

MARKUS J. ALTENBURGER<sup>1</sup>  
 JASMIN BERNHART<sup>2</sup>  
 THURID D. SCHICHA<sup>1</sup>  
 KARL-THOMAS WRBAS<sup>1</sup>  
 ELMAR HELLWIG<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Abteilung für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie, Universitätsklinikum Freiburg

<sup>2</sup> Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Abteilung für Zahnärztliche Prothetik, Universitätsklinikum Freiburg

#### Korrespondenzadresse

Dr. M. J. Altenburger  
 Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Abteilung für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie  
 Hugstetter Straße 55  
 79095 Freiburg, Deutschland  
 Tel. +49 761 270 4957  
 Fax +49 761 270 4762  
 E-Mail:  
 markus.altenburger@uniklinik-freiburg.de  
 Schweiz Monatsschr Zahnmed 120:  
 109–113 (2010)  
 Zur Veröffentlichung angenommen:  
 26. Juni 2009

# Vergleich der In-vitro-Florid Aufnahme aus Weissmacherzahnpasten und einer herkömmlichen Zahnpaste in demineralisiertem Schmelz

#### Schlüsselwörter:

Florid Aufnahme, Schmelz, Abrasivstoffe, Weissmacherzahnpasten

**Zusammenfassung** Studien zur Kompatibilität von Abrasionskörpern und Floridverbindungen in Zahnpasten befassen sich ausschliesslich mit der Florid Aufnahme und Remineralisation nach Einlegen von Schmelzproben in Zahnpaste-Speichel-Gemischen. Der Einfluss des Bürstvorgangs auf die Florid Aufnahme von Zahnpasten mit hoher Abrasivität wurde bisher kaum untersucht. Das Ziel der vorliegenden In-vitro-Studie war, die Florid Aufnahme in initial demineralisiertem Zahnschmelz nach Einlegen oder nach Bebürsten mit Weissmacherzahnpaste/Speichel-Aufschlämmungen zu untersuchen und mit der einer herkömmlichen Zahnpaste zu vergleichen. Hierzu wurden jeweils zwei handelsübliche Weissmacherzahnpasten mit ionisch gebundenem Florid (Natriumfluorid, NaF), kovalent gebundenem Florid (Natriummonofluorophosphat, NaMFP) und eine herkömmliche aminfluoridhaltige (AmF) Zahnpaste herangezogen. Es konnte gezeigt

werden, dass die Florid Aufnahme nach Verwendung der AmF-haltigen Zahnpaste statistisch signifikant besser war als nach Applikation von NaF-haltigen Zahnpasten und diese wiederum eine statistisch signifikant höhere Florid Aufnahme bewirkten als NaMFP-haltige Zahnpasten. Das Bebürsten der Schmelzproben mit NaF-Zahnpasten zeigte eine tendenziell verbesserte Florid Aufnahme als nach Einlegen der Proben in der jeweiligen Aufschlämmung.

Die Florid Aufnahme in demineralisierten Zahnschmelz wurde durch das Bebürsten mit hoch abrasiven Zahnpasten nicht negativ beeinflusst.

Entscheidend für eine höhere Florid Aufnahme scheint die ionische Darreichung der Floride in den Zahnpasten zu sein. Im Vergleich mit den basischen, NaF-haltigen Zahnpasten verbesserte die saure Komponente der AmF-haltigen Zahnpaste die Florid Aufnahme.

#### Einleitung

Verbunden mit dem gestiegenen Bewusstsein für Gesundheit, Körperhygiene und Schönheitsideale spielen Produkte zur Zahnaufhellung für Patienten eine grosse Rolle. Durch die Verwendung von Zahnpasten mit teilweise hoher Abrasivität

werden extrinsische Verfärbungen beseitigt, und die natürliche Zahnfarbe wird wieder hergestellt (ZANTNER 2006). Neben der kosmetischen Wirkung sollte jedoch auch mit diesen Zahnpasten eine kariesprotektive Wirkung erzielt werden. Dieser Effekt beruht auf der Hemmung der Demineralisation und der Verbesserung der Remineralisation von Zahnhartsubstanzen durch

verschiedene Fluoridverbindungen (THYLSTRUP ET AL. 1990, RØLLA ET AL. 1993). In Zahnpasten werden ionisch gebundene Fluoride (Natriumfluorid [NaF], Zinnfluorid [SnF<sub>2</sub>], Aminfluoride [AmF] und kovalent gebundene Fluoride [Monofluorophosphate]) genutzt (MELLBERG 1991). Die verschiedenen Fluoridformen unterscheiden sich in ihren kariesprotektiven Wirkmechanismen. Bei Monofluorophosphaten wird angenommen, dass sie sich im Austausch gegen Orthophosphat in den Schmelz einlagern, anschliessend eine intrakristalline Transposition zwischen F<sup>-</sup> und OH<sup>-</sup> stattfindet und sich dabei Fluorapatit bildet (GRON ET AL. 1971). Somit ist der kariesprotektive Effekt durch die Anzahl der reaktiven Moleküle im Kristallgitter limitiert (INGRAM 1972). Ein weiterer Reaktionsweg wurde von ERICSSON (1967) beschrieben. Durch Phosphatasen der oralen Bakterienflora und des Speichels kommt es zu einer Hydrolyse des MFP-Moleküls (EANES 1976, KLIMEK ET AL. 1997). Das freigesetzte Fluorid reagiert mit den Zahnhartsubstanzen wie ionische Fluoridverbindungen. Ionisch gebundene Fluoride lagern sich beim Gebürsten hauptsächlich als CaF<sub>2</sub>-Schicht auf den Zahnhartsubstanzen ab. Mit der Zeit löst sich dieses Reservoir auf, und die Fluoridkonzentration des Schmelzes und des Speichels steigt an (BUCHALLA ET AL. 2002, BUCHALLA ET AL. 2007).

In Weissmacherzahnpasten werden häufig kovalent gebundene Fluoridverbindungen eingesetzt (MELLBERG 1991), was an der guten Kombinierbarkeit mit verschiedensten Putzkörpern wie zum Beispiel CaCO<sub>3</sub> oder Ca<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> oder Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> liegt. In Kombination mit ionisch gebundenen Fluoriden führen diese Putzkörper jedoch zu einer raschen Verminderung des frei verfügbaren Fluoridanteils in den Zahnpasten und sind daher ungeeignet. Deshalb werden heute, in Zahnpasten mit ionisch gebundenem Fluoridanteil, vorwiegend Putzkörper aus Derivaten des SiO<sub>2</sub>, wie z. B. dem Kieselgel, verwendet. Bisherige Untersuchungen, die sich mit der Thematik der kariesprophylaktischen Wirkung von Weissmacherzahnpasten befassen, haben lediglich den frei verfügbaren Fluoridgehalt von Zahnpasta/Speichel-Aufschlammungen oder den Schmelzfluoridgehalt bzw. die Remineralisation nach Einlegen in solchen gemessen (WHITE & FALLER 1986, CURY ET AL. 2001, PICKLES ET AL. 2005, WATANABE ET AL. 2005, JOINER ET AL. 2008). Es ist bisher weitestgehend ungeklärt, ob das Gebürsten von Schmelz mit abrasiven Zahnpasten die Fluoridaufnahme verändert und inwieweit sie sich vom Gebürsten mit einer herkömmlichen Zahnpasta unterscheidet. Dies könnte speziell bei demineralisiertem Schmelz eine Rolle spielen. An dessen pseudointakter Oberfläche ist durch den Säureangriff das Porenvolumen erhöht und somit die mechanische Stabilität reduziert. Durch die stärkere mechanische Beeinflussung der Weissmacherzahnpasten könnte es zu einer Vergrösserung der Schmelzoberfläche

und damit zu einer verbesserten Reaktionsmöglichkeit des applizierten Fluorids mit dem Kalzium des Schmelzes kommen. Andererseits könnte es beim Gebürsten jedoch auch zu einer Zerstörung der sich bildenden CaF<sub>2</sub>-Deckschicht kommen. Somit war das Ziel dieser In-vitro-Untersuchung die Messung der Fluoridaufnahme demineralisierter Schmelzproben nach Einlegen und nach Gebürsten mit verschiedenen Weissmacherzahnpasten/Speichel-Aufschlammungen zu bestimmen und diese mit der Fluoridaufnahme nach Gebürsten oder Einlegen in einer Aufschlammung mit einer herkömmlichen aminfluoridhaltigen Zahnpasta zu vergleichen.

### Material und Methoden

Als Versuchsmaterial wurden 60 frisch extrahierte, bovine Unterkieferfrontzähne verwendet. Aus jeder Krone wurden mittels eines Trepanbohrers (Individualanfertigung, Gebr. Brasseler, Lemgo, Deutschland) jeweils drei Schmelz-Dentin-Proben herausgeschliffen, in eine Einbettform gelegt (Multiform Einbettform, Struers, Kopenhagen, Dänemark) und in Kunststoff eingebettet (Technovit 4071, Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Deutschland). Die Probenblöcke wurden anschliessend mittels einer wassergekühlten Tischschleifmaschine (EXAKT-Mikroschleifsystem, Nordstedt, Deutschland) und Schleifpapier der Körnungen 1000, 1200, 2400, 4000 planparallelisiert und poliert. Die Proben wurden entsprechend den entnommenen Zähnen markiert (1a-c bis 60a-c) und randomisiert fünf Behandlungsgruppen zu zwölf Proben zugeordnet. Bis zur Weiterverwendung wurden die Proben in einem feuchten Milieu gelagert. Zur Schaffung von initialen Schmelzläsionen wurden die Zähne in zehn Liter Demineralisationslösung nach BUSKES ET AL. (1985) für fünf Tage eingelegt. Der pH-Wert wurde täglich kontrolliert (Soll: pH-Wert 5) und gegebenenfalls mittels KOH titriert. Auf aktives Umspülen oder Rütteln wurde verzichtet, um mechanische Schädigungen der Schmelzoberfläche zu vermeiden. Als kosmetische Testzahnpasten mit hoher Abrasion wurden die monofluorophosphathaltigen Zahnpasten Dr. Best Zahnweiss (GlaxoSmithKline Consumer Healthcare GmbH & Co. KG, Bühl, Deutschland) und Settima (GlaxoSmithKline) gewählt. Colgate Sensation White (Colgate Palmolive GmbH, Hamburg, Deutschland) und Odol-med3 samtweiss (GlaxoSmithKline) als auch die herkömmliche Zahnpasta elmex (GABA GmbH, Lörrach, Deutschland) waren Testzahnpasten mit ionisch vorliegenden Fluoridverbindungen.

Relevante Inhaltsstoffe und physikalische Eigenschaften sind Tabelle I zu entnehmen.

Für den Versuch wurde die Probe (a) jedes Probendrillings für 60 Minuten in eine Aufschlammung aus der jeweiligen

Tab. I Zusammensetzung und relevante Eigenschaften der getesteten Zahnpasten.

Produkt	Putzkörper	Fluoridgehalt [ppm]	Fluoridart	pH-Wert	RDA-Wert
Settima	Calciumcarbonat (Kreide)	1350	Natriummonofluorophosphat	8	180–200
Dr. Best Zahnweiss	Calciumcarbonat (Kreide)	1350	Natriummonofluorophosphat	8	180–200
Colgate Sensation White	Hydrated Silica (Kieselsäure)	1500	Natriumfluorid	7,8	180
Odol-med3 samtweiss	Hydrated Silica (Kieselsäure)	1100	Natriumfluorid	9	90–100
elmex	Hydrated Silica (Kieselsäure)	1250	Aminfluorid	4,6	77

Versuchszahnpaste und künstlichem Speichel gelegt. Das Gemisch wurde im Verhältnis 1 g Zahnpasta zu 5 ml künstlichem Speichel angemischt. Pro Probe wurden 20 ml Zahnpasten-Speichel-Mischung verwendet. Der künstliche Speichel wurde nach KLIMEK ET AL. (1982) mit einem entsprechenden Gesamtkalziumanteil von 1,53 mmol und einem Gesamt-Phosphatanteil (anorganisch) von 4,82 mmol (ATTIN ET AL. 2001) frisch für den Versuch hergestellt. Der pH-Wert des Speichels lag zwischen 6,2 und 6,4. Die zu bebürstenden Proben (c) wurden in eine speziell entwickelte Bürstmaschine (VDD Elektronik, Freiburg, Deutschland) eingespannt und die jeweilige Aufschlammung dazugegeben. Die Zahnbürste wurde so eingestellt, dass das Bürstenfeld plan auf der Probe auflag. Der Anpressdruck der Zahnbürste betrug 2,75 N. Die Prüfkörper wurden mit 3600 Bürststrichen in einer Zeit von 60 Min. gebürstet. Die Proben (b) wurden unbehandelt belassen. Anschliessend wurden alle Proben sorgfältig mit Aqua bidest (Fresenius Kabi, Bad Homburg, Deutschland) abgespült, vorsichtig mit Mullgaze abgetupft und an der Luft bis zur späteren Auswertung getrocknet.

Für die Messung des Fluoridgehalts im Schmelz wurde eine speziell angefertigte Apparatur (Technischer Betrieb, Universitätsklinikum Freiburg, Freiburg, Deutschland, Abb. 1) herangezogen (WEATHERELL ET AL. 1985, BUCHALLA ET AL. 2002). Zur Gewinnung des Probenmaterials wurden die Proben in einen Halter planparallel eingeklebt. Schleifpapierstreifen der Körnung 1200 wurden in Bahnen zu 0,8×10 cm geschnitten und für acht Stunden bei 25 °C in Perchlorsäure auf einem Rütteltisch gewaschen. Jeweils eine Probe und ein Schleifpapierstreifen wurde in die Vorrichtung eingespannt und mittels der integrierten Messuhr 100 µm Schmelz durch Bewegen des Schlittens abadiert. Der gewonnene Schmelzabrieb wurde mit dem zerkleinerten Papierstreifen in 0,5 ml 0,5 M Perchlorsäure und 2,5 ml TISAB II gegeben und auf einen pH-Wert von 5,5 titriert. Nach Mischen der Lösung mittels Magnetrührer wurde der Fluoridgehalt der Lösung unter Benutzung einer ionenselektiven Fluoridelektrode (Modell 96-09, Thermo Orion, Beverly, Ohio, USA) bei konstanter Temperatur von 25 °C gemessen. Anhand der gemessenen Fluoridkonzentration der Lösung, des bekannten Lösungsvolumens und des bekannten abadierten Schmelzvolumens konnte der Fluoridgehalt der entsprechenden Probe bestimmt werden.

Die statistische Auswertung erfolgte durch das Institut für Medizinische Biometrie und Medizinische Informatik der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Die Testung auf statistisch signifikant unterschiedliche Ergebnisse wurden mittels Varianzanalyse (ANOVA) und anschliessendem Tukey's Studentized Range Test durchgeführt. Das Signifikanzlevel wurde auf  $p \leq 0,05$  festgelegt.

## Resultate

Alle Schmelzproben, die in die Studie einbezogen wurden, konnten ausgewertet werden (Tab. II). Die Referenzproben (Proben b), welche ausschliesslich demineralisiert wurden, wiesen einen Fluoridgehalt zwischen 250 und 380 µg/cm<sup>3</sup> auf. Es konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den unbehandelten Proben der fünf Zahnpastagruppen festgestellt werden.

Zwischen den beiden monofluorophosphathaltigen Zahnpasten Dr. Best Zahnweiss und Settima und der nicht fluoridierten Kontrollgruppe konnte sowohl nach Einlegen als auch nach Bebürsten kein statistisch signifikanter Unterschied gefunden werden. Nach dem Einlegen waren in beiden Zahnpas-



**Abb. 1** Grosses Bild: Individuell hergestellte Vorrichtung zur kontrollierten Abrasion von Zahnsubstanzproben. Kleines Bild: Abrasionsschlitten mit einer im Halter fixierten Probe sowie ein Schleifpapierstreifen mit abadiertem Schmelzpulver.

tagruppen die mittleren Fluoridkonzentrationen numerisch höher, jedoch waren diese nicht statistisch signifikant unterschiedlich.

Bei den natriumfluoridhaltigen Produkten wurde nach Einlegen in und nach Bebürsten mit Colgate-Sensation-White-Aufschlammung bzw. Odol-med3 samtwieiss eine signifikante Erhöhung der Fluoridkonzentration im Schmelz im Vergleich zur nicht fluoridierten Kontrollgruppe ( $p < 0,001$ ) gefunden. Es wurde jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Behandlungsmethoden gefunden.

Nach Verwendung der aminfluoridhaltigen Zahnpasta wurden die höchsten Fluorid aufnahmen sowohl nach Einlegen (2061 µg/cm<sup>3</sup>) als auch nach dem Bebürsten der Proben (2809 µg/cm<sup>3</sup>) gefunden. Die Fluoridkonzentrationen unterschieden sich statistisch signifikant von der nicht fluoridierten Kontrolle. Es gab keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Behandlungsmethoden.

Tab. II Mittelwerte und Standardabweichung in  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$  der einzelnen Gruppen nach Demineralisation, Einlegen und Bebürsten der Schmelzproben mit der jeweiligen Zahnpasten/Speichel-Aufschlammung. Statistische Eingruppierung der Ergebnisse mittels Tukey's Studentized Range Test. Gruppen mit statistisch signifikanten Unterschieden haben verschiedene Buchstaben.

	Zustand nach Demineralisation			Zustand nach Einlegen			Zustand nach Bebürsten		
	Mittelwert	Standardabweichung	Statistische Gruppe des Mittelwerts	Mittelwert	Standardabweichung	Statistische Gruppe des Mittelwerts	Mittelwert	Standardabweichung	Statistische Gruppe des Mittelwerts
elmex	247,86	39,18	A	2061,60	702,23	A	2809,84	943,77	A
Colgate Sensation White	378,38	197,20	A	1117,99	560,71	B	1679,37	594,31	B
Odol-med3 samtweiss	314,31	69,91	A	851,57	295,86	B	1083,49	454,41	C
Dr. Best Zahnweiss	336,26	64,27	A	430,46	135,73	C	388,46	73,82	D
Settima	280,17	119,93	A	373,73	157,60	C	323,07	64,57	D

Beim Vergleich der Zahnpasten untereinander (Tab. II) zeigte sich nach Einlegen in die Aufschlammungen, dass elmex zu einer signifikant höheren Fluoridaufnahme in den Zahnschmelz führt als NaF- und NaMFP-haltige Zahnpasten. Die NaF-haltigen Zahnpasten unterschieden sich nicht signifikant voneinander, wiesen aber eine signifikant bessere Fluoridaufnahme als die NaMFP-haltigen Zahnpasten auf, die sich wiederum nicht von den nicht behandelten Kontrollen unterschieden. Diese Reihenfolge wurde ebenfalls nach dem Bebürsten mit der jeweiligen Aufschlammung beobachtet. Jedoch war die Fluoridaufnahme nach Benutzung der Colgate Sensation White signifikant höher als nach der Benutzung von Odol-med3 samtweiss.

### Diskussion

Fluoride als Inhaltsstoffe in Mundhygieneprodukten, insbesondere in Zahnpasten, spielen heute in der Kariesprävention eine entscheidende Rolle. Dabei hat frei verfügbares Fluorid auf dem Zahnschmelz in Form einer kalziumfluoridhaltigen Deckschicht eine grössere kariesprotektive Wirkung als strukturell im Schmelz gebundenes Fluorid (FEATHERSTONE 1999). In zahlreichen Studien wurde beschrieben, dass dem Fluoridgehalt in der Plaque eine wichtige kariesprotektive Wirkung zukommt (AXELSSON 2004). Die Plaque wird jedoch durch das Zähneputzen entfernt, und sollte sie trotz sorgfältiger Mundhygienemassnahmen im Mund persistieren, weist sie lediglich einen relativ geringen Fluoridgehalt auf (DUCKWORTH ET AL. 1994). Ausserdem zeigen neuere Untersuchungen, dass es durch übliche Fluoridierungsmassnahmen nicht zu einer wesentlichen Steigerung der Fluoridkonzentration in der Plaque kommt (DUCKWORTH ET AL. 1994, HEIJNSBROEK ET AL. 2006). Folglich wird dem in den Zahnhartsubstanzen eingelagerten bzw. aufgelagerten Fluorid die wichtigste Rolle in der Kariesprävention zugeschrieben.

In der vorliegenden Studie wurde die Fluoridaufnahme in demineralisiertem Schmelz anhand eines speziellen Abrasionsverfahrens, welches bereits früher in Studien verwendet wurde (WEATHERELL ET AL. 1985, BUCHALLA ET AL. 2002), bestimmt. Dabei wurde nicht zwischen dem auf dem Schmelz aufgelagerten Kalziumfluorid (KOH-lösliches Fluorid) und dem im Schmelz strukturell gebundenen Fluorid unterschieden. Diese Methode der Fluoridbestimmung wurde gewählt, da zwei der verwendeten Zahnpasten Natriummonofluorophosphat enthielten. Dieses kovalent gebundene Fluorid bildet keine Kalziumfluorid-Schicht aus. Als mögliche Reaktion von Monofluorophosphat mit demineralisiertem Schmelz wird eine

Austauschreaktion diskutiert (GRON ET AL. 1971). Die in der Studie abgetragene Schmelzschicht von ca. 100  $\mu\text{m}$  sollte eine vollständige Erfassung des präzipitierten und eingelagerten Fluorids im demineralisierten Zahnschmelz ermöglichen, welcher sich nach lokaler Fluoridierung vornehmlich in den äussersten 40  $\mu\text{m}$  einlagert (DUSCHNER ET AL. 1997).

Die Ergebnisse zeigen, dass der Fluoridgehalt in den Versuchsgruppen Colgate Sensation White, Odol-med3 samtweiss und der herkömmlichen Zahnpasta elmex signifikant höher nach Einlegen bzw. Bebürsten der Proben ist als in den demineralisierten Referenzproben. Dieser Effekt ist hauptsächlich durch die Ausbildung eines  $\text{CaF}_2$ -Präzipitates auf der Schmelzoberfläche zu erklären, welche sich bei ionisch gebundenen Fluoridkomponenten nach wenigen Minuten ausbildet (PETZOLD 2001, HOLLER ET AL. 2002). Trotz der langen Einlege- bzw. Bürstzeit wurde lediglich eine tendenzielle, aber nicht signifikant höhere Fluoridaufnahme nach Bebürsten der Proben mit dem jeweiligen Produkt gefunden. Ein Grund hierfür könnte das Bebürsten des vorher demineralisierten Schmelzes (IMFELD ET AL. 1993) sein. Demineralisierter Schmelz ist prinzipiell anfälliger gegenüber mechanischer Beanspruchung (ATTIN ET AL. 2001, KIELBASSA ET AL. 2005). Durch die Beeinflussung des Schmelzes mit abrasiven Stoffen, wie auch durch den Bürstvorgang selbst, kann Zahnhartsubstanz abgetragen (BARBAKOW ET AL. 1989), somit die intakte Schmelzoberfläche entfernt und der oberflächliche Anteil des porösen Läsionskörpers eröffnet werden. Dadurch vergrössert sich der Zugang zum Läsionskörper und ermöglicht die höheren Fluoridwerte. Für die getesteten Zahnpasten können lediglich RDA-Wert (Radioactive Dentin Abrasion) angegeben werden. Auch wenn keine lineare Korrelation von REA-Werten (Radioactive Enamel Abrasion) und RDA-Werten gefunden wurde (BARBAKOW ET AL. 1989, PHILPOTTS ET AL. 2005) sollen sie doch der Charakterisierung der hier untersuchten Zahnpasten dienen. Eine verstärkte Fluoridaufnahme durch Bürsten mit Zahnpasten mit höherem RDA-Wert liess sich aber nicht bestätigen.

Die Fluoridaufnahme war nach Bebürsten mit Colgate Sensation White signifikant höher als nach Bebürsten mit Odol-med3 samtweiss. Eine mögliche Erklärung hierfür ist der höhere Fluoridgehalt von Colgate Sensation White (DUNIPACE ET AL. 1997). Ein weiterer Faktor für die höhere Fluoridaufnahme ist der niedrigere pH-Wert der Colgate-Sensation-White-Zahnpasta. Dies erklärt auch die höchste gemessene Fluoridaufnahme nach Benutzung der weniger abrasiven, aber sauren Zahnpasta elmex. Speziell hier scheint der niedrige pH-Wert einen Einfluss auf die Fluoridanreicherung gehabt zu haben, sodass nach dem Einlegen der Proben in die elmex-Speichel-



Aufschlammung höhere Fluoridnahmen gemessen wurden als nach Bebürsten mit der Colgate-Sensation-White-Zahn-pasta. Es ist bekannt, dass es bei einem niedrigem pH-Wert zu einer schnelleren Reaktion von Schmelz mit dem Fluorid und eine erhöhte Ablagerung von Fluorid auf und in dem Schmelz kommt (FRIBERGER 1975, SCHREIBER ET AL. 1988, PETZOLD 2001). Dieser Effekt kann zusätzlich durch die mechanische Beeinflussung der Schmelzoberfläche verstärkt werden (IMFELD ET AL. 1993). Ein Einfluss der Zusammensetzung und des pH-Wertes der Zahnpasta mit ionisch gebundenem Fluorid auf die Fluoridaufnahme kann durch diese Studie nicht ausgeschlossen werden, konnte aber bisher auch nicht bestätigt werden (PETZOLD 2001, HOLLER ET AL. 2002).

Bei Benutzung der beiden monofluorophosphathaltigen Zahnpasten Dr. Best Zahnweiss und Settima konnte lediglich eine tendenzielle, aber nicht statistisch signifikante Fluoridaufnahme nach Bürsten und Einlegen festgestellt werden, die signifikant niedriger war als nach Benutzung der NaF-haltigen Zahnpasten. Die Fluoridaufnahme ist durch einen geringen ionisch gebundenen Fluoridanteil in der NaMFP-haltigen Zahnpasta zu erklären (BRUUN ET AL. 1984, BRUUN & GIVSKOV 1993). Eine zweite Theorie wäre die strukturelle Umwandlung des NaMFP und die anschliessende Einlagerung in der Schmelzoberfläche (ARENDS ET AL. 1985). Dieser Effekt ist aber zu vernachlässigen und wäre nur dann stimmig, wenn er nach Be-

bürsten mit dem oben aufgezeigten Eröffnen des porösen Läsionskörpers verstärkt worden wäre. Die nach dem Bebürsten entstandene vergrösserte «Reaktionsfläche» des Schmelzes hätte sich in unterschiedlichen Fluoridaufnahme-Ergebnissen widerspiegeln müssen. Da jedoch eine Fluoridaufnahme in den Zahnschmelz nach Applikation von NaMFP-haltigen Zahnpasten klinisch erwiesen ist (REINTSEMA & ARENDS 1987), wird vermutet, dass der Einfluss von Phosphatasen im Speichel und Pellikel die Erklärung hierfür ist. Hierzu muss jedoch in Betracht gezogen werden, dass die Umwandlung von NaMFP in ein ionisch vorliegendes Fluorid erst nach mehreren Minuten stattfindet und diese Reaktion abhängig von der Speichelzusammensetzung zu sein scheint (KLIMEK ET AL. 1997).

Aus kariesprotektiver Sicht sind heute aufhellende Zahnpasten mit einer Kombination aus Kieselgel und ionisch gebundenen Fluoriden als nicht problematisch einzustufen. Die Kombination zeigte in dieser Studie im Vergleich zu NaMFP-haltigen Pasten die grösste Fluoridanreicherung auf dem Zahnschmelz. Eine mögliche negative Beeinflussung der Fluoridanreicherung auf demineralisierten Schmelz wurde, durch das Bebürsten mit hochabrasiven Zahnpasten, nicht bestätigt. Ein positiver Effekt ist tendenziell sichtbar, jedoch nicht statistisch signifikant.

*Literaturverzeichnis siehe englischen Text, Seite 108.*