

# Mechanische und chemische Wirkung einer neuen Zinnfluorid-Zahnpaste auf Dentin

## Zusammenfassung

Die lokale Anwendung von Zinnfluorid zur Karies- und Gingivitisprophylaxe sowie zur Behandlung der Zahnhalsüberempfindlichkeit hat sich als wirksam erwiesen. Da die Stabilisierung von Zinn(II)-Fluorid in Mundhygienemitteln gale-nisch schwierig ist, hat sich diese Fluoridverbindung im Markt nicht sehr breit durchgesetzt. In der Schweiz wurde eine neue Zinnfluorid-Zahnpaste (Emofluor®) entwickelt, welche dank einem geeigneten Stabilisator in Bezug auf die Umwandlung von Zinn(II) in Zinn(IV) sehr stabil sein soll. In der vorliegenden Studie wurden der Zinneinbau in und die Säurelöslichkeit von Dentinoberflächen nach In-vitro-Behandlung mit zwei frisch zubereiteten Zinnfluorid-Gels, mit einem handelsüblichen Zinnfluorid-Gel und der neuen Zinnfluorid-Zahnpaste verglichen. Die Zinnfluorid-Zahnpaste er-brachte Säurelöslichkeitswerte nahe denjenigen des handelsüblichen Zinnfluorid-Gels. Gleichzeitig wurden das Reinigungs-, Abrasions- und das Anraueungspotential der neuen Zinnfluorid-Zahnpaste in vitro untersucht. Dank geringem Abrasions- und Anraueungspotential und genügendem Reinigungs-potential erscheint uns die geprüfte, neue Zinnfluorid-Zahnpaste besonders geeignet für Personen mit Gingiva-retraktion und exponiertem Dentin.

Acta Med Dent Helv 4: 107–114 (1999)

Schlüsselwörter: Zahnpaste, Dentin, Abrasion, Zinnfluorid, Demineralisationshemmung

Zur Veröffentlichung angenommen: 11. März 1999

## 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

THOMAS IMFELD, BEATRICE SENER, CAROLA KUYTZ und DUNJA BRODOWSKI

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

## Einleitung

Bei jeder mechanischen Reinigung, also auch bei der Mundhygiene, stellt sich die Frage nach eventuellen schädlichen Nebenwirkungen der verwendeten Hilfsmittel. Schon 1844 warnte GODDARD (1844), dass zu harte Bürsten das Zahnfleisch verletzen und grobe Zahnpasten den Hals der Zähne entblößen und deren frühen Verlust verursachen können. Eine ideale Zahnpaste würde eine maximale Reinigungs- und Polierkraft mit minimalen Abrasions- und Anraueungswerten kombinieren. Da es diese Idealpaste noch nicht gibt, müssen Zahnärzte und Dentalhygienikerinnen die mechanischen Eigenschaften handelsüblicher Zahnpasten kennen, um nach fallspezifischer Abwägung ihre Patienten gut zu beraten. Die jüngste Untersuchung diesbezüglicher Werte von Zahnpasten des Schweizer Marktes wurde 1998 publiziert (IMFELD et al. 1998). Das Abrasionspotential der Pasten wurde mittels einer laborinternen Weiterentwicklung der Radiotracermethode von GRABENSTETTER et al. (1958) erfasst, die verursachte Oberflächenrauigkeit mittels Oberflächenabtastung (ASHMORE et al. 1972) ermittelt und das Reinigungspotential wurde durch planimetrische Erfassung der Reinigung von vorgängig verfärbten Dentinoberflächen geprüft. Die Zahnpastenanwender (Konsumenten, Patienten) wurden zur Veranschaulichung eines problemorientierten Zahnpasteneinsatzes in vier Gruppen mit unterschiedlichen Vorgaben und Anliegen bezüglich Zahnreinigung eingeteilt. Bei der Beurteilung der mechanischen Wirkung der geprüften Zahnpasten wurde offensichtlich, dass die scheinbare Vielfalt des Marktangebotes gar nicht so gross war. Während für Personen ohne Gingivaretraktion, also ohne freiliegende Zahnhälse, mit oder ohne Verfärbung noch eine ansprechende Auswahl geeigneter Pasten vorlag, waren Personen mit Gingivaretraktion, also mit freiliegenden Zahnhälsen, mit oder ohne Verfärbungen, weniger gut bedient. Besonders für letztere mit Verfärbungen

war die Auswahl an Pasten, die für ihr individuelles Zahnreinigungsproblem als adäquat beurteilt wurden, sehr klein. Die Wirkung von arzneilichen Inhaltsstoffen wie z. B. von Fluoriden wurde in der genannten Studie (IMFELD et al. 1998) nicht untersucht, was zu einer etwas einseitigen Optik führte. Zahnpastendienen bekanntlich nicht nur der Reinigung der Zahnhartsubstanz, sondern erfüllen auch als Träger von Wirkstoffen zur Beeinflussung von Hart- und Weichgeweben eine wichtige Aufgabe.

Die lokale Anwendung von Zinnfluorid zur Karies- und Gingivitisprophylaxe sowie zur Behandlung der Zahnhalsüberempfindlichkeit hat sich als wirksam erwiesen. Zinnfluorid ( $\text{SnF}_2$ ) war die erste Fluoridverbindung, welche in den Vereinigten Staaten in Zahnpasten verwendet wurde. Die ersten klinischen Untersuchungen wurden in den 50er-Jahren publiziert (MUHLER & RADIKE 1957, MUHLER 1958). Trotz einer nachgewiesenen kariostatischen Wirkung von  $\text{SnF}_2$  führten galenische Schwierigkeiten bei der Zinnstabilisierung in Zahnpasten zum Einsatz anderer Fluoridverbindungen wie NaF, MFP und AmF. Durch die Erfolge der Präventivzahnmedizin und die demographische Entwicklung der Bevölkerungsstruktur werden heute immer mehr Zähne bis ins höhere Alter erhalten. Die Prävalenz der gingivalen Rezession bei der erwachsenen und betagten Bevölkerung erhöht dabei das Risiko für Wurzelkaries und Zahnhalsüberempfindlichkeit. Die neuen Patientenbedürfnisse verlangen nach lokal wirksamen Therapeutika, welche sowohl Schmelz- und Dentinkaries als auch Gingivitis bekämpfen und zusätzlich noch Zahnhalsüberempfindlichkeit mildern können. Aus diesen Gründen wird heute dem Zinnfluorid wieder vermehrt Aufmerksamkeit geschenkt (IMFELD et al. 1997). Die Schwierigkeit bei Zinnfluorid besteht darin, zweiwertiges Zinn-(II)-Fluorid in einem Mundhygieneprodukt gegen Hydrolyse und Oxidation zu stabilisieren, ohne seine Bioverfügbarkeit herabzusetzen. Kürzlich wurden der Zinneinbau in und die Säurelöslichkeit von Dentinoberflächen nach In-vitro-Behandlung mit einem Zinnfluorid-Gel (EMOFLUOR®) untersucht (IMFELD et al. 1997). Das Gel erbrachte eine bessere Säurelöslichkeitsreduktion im Dentin als ein führendes Zinnfluorid-Gel des amerikanischen Marktes, welches keine Schutzwirkung aufwies. Die Herstellerfirma hat nun auch eine Zinn-(II)-Zahnpaste entwickelt, die dank geeigneter Stabilisatoren bezüglich der Umwandlung von Zinn (II) in Zinn (IV) sehr stabil und lagerfähig sein soll. Die Zahnpaste, die aufgrund des Zinngehaltes Personen mit freiliegendem Dentin an durch Gingivaretraktion entblösten Zahnhälsen als Zielgruppe ansprechen soll, darf indikationsbedingt keine hohe Abrasivität aufweisen, sollte jedoch aufgrund der Verfärbungsanfälligkeit von Dentin eine genügende Reinigungswirkung erbringen. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Zinneinbau in und die Säureresistenzhöhung von menschlichem Dentin nach Applikation der neuen Zinnfluorid-Zahnpaste zu untersuchen sowie das Anrauungs-, Abrasions- und Reinigungspotential der Paste in vitro zu messen.

## Material und Methoden

### Bestimmung der Säurelöslichkeit und der Zinnaufnahme

*Testprodukte:* Zinn-(II)-Fluorid-Gel 1000 ppm  $\text{F}^-$  und 3123 ppm Sn (positive Kontrolle) sowie Zinn-(IV)-Fluorid-Gel 2000 ppm  $\text{F}^-$  und 3123 ppm Sn wurden vor Anwendung jeweils frisch aus Zinnfluorid-Salz zubereitet. Dr. Wild Gel, Lot Nr. 891050 (Emofluor®) war ein in einer Drogerie eingekauftes handelsübliches  $\text{SnF}_2$ -Gel. Dr. Wild Zahnpaste, Lot Nr. 896052 (Emofluor®); Wasserkontrolle (negative Kontrolle).

*Analyse der Testprodukte:* pH-Wert, ppm  $\text{F}^-$  und ppm Sn (II) der verwendeten Produkte wurden im Labor vor den Versuchen bestimmt. Die pH-Bestimmungen wurden mit einem Methrom-605-pH-Meter und einer Elektrode 6.0210.100 (Methrom AG, Herisau) nach standardisierter Laborpraxis durchgeführt (CIBA-GEIGY AG 1984). Die Fluorid-Bestimmungen erfolgten mit einem ORION-720-A Messgerät mit kombinierter Fluoridelektrode 9609 BN (Orion-Europe, Cambridge, GB) gemäss einer laborinternen Weiterentwicklung der Methode von BUSHEE et al. (1971). Um den ganzen Fluoridgehalt in ionisierter Form messbar zu machen, wurde dem verwendeten Acetatpuffer 5 g Komplexon IV (EDTA) pro Liter zur Komplexbildung des Zinns beigegeben. Die Bestimmung des Zinngehaltes erfolgte an frisch geöffneten Tuben nach einer standardisierten, iodometrischen Methode (Jander & Jahr 1989).

*Dentinmaterial:* 80 extrahierte menschliche Zahnwurzeln (Prämolaren) wurden verwendet. Ihre Oberflächen wurden mit zahnärztlichen Scalern gereinigt und bis zu Versuchsbeginn bei 4° C in 0,1% Thymol gelagert. Danach wurden sie nach Zufall den einzelnen Testgruppen zugeordnet: Je 10 Wurzeln (total 50) dienten der Erfassung der Säurelöslichkeit nach Behandlung mit den vier Testprodukten und der Wasserkontrolle. Je 6 Wurzeln (total 30) dienten der Ermittlung des Zinneinbaus nach der Behandlung.

*Behandlung:* Die Dentinproben wurden an fünf aufeinander folgenden Tagen je zweimal (total 10 Applikationen) mit den Testprodukten behandelt. Dabei wurden sie zuerst während 15 Sekunden mit 1 g Zahnpaste unverdünnt gebürstet. Darauf wurden, zur Simulation der in vivo stattfindenden Verdünnung der Zahnpaste mit Mundflüssigkeit, 3 ml Speichelersatz zugegeben und damit sofort während 225 Sekunden weitergebürstet (Gesamt-Bürstdauer 240 Sek.). Dadurch entstanden Zahnpastenaufschlammungen (Soll-pH-Wert der Produkte-Slurries ca. 5,5). Mit dem Test-Gel und der Wasserkontrolle wurde analog verfahren. Darauf wurden die Dentinproben während 10 Sekunden mit destilliertem Wasser abgespült und 30 Minuten unter fließendem (5 L/Std.) entionisiertem Wasser gewässert. Zwischen den einzelnen Applikationen der Testprodukte wurden die Dentinproben in einer Feuchtkammer aufbewahrt.

*Bestimmung der Säureresistenz:* Die Säurelöslichkeit der behandelten Dentinproben wurde mittels einer Säureätztechnik (laborinterne Modifikation von GROBLER et al. 1990) bestimmt. Genau definierte, runde Dentinareale (Durchmesser 5 mm) wurden je mit 120  $\mu\text{l}$  Milchsäure pH 3 während 5 Minuten angeätzt. Dieser Vorgang wurde sechsmal wiederholt, so dass sechs Schichten ausgewertet werden konnten. Die nach der Ätzzeit abpipettierten 120  $\mu\text{l}$  Lösung wurden mit 3,5 ml 0,75%-Strontiumchlorid zur Phosphormaskierung vermischt und mit destilliertem Wasser ad 10 ml aufgefüllt. Der Gehalt an Kalzium dieser Lösung (das durch die Ätzung aus dem Dentin gelöst worden war) wurde in einem Atomabsorptionsspektrographen (Perkin Elmer 2380) bei einer Wellenlänge von 422,7 nm gemessen. Die Resultate wurden in  $\mu\text{g}$  Kalzium pro Schicht und Probenfläche (19,6  $\text{mm}^2$ ) ausgedrückt.

*Ermittlung des Zinneinbaus:* Der Zinneinbau infolge der Behandlung mit den Testprodukten wurde mittels einer Elektronenmikrosonde (EDX-System, Digital Scanning Mikroskop 962, Carl Zeiss Schweiz AG, Zürich) erfasst. Dazu wurden die Dentinproben vorgängig während drei Wochen in einem Exsikkator mit Kieselgel blau getrocknet und dann mit Kohlenstoff besputtert. Das verwendete EDX-System Voyager IV arbeitet mit einer SunSpark 5 Workstation, einem Pulstar-digitalen Pulsverstärker, einem Solaris-2.x-UNIX-Betriebssystem und einem Pioneer-

Norvar-148cV-Detektor. Die Probenflächen waren plan, der Messpunkt war  $50 \times 50 \mu\text{m}$  gross, die Elektroneneindringtiefe betrug  $15 \mu\text{m}$ . Verwendet wurde die Filter-Fit-Methode mit PROZA-Korrektur, accelerating voltage 15 kV. Die Messtechnik wurde von HANTSCH (1994) beschrieben. Die Gew.% wurden stochiometrisch berechnet. Die Resultate wurden in Gew.% Zinn, Kalzium und Phosphor der Oberfläche angegeben.

**Statistik:** Die Resultate wurden mit Scheffe F-Test und Fisher PLSD verglichen. Diese Varianzanalysen vergleichen die Testgruppen «alle gegen alle». Sie kommen zur Anwendung bei normal verteilten Werten und vergleichbaren Streuungen in allen verglichenen Gruppen.

### Bestimmung der mechanischen Wirkung

**Testprodukte:** Kalziumpyrophosphat-Standardabrasiv einerseits und Dr. Wild Zahnpaste, Lot Nr. 896052 (Emofluor®) andererseits. **Dentinmaterial:** Als Testmaterial für die Erfassung der von der Testpaste erzeugten Oberflächenrauigkeit und ihrer Reinigungswirkung dienten in 0,1%-Thymollösung bei  $4^\circ\text{C}$  gelagerte, karies- und füllungsfreie menschliche Front-, Eckzähne und Prämolaren. Die Wurzeln (Mindestlänge 10–13 mm, ohne Einziehungen und Unebenheiten) wurden mit Scalern vorgereinigt, von den Kronen getrennt und mittels Sof-Lex-Pop-on-Disks hellblau ( $15 \mu\text{m}$ ) und hellgelb ( $3 \mu\text{m}$ ) unter Wasserkühlung je 2 Minuten lang mit einem Anpressdruck von 30–40 g poliert. Als Testmaterial für die Messung der relativen Dentinabrasion dienten Rinderzahnwurzeln, welche wie das menschliche Dentin vorbehandelt wurden. Da die Methoden kürzlich im Detail beschrieben wurden (IMFELD et al. 1998), wird im Folgenden nur das Wesentliche erwähnt.

**Bestimmung der relativen Dentinabrasion (RDA):** Je acht Zahnwurzeln für die Testpaste und für die Standardkontrolle wurden radioaktiv bestrahlt, wodurch  $^{32}\text{P}$  und Gammastrahlung entstand. Sie wurden in Acryl eingebettet und in einer 8-Platz-Bürstmaschine während 25 Minuten mit total 1500 horizontalen Hin- und Herbewegungen (60 pro Minute) und 250 g Auflagegewicht gebürstet (Handzahnbürste, Paro M 39 medium, Esro AG). Aufschlammungen (Slurry = 25 g Zahnpaste, 40 ml Speichelersatz und 50  $\mu\text{l}$  Silikonantischäumer) der Testpaste und des Standardabrasivs (10 g Kalziumpyrophosphat, 50 g Lösung aus Karboxymethylzellulose (0,5%), Glycerol (10%) und Speichelersatz sowie 50  $\mu\text{l}$  Silikonantischäumer) wurden benützt. Die Bürstdurchgänge erfolgten in sog. «Sandwich»-Technik. Zuerst erfolgte ein Durchgang mit Standard-Slurry, dann einer mit Slurry der Testpaste und darauf noch einmal einer mit Standardslurry. Nach jedem Bürstdurchgang wurden 3 mal 0,5 g der verwendeten Aufschlammungen abpipettiert und die  $^{32}\text{P}$ -Strahlungsaktivität gemessen (Phosphorimeter®, Molecular Dynamics). Der  $^{32}\text{P}$ -Gehalt im Slurry nach dem Bürsten ist ein Mass für die Zahnhartsubstanzabrasion. Die zwei Werte des Standardslurries eines jeden «Sandwich»-Durchganges wurden gemittelt und gleich 100% gesetzt. Die relative Dentinabrasion der dazwischen verwendeten Testpaste wurde in Prozent dieses Standardwertes ausgedrückt.

**Bestimmung der erzeugten Oberflächenrauigkeit (Ra):** Je 10 vorbereitete Wurzeln für die Testpaste und für die Standardkontrolle wurden in rechteckige Behälter eingebettet und in einer 6-Platz-Bürstmaschine senkrecht zur Längsachse der Wurzeln, entsprechend horizontalen Bürstbewegungen in vivo, mit Paro M 39 medium-Bürsten und je 1 g Zahnpastenslurry oder Standardslurry (Herstellung wie bei RDA) gebürstet (eine Hin- und Herbewegung pro Sekunde, Anpressdruck 250 g). Die Rauigkeitssteigerung gegenüber der Anfangsrauigkeit nach 2, 5, 10

und 25 Minuten Bürstzeit wurde mittels Oberflächenabtastung (Talysurf-50, Rank-Taylor-Hobson) bestimmt.

**Bestimmung des Reinigungseffektes (Re):** Je 10 Wurzeln für die Testpaste und für die Standardkontrolle wurden zur Erzeugung von Oberflächenverfärbungen (Stain) 17 Stunden lang in je 5 ml einer Teelösung bei pH 4 und  $37^\circ\text{C}$  bewegt. Die verfärbten Proben wurden fotografiert und mit je 1 g Slurry (Testpaste/Standard, Herstellung wie bei RDA) während 2, 5, 10 und 25 Minuten mit 250 g Auflagegewicht horizontal gebürstet. Die Fotografien vor und nach dem Bürsten wurden planimetrisch ausgewertet und die von Stain befreiten Flächen in Prozent der gesamten gebürsteten Flächen ausgedrückt.

## Resultate

### Säurelöslichkeit und Zinnaufnahme

**Analyse der verwendeten Testprodukte:** Die ermittelten Werte sind in Tabelle I wiedergegeben.

**Säurelöslichkeit nach Behandlung mit den Testprodukten:** Die Säureresistenz der Dentinproben nach den verglichenen Testprodukten, ausgedrückt durch die Werte des Kalziumgehaltes ( $\mu\text{g Ca}$ ) der sechs abgeätzten Dentinschichten, ist in der Abbildung 1 dargestellt. Die Signifikanzen der Unterschiede der Säurelöslichkeit nach Behandlung mit den verschiedenen Testprodukten bzw. mit Wasser wurden mittels Fisher PLSD und Scheffe F-Tests pro Schicht geprüft und ergeben folgendes Bild: In allen 6 untersuchten Dentinschichten zeigte sich die gleiche Reihenfolge der Säurelöslichkeit bezüglich der Testprodukte. Die geringste Löslichkeit fand sich in den mit Zinn-(II)-Fluorid-Gel behandelten Dentinproben, gefolgt von den mit Zinn-(IV)-Fluorid-Gel behandelten Proben, den Emofluor-Gelproben, den Emofluor-Zahnpastenproben und den Wasserkontrollen. In keiner Schicht war ein signifikanter Unterschied zwischen den Säurelöslichkeiten der Proben nach Emofluor-Gel-Behandlung und denjenigen nach Emofluor-Zahnpaste-Behandlung festzustellen. Beide Emofluor-Probengruppen waren aber in allen Schichten signifikant säureresistenter als die Proben der Wasserkontrolle. Die neue Emofluor-Zahnpaste erniedrigte also die Säurelöslichkeit praktisch ebenso gut wie das handelsübliche Emofluor-Gel. Die frisch zubereiteten Zinn-(II)- und Zinn-(IV)-Gels waren zwar im vorliegenden Test signifikant besser, wären aber in ihrer instabilisierten galenischen Form nicht lagerfähig und deshalb für die individuelle Mundhygiene nicht geeignet.

**Erfassung des Gehaltes an Zinn, Kalzium und Phosphor in den Dentinoberflächen:** Der Zinngehalt der Dentinoberflächen nach Behandlung mit den verschiedenen Testprodukten (i. e. je 6 Wurzeln, an denen je 2 Messungen erfolgten) ist in Abbildung 2 wiedergegeben. Signifikante Unterschiede (Fisher PLSD, Scheffe F-Test) bestanden zwischen allen Produkten untereinander und zur Wasserkontrolle. Der Kalziumgehalt der Dentinoberflächen nach Behandlung mit den verschiedenen Produkten ist in Abbildung 3 gezeigt. Signifikante Unterschiede bestanden

Tab. I Analyse der verwendeten Testprodukte

Testprodukt	pH (10%)	ppmF	ppm Sn lodometrie
SnF <sub>2</sub> -Gel 1000 ppm F	3.60	994	*
SnF <sub>4</sub> -Gel 2000 ppm F	2.60	2017	*
Emofluor-Gel, Lot Nr. 891050	4.80	1036	1902
Emofluor-Paste, Lot Nr. 896052	4.50	901	2961

\* Frisch hergestellt (3123 ppm Sn)

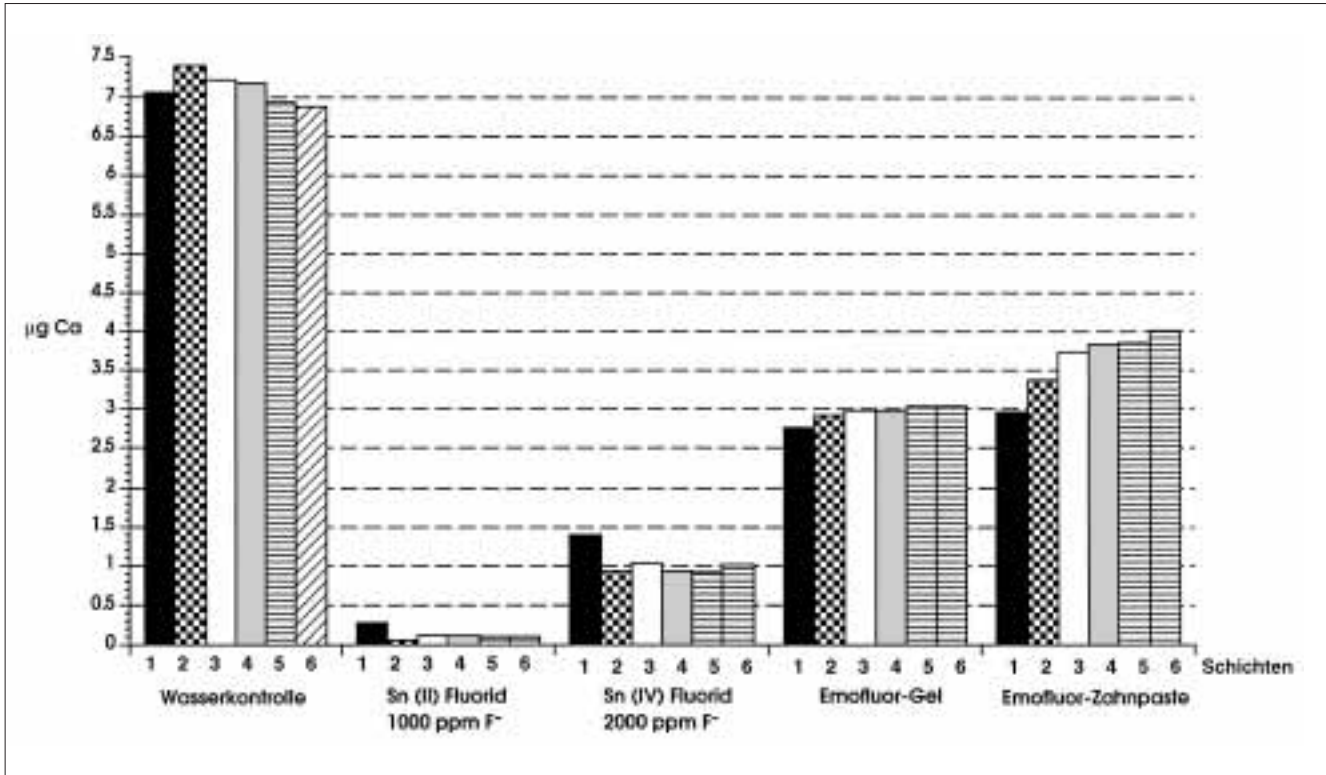


Abb. 1 Säurelöslichkeit nach Behandlung mit den Testprodukten und der Wasserkontrolle, ausgedrückt in µg herausgelösten Kalziums für die Ättschichten 1-6.

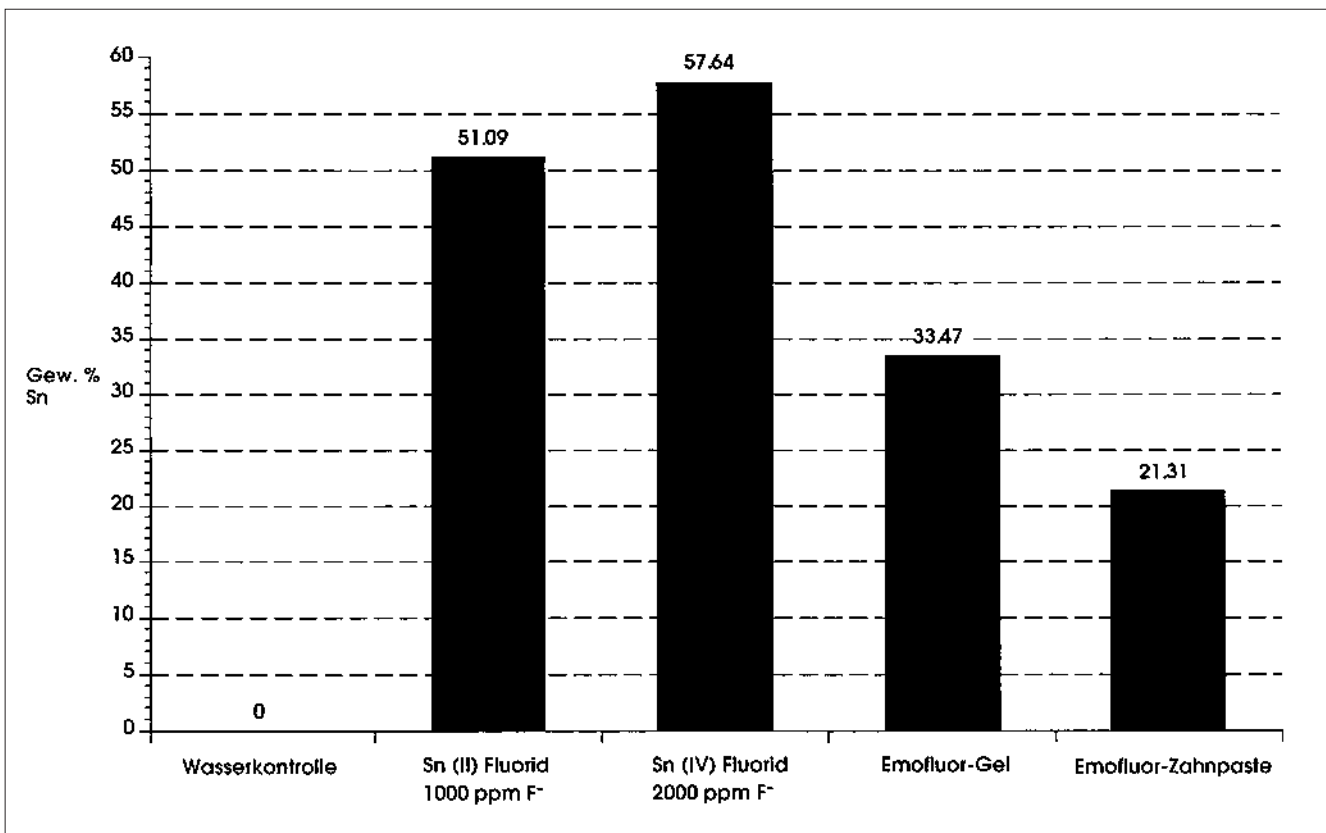


Abb. 2 Zinngehalt der Dentinoberflächen nach Behandlung mit den Testprodukten und der Wasserkontrolle.



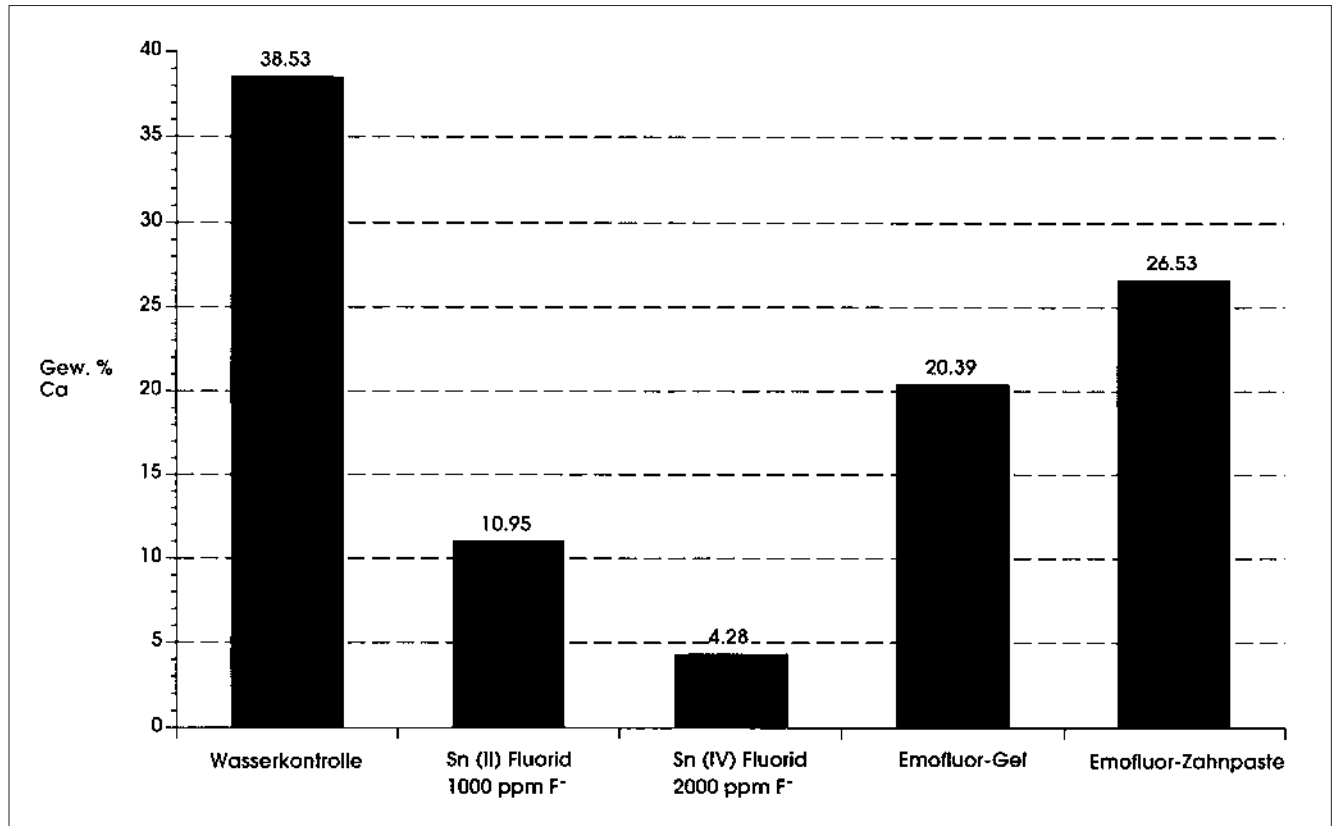


Abb. 3 Kalziumgehalt der Dentinoberflächen nach Behandlung mit den Testprodukten und der Wasserkontrolle.

zwischen allen Produkten untereinander und zur Wasserkontrolle. Der Phosphorgehalt der Dentinoberflächen nach Behandlung mit den verschiedenen Produkten ist in Abbildung 4 wiedergegeben. Signifikante Unterschiede bestanden zwischen allen Produkten untereinander und zur Wasserkontrolle. Kein Unterschied bestand zwischen dem Zinn-(II)-Gel und dem Zinn-(IV)-Gel.

### Mechanische Wirkung

Die ermittelten Werte sind in Tabelle II zusammengefasst. Die Emofluor-Zahnpaste weist eine genügende Reinigung bei geringer Anrauhung und wenig Abrasion auf.

### Diskussion

#### Wirkung des Zinnfluorids

Die Reduktion der Säurelöslichkeit ist ein Gradmesser der Wirkung von Zinnfluorid auf Dentin, dem eigentlichen Wirkungsfeld von SnF<sub>2</sub>-Produkten. Verschiedene In-vitro-Studien haben die Reaktion von SnF<sub>2</sub> mit Dentin oder Hydroxylapatit untersucht und rasterelektronenmikroskopische Studien zeigten, dass die Reaktion von SnF<sub>2</sub> mit der Dentinoberfläche zu einer Auflagerung und damit zu einer Abdeckung der Dentintubuli führt (Zusammenfassung siehe IMFELD et al. 1997). Die in den Abbildungen 5–8 gezeigten rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen zeigen beispielhaft einen weitgehenden Verschluss der Dentinkanäle nach Applikation von frisch zubereitetem SnF<sub>2</sub> (1000 ppmF, pH 3,6) im Gegensatz zu NaF-Applikationen (1000 ppmF, pH 3,9 und pH 7). Neben dem Effekt der Verminderung der Zahnhalsüberempfindlichkeit führt dieser Tubulusverschluss auch zu einer Säureresistenzhöhung. Letztere

Tab. II Relative Dentinabrasion (RDA), Dentinanrauhung (Ra) und Reinigungseffekt (Re) der getesteten Zahnpaste und des Standards (± Standardabweichung) nach 25 Min. Bürstzeit.

	RDA (in % des Standards)	Ra (Zunahme in µm)	Re (in % gebürstete Fläche)
Standard	100	1.49±1.12	50.4±17.0
Emofluor-Paste	37±9	0.49±0.30	33.3±18.2

wirkt einerseits vorbeugend gegen Wurzelkaries und vermindert andererseits die wiederholte oberflächliche Anätzung und Erweichung freiliegender Zahnhäse durch diätetische Säuren. Damit wird ein weiteres wichtiges Behandlungsziel erreicht, nämlich die Verzögerung der Entstehung und/oder des Fortschreitens von keilförmigen Defekten durch mechanische Einflüsse der Mundhygiene auf vorgängig angeätzte Dentinoberflächen (DAVIS & WINTER 1980, MIERAU 1992). Die Erfassung der Reduktion der Säurelöslichkeit durch die verschiedenen Testprodukte zeigte, dass die frischen Zinn-(II)- und Zinn-(IV)-Gels die stärksten Reduktionen erbrachten, gefolgt von Emofluor-Gel und Emofluor-Zahnpaste. Die Säurelöslichkeiten nach Behandlung mit Emofluor-Gel bzw. -Zahnpaste unterschieden sich in keiner Schicht signifikant voneinander. Der Zinngehalt der Dentinoberflächen in Gew.% nach der Behandlung mit den verschiedenen Testprodukten war in allen Fällen gegenüber der Wasserkontrolle stark und signifikant erhöht. Die Kalzium- und Phosphorgehalte waren verringert, letzterer zu einem geringen Grad. Dies könnte die Folge eines Austausches von (zweiwertigem) Kalzium durch (zwei- oder vierwertiges) Zinn und einer Ablagerung von Zinnhydroxyphosphat (Sn<sub>2</sub>OHPO<sub>4</sub>) und Zinn-

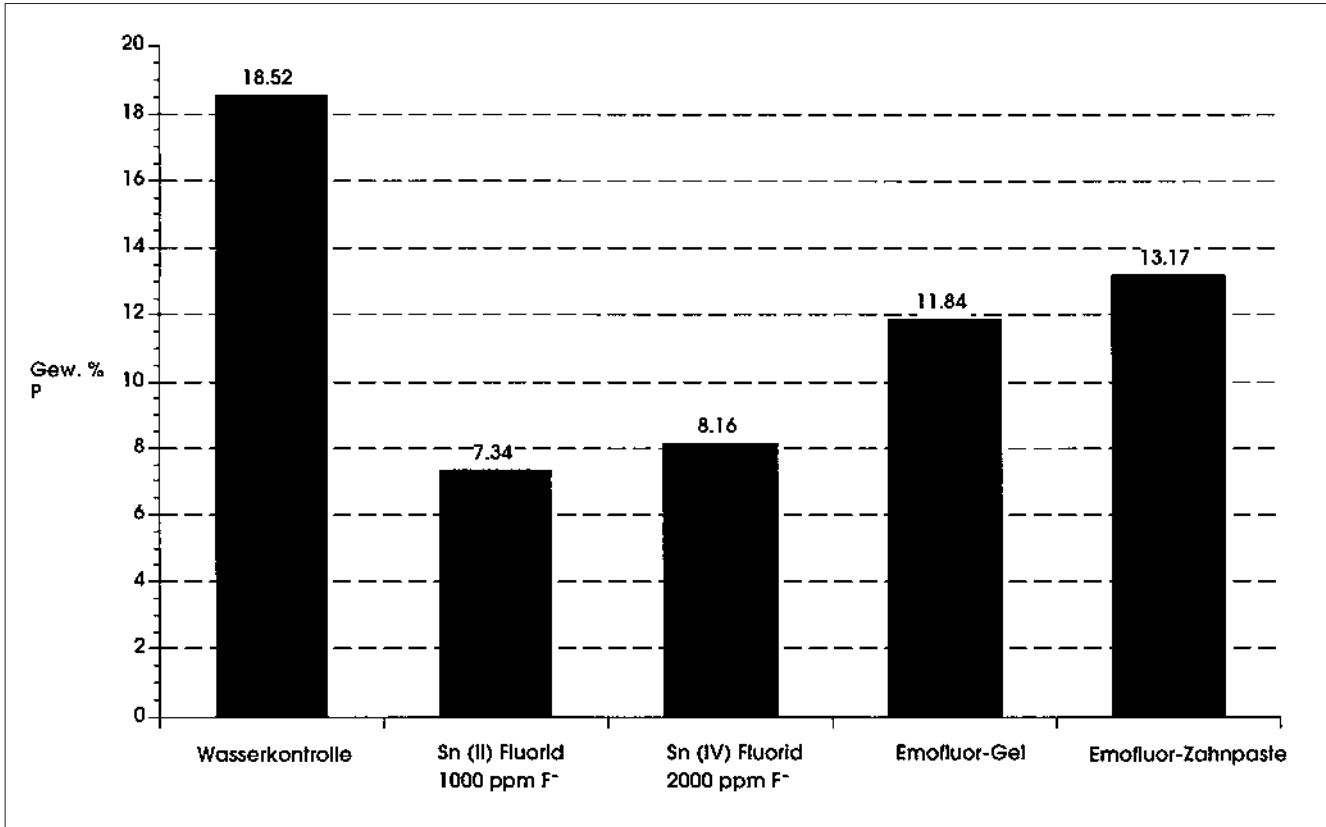


Abb. 4 Phosphorgehalt der Dentinoberflächen nach Behandlung mit den Testprodukten und der Wasserkontrolle.

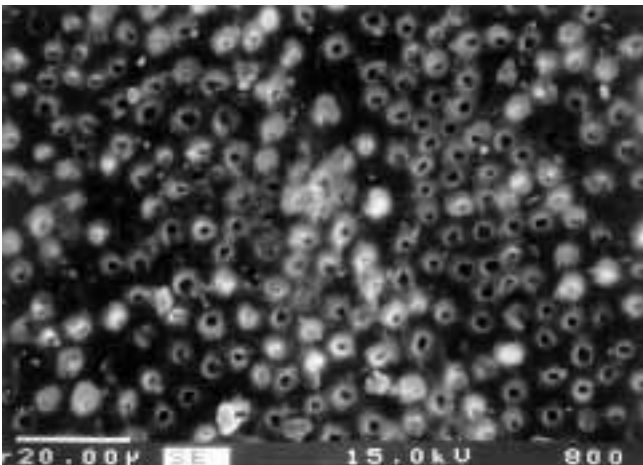


Abb. 5 REM-Aufnahme einer Dentinoberfläche ohne Smear-Layer nach Applikation von Wasser (Vergrößerung:  $\times 1100$ ). Offene Tubuli.

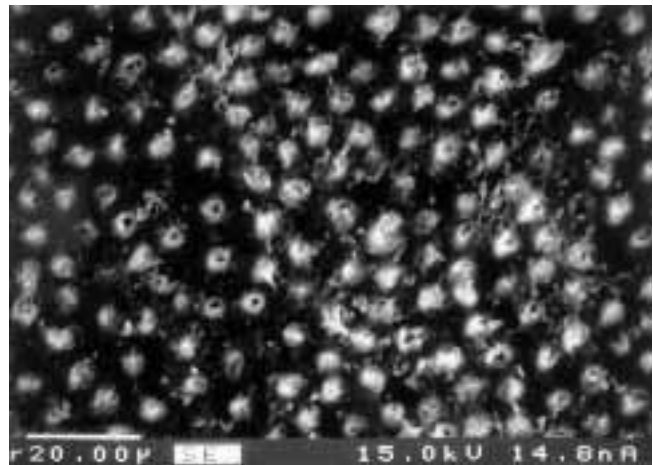


Abb. 6 REM-Aufnahme einer Dentinoberfläche ohne Smear-Layer nach Applikation von frisch hergestelltem Zinn (II)-Fluorid (1000 ppm F<sup>-</sup>, pH 3,6). (Vergrößerung:  $\times 1100$ ). Weitgehender Tubulusverschluss.

fluorophosphat ( $\text{Sn}_3\text{F}_3\text{PO}_4$ ) sein. Die Zinnfluorophosphat-Ablagerung wird einerseits als pH-abhängiges Fluoridreservoir für die kariostatische Wirkung und andererseits als Bestandteil des mechanischen Tubulusverschlusses für die gute Wirkung des Zinnfluorids gegen Zahnhalsüberempfindlichkeit verantwortlich gemacht. Nach RÖLLA & ELLINGSEN (1994) machen die kariostatische Aktivität gepaart mit den antimikrobiellen, gingivitisvermindernden und zahnhalsüberempfindlichkeitslindernden Wirkungen Zinnfluorid zu einem idealen Wirkstoff für die

Mundhygiene vieler erwachsener und betagter Personen mit freiliegenden Zahnhälsen.

#### Mechanische Wirkung

Die Tatsache, dass Zahnpasten zu Zahnhartsubstanzabtragungen führen können, ist schon lange bekannt, wird aber mit zunehmender Mundhygieneintensität gewichtiger. Die hier verwendeten Maschinen bürsteten die Zahnwurzeln mit horizontalen Hin- und Herbewegungen. Von dieser Methode wird

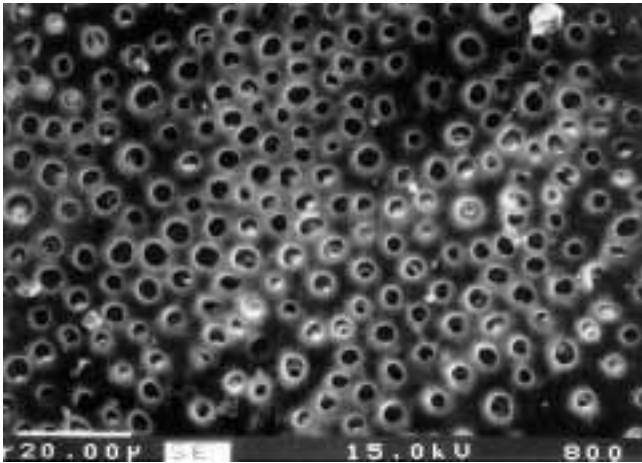


Abb. 7 REM-Aufnahme einer Dentinoberfläche ohne Smear-Layer nach Applikation von NaF (1000 ppm F<sup>-</sup>, pH 3,9). (Vergrößerung: × 1100). Stark erweiterte Tubuli.

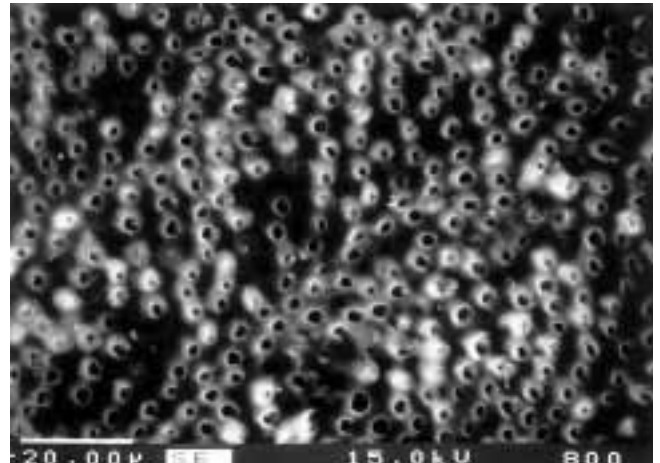


Abb. 8 REM-Aufnahme einer Dentinoberfläche ohne Smear-Layer nach Applikation von NaF (1000 ppm F<sup>-</sup>, pH 7). (Vergrößerung: × 1100). Im Vergleich zur Wasserkontrolle unveränderter Tubuluszustand.

zwar allgemein abgeraten, sie wird jedoch von der Mehrzahl der Konsumenten angewendet (MCDONNELL & DOMALAKES 1952, RUGG-GUNN et al. 1979, MIERAU et al. 1989). Aufgrund unserer Laborerfahrung kann davon ausgegangen werden, dass bei vertikalen oder kreisenden Bürstbewegungen die Effekte am Dentin zwar weniger schnell auftreten, die «Rangliste» der Testprodukte innerhalb der drei untersuchten Parameter aber nicht verändert werden. Bei den Ra- und Re-Messungen wurden grosse Streuungen der Resultate festgestellt. Dies liegt an der unterschiedlichen Qualität des biologischen Materials (Dentin) und eventuell an der unterschiedlichen «Vorgeschichte» der verwendeten Zahnwurzeln vor deren Eintreffen im Labor. Die Schmelzabrasion wurde in der vorliegenden Studie nicht untersucht. Ausgenommen bei gewissen Spezialpasten für den nicht täglichen Gebrauch ist die Schmelzabrasion u. E. bei normalem Zähnebürsten ohne starke Unterstützung durch erosive Einflüsse klinisch wenig relevant. Die Verwendung von Dentin (Mensch und Rind) in dieser Studie erfolgte mit Blick auf das zunehmende Auftreten von Dentinabrasion nach Gingivaretraktion und auf die Tatsache, dass die getesteten Zinnfluorid-Produkte speziell für Patienten mit entblösstem Dentin konzipiert wurden. Chemische, biologische, mechanische und physikalische Vergleiche haben kürzlich erwiesen, dass menschliches und Rinderdentin für In-vitro-Untersuchungen substituierbar sind (ESSER et al. 1998). In der vorliegenden Arbeit wurde einzig für die Erfassung der relativen Dentinabrasion Rinderdentin verwendet. Jährliche laborinterne Tests mit Kalziumphosphat Standard und standardisierten Pasten zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit und Validierung der Testmethoden haben gezeigt, dass menschliches und bovines Dentin zu gleichen RDA-Resultaten führen, diese Materialien also substituierbar sind. Alle In-vitro-Tests wurden mit 250 g Auflagegewicht durchgeführt. Dies entspricht der klinischen Situation im Alltag bei Benützung von Handzahnbürsten und ist auch in der internationalen Norm für RDA-Messungen vorgeschrieben. In der kürzlich erschienenen Publikation über die mechanischen Wirkungen von Zahnpasten des Schweizer Marktes (IMFELD et al. 1998) wurden zur Vereinfachung der Beurteilung der individuellen Einsatzmöglichkeit der getesteten Zahnpasten die einzelnen Testparameter in 4 bzw. 5 Gruppen mit relativer Wertung eingeteilt. Auch die Anwender (Konsumenten, Patienten) wur-

den zur Vereinfachung und Veranschaulichung des möglichen Zahnpasteneinsatzes arbiträr in vier verschiedene Gruppen mit unterschiedlichen Prioritäten bezüglich Zahnhygiene eingeteilt. Die geprüfte Emofluor-Zahnpaste ist den Ra- und RDA-Gruppen 2 (geringe Anrauhung, wenig abrasiv) und mit ihrem Re-Wert von 33,3% dem oberen Bereich der Re-Gruppe 3 (genügende Reinigung, d. h. 20–40% Re) zuzuordnen. Die Paste erfüllt also die mechanischen Anforderungen, die an Zahnpasten für Personen mit Gingivaretraktion und deshalb freiliegenden Zahnhälsen gestellt werden. Sie ermöglicht eine schonende Reinigung des freiliegenden Dentins.

Im Gegensatz zum Emofluor-Zinnfluorid-Gel, welches für eine Intensivprophylaxe der Dentinkaries und zur Therapie von Zahnhalsüberempfindlichkeit und Gingivitis einmal pro Tag, vorzugsweise abends unmittelbar vor dem Schlafen mit der Fingerkuppe oder der Zahnbürste Anwendung finden soll, eignet sich die Emofluor-Zahnpaste für die normale, dreimal tägliche Mundhygiene nach den Mahlzeiten von Personen mit freiliegenden Zahnhälsen. Die Rezepturbestandteile Kochsalz und Orangenöl führen zu einer gewissen Speichelstimulation. Gleichzeitig wird die leicht adstringierende Wirkung des Zinnfluorids durch den Gehalt der Zahnpaste an Paraffin liquidum kompensiert. Die geprüfte Zahnpaste eignet sich deshalb auch für ältere Personen, die neben der Dentinproblematik auch noch zur Oligosalie neigen.

### Schlussfolgerung

Das für die Anwendergruppen 3 und 4 (Personen mit Gingivaretraktion ohne und mit Schmelz- bzw. Dentinverfärbungen) ungenügende Angebot geeigneter Zahnpasten im Schweizer Markt (IMFELD et al. 1998) wurde durch eine speziell auf die Dentinproblematik ausgerichtete Zahnpaste erweitert. Aufgrund der zinnfluoridbedingten kariostatatischen, antimikrobiellen, gingivitisvermindernden und zahnhalsüberempfindlichkeitslindernden Eigenschaften und dank ihrer bezüglich Abrasivität und Anrauhung schonenden Reinigung vergrössert die stabilisierte Zinnfluorid-Paste Emofluor, zusammen mit dem Emofluor-Gel, das problemorientierte Mundhygiene-Angebot für diese bisher eher vernachlässigten Konsumenten- bzw. Patientengruppen.

## Summary

IMFELD T, SENER B, KUYTZ C, BRODOWSKI D: **Mechanical and chemical effects on dentin of a new stannous fluoride toothpaste** (in German). *Acta Med Dent Helv* 4: 107–114 (1999) Topical application of stannous fluoride has proven effective as a prophylactic measure against caries and gingivitis and as a therapeutic agent against dentinal hypersensitivity. The difficulties of stabilizing SnF<sub>2</sub> in aqueous solutions such as gels or toothpastes, however, have been a barrier to the wide spread use in individual oral hygiene products. A new SnF<sub>2</sub>-toothpaste (Emofluor®) has now been produced and it is claimed to have good stability and biological activity. The present study compared the tin concentration in surface dentin and its acid resistance following in-vitro application of different stannous fluoride products. The new SnF<sub>2</sub>-toothpaste led to acid resistance values closely matching those of a commercial SnF<sub>2</sub>-gel. In parallel, the cleaning efficiency, the relative dentin abrasion and the surface roughness induced by the new SnF<sub>2</sub>-toothpaste were assessed. Owing to low abrasion and surface roughening potentials and to an adequate cleaning potential, this toothpaste appears suitable for persons suffering from exposed dentinal root surfaces following gingival retraction.

## Résumé

L'application locale de fluorure d'étain pour la prophylaxie des caries, des gingivites et de l'hypersensibilité des collets s'est révélée être efficace. Comme la stabilisation du fluorure d'étain (II) contenu dans des produits destinés à l'hygiène buccale pose des problèmes galéniques, ce fluorure ne s'est pas imposé à grande échelle sur le marché. On a développé en Suisse une nouvelle pâte dentifrice au fluorure d'étain (II) (Emofluor®), censée être très stable grâce à un stabilisateur approprié. L'objet de la présente étude était de comparer l'absorption d'étain par la dentine et l'augmentation de sa résistance aux acides suite à l'application in vitro de deux gels de fluorure d'étain préparés immédiatement avant l'emploi, d'un gel déjà commercialisé et la nouvelle pâte dentifrice. Le dentifrice SnF<sub>2</sub> entraînait une résistance aux acides similaire à celle entraînée par le gel commercialisé. En même temps, le pouvoir nettoyant, l'abrasion relative dentinaire ainsi que la rugosité de surface liés à l'utilisation de cette pâte dentifrice SnF<sub>2</sub> ont été contrôlés in vitro. Grâce à son potentiel bas d'abrasion et de rugosité et à son effet nettoyant suffisant, cette nouvelle pâte dentifrice au fluorure d'étain (II) nous semble convenir parfaitement aux personnes avec rétraction gingivale et dentine exposée.

## Literatur

ASHMORE H, VAN ABBE N J, WILSON S J: The measurement in vitro of dentine abrasion by toothpaste. *Br Dent J* 133: 60–66 (1972)  
 BUSHEE E J, GRISSON D K, SMITH D R: An analysis of various fluoride prophylaxis products for free fluoride ion concentrations. *ASDC J Dent Child* 38: 279–281 (1971)

CIBA-GEIGY AG: Laborpraxis 2. Messmethoden. 2. Aufl. Birkhäuser, Basel, pp. 54–72 (1984)  
 DAVIS W B, WINTER P J: The effect of abrasion on enamel and dentine after exposure to dietary acid. *Br Dent J* 148: 253–256 (1980)  
 ESSER M, TINSCHERT J, MARX R: Materialkennwerte der Zahnhartsubstanz des Rindes im Vergleich zur humanen Zahnhartsubstanz. *Dtsch Zahnärztl Z* 53: 713–717 (1998)  
 GODDARD P B: The anatomy, physiology and pathology of the human teeth. Carey & Hart, Philadelphia, 133 (1844)  
 GRABENSTETTER J R, BROGE R W, JACKSON F L, RADIKE A W: The measurement of the abrasion of human teeth by dentifrice abrasives: A test utilizing radioactive teeth. *J Dent Res* 37: 1060–1068 (1958)  
 GROBLER S R, SENEKAL P J C, LAUBSCHER J A: In vitro demineralization of enamel by orange juice, apple juice, Pepsi Cola and Diet Pepsi Cola. *Clin Prev Dent* 12 (5): 5–9 (1990)  
 HANTSCH H: Röntgenmikroanalyse mit dem Rasterelektronenmikroskop. In: BARTZ W J (Ed): Praxis der Rasterelektronenmikroskopie und Mikrobereichsanalyse. Kontakt & Studium Band 444. Expert, Renningen-Malmsheim, pp. 371–449 (1994)  
 IMFELD T, SENER B: Wirkung von Zinnfluorid-Gels auf Dentin. Zinnaufnahme und Säurelöslichkeit von menschlichem Dentin nach In-vitro-Behandlung mit verschiedenen Zinnfluorid-Gels. *Acta Med Dent Helv* 2: 17–22 (1997)  
 IMFELD T, SENER B, LUTZ F: Mechanische Wirkung von in der Schweiz marktführenden Zahnpasten auf Dentin. Untersuchung des Reinigungs-, Abrasions- und Anrauhungspotentials. *Acta Med Dent Helv* 3: 54–59 (1998)  
 JANDER G, JAHR K F: Massanalyse. Theorie und Praxis der Titrationen mit chemischen und physikalischen Indikationen. 15. Aufl. Walter de Gruyter, Berlin, pp. 194–195 (1989)  
 McDONNELL C H, DOMALAKES E F: Effects of toothbrushing with dentifrices containing chlorophyllin on gingivitis. *J Periodontol* 23: 219–228 (1952)  
 MIERAU H-D: Der freiliegende Zahnhals. *Dtsch Zahnärztl Z* 47: 643–653 (1992)  
 MIERAU H-D, HAUBITZ I, VÖLK W: Gewohnheitsmuster beim Gebrauch der Handzahnbürste. *Dtsch Zahnärztl Z* 44: 836–841 (1989)  
 MUHLER J C, RADIKE A W: Effect of a dentifrice containing stannous fluoride on dental caries in adults. II. Results at the end of two years of unsupervised use. *J Am Dent Assoc* 58: 196–198 (1957)  
 MUHLER J C: The effect of a modified stannous fluoride-calcium pyrophosphate dentifrice on dental caries in children. *J Dent Res* 37: 448–450 (1958)  
 RÖLLA G, ELLINGSEN J E: Clinical effects and possible mechanisms of action of stannous fluoride. *Int Dent J* 44: 99–105 (1994)  
 RUGG-GUNN A J, MACGREGOR I D M, EDGAR W M, FERGUSON M W: Toothbrushing behaviour in relation to plaque and gingivitis in adolescent schoolchildren. *J Periodontal Res* 14: 231–238 (1979)