

In-Vitro-Untersuchung der mechanischen Wirkung von handelsüblichen Handzahnbürsten

Zusammenfassung

Zahnbürste und Zahnpaste sind unerlässliche Hilfsmittel für die orale Gesundheit. Um jedem Patienten ein für ihn geeignetes Modell empfehlen zu können, sollten Zahnärzte und Dentalhygienikerinnen über mechanische Eigenschaften und Wirkungen handelsüblicher Zahnbürsten informiert sein. Dazu zählen die Borstenverrundung, das Zahnflächenkontaktvermögen und das Gingivaverletzungspotenzial. Die vorliegende Arbeit untersuchte 22 in der Schweiz handelsübliche Zahnbürsten und beurteilte sie bezüglich Borstenendmorphologie und Zahnflächenkontaktvermögen. 15 davon wurden auch bezüglich Gingivaverletzungspotenzial und Acrylabrasion untersucht. Ziel der Arbeit war es, die getesteten Bürsten zu werten, um Patienten je nach ihrer Zugehörigkeit zu einer bestimmten Anwendergruppe die richtigen Zahnbürsten empfehlen zu können. Bezüglich Borstenverrundung erzielte die Mehrzahl gute Resultate mit weniger als 10% inakzeptabel verrundeten Borstenenden. Beim Zahnflächenkontaktvermögen wurde die laborinterne Vorgabe von über 55% gereinigter Gesamtfläche, bzw. über 8% gereinigter Approximallflächen von keiner Bürste erreicht. Nach Ermittlung dieser Messwerte wurde eine Gesamtrangliste der 22 getesteten Bürsten unter Berücksichtigung des Borstendurchmessers erstellt. Aus dieser Rangliste wurden die 15 besten Produkte bezüglich Gingivaverletzungspotenzial und Acrylabrasion untersucht. Lediglich 2 Bürsten waren «schonend», den meisten wurde ein «akzeptables» Gingivaverletzungspotenzial attestiert. Die Ermittlung der Acrylabrasion diente der Bestimmung der Fähigkeit der Bürsten, eine Zahnpaste auf der bebürsteten Oberfläche zu halten. Hier schnitten 6 der geprüften Zahnbürsten gut ab. Nach Zuordnung der einzelnen Bürsten zu 4 vorher definierten Patientengruppen erwies sich die Vielfalt des Marktes als trügerisch. So wurden für Patienten ohne freiliegende Zahnhäse lediglich 8 (ohne Zahnverfärbungen) bzw. 1 Modell (mit Zahnverfärbungen) als «geeignet» befunden. Für Patienten mit freiliegenden Zahnhäsen wurde keine der geprüften Bürsten als «geeignet» be-

THOMAS IMFELD, BEATRICE SENER und IGOR SIMONOVIC

Klinik für Präventivzahnmedizin, Parodontologie und Kariologie, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Zürich

funden. Die Resultate zeigen, dass vermutlich keine Handzahnbürste bei jedem Patienten unabhängig von seiner Putztechnik zu einem guten Resultat führt. Von der Industrie wird eine Verbesserung des Zahnflächenkontaktvermögens und eine vermehrte Produktion und Promotion weicherer Bürsten erwartet.

Acta Med Dent Helv 5: 37–47 (2000)

Schlüsselwörter:
Zahnbürsten, Zahnreinigung, Gingivaverletzung, Abrasion

Zur Veröffentlichung angenommen: 2. Februar 2000

Einleitung

Der Zahnbürstenmarkt in der Schweiz ist während den letzten 20 Jahren stark gewachsen. 1974 wurden 5,9 Mio. Zahnbürsten verkauft, 1998 jedoch bereits 20,6 Mio. oder 3,3 Zahnbürsten pro Kopf und Jahr. Verschiedene Anbieter versuchen durch Änderungen ihrer Produkte in Farbe, Form und Material, mit speziellen Anpreisungen oder einfach durch Aktionsangebote Marktanteile zu gewinnen. Das Angebot ist für den Konsumenten unübersichtlich geworden. Die Zahnreinigung ist für die orale Gesundheit unerlässlich, sollte jedoch unter maximaler Schonung von Zähnen und Zahnfleisch erfolgen. Allfällig schädliche Faktoren sind die Zahnbürstentechnik, das Bürstendesign, die Beschaffenheit und Steifheit der Borsten, der Anpressdruck sowie die Häufigkeit und Dauer der Mundhygiene. Auch die Abrasivität der Zahnpaste bzw. die Erosivität der Nahrung spielen eine Rolle (DAVIS & WINTER 1980). Mögliche nachteilige Nebeneffekte des Zahnbürstens sind einerseits Verletzungen der Gingiva (NIEMI et al. 1984), andererseits Schäden an der Zahnhartsubstanz (LUSSI et al. 1993). Putzschäden entstehen vor allem dann, wenn die Bürste mit stark abrasiven Pasten benützt wird (BARBAKOW et al. 1990) und/oder eine traumatische

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. T. Imfeld, Präventivzahnmedizin und Orale Epidemiologie, Klinik für Präventivzahnmedizin, Parodontologie und Kariologie, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Zürich
Plattenstrasse 11, 8028 Zürich
Tel. 01/634 32 75, Fax 01/634 43 08
E-Mail: imfeld@zmk.unizh.ch

Putztechnik angewandt wird (GROSS et al. 1996, MIREAU et al. 1989, SAXER & YANKELL 1997). Die Annahme vieler Patienten, mit höherem Druck würde eine bessere Plaqueentfernung erzielt, ist gemäss VAN DER WEIJDEN et al. (1996, 1998) falsch. Es besteht keine Korrelation zwischen Anpressdruck und Plaqueentfernung. Im Gegensatz dazu ist die Plaqueentfernung eindeutig mit der Bürstdauer korreliert (HUBER et al. 1985). Die AMERICAN DENTAL ASSOCIATION (1977) empfiehlt deshalb eine dreiminütige Bürstdauer. Ziel der zahnärztlichen Betreuung muss es sein, durch kompetente Aufklärung und Instruktion einer adäquaten Putztechnik, Zahnbürsttraumata zu vermeiden. Den Patienten sollte deshalb eine Gruppe von Zahnbürsten empfohlen werden können, die auf ihre individuellen Probleme abgestimmt ist, und aus welcher die Patienten die ihnen subjektiv am besten zusagende Bürste aussuchen können.

Die vorliegende In-Vitro-Arbeit untersuchte 22 in der Schweiz 1999 handelsübliche Erwachsenenhandzahnbürsten bezüglich ihrer möglichen mechanischen Wirkung auf Weich- und Hartgewebe (SIMONOVIC 1999). Auswahlkriterien waren die Verkaufszahlen des Jahres 1998 sowie die Präsenz in der Werbung 1999.

Material und Methoden

Zahnbürsten

15 gemäss Marktanalysen von Herstellern und Grossverteilern im Jahr 1998 meist verkaufte und 7 durch ihre Präsenz in der Werbung 1999 sehr bekannt gewordene Erwachsenenhandzahnbürsten (total 22) wurden untersucht. Je 33 Exemplare einer jeden Bürste wurden im Januar 1999 in Drogerien und bei Grossverteilern in der Agglomeration Zürich eingekauft (Tabelle I; Abbildung 1).

Borstenverrundung

Von je 6 Exemplaren aller 22 oben erwähnten Bürsten wurden 5 Borstenbüschel pro Bürstkopf ausgewählt und mit einem Skalpell abgeschnitten. Pro Borstenbüschel wurden zufällig 5 Borsten ausgewählt und auf einem Objektträger fixiert. Anschliessend wurden die Borstenenden ($6 \times 5 \times 5 = 150$ pro Zahnbürstentyp) unter dem Lichtmikroskop (Vergrösserung $\times 32$) betrachtet und einer der drei Verrundungskategorien «korrekt», «nicht ideal, aber akzeptabel» oder «inakzeptabel» zugeordnet (DELLERMAN et al. 1994). Zwei Personen führten die Betrachtung unabhängig voneinander durch und einigten sich bei Nichtübereinstimmung auf eine für beide vertretbare Zuordnung.

Zahnflächenkontaktvermögen

Die Testbürsten wurden mit einer speziellen Bürstmaschine, welche horizontale, vertikale und kreisende Bürstbewegungen simuliert, über anatomisch geformte Zahnmodelle geführt. Die von den Borsten bestrichenen Zahnoberflächen wurden darauf planimetrisch erfasst. Diese Messung des Zahnflächenkontaktvermögens mittels einer Bürstmaschine dient der vorklinischen Erfassung der Plaqueentfernungskapazität von Zahnbürsten. Die durchschnittlich sehr kurze Verweildauer von Handzahnbürsten auf dem Markt lässt eine In-Vivo-Prüfung aller angebotenen Produkte nicht zu. Die Bürstmaschine, Eigenbau des Präventivzahnmedizinlabors, bewegte die Testbürsten mit 250 g Auflagegewicht. Horizontale Bürstbewegungen: 30 mm Weg; 60 Zyklen (Hin- und Her-Bewegungen) pro Min. Vertikale Bewegung: 8 mm Weg; 60 Zyklen pro Min, kombiniert mit horizontaler Bewegung 30 mm Weg; 16 Zyklen pro Min. des Zahnmodells. Kreisende Bewegung: 8×8 mm Weg; 60 Zyklen der

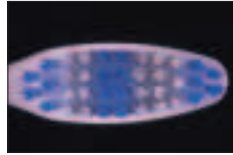
Tab. I 15 (1–15) im Jahr 1998 in der Schweiz meistverkaufte und 7 (16–22) zusätzlich ausgewählte Zahnbürsten

| Markenname | Hersteller/Vertreiber |
|---|-----------------------|
| 1. Candida Flex-Professional medium | Mibelle |
| 2. Candida Parodin soft | Mibelle |
| 3. Candida Sensitive super soft | Mibelle |
| 4. Candida Duro hard | Mibelle |
| 5. Candida M-Budget | Mibelle |
| 6. Trisa flex-Activ soft-medium | Trisa |
| 7. Mentadent C Antiplaque medium | Elida Fabergé |
| 8. Dentalux Flexible soft-medium | Coop |
| 9. Mentadent C Contact soft | Elida Fabergé |
| 10. Benefit Clinic medium-hard | Elida Fabergé |
| 11. Trisa eco-logic medium | Trisa |
| 12. Purodent | Denner |
| 13. Elmex Oeco-Clic medium | Gaba |
| 14. Beldent Antiplaque | Coop |
| 15. Benefit Clinic soft-medium | Elida Fabergé |
| 16. Colgate Sensation medium Standard | Colgate Palmolive |
| 17. Colgate Sensation soft Compact | Colgate Palmolive |
| 18. Dr. Best Interdent Flex medium | SmithKline Beecham |
| 19. Oral B Advantage Control Grip 35 mittel | Oral B |
| 20. Oral B Advantage Control Grip 40 mittel | Oral B |
| 21. Oral B Advantage 40 mittel/weich | Oral B |
| 22. Oral B plus indicator 40 mittel/weich | Oral B |

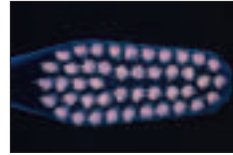
Bürste pro Min., kombiniert mit horizontaler Bewegung 30 mm Weg; 16 Zyklen pro Min. des Zahnmodells. Die Bürstdauer pro Bewegungsart betrug 1 Min. Die Testmodelle entsprachen einem Oberkiefersextanten mit 3 anatomisch geformten Molaren, 2 Prämolaren und 1 Eckzahn. Die Bukkalflächen waren auf einer Ebene angeordnet, die Interdentalräume leicht offen gestaltet, so dass sie denen eines Erwachsenen mittleren Alters entsprachen. Jeweils vor den Versuchen wurden die schwarzen Modellzähne weiss beschichtet (Suspension von Titanoxid in Ethanol 26 Vol.-% im Verhältnis 1:3). Diese pulverartige Beschichtung lässt sich nicht flächig abblättern, sondern wird nur exakt an den Stellen, die von den Borsten effektiv berührt werden, entfernt. Als von den Borsten bestrichen und damit potenziell gereinigt galten Zahnareale, die nach dem Bürstversuch von der weissen Beschichtung befreit waren und wieder schwarz erschienen. Bearbeitet wurden die Bukkalflächen mit planparallel aufgesetzten Testbürsten. Pro Bewegungsmuster (horizontal, vertikal, kreisend) wurden mit jeweils einer neuen Bürste 4 Durchgänge auf 4 verschiedenen Modellen gemacht. Die endständigen Zähne (Eck- und Weisheitszähne) wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Pro Bürstentyp und Bewegungsmuster wurden somit 16 Zähne, je 4 auf 4 verschiedenen Modellen, evaluiert. Nach den Bürstdurchgängen wurden die Zähne aus den Modellen entfernt und ihre Bukkal- und Approximalflächen mit einem Scanner aufgenommen. Dazu wurden die Zähne über die Optik eines Scanners gerollt, so dass approximale und bukkale Bereiche eindimensional auf einer Fläche aufgenommen wurden. Mit einem speziell entwickelten Software-Programm wurden die von weisser Farbe befreiten Zahnflächen auf den eingescannten Zähnen im Graustufenverfahren quantitativ erfasst. Dabei wurden die von den Borsten bestrichenen (schwarzen) Bukkal- und Approximalflächenanteile in Prozent der gesamten Bukkal-, Mesial- und Distalflächen ausgedrückt. Als Grenze zwischen den Bukkal- und Approximalflächen galt der jeweilige Line-Angle.



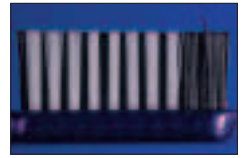
1



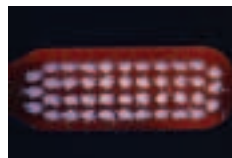
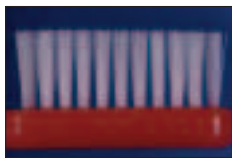
2



3



4



5



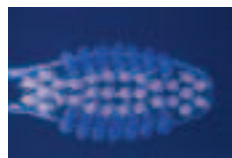
6



7



8



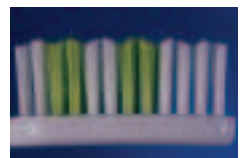
9



10



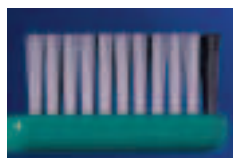
11



12



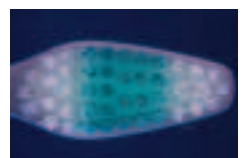
13



14



15



16

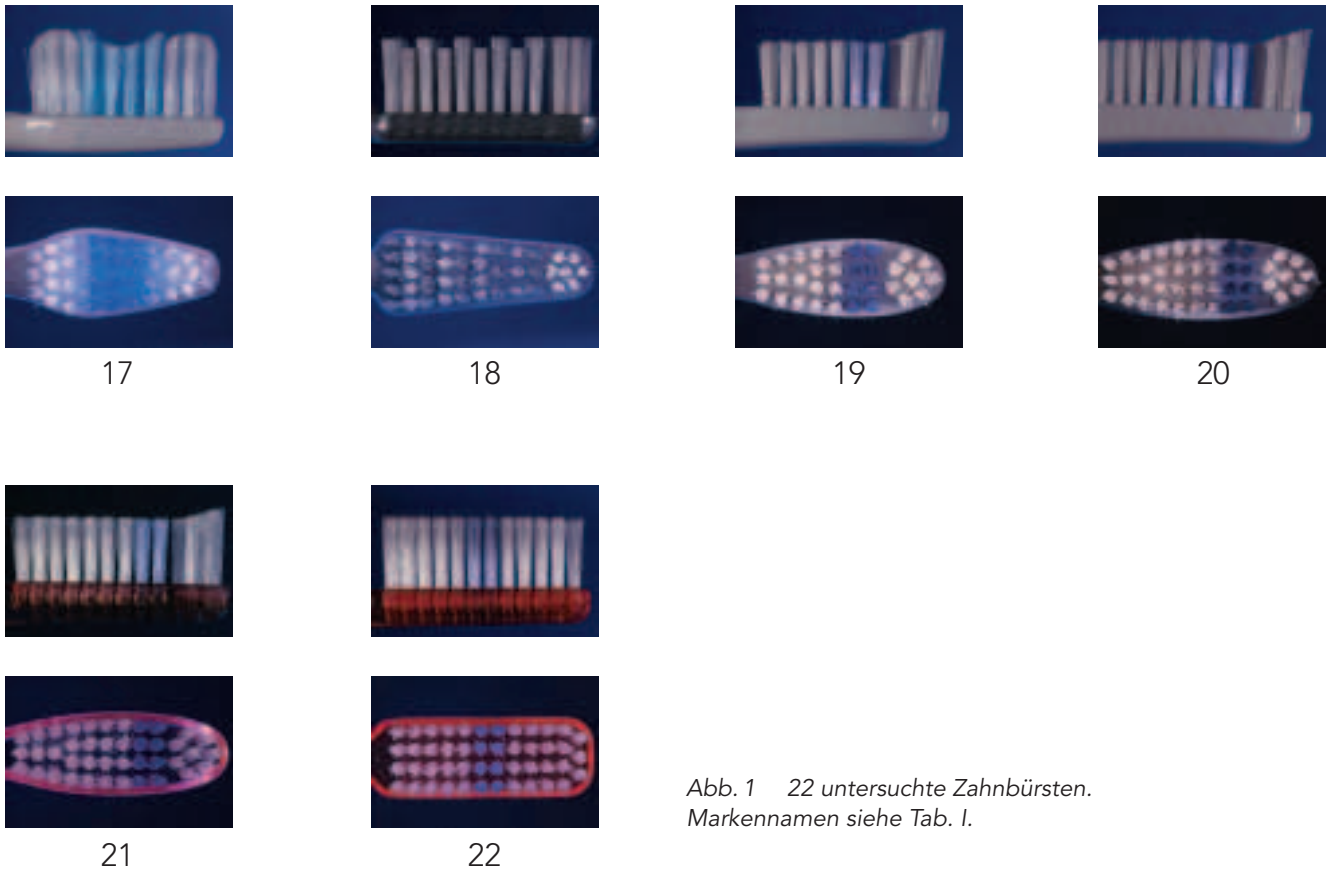


Abb. 1 22 untersuchte Zahnbürsten.
Markennamen siehe Tab. I.

Gingivaverletzungspotential

Je 6 Exemplare einer jeden Testbürste wurden mittels einer Bürstmaschine mit horizontal schrubbernder Bewegung über die Gingiva von Schweineunterkiefen geführt. Die Ausdehnung der Verletzungen wurden nach Epithelfärbung planimetrisch erfasst. Dieses Verfahren dient als vorklinischer In-Vitro-Test des Gingivaverletzungspotenzials von Prototypen sowie Marktprodukten (IMFELD & SENER, J Dent Res 77; Spec.Issue, Abstracts # 259, 446 & 684, pp 664, 1262 & 717, 1998). Es wurde erarbeitet, da es aus ethischen, zeitlichen und finanziellen Gründen nicht möglich ist, sämtliche Zahnbürsten in-vivo am Menschen auf ihr Gingivaverletzungspotenzial zu untersuchen. Verwendet wurden Frontsextanten von Schweineunterkiefen. Diese wurden im Schlachthof entnommen und für Transport und Lagerung bei ca. 5 °C feucht gehalten. Die Tests erfolgten zwischen 22 und 25 Std. nach der Schlachtung. Je 6 Unterkieferfrontsegmente wurden gleichzeitig in die Bürstmaschine eingesetzt. Die zuvor genässten Zahnbürsten wurden mit 250 g Auflagegewicht und horizontalen Bewegungen (30 mm Weg; 60 Zyklen pro Min.) so über die Kiefer bewegt, dass 50% der Borstenfeldbreite über die Zähne und 50% über die Gingiva strich. Die gesamte Bürstzeit betrug 240 Sek. Vor der Bürstbehandlung wurde die Gingiva der Schweinekiefer erstmals mit einem Plaquerevelator (Paro Plak 2 Color-Rondellen, ESRO AG, 8800 Thalwil) gefärbt und unter laufendem Wasser abgespült. Paro Plak 2 Color-Rondellen enthalten Erythrosin (10 Teile) und Patentblau (3 Teile). Erythrosin ist ein Vitalfärbemittel und färbt selektiv Zellen, welche die Membranintegrität verloren haben. Es ist deshalb zur schnellen Erkennung von Zellverletzungen geeignet (KRAUSE et al. 1984, WALKER et al.

1984). Paro Plak 2 ist vergleichbar mit dem Produkt Dis-Plaque (Pacemaker Corp., Portland, USA), welches in den Siebzigerjahren zur Darstellung von Zahnbürsttraumen der Gingiva am Menschen verwendet wurde (BREITENMOSEER et al. 1979) und mit dem Produkt Mira-2-Tone (Hager & Werken GmbH, Duisburg), welches heute bei andern Arbeitsgruppen für diesen Zweck Anwendung findet (DANSER et al. 1998). Nach Abspülen mit Wasser bleiben nur verletzte Gingivastellen/-flächen gefärbt. Oberflächliche intraepitheliale Verletzungen, welche mit Dermabrasion verglichen werden könnten, werden rötlich gefärbt, tiefe, transepitheliale Verletzungen werden bläulich gefärbt. Für die Untersuchung des Gingivaverletzungspotenzials wurden nur Kiefer verwendet, die bei der ersten Färbung vor dem Bürsten keine bereits vorbestehenden Gingivaverletzungen aufwiesen. Nach 30, 60, 120 und 240 Sek. Bürstdauer wurden die Schweinekiefer jeweils gefärbt, gespült und fotografiert, so dass für jeden Schweinekiefer ein Anfangsbefund und vier Verletzungsbefunde, nämlich nach 30, 60, 120 und 240 Sek. Bürsten vorlagen. Die Ausdehnung der erfolgten Gingivaverletzungen wurde auf den Fotografien mittels eines Digitizers planimetrisch erfasst und absolut in mm² sowie relativ in % der gesamten gebürsteten Flächen ausgedrückt.

Zahnpasten-Haltfähigkeit (Acrylabrasion)

Prinzip dieses Verfahrens ist es, eine Acrylplatte mit Zahnbürste und einer Standardabrasivaufschlammung maschinell zu bebürsten und danach die Helligkeitsdifferenz des Durchlichtes zwischen unbehandelter und behandelter Platte zu bestimmen. Die Nylonborsten einer Zahnbürste führen ohne Abrasivstoffe zu keiner Abrasion der Zahnhartsubstanz. In Verbindung mit Abrasivstoffen (Zahnpaste) wird der Grad der Reinigungslei-

stung und auch der Abrasion jedoch dadurch beeinflusst, wie gut das Borstenfeld einer Zahnbürste die Paste während des Bürstens auf der Zahnoberfläche hält. Letzteres ist von der Besteckungsart und vom Design der Bürstköpfe abhängig. Je 6 Exemplare einer jeden Testbürste wurden mittels einer Bürstmaschine mit 250 g Auflagegewicht und mit horizontalen Bürstbewegungen (30 mm Weg; 60 Zyklen pro Min.) während total 25 Min. über Acrylglasplatten geführt. Die Acrylglasplatten (Polymethylmetacrylat, PMMA, Angst + Pfister, Zürich) waren dabei mit einer Aufschlammung eines Standardabrasives bedeckt. Diese bestand aus 10 g Kalziumpyrophosphat, 50 g Lösung aus Karboxymethylzellulose (0,5%), Glycerol (10%) und Speichelerersatz sowie 50 µl Silikonantischäumer. Vor und nach der Bürstbehandlung wurde die Lichtdurchlässigkeit der Acrylglasplatten spektrofotometrisch gemessen. Das Spektrofotometer (Minolta CM-503 i) wurde dabei mit einem Transmissionsadapter (CM-A 76) zur Farbelimination mit folgenden Parametern verwendet: Tageslicht D 65; Xenon-Blitzlampe; 10° Beobachtungswinkel; Messfeld mit 3 mm Durchmesser; beleuchtete Fläche 4 mm². Die Differenz zwischen den Anfangs- und Schlussbefunden entspricht der bürstenspezifischen Zerkratzung der Acrylglasplatten und ist ein Mass für die Fähigkeit der geprüften Zahnbürsten, die Abrasivstoffe während des Bürstens an Ort zu halten.

Resultate

Borstenverrundung

Die Qualität der Borstenverrundung der einzelnen getesteten Zahnbürsten, ausgedrückt durch die prozentualen Anteile «korrekt», «nicht ideal, aber akzeptabel» und «inakzeptabel» verrundeter Borsten pro Produkt ist in Tabelle II dargestellt. Die Zahnbürste *Elmex Oeco-Clic medium* wies am meisten Borsten mit korrekter Verrundung auf, die Bürste *Trisa eco-logic medium* am meisten Borsten mit korrekter und akzeptabler Verrundung. Am wenigsten korrekt verrundete Borsten hatte die Bürste *Oral B Advantage Control Grip 40 mittel*, die meisten Borsten mit inakzeptabler Rundung wies die Bürste *Colgate Sensation soft Compact* auf.

Zahnflächenkontaktvermögen

Das Zahnflächenkontaktvermögen der einzelnen Bürsten, ausgedrückt durch die von den Borsten bestrichenen Zahnoberflächenanteile in % der gesamten (bukkal, mesial und distal) Zahnflächen bei horizontaler, vertikaler und kreisender Bürstbewegung ist in Tabelle III dargestellt. Die Fähigkeit der geprüften Zahnbürsten, die Zahnzwischenräume zu erreichen, ausgedrückt durch die von den Borsten bestrichenen Approximalflächenanteile in % der gesamten mesialen und distalen Zahnflächen ist in Tabelle IV dargestellt. Die von den Bürsten bestrichene Gesamtfläche der Zähne (= Summe erreichter %-Anteile bukkal, mesial und distal) war bei 20 der 22 getesteten Zahnbürsten bei horizontaler Bewegung am kleinsten (Tabelle III). Einzig *Trisa flex-Activ soft-medium* und *Trisa eco-logic medium* erzielten bei vertikalen Bewegungen ein etwas schlechteres Resultat als bei horizontalen. 19 der 22 Bürsten erreichten bei kreisender Bewegung ihr bestes Resultat. Bei *Mentadent C Contact soft*, *Oral B Advantage 40 mittel/weich* und *Dr. Best Interdent Flex medium* wurden bei vertikalen Bewegungen geringfügig bessere Resultate erreicht als bei kreisenden. Die besten Resultate erzielte bei horizontalen Bewegungen die Bürste *Trisa flex-Activ soft-medium* (51,3%), bei vertikaler Bewegung das Produkt *Mentadent C Contact soft* (69,8%) und bei kreisender Bewegung das

Tab. II Qualität der Borstenverrundung. Prozentuale Anteile «korrekt», «nicht ideal aber akzeptabel» und «inakzeptabel» verrundeter Borsten der geprüften Zahnbürsten. Reihenfolge nach zunehmendem Anteil «inakzeptabel» verrundeter Borsten (bei Gleichheit nach Anteil «korrekt»)

| | % korrekt | % nicht ideal aber akzeptabel | % inakzeptabel |
|---|-----------|-------------------------------|----------------|
| Trisa eco-logic medium | 76 | 24 | 0 |
| Elmex Oeco-Clic medium | 88 | 11 | 1 |
| Beldent Antiplaque | 68 | 31 | 1 |
| Candida Flex-Professional medium | 67 | 30 | 3 |
| Candida Parodin soft | 60 | 37 | 3 |
| Purodent | 56 | 41 | 3 |
| Mentadent C Antiplaque medium | 55 | 42 | 3 |
| Benefit Clinic soft-medium | 48 | 47 | 5 |
| Trisa flex-Activ soft-medium | 42 | 53 | 5 |
| Benefit Clinic medium-hard | 39 | 53 | 8 |
| Candida M-Budget | 46 | 45 | 9 |
| Mentadent C Contact soft | 46 | 45 | 9 |
| Candida Duro hard | 40 | 51 | 9 |
| Oral B plus indicator 40 mittel/weich | 42 | 48 | 10 |
| Oral B Advantage 40 mittel/weich | 23 | 64 | 13 |
| Dentalux Flexible soft-medium | 18 | 66 | 16 |
| Colgate Sensation medium Standard | 40 | 41 | 19 |
| Dr. Best Interdent Flex medium | 27 | 49 | 24 |
| Candida Sensitive super soft | 18 | 58 | 24 |
| Oral B Advantage Control Grip 40 mittel | 14 | 62 | 24 |
| Oral B Advantage Control Grip 35 mittel | 19 | 54 | 27 |
| Colgate Sensation soft Compact | 36 | 33 | 31 |

Modell *Candida Parodin soft* (74,4%). Die schlechtesten Resultate erzielten bei horizontaler Bewegung die Bürste *Candida M-Budget* (32,0%), bei vertikaler Bewegung *Beldent Antiplaque* (39,6%) und bei kreisender Bewegung *Trisa eco-logic medium* (46,9%). Die Fähigkeit der Zahnbürstenborsten, in die Zahnzwischenräume einzudringen, ausgedrückt durch die von den Borsten bestrichenen Anteile der Approximalflächen, war bei 21 der 22 getesteten Bürsten bei horizontaler Bürstbewegung deutlich geringer als bei vertikaler. Nur *Trisa eco-logic medium* erzielte bei horizontalen Bürstbewegungen ein besseres Resultat als bei vertikalen. 19 Bürsten erreichten approximal bei kreisenden Bewegungen bessere Resultate als bei vertikalen. Bei *Mentadent C Contact soft*, *Oral B Advantage 40 mittel/weich* und *Dr. Best Interdent Flex* war dies jedoch nicht der Fall. Bei horizontaler Bewegung belegte *Oral B Advantage 40 mittel/weich* (7,3%), bei vertikaler Bewegung *Mentadent C Contact soft* (36,4%) und bei kreisender Bewegung *Candida Parodin soft* (45,8%) den ersten Platz. Am schlechtesten waren horizontal *Candida M-Budget* (0,2%), vertikal *Oral B plus indicator 40 mittel/weich* (1,2%) und kreisend *Trisa eco-logic medium* (3,6%).

Zum Vergleich der Zahnflächenkontaktvermögen der einzelnen Bürsten wurde eine «Gesamtrangliste» wie folgt erstellt: Die Prozentzahlen der von den Borsten bestrichenen Flächenanteile der Gesamtflächen und der Approximalflächen bei allen drei Bürstbewegungen wurden als Ränge geordnet. Bei der anschliessenden Berechnung des Gesamtranges (bukkale, mesiale und distale Ränge zusammen) wurde die horizontale Bewegung doppelt gewichtet, da der Normalverbraucher diese Bürstbewegung am häufigsten anwendet und sie deshalb bei der Beurteilung einer Zahnbürste besonderes Gewicht haben sollte. In den Tabellen III und IV sind die getesteten 22 Zahnbürsten in der Reihenfolge ihres Gesamtranges bezüglich Zahn-

Tab. III Zahnflächenkontaktvermögen in % der gesamten Zahnflächen (bukkal, mesial, distal), die von den Borsten bei horizontaler, vertikaler und kreisender Bürstbewegung bestrichen wurden. Gesamtrangliste mit doppelter Gewichtung der horizontalen Bewegung.

| | Horizontal: Gesamt % | Vertikal: Gesamt % | Kreisend: Gesamt % | Rang: Horizontal | Rang: Vertikal | Rang: Kreisend | Gesamt- rang |
|---|-------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| Candida Parodin soft | 49.5 | 67.3 | 74.4 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| Mentadent C Contact soft | 48.5 | 69.8 | 69.4 | 6 | 1 | 4 | 2 |
| Candida Flex-Professional medium | 48.6 | 62.3 | 72.1 | 5 | 5 | 3 | 3 |
| Trisa flex-Activ soft-medium | 51.3 | 49.2 | 65.8 | 1 | 12 | 6 | 4 |
| Oral B Advantage 40 mittel/weich | 50.5 | 62.7 | 59.3 | 2 | 3 | 15 | 5 |
| Colgate Sensation soft Compact | 49.3 | 54.1 | 62.1 | 4 | 9 | 10 | 6 |
| Dentalux Flexible soft-medium | 46.3 | 52.1 | 64.7 | 7 | 10 | 7 | 7 |
| Benefit Clinic soft-medium | 40.8 | 58.5 | 73.9 | 15 | 7 | 2 | 8 |
| Benefit Clinic medium-hard | 41.4 | 57.5 | 63.3 | 13 | 8 | 8 | 9 |
| Dr. Best Interdent Flex medium | 44.5 | 62.3 | 55.2 | 10 | 4 | 18 | 9 |
| Candida Sensitive super soft | 40.2 | 61.1 | 66.1 | 16 | 6 | 5 | 11 |
| Mentadent C Antiplaque medium | 41.9 | 49.5 | 61.0 | 12 | 11 | 13 | 12 |
| Colgate Sensation medium Standard | 45.3 | 45.4 | 56.6 | 9 | 15 | 17 | 13 |
| Oral B Advantage Control Grip 35 mittel | 42.1 | 49.1 | 52.2 | 11 | 13 | 20 | 14 |
| Trisa eco-logic medium | 46.2 | 42.3 | 46.9 | 8 | 19 | 22 | 15 |
| Oral B Advantage Control Grip 40 mittel | 40.9 | 46.9 | 53.5 | 14 | 14 | 19 | 16 |
| Elmex Oeco-Clic medium | 38.4 | 44.5 | 62.4 | 18 | 18 | 9 | 17 |
| Purodent | 39.9 | 45.0 | 60.3 | 17 | 17 | 14 | 18 |
| Candida Duro hard | 34.0 | 42.1 | 61.8 | 21 | 20 | 12 | 19 |
| Candida M-Budget | 32.0 | 44.4 | 62.0 | 22 | 19 | 11 | 19 |
| Beldent Antiplaque | 37.1 | 39.6 | 56.7 | 20 | 22 | 16 | 21 |
| Oral B plus indicator 40 mittel/weich | 37.7 | 39.6 | 50.9 | 19 | 21 | 21 | 22 |

Tab. IV Zahnflächenkontaktvermögen in % der approximalen Zahnflächen (mesial, distal), die von den Borsten bei horizontaler, vertikaler und kreisender Bürstbewegung bestrichen wurden. Gesamtrangliste mit doppelter Gewichtung der horizontalen Bewegung.

| | Horizontal: mes. & dist. % | Vertikal: mes. & dist. % | Kreisend: mes. & dist. % | Rang: Horizontal | Rang: Vertikal | Rang: Kreisend | Gesamt- rang |
|---|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| Candida Parodin soft | 4.2 | 31.0 | 45.8 | 6 | 2 | 1 | 1 |
| Mentadent C Contact soft | 4.5 | 36.4 | 36.3 | 5 | 1 | 4 | 1 |
| Candida Sensitive super soft | 4.6 | 24.0 | 29.2 | 3 | 5 | 5 | 3 |
| Candida Flex-Professional medium | 4.5 | 21.5 | 41.4 | 4 | 6 | 3 | 4 |
| Oral B Advantage 40 mittel/weich | 7.3 | 25.8 | 19.3 | 1 | 3 | 16 | 5 |
| Trisa flex-Activ soft-medium | 5.9 | 12.5 | 29.3 | 2 | 11 | 6 | 5 |
| Dentalux Flexible soft-medium | 4.0 | 16.6 | 29.2 | 7 | 8 | 7 | 7 |
| Benefit Clinic soft-medium | 2.7 | 16.2 | 44.7 | 11 | 9 | 2 | 8 |
| Benefit Clinic medium-hard | 1.8 | 17.5 | 27.4 | 13 | 7 | 8 | 9 |
| Colgate Sensation soft Compact | 2.9 | 10.4 | 20.9 | 10 | 12 | 15 | 10 |
| Dr. Best Interdent Flex medium | 1.8 | 24.5 | 12.5 | 13 | 4 | 19 | 11 |
| Mentadent C Antiplaque medium | 1.4 | 13.2 | 22.4 | 15 | 10 | 11 | 12 |
| Colgate Sensation medium Standard | 3.2 | 3.6 | 12.6 | 8 | 20 | 18 | 13 |
| Elmex Oeco-Clic medium | 0.7 | 6.7 | 23.4 | 17 | 18 | 9 | 14 |
| Oral B Advantage Control Grip 35 mittel | 2.2 | 7.3 | 8.7 | 12 | 17 | 20 | 14 |
| Trisa eco-logic medium | 3.1 | 1.6 | 3.6 | 9 | 21 | 22 | 14 |
| Beldent Antiplaque | 0.5 | 8.7 | 21.0 | 19 | 13 | 14 | 17 |
| Candida Duro hard | 0.3 | 8.7 | 21.9 | 21 | 14 | 12 | 18 |
| Oral B Advantage Control Grip 40 mittel | 1.4 | 5.0 | 13.1 | 16 | 19 | 17 | 18 |
| Candida M-Budget | 0.2 | 8.4 | 22.6 | 22 | 15 | 10 | 20 |
| Purodent | 0.5 | 8.2 | 21.7 | 20 | 16 | 13 | 20 |
| Oral B plus indicator 40 mittel/weich | 0.6 | 1.2 | 6.9 | 18 | 22 | 21 | 22 |

flächenkontaktvermögen aufgetragen. Die Ranglisten fielen sehr ähnlich aus, d.h., diejenigen Bürsten, welche bezüglich der gesamten Zahnfläche die besten, bzw. schlechtesten Plätze belegten, taten dies auch bezüglich der Approximalflächen.

Platz 1 erreichte bei der Gesamtfläche *Candida Parodin soft* und bei den Approximalflächen dieselbe Bürste ex aequo mit *Mentadent C Contact soft*. Den letzten Platz belegte in beiden Ranglisten die Bürste *Oral B plus indicator 40 mittel/weich*.

Gingivaverletzungspotenzial

In die aufwändige Untersuchung des Gingivaverletzungspotenzials wurden aus forschungsökonomischen Gründen nur 15 der ursprünglichen 22 Testbürsten einbezogen. Erfahrungen aus früheren Studien in diesem Labor haben gezeigt, dass Zahnbürsten mit grossem Borstendurchmesser ($\geq 0,2$ mm), schlechter Borstenverrundung und geringem Zahnflächenkontaktvermögen immer ein hohes Gingivaverletzungspotenzial aufweisen. Es wurde deshalb eine Rangliste der 22 getesteten Zahnbürsten aufgrund obiger drei Parameter erstellt und nur die besten 15 Bürsten für die Erfassung des Gingivaverletzungspotenzials weiterverwendet. Die sieben Zahnbürsten (Rang 16–22), die nicht mehr weiteruntersucht wurden, waren *Benefit Clinic medium-hard*, *Purodent*, *Oral B plus indicator 40 mittel/weich*, *Candida M-Budget*, *Oral B Advantage Control Grip 35 mittel*, *Oral B Advantage Control Grip 40 mittel* und *Candida Duro hard*. Das Gingivaverletzungspotenzial der 15 getesteten Bürsten, ausgedrückt durch die Flächenausdehnung tiefer Gingivaverletzungen in % der gesamten bebürsteten Flächen nach 30, 60, 120 und 240 Sek. Bürstdauer ist in Tabelle V dargestellt. Die Bürsten werden auch gemäss ihrem Gingivaverletzungspotenzial in eine Rangliste (Rang 1 = am wenigsten Gingivaverletzungen) eingeteilt.

Zahnpasten-Haltefähigkeit (Acrylabrasion)

Die Resultate der spektrofotometrischen Messung der Helligkeitsdifferenz (Y) des Durchlichtes vor und nach 25-minütigem Bürsten der Acrylglasplatten mit den Testbürsten und einem Standardabrasiv sind in Tabelle VI dargestellt. Die geringsten Mittelwerte Y erzielten *Candida Flex-Professional medium* (14,3), *Benefit Clinic soft-medium* (14,3) und *Dentalux Flexible soft-medium* (14,4). Der höchste Wert wurde bei *Beldent Antiplaque* mit 37,4 ermittelt.

Diskussion

Tab. V Gingivaverletzungspotenzial der getesteten 15 Zahnbürsten^{*)}, ausgedrückt durch die Flächenausdehnung tiefer Gingivaverletzungen in % der gesamten bebürsteten Flächen nach 30, 60, 120 und 240 Sek. Bürstzeit sowie Rangliste (Rang 1 = am wenigsten Gingivaverletzungen) über alle Bürstzeiten

| | % Verletzungen 30 Sek. | % Verletzungen 60 Sek. | % Verletzungen 120 Sek. | % Verletzungen 240 Sek. | Rang |
|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|------|
| Candida Parodin soft | 6.3 | 14.6 | 20.8 | 30.3 | 14 |
| Mentadent C Contact soft | 1.3 | 3.6 | 7.1 | 13.9 | 1 |
| Candida Sensitive super soft | 2.0 | 4.2 | 7.6 | 10.5 | 3 |
| Candida Flex-Professional medium | 4.6 | 8.4 | 13.3 | 24.3 | 9 |
| Oral B Advantage 40 mittel/weich | 3.8 | 11.2 | 14.7 | 25.7 | 10 |
| Trisa flex-Activ soft-medium | 4.2 | 9.1 | 11.4 | 20.3 | 8 |
| Dentalux Flexible soft-medium | 7.5 | 17.8 | 24.2 | 32.4 | 15 |
| Benefit Clinic soft-medium | 1.9 | 4.7 | 6.8 | 10.2 | 2 |
| Colgate Sensation soft Compact | 1.8 | 5.3 | 11.9 | 27.1 | 6 |
| Dr. Best Interdent Flex medium | 4.9 | 12.1 | 19.0 | 25.8 | 12 |
| Mentadent C Antiplaque medium | 2.4 | 4.1 | 10.0 | 19.5 | 4 |
| Colgate Sensation medium Standard | 2.8 | 10.1 | 31.3 | 52.5 | 11 |
| Elmex Oeco-Clic medium | 4.5 | 13.9 | 19.2 | 30.6 | 13 |
| Trisa eco-logic medium | 3.2 | 6.8 | 11.2 | 17.5 | 5 |
| Beldent Antiplaque | 3.1 | 9.3 | 9.6 | 21.2 | 7 |

^{*)} Reihenfolge wie Tab. IV

Beurteilung: schonend < 2% (30 Sek.); < 5% (60 Sek.); < 10% (120 Sek.); < 15% (240 Sek.)
 akzeptabel 2–5% (30 Sek.); 5–10% (60 Sek.); 10–15% (120 Sek.); 15–25% (240 Sek.)
 verletzend > 5% (30 Sek.); > 10% (60 Sek.); > 15% (120 Sek.); > 25% (240 Sek.)

Tab. VI Mittlere Durchlicht-Helligkeitsdifferenz (\bar{Y}) von je 6 Acrylglasplatten nach 25 Min. bürsten mit den Testbürsten und Standardabrasiv

| | \bar{Y} |
|-----------------------------------|-----------|
| Candida Flex-Professional medium | 14.30 |
| Benefit Clinic soft-medium | 14.31 |
| Dentalux Flexible soft-medium | 14.43 |
| Candida Parodin soft | 15.45 |
| Oral B Advantage 40 mittel/weich | 15.49 |
| Colgate Sensation medium Standard | 17.42 |
| Trisa flex-Activ soft-medium | 17.52 |
| Colgate Sensation soft Compact | 18.26 |
| Mentadent C Contact soft | 19.63 |
| Trisa eco-logic medium | 21.08 |
| Candida Sensitive super soft | 23.98 |
| Mentadent C Antiplaque medium | 24.33 |
| Dr. Best Interdent Flex medium | 27.72 |
| Elmex Oeco-Clic medium | 33.07 |
| Beldent Antiplaque | 37.39 |

55% Flächenanteil der Gesamfläche und von über 8% Flächenanteil der Approximalflächen durch die Borsten. Diese Richtwerte basieren auf Resultaten anderer Zahnbürsten bei gleichen Untersuchungen (unveröffentlichte Laboraten), sind also realistisch. Der Vergleich des Zahnflächenkontaktvermögens mit anderen getesteten Parametern dieser Arbeit ergab keine positiven Korrelationen. So konnte z.B. kein Bürstenschnitt gefunden werden, der allen andern überlegen wäre. Auffallend war jedoch, dass sowohl bezüglich gereinigter Gesamfläche als auch bezüglich gereinigter Approximalflächen vier plane Bürsten mit verhältnismässig hohen Borstendurchmessern die hintersten Ränge belegten. Da aber mit *Candida Sensitive super soft* eine Bürste mit ebenfalls planem Borstenfeld, aber mit kleinem Borstendurchmesser weit vorne rangierte, kann nicht generell von planen Bürsten abgeraten werden. Mit Sicherheit kann aber von planen Bürsten mit dicken Borsten abgeraten werden, da von diesen keine gute Reinigungswirkung erreicht wurde. Sowohl «gesamt» als auch «approximal» belegten die weichen Bürsten die vorderen Ränge. Interessant ist der Vergleich zweier Bürsten vom selben Typ (gestufter Borstenschnitt), aber mit unterschiedlicher Borstenhärte (*Benefit Clinic medium-hard* und *soft-medium*). Das weichere Modell schnitt in beiden Ranglisten besser ab. Eine mögliche Erklärung liegt darin, dass das Modell mit den härteren Borsten bei horizontalen Putzbewegungen und 250 g Auflagegewicht wie «auf Stelzen» lief, d.h. die Zahnoberflächen wurden von den kürzeren Borsten gar nicht recht berührt. Beachtet man die 4 Bürstenmodelle mit Power-Tip, d.h. mit an der Bürstenspitze längeren Borsten (*Mentadent C Antiplaque medium*, *Oral B Advantage 40 mittel/weich*, *Oral B Advantage Control Grip 35 mittel*, *Oral B Advantage Control Grip 40 mittel*), so wiesen diese eine überdurchschnittlich gute Reinigungswirkung bei horizontalen Bewegungen im Bereich der Molaren auf. Dieselben Bürsten schneiden aber bei den Prämolaren schlechter ab, da sie wegen der verlängerten Borsten am vorderen Ende des Borstenfeldes nicht ganzflächig an die Zahnoberflächen gedrückt werden. Als Fazit der Untersuchungen des Zahnflächenkontaktvermögens können sicherlich nur Zahnbürsten mit weicheren Borsten, wahlweise mit Power-Tip, unabhängig welchen Borstenschnitts empfohlen werden. Von den Herstellern müssen bezüglich des Zahn-

flächenkontaktvermögens noch deutliche Anstrengungen unternommen werden, da dieser Parameter als In-Vitro-Simulation des Reinigungsvermögens für alle Patientengruppen von grosser Bedeutung ist.

Ein Vergleich des Gingivaverletzungspotentials der Bürsten nach 30, 60, 120 und 240 Sek. ist in Tabelle V dargestellt. Es wurden für jede Bürstdauer einzeln folgende drei Gruppen definiert: «schonend», «akzeptabel» und «verletzend» (Definitionen siehe Legende Tab. V). Nur zwei der geprüften Bürsten konnte nach allen Bürstzeiten, d.h. nach 30, 60, 120 und 240 Sek., das Prädikat «schonend» gegeben werden: *Benefit Clinic soft-medium* und *Mentadent C Contact soft*. Für «verletzend» nach 30, 60, 120 und 240 Sek. wurde *Dentalux Flexible soft-medium* befunden. Daneben ist noch auf 5 weitere Bürsten aufmerksam zu machen, die schon nach 30 bzw. 60 Sek. Bürstzeit «verletzend» waren: *Candida Parodin soft*, *Colgate Sensation medium Standard*, *Dr. Best Interdent Flex medium*, *Elmex Oeco-Clic medium* und *Oral B Advantage 40 mittel/weich*. Von diesen Bürsten sollte abgeraten werden. Sie müssen sicher schlechter eingestuft werden als Bürsten, welche erst nach 120 bzw. 240 Sek. Laborbürstzeit als «verletzend» klassiert wurden. Interessant ist der Vergleich von *Dentalux Flexible soft-medium* und *Trisa flex-Activ soft-medium*, zweier Bürsten, die bei oberflächlicher Betrachtung identisch aussehen. Sie unterscheiden sich nur unerheblich bezüglich Bürstenkopf, Borstendurchmesser und Anzahl Borsten bzw. Büschel pro Kopf. Das deutlich schlechtere Abschneiden von *Dentalux Flexible soft-medium* bei der Gingivaverletzung ist in diesem Fall wohl auf die schlechtere Borstenverrundung zurückzuführen. Bei *Elmex Oeco-Clic medium* liegt die Ursache für die schlechte Rangierung bei der Gingivaverletzung trotz optimaler Borstenverrundung sicherlich daran, dass diese Bürste unterschiedlich lange Borsten innerhalb der einzelnen Borstenbüschel enthält. Dies hat zur Folge, dass die längsten Borsten die Gingiva zuerst berühren und den gesamten Bürstdruck aufnehmen, was nicht der Fall wäre, wenn bei gleich langen Borsten alle gleichzeitig in Gingivakontakt kämen. Ein Vergleich der Gingivaverletzungsdaten mit den anderen Parametern ergab keine positiven Korrelationen. Daraus folgt, dass viele verschiedene Eigenschaften wie die Borstenkonfiguration, der Borstendurchmesser, die Borstenanzahl usw. zusammen einen Einfluss auf das Verletzungspotenzial haben und nicht ein einzelner Faktor entscheidend ist. Vergleicht man aber zwei Bürsten mit praktisch gleichen Konstruktionsmerkmalen, so ist eine Abhängigkeit der Gingivaverletzung von der Borstenverrundung nicht übersehbar.

Die Voraussetzung, den Acrylabrasionsversuch zu bewerten, wurde in früheren Versuchen dieses Labors geschaffen. Dort wurde festgestellt, dass ein Bebürsten von Acrylplatten ohne Standardabrasivlösung keine Kratzer zur Folge hatte. Somit ist bei Verwendung eines Abrasivs die Stärke der Zerkratzung der Acrylglasplatten ein Mass dafür, wie gut das Standardabrasiv von den Borsten an Ort gehalten wird. Darauf hat nicht nur die Beschaffenheit der Borsten einen Einfluss, sondern auch deren Anzahl, Länge, Durchmesser, Anordnung usw. und somit die Gesamtoberfläche des Bürstenfeldes. Diese Überlegungen lassen die Empfehlung einer bestimmten Zahnbürstengruppe aufgrund der Messung der Helligkeitsdifferenz der Acrylglasplatten zu, vorausgesetzt man verwendet beim Vergleich dasselbe Abrasiv oder dieselbe Zahnpaste. Empfiehlt man einem Patienten ohne Zahnverfärbungen z.B. die Zahnbürste mit der höchsten gemessenen Helligkeitsdifferenz, sprich Zerkratzung (*Beldent Antiplaque*), so muss dazu eine Zahnpaste mit geringem RDA-Wert verwendet werden. Hat derselbe Patient aber Verfärbungen, sollte eine Paste mittlerer Abrasivität empfohlen wer-

den. Mehr Vorsicht ist jedoch bei Verwendung dieser Bürste zusammen mit einer «Whitening-Paste» geboten, d.h., mit einer Paste mit im Allgemeinen hoher Abrasivität (IMFELD & SENER 1999). Die Acrylabrasion ist somit ein wertvoller Parameter, um die Kompatibilität von Bürsten und Pasten für bestimmte Patientengruppen zu beurteilen.

Für die Gesamtwertung der verschiedenen Zahnbürsten wurden die Borstenverrundung, das Zahnflächenkontaktvermögen, das Gingivaverletzungspotenzial und das Halten der Zahnpaste verwendet. Beim Zahnflächenkontaktvermögen wurde dabei nur die horizontale Bürstbewegung berücksichtigt, da die Mehrzahl der Patienten auf diese Weise reinigt. Zur Beurteilung des Gingivaverletzungspotenzials wurden die tiefen Verletzungen berücksichtigt, da diese ein grösserer Risikofaktor für die Entstehung bleibender Schäden sind als oberflächliche Läsionen. Die Werte nach 120 Sek. Bürstzeit der Gingiva wurden gewählt, weil sie die geringste Streuung aufweisen. Für jeden dieser Testparameter wurden verschiedene Kategorien definiert (Tabelle VII). Zur Festlegung der oberen Grenzwerte wurden Resultate aus laborinternen Untersuchungen anderer, in der Schweiz nicht verkaufter Bürsten (Datenbank) verwendet, falls diese besser waren als diejenigen der hier geprüften Bürsten. Somit wurden als Massstab die besten bis anhin gemessenen Werte verwendet. Keine der getesteten Bürsten erhielt deshalb bezüglich Zahnflächenkontaktvermögen oder Gingivaverletzungspotenzial das Prädikat «gut», da keine der getesteten Bürsten bereits beobachtete und somit realistische Werte von Handzahnbürsten erreichte. Neben der Wertung der einzelnen Parameter mussten auch die Anwender (Patienten, Konsumenten) zur Vereinfachung und Veranschaulichung des möglichen Einsatzes der Zahnbürsten in vier verschiedenen Gruppen mit unterschiedlichen Bedürfnissen und Prioritäten bezüglich Mundhygiene eingeteilt werden. Die Anwendergruppen wurden entsprechend der Einteilung von IMFELD et al. (1998) definiert:

Anwendergruppe 1: Personen ohne Gingivaretraktion, also ohne freiliegende Zahnhäule. Zahnkronen ohne Verfärbungen (stain). Hier steht die Reinigungswirkung im Vordergrund, d.h. ein optimales Zahnflächenkontaktvermögen.

Anwendergruppe 2: Personen ohne Gingivaretraktion, also ohne freiliegende Zahnhäule, jedoch mit Verfärbungen (stain) der Zahnoberflächen. Bei dieser Anwendergruppe ist ebenfalls die Reinigungswirkung im Vordergrund, d.h. ein optimales Zahnflächenkontaktvermögen. Dazu ist auch ein gutes Halten der Zahnpaste durch die Borsten erwünscht, wobei auch die Wahl der Paste (Abrasivität) wichtig ist.

Anwendergruppe 3: Personen mit Gingivaretraktion, also mit freiliegenden Zahnhäulen. Zähne ohne Verfärbungen (stain). Hier gilt es, eine Zahnbürste zu verwenden, die eine gute Borstenverrundung, ein gutes Zahnflächenkontaktvermögen, aber ein kleines Gingivaverletzungspotenzial hat. Dem Patienten kann eine Bürste empfohlen werden, an der die Paste weniger gut haftet und/oder eine Paste mit niedrigem RDA-Wert.

Anwendergruppe 4: Personen mit Gingivaretraktion, also mit freiliegenden Zahnhäulen, Zähne mit Verfärbungen (stain). Hier sollten Borstenverrundung und Reinigungswirkung gut, und das Gingivaverletzungspotenzial klein sein. Zusätzlich sollte die Bürste die Paste gut zusammenhalten. Die empfohlene Paste sollte wenig abrasiv sein.

Nach der Wertung der einzelnen Parameter für jede Bürste wurde die Eignung für die vier Anwendergruppen geprüft. Jede Zahnbürste konnte demnach für jede Anwendergruppe «geeignet», «brauchbar» oder «ungeeignet» sein. Um das Prädikat

Tab. VII Laborinterne Anforderungen an Zahnbürsten unter Berücksichtigung der Anwendergruppe

| Parameter | für Anwendergruppe | | | |
|--|--------------------|-------|------|------|
| | 1(6) | 2(7) | 3(8) | 4(9) |
| Borstenverrundung (1) | **/** | **/** | *** | *** |
| Zahnflächenkontaktvermögen H | *** | *** | *** | *** |
| Gesamt (2) | | | | |
| Zahnflächenkontaktvermögen H mesial & distal (3) | *** | *** | *** | *** |
| Gingivaverletzungspotenzial nach 120 Sek. (4) | **/** | **/** | *** | *** |
| Halten der Zahnpaste (5) | +/- | + | +/- | + |

(1): *** gut (>90–100%), ** genügend (80–90%), * ungenügend (<80%)

(2): *** gut (>55%), ** genügend (55–45%), * ungenügend (<45%)

(3): *** gut (>8%), ** genügend (8–3%), * ungenügend (<3%)

(4): *** klein (<5%), ** mittelhoch (5–15%), * hoch (>15%)

(5): – (Helligkeitsdifferenz niedrig, $Y=0.20$), + (Helligkeitsdifferenz hoch, $Y \geq 20$)

(6): Personen ohne freiliegende Zahnhäule und ohne Zahnverfärbungen

(7): Personen ohne freiliegende Zahnhäule und mit Zahnverfärbungen

(8): Personen mit freiliegenden Zahnhäulen und ohne Zahnverfärbungen

(9): Personen mit freiliegenden Zahnhäulen und mit Zahnverfärbungen

H: Horizontale Bürstbewegung

«geeignet» für eine Anwendergruppe zu erhalten, musste eine Bürste bezüglich Zahnflächenkontaktvermögen in beiden Kategorien (Gesamt- und Approximalfläche) mindestens als genügend eingestuft worden sein. Eine gute Borstenverrundung und ein kleines Gingivaverletzungspotenzial war für Bürsten für die Anwendergruppen 3 und 4 Voraussetzung. Für Patienten mit Zahnverfärbungen war das gute Halten der Paste durch die Bürste vorteilhaft, jedoch keine Bedingung, da eine geringere Haftung durch eine abrasivere Paste wettgemacht werden kann. Die Resultate dieser Wertung der einzelnen Zahnbürsten sind in Tabelle VIII dargestellt. Gemäss dieser sind 8 Zahnbürstenmodelle für die Anwendergruppe 1 «geeignet», 4 «brauchbar» und die restlichen 10 «ungeeignet». Festzuhalten ist die hohe Anzahl nicht empfehlenswerter Bürsten für diese eigentlich unproblematische Patientengruppe. Für die Anwendergruppe 2 wurde lediglich ein Bürstenmodell als «geeignet» eingestuft (*Trisa eco-logic medium*). Diese Wertung ist jedoch zu relativieren, da sie von der gewählten Paste abhängt. Für die Anwendergruppen 3 und 4 wurde keine der getesteten Zahnbürsten als «geeignet» befunden. Einige Modelle waren bedingt empfehlenswert, d.h. «brauchbar». Den Patienten der Gruppen 3 und 4 ist jedoch von der Mehrzahl der getesteten Bürsten abzuraten. 10 der 22 Zahnbürsten wurden für alle 4 Anwendergruppen als «ungeeignet» eingestuft. Trotz den sehr hohen Ansprüchen der verwendeten Beurteilungskriterien scheint es alarmierend, dass keine der geprüften Bürsten für die Anwendergruppen 3 und 4 «geeignet» war und für die Anwendergruppen 1 und 2 die Mehrzahl der Bürsten nur als «brauchbar» oder «ungeeignet» bewertet werden konnte. Dies zeigt, dass viel Handlungsbedarf seitens der Industrie besteht.

Die beschriebene Wertung macht deutlich, dass keinem Patienten ohne seine Zuordnung zu einer bestimmten Anwendergruppe und ohne Kenntnis der von ihm verwendeten Zahnpaste eine Zahnbürste empfohlen werden sollte. Die einzig mögliche, allgemeingültige Empfehlung bezieht sich auf die Borstenhärte. Es sollten nur weiche Zahnbürsten (Kategorien «soft» oder «soft-medium») empfohlen werden. Wünschenswert wäre aber eine Zahnbürste, die bei jedem Patienten unabhängig von seiner Putztechnik zu einem guten Resultat führt. Von diesem Ziel des

Tab. VIII Wertung und Zuordnung der getesteten Zahnbürsten zu definierten Anwendergruppen (Bürsten in alphabetischer Reihenfolge)

| | Borstenverrundung (1) | Zahnflächenkontaktvermögen H Gesamt (2) | Zahnflächenkontaktvermögen H mes. & dist. (3) | Gingivaverletzungspotenzial nach 120 Sek. (4) | Halten der Zahnpaste (5) | Anwendergruppe 1 (6) | Anwendergruppe 2 (7) | Anwendergruppe 3 (8) | Anwendergruppe 4 (9) |
|---|-----------------------|---|---|---|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Beldent Antiplaque | *** | * | * | ** | + | brauchbar | brauchbar | ungeeignet | ungeeignet |
| Benefit Clinic medium-hard | * | * | * | n | n | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet |
| Benefit Clinic soft-medium | *** | * | * | ** | - | brauchbar | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet |
| Candida Duro hard | *** | * | * | n | n | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet |
| Candida Flex-Professional medium | *** | ** | ** | ** | - | geeignet | brauchbar | brauchbar | brauchbar |
| Candida M-Budget | *** | * | * | n | n | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet |
| Candida Parodin soft | *** | ** | ** | * | - | brauchbar | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet |
| Candida Sensitive super soft | * | * | ** | ** | + | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet |
| Colgate Sensation medium Standard | ** | ** | ** | * | - | geeignet | brauchbar | ungeeignet | ungeeignet |
| Colgate Sensation soft Compact | * | ** | * | ** | - | geeignet | brauchbar | brauchbar | ungeeignet |
| Dentalux Flexible soft-medium | ** | ** | ** | * | - | geeignet | brauchbar | ungeeignet | ungeeignet |
| Dr. Best Interdent Flex medium | * | * | * | * | + | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet |
| Elmex Oeco-Clic medium | *** | * | * | * | + | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet |
| Mentadent C Antiplaque medium | *** | * | * | ** | + | brauchbar | brauchbar | brauchbar | brauchbar |
| Mentadent C Contact soft | *** | ** | ** | ** | - | geeignet | brauchbar | brauchbar | brauchbar |
| Oral B Advantage Control Grip 35 mittel | * | * | * | n | n | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet |
| Oral B Advantage Control Grip 40 mittel | * | * | * | n | n | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet |
| Oral B Advantage 40 mittel/weich | ** | ** | ** | ** | - | geeignet | brauchbar | brauchbar | brauchbar |
| Oral B plus indicator 40 mittel/weich | ** | * | * | n | n | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet |
| Purodent | *** | * | * | n | n | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet | ungeeignet |
| Trisa eco-logic medium | *** | ** | ** | ** | + | geeignet | geeignet | brauchbar | brauchbar |
| Trisa flex-Activ soft-medium | *** | ** | ** | ** | - | geeignet | brauchbar | brauchbar | brauchbar |

(1): *** gut (>90–100%), ** genügend (80–90%), * ungenügend (<80%)

(2): *** gut (>55%), ** genügend (55–45%), * ungenügend (<45%)

(3): *** gut (>8%), ** genügend (8–3%), * ungenügend (<3%)

(4): *** klein (<5%), ** mittelhoch (5–15%), * hoch (>15%)

(5): - (Helligkeitsdifferenz niedrig, Y=0–20), + (Helligkeitsdifferenz hoch, Y≥20)

(6): Personen ohne freiliegende Zahnhälse und ohne Zahnverfärbungen

(7): Personen ohne freiliegende Zahnhälse und mit Zahnverfärbungen

(8): Personen mit freiliegenden Zahnhälse und ohne Zahnverfärbungen

(9): Personen mit freiliegenden Zahnhälse und mit Zahnverfärbungen

n: nicht untersucht

«effizienten atraumatischen Schrubbers» ist der Markt noch weit entfernt. Die Entwicklung eines problemorientierten Angebotes von Zahnbürsten für die Anwendergruppen 3 und 4 sollte deshalb Priorität haben. Im Zentrum der Bemühungen sollte eine Verbesserung des Zahnflächenkontaktvermögens stehen, um die von anderen Handzahnbürsten und von gewissen elektrischen Zahnbürsten bereits erreichten besseren Werte zu erzielen. Weiter ist eine sinnvolle Deklaration der Mundhygienemittel unabdingbar. Dies bedeutet konkret, dass nur aufeinander abgestimmte Zahnbürsten und Zahnpasten mit denselben Markennamen versehen werden sollten, um den Konsumenten vor Fehlkombinationen zu bewahren.

Summary

IMFELD T, SENER B, SIMONOVIC I: **In-vitro evaluation of the mechanical effects of manual toothbrushes of the Swiss Market** (in German). Acta Med Dent Helv 5: 37–47 (2000)

Toothbrush and toothpaste are essential for oral healthcare. In order to recommend an individually appropriate toothbrush to each patient, dentists and dental hygienists need to be well informed about the properties of commercial toothbrushes, i.e. their end-rounding of bristles, tooth surface contact potential and gingival harm potential. This in-vitro study reports on the results of 22 toothbrushes marketed in Switzerland, concerning their end-rounding of bristles and their tooth surface contact potential. 15 of them were also tested concerning their potential to produce gingival harm and their abrasiveness on acrylic. The aim of this study was to formulate recommendations as to the suitability of toothbrushes, depending on the type of user. As to the end-rounding of bristles, the majority of the tested toothbrushes achieved good results, i.e. less than 10% of the bristles were unacceptably end-rounded. Concerning the tooth surface contact, the tested toothbrushes failed to comply with the laboratory bench mark which requires that 55% of the total tooth

surface and 8% of the approximal surfaces should be reached by the bristles with horizontal brushing movements. Based on these results, a ranking order of the toothbrushes was defined taking into account the diameter of the bristles. The first 15 toothbrushes were subsequently assessed as to their potential to produce gingival abrasion and their abrasiveness on acrylic. Concerning gingival harm, only two toothbrushes fulfilled the criteria set for the qualification as «not harmful to the gingiva». Most of the toothbrushes only had an «acceptable» gingival harm potential. The measurement of the abrasiveness on acrylic reflects the capacity of a toothbrush to keep the toothpaste in contact with the brushed surface. In this test, 6 out of the 15 toothbrushes examined achieved a good result. The toothbrushes were subsequently allocated to four previously designed patient groups having different dental conditions and needs. The seemingly wide range of models turned out to offer only a very limited choice. For the two patient groups without exposed cervical dentin only 8 and 1 toothbrushes, respectively, were qualified as being suitable. With regard to the two patient groups with exposed cervical dentin, none of the toothbrushes tested was qualified as «adequate». The present results indicate that there is no single manual toothbrush which will yield good results in every patient regardless of his/her brushing technique. The industry is urged to improve the tooth surface contact of their products and to enhance the production and promotion of softer toothbrushes.

Résumé

La brosse à dents et le dentifrice sont indispensables au maintien de la santé buccale. Les médecins-dentistes et les hygiénistes dentaires devraient être informés des propriétés des différentes brosses à dents du marché afin de pouvoir conseiller judicieusement leurs patients quant à l'achat d'une brosse à dents. Ceci inclut la connaissance de la morphologie de l'extré-

mité des poils, le pouvoir de pénétration dans l'espace interdentaire et le potentiel de blessures gingivales. Dans cette étude, 22 modèles différents de brosses à dents du marché suisse ont été testés afin de connaître, la morphologie de l'extrémité de leurs poils, leur pouvoir de pénétration dans l'espace interdentaire ainsi que le potentiel de blessures gingivales et l'abrasivité sur acryl pour 15 d'entre elles. Le but de ce travail était de regrouper les brosses à dents testées en différentes catégories correspondant aux besoins spécifiques des différents utilisateurs.

En ce qui concerne la morphologie de l'extrémité des poils, la plupart des brosses à dents testées ont obtenu de bons résultats, c.-à-d. que moins de 10% de poils avaient des extrémités inacceptables. Quant au pouvoir de pénétration des poils dans l'espace interdentaire aucune brosse à dents ne parvenait aux standards établis par notre laboratoire qui exige le nettoyage de 55% de la surface totale et de 8% des surfaces proximales. En vue de ces résultats, un classement des brosses a été établi, en tenant compte du diamètre des poils. De ce classement, les 15 meilleures brosses ont été sélectionnées pour évaluer le potentiel de blessures gingivales. La majorité a montré un potentiel de blessures gingivales «acceptable». Les résultats de l'abrasivité sur acryl ont servi à déterminer la capacité des brosses à maintenir le dentifrice sur les surfaces brossées. Dans ce test spécifique, six des quinze brosses testées ont obtenu de bons résultats; les neuf autres avaient une mauvaise capacité de maintien. Chaque brosse à dents fut attribuée à une des quatre catégories de patients établies au préalable. Pour les deux groupes d'utilisateurs sans collet dentaire dénudé, seul huit modèles de brosses, resp. un, se sont avérés appropriés. Pour les patients avec collets dénudés, aucune des brosses à dents testées ne s'est avérée «adéquate». L'évaluation des résultats a rendu évident qu'actuellement il n'existe aucune brosse à dents manuelle obtenant de bons résultats pour chaque patient, indépendamment de sa technique de brossage.

L'industrie devra promouvoir et accroître la production de brosses à dents souples et améliorer le pouvoir de pénétration des poils de ces brosses à dents dans l'espace interdentaire.

Literaturverzeichnis

- AMERICAN DENTAL ASSOCIATION ON DENTAL THERAPEUTICS: Accepted Dental Therapeutics (ed 37). Chicago: American Dental Association (1977)
- BARBAKOW F, IMFELD T, LUTZ F, STOOKEY G, SCHEMEHORN B: Dentinabrasions (RDA)-, Schmelzabrasions (REA)- und Politurwerte von Zahnpasten auf dem Schweizer Markt. *Oralprophylaxe* 12: 114–122 (1990)
- BREITENMOSER J, MÖRMANN W, MÜHLEMANN H R: Damaging effects of toothbrush bristle end form on gingiva. *J Periodontol* 50: 212–216 (1979)
- DANSER M M, TIMMERMAN M F, IJZERMAN Y, BULTHUIS H, VAN DER VELDEN U, VAN DER WEIJDEN G A: Evaluation of the incidence of gingival abrasion as a result of toothbrushing. *J Clin Periodontol* 25: 701–706 (1998)
- DAVIS W B, WINTER P J: The effect of abrasion on enamel and dentine after exposure to dietary acid. *Brit Dent J* 148, 253–256 (1980)
- DELLERMAN P A, BURKETT T A, KREYLING K M: A comparative evaluation of the percent acceptable end-rounded bristles: Butler G.U.M., Colgate Plus, Crest Complete, and Reach. *J Clin Dent* 5: 38–45 (1994)
- GROSS D, LINDNER S, MAYER R: Der Einfluss von Zahnputztechniken und Zahnpasten auf die Entstehung von Zahnhalsdefekten. *ZWR* 105: 108–111 (1996)
- HUBER B, RUEGER K, HEFTI A: The effect of the duration of toothbrushing on plaque reduction. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 95: 985–992 (1985)
- IMFELD T, SENER B, LUTZ F: Mechanische Wirkung von in der Schweiz marktführenden Zahnpasten auf Dentin. *Acta Med Dent Helv* 3: 54–59 (1998)
- IMFELD T, SENER B: In-vitro-Untersuchung der mechanischen Wirkung von Whitening-Zahnpasten des Schweizer Marktes. *Acta Med Dent Helv* 4: 195–200 (1999)
- KRAUSE A W, CARLEY W W, WEBB W W: Fluorescent erythrosin B is preferable to trypan blue as a vital exclusion dye for mammalian cells in monolayer culture. *J Histochem Cytochem* 32: 1084–1090 (1984)
- LUSSI A R, SCHAFFNER M, HOTZ P, SUTER P: Epidemiology and risk factors of wedge-shaped defects in a Swiss population. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 103: 276–280 (1993)
- MIREAU H D, HAUBITZ I, VOELK W: Gewohnheiten beim Gebrauch der Handzahnbürste. *Dtsch Zahnärztl Z* 44: 836–841 (1989)
- NIEMI M L, AINAMO J, SANDHOLM L: Frequency of gingival lesions after standardized brushing as related to stiffness of toothbrush and abrasiveness of dentifrice. *J Clin Periodontol* 11: 254–261 (1984)
- SAXER U P, YANKELL S L: Impact of improved toothbrushes on dental diseases II. *Quintessence International* 28: 573–593 (1997)
- SIMONOVIC I: In-vitro-Vergleich von in der Schweiz handelsüblichen Erwachsenenhandzahnbürsten bezüglich Borstendarmorphologie, Zahnflächenkontaktvermögen, Härtebereich, Gingivaverletzungspotential und Acrylabrasion. *Med. Diss. Zürich* (1999)
- VAN DER WEIJDEN G A, TIMMERMAN M F, REIJERSE E, SNOEK C M, VAN DER VELDEN U: Toothbrushing force in relation to plaque removal. *J Clin Periodontol* 23: 724–729 (1996)
- VAN DER WEIJDEN G A, TIMMERMAN M F, DANSER M M, VAN DER VELDEN U: Relationship between the plaque removal efficacy of a manual toothbrush and brushing force. *J Clin Periodontol* 25: 413–416 (1998)
- WALKER S R, INGRAM P, SHELBURNE J D: Energy dispersive x-ray microanalysis of vital dye (Erythrosin B) stained cells. *J Microscopy* 133: RP3–RP4 (1984)