerundete Nylonborsten verfügen, unterscheidet sich das Nylonmaterial möglicherweise in seiner chemischen Zusammensetzung (z. B. 6.6.- oder 6.10.- oder 6.12.-Polyamid); der Einfluss des Borstenmaterials auf die Verbiegung der Borsten wurde bereits nachgewiesen (RAWLS ET AL. 1993). Da die Flächenzunahme des Borstenfelds bisher nicht über die Borstenverbiegung berechnet wurde, sind die vorliegenden Ergebnisse nur ansatzweise mit anderen Studien vergleichbar. Die verwendete Methode ist jedoch für künftige Studien zu empfehlen, da sie eine bessere Vergleichbarkeit gewährleistet als die Einteilung in einer Skala von 0 bis 3, wie von RAWLS ET AL. (1989) empfohlen, da diese untersucherabhängig sein können.

Sowohl bei der makroskopischen, als auch bei der mikroskopischen Auswertung liess sich in der vorliegenden Studie erkennen, dass zwischen drei und sechs Monaten klinischem Gebrauch bei keiner Bürste ein Unterschied bestand. Auch zwischen den Zahnbürsten innerhalb einer Preisgruppe bestand kein Unterschied. Obwohl die Resultate der verschiedenen Untersuchungsmethoden zunächst identisch erscheinen, ist bei genauer Betrachtung der Bewertung erkennbar, dass bei der Mikroskopie im Vergleich zur Makroskopie die Anzahl der mit «sehr deutliche Gebrauchsspuren» (Note 4) bewerteten Bürsten deutlich zunimmt.

Bei der REM-Bewertung liess sich in der vorliegenden Studie erkennen, dass zwischen drei und sechs Monaten klinischem Gebrauch ebenfalls bei keiner Bürste ein Unterschied bestand, mit Ausnahme der *Perlodent* (Preiskategorie A). Rasterelektronenmikroskopisch fiel eine Zuordnung der Ergebnisse nach Preiskategorien jedoch schwerer als mit den anderen Untersuchungsmethoden. Insgesamt wurden bei der REM-Bewertung häufiger die Noten 3 und 4 vergeben. Diese Beobachtung lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass mit zunehmender Vergrößerung die Abnutzungsspuren besser erkannt werden können, da die Aufnahmen mit dem REM plastischere Bilder von der Borstenoberfläche liefern als die makroskopischen und die mikroskopischen Aufnahmen.

Bei der Bewertung der Borsten nach klinischem Gebrauch sind in der Literatur sehr unterschiedliche Angaben zu finden: Sie reichen von einer zunehmenden Abrundung der Borsten bei Gebrauch nach 40 Tagen (HENSCHKE ET AL. 1978) bzw. zwei Monaten (RIETHE & MUNZ 1979), möglicherweise durch Entfernung von Bearbeitungsrückständen, bis hin zu einer Keulenbildung nach mehr als drei Monaten Gebrauch, nachdem sich die Borsten zunächst abgerundet hatten (MASSASSATI & FRANK 1982). Dies erklärt vielleicht auch die grössere Anzahl an Studien, die sich lediglich mit der Bewertung von Borsten bei neuwertigen Bürsten beschäftigt haben (SILVERSTONE & FEATHERSTONE 1988, KOCKAPAN & WETZEL 1987, MULRY ET AL. 2002, JUNG ET AL. 2005).

Mit dem vorliegenden Studiendesign ist eine eindeutige Bewertung der Abnutzung von Zahnbürsten verschiedener Preiskategorien nicht ausreichend möglich. Insbesondere können

aus einer starken Flächenzunahme des Borstenfelds keine Rückschlüsse auf den Zustand der Borsten gezogen werden.

Anmerkung zur filamentbesteckten Zahnbürste *Meridol*: Während sich für diese Bürste bei der Auswertung der Fläche nur eine geringe Zunahme nach drei Monaten bzw. sechs Monaten Benutzung gegenüber der Kontrolle ergab (Abb. 2), gestaltete sich die Bewertung der makroskopischen und lichtmikroskopischen sowie der rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen anhand der in dieser Studie benutzten Kriterien als ausgesprochen schwierig.

Schlussfolgerungen

Insgesamt scheint bei der Beurteilung der Abnutzung von Handzahnbürsten die gewählte Untersuchungsmethode eine wichtige Rolle zu spielen. Ohne Berücksichtigung der einzelnen Bürsten führten alle Untersuchungsmethoden zu deutlich unterschiedlichen Ergebnissen. Das in dieser Studie erstmals durchgeführte Verfahren der rechnergestützten Berechnung der Fläche des Borstenfelds sollte weiterverfolgt werden.

Literaturverzeichnis siehe englischen Text, Seite 756.