

Forschung · Wissenschaft Recherche · Science

Editor-in-chief
Chefredaktor
Rédacteur en chef
Jürg Meyer, Basel

Editors
Redaktoren
Rédacteurs
Urs Belser, Genève
Peter Hotz, Bern
Heinz Lüthy, Zürich

Assistant Editor
Redaktions-Assistent
Rédacteur assistant
Tuomas Waltimo, Basel

Advisory board / Gutachtergremium / Comité de lecture

P. Baehni, Genève
F. Barbakow, Zürich
J.-P. Bernard, Genève
C.E. Besimo, Basel
M. Bickel, Zürich
S. Bouillaguet, Genève
U. Brägger, Bern
E. Budtz-Jørgensen, Genève
D. Buser, Bern
M. Cattani, Genève
B. Ciucchi, Genève
K. Dula, Bern
A. Filippi, Basel
J. Fischer, Bern
L.M. Gallo, Zürich
R. Glauser, Zürich
R. Gmür, Zürich
W. Gnoinski, Zürich
K.W. Grätz, Zürich
Ch. Hämmerle, Zürich

N. Hardt, Luzern
T. Imfeld, Zürich
K.H. Jäger, Basel
J.-P. Joho, Genève
S. Kiliaridis, Genève
I. Krejci, Genève
J.Th. Lambrecht, Basel
N.P. Lang, Bern
T. Lombardi, Genève
H.U. Luder, Zürich
A. Lussi, Bern
P. Magne, Genève
C. Marinello, Basel
G. Menghini, Zürich
R. Mericske-Stern, Bern
J.-M. Meyer, Genève
A. Mombelli, Genève
W. Mörmann, Zürich
G. Pajarola, Zürich
S. Palla, Zürich

S. Paul, Zürich
M. Perrier, Lausanne
M. Richter, Genève
S. Ruf, Bern
H.F. Sailer, Zürich
J. Samson, Genève
U.P. Saxer, Zürich
P. Schärer, Zürich
J.-P. Schatz, Genève
P. Schüpbach, Horgen
P. Stöckli, Zürich
U. Teuscher, Zürich
H. van Waes, Zürich
P. Velvart, Zürich
T. von Arx, Bern
R. Weiger, Basel
A. Wichelhaus, Basel
J. Wirz, Basel
A. Wiskott, Genève

Publisher
Herausgeber
Editeur
Schweizerische Zahnärzte-Gesellschaft SSO
Société Suisse d'Odonto-Stomatologie
CH-3000 Bern 7

Adresse der wissenschaftlichen Redaktion
Prof. Jürg Meyer
Zentrum für Zahnmedizin
Institut für Präventivzahnmedizin und Orale Mikrobiologie
Hebelstr. 3
4056 Basel

Einfluss der Pufferkapazität aminfluoridhaltiger Zahnpasten und Gele bei Schmelzerosionen

Zusammenfassung

Ziel der Studie war die Untersuchung von Puffereffekten experimenteller aminfluoridhaltiger Zahnpasten und Gele auf das Abrasionsverhalten erosiv geschädigten Zahnschmelzes. Die 50 Schmelzproben wurden aus extrahierten Molaren hergestellt und in einem Zyklusmodell aus De- und Remineralisationen einer Bürstabrasion in einer Zahnputzmaschine unterzogen. Die Demineralisation erfolgte durch 5 min Lagerung in 1%iger Zitronensäure, die Remineralisation in künstlichem Speichel (1 min). Gruppen von je zehn Proben wurden mit einer der Zahnpasten (A–C) oder der Fluoridgele (D–E) gebürstet. Grundlage der Pasten und Gele waren elmex® bzw. elmex®-gelée (GABA International AG, Schweiz). Der Gehalt an titrierbarer Säure (Pufferkapazität) wurde definiert als Menge 1 N KOH, die zur Neutralisation von 1 g Paste bzw. Gel notwendig ist (A: 6 mg; B: 12 mg; C: 24 mg; D: 3,1 mg; E: 10 mg KOH). Profilometrisch ergaben sich folgende Bürstabrasionswerte (Median + SD [μm]): A: $6,76 \pm 2,05$; B: $6,84 \pm 1,19$; C: $8,28 \pm 2,89$; D: $4,19 \pm 1,09$ und E: $0,83 \pm 0,61$. Die Zahnpasten zeigten kein unterschiedliches Abrasionsverhalten. Bei dem Fluoridgele mit höherer Pufferkapazität (E) ergab sich eine geringere Bürstabrasion als beim Gel mit geringerer Pufferkapazität (D). Es ist anzunehmen, dass die Pufferkapazität der untersuchten Zahnpasten keinen Einfluss auf die Bürstabrasion des erosiv geschädigten Schmelzes hat. Dahingegen führt der Gebrauch von Fluoridgele mit einer höheren Pufferkapazität zu verminderten Abrasionswerten.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 113: 1158–1164 (2003)

Schlüsselwörter: Erosion, Bürstabrasion, Puffereffekt, Aminfluorid-Zahnpaste, Aminfluorid-Gel

Zur Veröffentlichung angenommen: 16. Juni 2003

Korrespondenzadresse:

Dr. Herbert Betke
Medizinische Fakultät der Universität Göttingen
Zentrum Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Abteilung Zahnerhaltung, Präventive Zahnheilkunde
und Parodontologie
Robert-Koch-Str. 40, D-37075 Göttingen
Tel. 0049/(0)551/39-2899, Fax 0049/(0)551/39-2037
E-Mail: hbetke@med.uni-goettingen.de

HERBERT BETKE¹, URSULA SCHICK², WOLFGANG BUCHALLA¹, ELMAR HELLWIG² und THOMAS ATTIN¹

¹ Universitätsklinik Göttingen, Abteilung für Zahnerhaltung, präventive Zahnheilkunde und Parodontologie, Medizinische Fakultät, Georg-August-Universität Göttingen

² Universitätsklinik Freiburg, Abteilung Zahnerhaltung und Parodontologie, Medizinische Fakultät, Universität Freiburg

Einleitung

Zahnerosionen sind definiert als ein oberflächlicher durch chemische Prozesse hervorgerufener Zahnhartsubstanzverlust ohne Beteiligung von Mikroorganismen (PINDBORG 1970, ECCLES 1982). Ursachen sind Säuren, die extrinsischer (z.B. Nahrung, saure Dämpfe, Medikamente) oder intrinsischer (z.B. Magensäure) Herkunft sein können (SCHEUTZEL 1990, JÄRVINEN et al. 1991, TEN CATE & IMFELD 1996). Der hieraus resultierende Zahnhartsubstanzverlust ist irreversibel. Darüber hinaus kommt es zu einer Demineralisation und einer deutlichen Erweichung der Schmelzoberfläche (AESCHBACHER 1967, ZERO et al. 1990, MEURMAN et al. 1990a+b, LUSSI et al. 1993, SORVARI et al. 1994). Als Folge dieser oberflächlichen Demineralisation reagiert die Zahn-

hartschmelze empfindlicher auf abrasive Prozesse, wie sie z.B. bei dem Zerkleinern von Nahrung oder dem Zähneputzen auftreten (SOGNNAES 1963, DAVIS & WINTER 1980, ATTIN et al. 1997a). Intensive Fluoridierungsmassnahmen führen zu einem signifikant herabgesetzten Fortschreiten von Erosionen im Schmelz, haben aber darüber hinaus einen deutlich ausgeprägteren Effekt im Dentin (GANSS et al. 2001). Um eine Verringerung der Abrasion von erodierten Zahnoberflächen beim Zähneputzen zu erzielen, sind mehrere Faktoren entscheidend. Zahnputztechnik, Anpressdruck der Zahnbürste und die Häufigkeit bzw. die Dauer des Bürstens haben einen bedeutenden Einfluss auf die Abrasion der Zahnhartschmelze (BERGSTRÖM & LAVSTEDT 1979, HOTZ 1983). Zudem hängt die Abrasion durch Zähneputzen von der Zusammensetzung und der Abrasivität der Zahnpaste ab (MELBURG 1991, SVINNSETH et al. 1987). Durch die Anwendung lokaler Fluoridierungsmassnahmen kann erosiv geschädigter Schmelz teilweise wieder remineralisiert und erhärtet werden (SHERN et al. 1976, ATTIN et al. 1997b). Zur Verbesserung der Säureresistenz der Zahnhartschmelzen wird ein hochkonzentriertes fluoridhaltiges saures Gel empfohlen (ATTIN 1999, ATTIN et al. 1999). Nach Applikation von sauren Fluoridgelen können eine hohe Fluoridaufnahme in die Zahnhartschmelze und die Ausbildung eines Kalziumfluorid-ähnlichen Präzipitats beobachtet werden. Hierfür werden der niedrige pH-Wert und die hohe Fluoridkonzentration in den Gelen verantwortlich gemacht (BRUDEVOLD et al. 1963, RETIEF et al. 1983, RØLLA & SAXEGAARD 1990). Es konnte bereits gezeigt werden, dass das Zähneputzen mit einem sauren Fluoridgel zu einer höheren Abrasionsresistenz von erodiertem Schmelz führt als die Verwendung nichtfluoridierter oder neutraler Gele (ATTIN et al. 1999).

Bei Erosionen hängt die Höhe des Mineralverlustes des Zahnschmelzes von mehreren Bedingungen ab: dem pH-Wert, der Pufferkapazität oder der Konzentration an Säuren im erosiven Agens sowie der Länge der Expositionszeit der Zahnhartschmelze in der erosiven Lösung. Bei Erosionen durch saure Getränke spielen als zusätzliche Faktoren die Konzentrationen von Kalzium, Phosphat und Fluorid dieser Getränke eine Rolle (LARSEN & NYVAD 1999). Mit zunehmendem Mineralverlust kommt es durch die Erweichung des Schmelzes zu einer weiteren erhöhten Erosionsanfälligkeit. Es ist anzunehmen, dass saure Zahnpastensuspensionen ähnliche Einflüsse auf die Auflösung des Schmelzapatits haben könnten wie saure Lösungen. Dieses wird durch die Ergebnisse von Untersuchungen bestätigt, in denen ein saurer pH-Wert einer Zahnpastensuspension während des Bürstvorganges zu einer weiteren Demineralisation und daraus resultierender Erweichung des Zahnschmelzes führte (DAVIS & WINTER 1980, ATTIN et al. 1997a). Neben dem pH-Wert des Putzmediums könnten auch Puffereffekte der vornehmlich sauren Zahnpastensuspensionen einen erosiv bedingten Substanzverlust beeinflussen. Dieses steht in Analogie zum möglichen Puffereinfluss des Speichels. Nach IMFELD (1996a) ist anzunehmen, dass Erosionen durch einen ungenügenden Speichelfluss und/oder Pufferkapazität verstärkt werden könnten. Die Pufferkapazität saurer Lösungen bezeichnet die Fähigkeit, bei Auflösung des Schmelzapatits den sauren pH-Wert unabhängig von der Auflösung des Apatits und der Verdünnung durch den Speichel aufrechtzuerhalten. Welche Rolle unterschiedliche Pufferkapazitäten des Putzmediums auf den Zahnhartschmelzeverlust spielen, ist bisher unklar. Die vorliegende Studie diente zur Klärung der Fragestellung, inwieweit das Zähneputzen mit Zahnpasten und Gelen einen Einfluss auf die Abrasion des bereits erosionsgeschädigten Zahnschmelzes hat.

Dabei ist der genaue Abrasionsprozess durch das Zähneputzen und die Zahnpaste bisher noch nicht vollständig verstanden. Hierbei scheinen mehrere Faktoren, entweder allein oder in Kombination mit anderen, eine Rolle zu spielen (IMFELD 1996b). Diese betreffen auch die Eigenschaften der Zahnpasten oder Gele. Um hierbei speziell die Einflussnahme von Puffereffekten zu untersuchen, wurden experimentelle Zahnpasten und Gelformulierungen mit unterschiedlichen Pufferkapazitäten verwendet. Darüber hinaus sollte geklärt werden, ob durch veränderte Pufferkapazitäten der Zahnpasten und Gele die Abrasionsresistenz beim Bürsten von Zähnen mit vorhandenen Erosionen positiv beeinflusst werden kann.

Material und Methoden

In der vorliegenden Studie wurden 50 Probenkörper aus frisch extrahierten Weisheitszähnen hergestellt. Die Proben wurden anschliessend in ein Autopolymerisat (Technovit 4071[®], Heraeus Kulzer, Wehrheim, BR Deutschland) eingebettet, um ein Beschleifen und eine Politur der Probenoberfläche zu ermöglichen. Nach einem ersten Bearbeitungsgang der Probenoberfläche mit einer Schleif- und Politurmaschine (Mikro-Schleifsystem, Fa. Exakt Apparatebau, Norderstedt, BR Deutschland) erfolgte ein weiteres Glätten der Proben (Siliziumkarbid-Schleifpapier abnehmender Körnung 500–4000, Struers, Erkrath, BR Deutschland). Die Feinpolitur geschah mit einem Textiltuch in einem Poliergerät. Hierdurch war ein Substanzabtrag von ca. 200 µm möglich (DUR-Tuch + Poliergerät DP-U3, Diamantspray (DP-Spray; 1–3 µm feine Diamantpartikel), Struers, Erkrath, BR Deutschland). Dieser wurde mit einem Mikrometer (Digimatic, Mitutoyo-Messgeräte, Leonberg, BR Deutschland) kontrolliert. Die Unterseite der Proben wurde zur Probenoberseite planparallel geschliffen. Nach der Politur schloss die Oberfläche der Proben bündig mit der Oberfläche des Einbettkunststoffs ab. Die Schleif- und Polierrückstände wurden mit Aqua dest. abgespült. Eine abschliessende mikroskopische Kontrolle stellte eine saubere Oberfläche ohne Auflagerungen und Verunreinigungen sicher. Nach Abschluss der Politur wurde die Referenzfläche auf den Proben mit einem selbstklebenden Klebestreifen (Dispo[®]-Dekorstreifen, Dornburg, BR Deutschland) abgedeckt. Hierdurch blieb zentral der polierten Probenoberfläche ein 1,2 mm breiter Teststreifen frei. Die 50 Proben wurden zufällig auf fünf verschiedene Gruppen (Tab. I) verteilt.

Die experimentellen Zahnpasten wurden auf der Basis der elmex[®]-Zahnpaste, das experimentelle Fluoridgel auf der Basis von elmex[®]-gelée durch GABA International AG (Schweiz) hergestellt. Zahnpasten und Gele wurden zum Bürsten als Suspension mit künstlichem Speichel (sog. Bürstslurry) verwendet. Die Anteile an Putzkörpern in den experimentellen Zahnpastenformulierungen waren identisch. Die verschiedenen Säurezahlen der unterschiedlichen Pasten und Gele wurden mit einem Essigsäure-Natriumacetatpuffer eingestellt. Die Pufferkapazität der Pasten und Gele wurde durch Titration mit 1 N KOH zum Erreichen des pH-Wertes 7,0 ermittelt. Die dabei ermittelte Säurezahl gibt die Menge an KOH in mg an, die zur Neutralisation von 1 g der Probe notwendig ist. Ein unterschiedlicher KOH-Verbrauch, bei gleichen Anfangs-pH-Werten der Pasten bzw. Gele, weist somit auf eine unterschiedliche Pufferkapazität hin. Je grösser die Säurezahl, desto grösser ist die Pufferkapazität. Die Charakteristika der verwendeten Pasten bzw. Gele können Tab. I entnommen werden. Die Parameter pH- und RDA-Wert wurden standardmässig durch GABA International AG (Schweiz) bestimmt.

Tab. 1 Charakteristika der verwendeten Zahnpasten und Gele.

Gruppe	Bürstagens	RDA-Wert	Fluorid-Gehalt (ppm)	pH-Wert	Putzkörper	Säurezahl
A	ZP1 (elmex®-Zahnpaste)	77	1250	4,5	Silica	6
B	ZP2	129	1250	4,5	Silica	12
C	ZP3	125	1250	4,5	Silica	24
D	FG1	7	12500	4,5	Keine	3,1
E	FG2 (elmex®-gelée)	21	12500	4,5	Keine	10–12

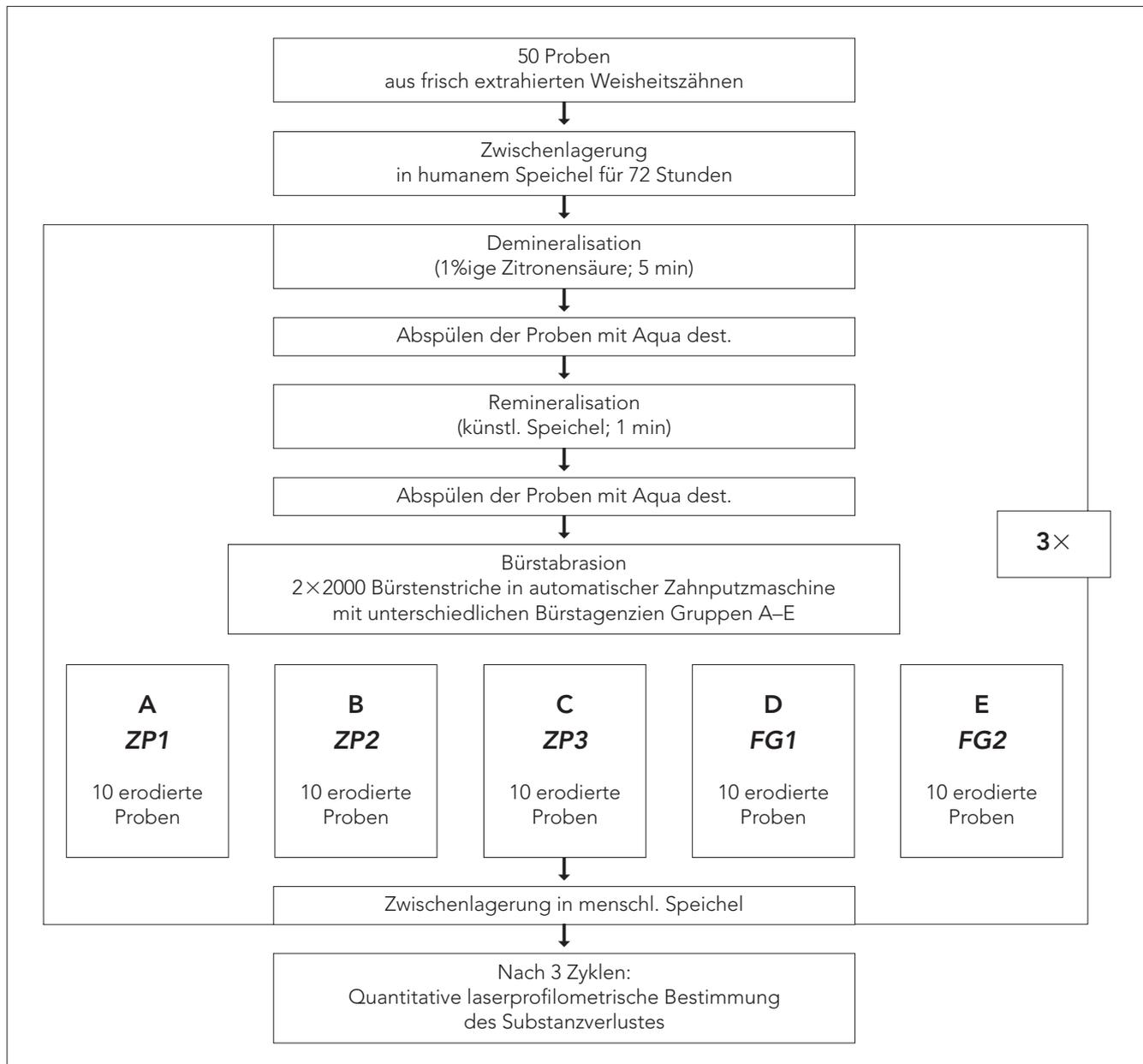


Abb. 1 Schematisch dargestellter Versuchsablauf.

Jeder Prüfkörper wurde vor Beginn der Bürstabrasion und Erosion für 72 Stunden zur Erzeugung einer Speichelpellikel in 10 ml menschlichen Speichel eingelagert (Abb. 1). Der mensch-

liche Speichel wurde von ca. 80 verschiedenen Probanden gesammelt. Bei den Probanden bestand eine Stunde vor und während der Speichelabgabe eine Nahrungskarenz. Der Spei-

chel wurde für zwei Minuten bei 2000 U/min zentrifugiert (Biofuge Stratos, Heraeus Instruments GmbH, Stuttgart, BR Deutschland). Der klare Überstand wurde pro 1 l Speichel mit 1 ml 0,2%igem Natriumacid versetzt. Die einzelnen Speichelproben wurden zu einem homogenen Speichel-Pool (pH 7,18) vermischt. Eine Erosion der Proben wurde durch Demineralisation in 1%iger Zitronensäure (pH 2,28; 10 ml/Probe) für 5 min erzeugt. Nach Abspülen der Proben mit Aqua dest. erfolgte die Remineralisation in künstlichem Speichel (Rezeptur nach KLIMEK & HELLWIG 1989 für 1 min, 10 ml/Probe). Dieser Zyklus von De- und Remineralisationen wurde als Erstes von GERRARD & WINTER (1986) beschrieben. Wie bereits in einer Studie von ATTIN et al. (1999) beschrieben und diskutiert, wurde ein zusätzlicher Bürstabrasionsschritt hinzugefügt. Der künstliche Speichel diente zusätzlich zur Herstellung der verschiedenen Pasten- bzw. Gelsuspensionen (sog. Bürstslurries). Zur Herstellung wurden jeweils 1 ml des künstlichen Speichels mit je 5 ml der jeweiligen Zahnpaste oder des Gels zu einer Suspension vermischt. Anschliessend wurden die erodierten Proben einer zweimaligen Bürstprozedur mit je 2000 Bürststrichen unterzogen, wobei jede Probe mit 20 ml Bürstslurry benetzt war. Zwischenzeitlich wurden die Proben mit Aqua dest. abgespült und der Slurry erneuert. Anschliessend erfolgte eine Lagerung in menschlichem Speichel für acht Stunden. Vor jedem erneuten Bürstabrasionszyklus, der insgesamt dreimal durchlaufen wurde, erfolgte bei den Proben eine erneute De- und Remineralisation wie zuvor beschrieben. Die Bürstabrasion erfolgte in einer automatischen Zahnputzmaschine (VDD Elektronik, Freiburg, BR Deutschland). Diese Maschine wurde bereits in einer anderen Abrasionsstudie verwendet und ist dort in Aufbau und Funktionsweise näher beschrieben (ATTIN et al. 1997a). Es wurden Zahnbürsten mit mittlerer Borstensteifheit (Filamentdurchmesser 0,2 mm \pm 0,02 mm Toleranz; Borstenlänge 11 mm bei einer geraden Anordnung der Filamente) und einem auswechselbaren Borstenfeld verwendet (Clips Depot, Härte mittel, Fuchs GmbH, Bensheim, BR Deutschland). Jeweils nach dem Bürsten von fünf Probenkörpern wurden die alten Köpfe durch neue ausgetauscht. An den Zahnbürstenköpfen wurde ein Auflagegewicht befestigt, um eine definierte, konstante Anpresskraft von 2,7 N auf die Proben auszuüben. Der Bürstvorgang erfolgte mit einer Frequenz von 200 Bürststrichen pro Minute in Längsachse des freien nicht abgedeckten Bereiches der Proben. Die Durchführung der 2000 Bürststriche dauerte ca. 10 min. Anschliessend wurden die Klebestreifen von den Referenzflächen der Proben entfernt. Die Bestimmung des Zahnhartsubstanzabtrages im Bereich des Bürstgrabens erfolgte mit einer computergestützten Laserprofilometrie (Microfocus Basic, UBM Messtechnik, Ettlingen, BR Deutschland; die messspezifischen Parameter des Laserprofilometers waren: Linienmessung, Messbereich \pm 500 μ m, Messstrecke 2,5 mm, Messfrequenz 60 Punkte/s, Punktdichte 200/mm, Geschwindigkeit 0,30 mm/s, Auflösung 0,1 μ m). Mit dem Laser wurde die Probenoberfläche senkrecht zur Bürstichtung abgetastet. Anfang und Endpunkt der Messstrecke lagen im Referenz-, d.h. im nicht gebürsteten Oberflächenbereich des Probenkörpers. Fünf Messstrecken wurden im Abstand von 0,5 mm im Bereich des Bürstgrabens durch den Laser profilometrisch abgetastet. Durch eine spezielle Computersoftware (Versuchs- und Auswertesystem V 1,30 UBM Messtechnik, Ettlingen, BR Deutschland) war es möglich, die mittlere Rautiefe des gemessenen Bürstabrasionsfeldes für jeden Prüfkörper zu bestimmen. Die Messdaten wurden mit Hilfe des Programms SAS (SAS Institute Inc., Cary, USA) verarbeitet. Die aus den Abrasions-

versuchen ermittelten Bürstgrabentiefen wurden nach dem Verfahren von Tukey (studentized Range HSD) einer Varianzanalyse für unabhängige Stichproben unterzogen. Mit dem Abschlusstestverfahren wurden die Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen überprüft. Dabei erfolgte auf Grund eingeschränkter Vergleichbarkeit kein Vergleich zwischen den Pasten und Gelen. Das Signifikanzniveau wurde mit $p \leq 0,01$ festgelegt.

Resultate

Die ermittelten Abrasionwerte ergaben sich aus der mittleren Tiefe der Bürstgräben nach Abrasion und sind aus Tab. II ersichtlich. Generell ergab das Bürsten mit den experimentellen Zahnpasten auf Grund ihrer Zusammensetzung (Gehalt an Putzkörpern) höhere Abrasionswerte als das Bürsten mit den fluoridhaltigen Gelen (Tab. II). Bei den Zahnpasten zeigte sich, dass verschiedene Pufferkapazitäten bei ansonsten gleichen Parametern keinen signifikanten Einfluss auf die Bürstabrasion besitzen (Gruppenvergleiche der Gruppen A–C, Tab. III), obwohl eine geringe Tendenz zu erhöhtem Substanzabtrag mit höherer Säurezahl zu verzeichnen war. Im Gegensatz zu den Zahnpasten wurde in dieser Untersuchung für die Fluoridgele ein signifikanter Unterschied der Pufferkapazitäten auf die Bürstabrasion nachgewiesen (Gruppenvergleich D/E, Tab. III). So zeigten sich deutlich geringere Abrasionswerte beim Bürsten mit dem Fluoridgel hoher Pufferkapazität (Gruppe E) gegenüber der Verwendung des Gels mit niedriger Pufferkapazität (Gruppe D).

Diskussion

In der vorliegenden Untersuchung wurden die Proben mit verschiedenen Zahnpasten und Fluoridgelen gebürstet und damit einer Abrasion unterzogen. Als Basis für die Zusammensetzung der experimentellen Zahnpasten diente die elmex®-Zahnpaste, für die experimentellen Gele das elmex®-gelée. Diese wurden beispielhaft als Vertreter einer handelsüblichen sauren Zahnpaste und eines sauren Fluoridgels ausgewählt. Durch die gleichen Herstellungsgrundlagen wurde eine standardisierte Zusammensetzung der entsprechenden Pasten und Gele gewähr-

Tab. II Mittlere Tiefe der Bürstgräben \pm Standardabweichung (μ m) nach Bürstabrasion der erodierten Proben.

Gruppe	Bürstagens	Abrasionswert
A	ZP1	6,76 \pm 2,05
B	ZP2	6,84 \pm 1,19
C	ZP3	8,28 \pm 2,89
D	FG1	4,19 \pm 1,9
E	FG2	0,83 \pm 0,61

Tab. III p -Werte der Paarvergleiche der Gruppen A, B und C (Putzagens Zahnpaste) sowie D und E (Putzagens Fluoridgel) bei den erodierten Proben in einer Vielfeldertafel. Signifikante Unterschiede sind mit (*) gekennzeichnet.

	B	C	E
A	0,8794	0,6652	
B		0,7816	
D			0,0002 (*)

leistet. So unterschieden sich die Zahnpasten in ihrer Säurezahl als Mass für ihre Pufferkapazität. Die Parameter Fluoridgehalt und pH-Wert waren gleich, um ausschliesslich die Puffereffekte dieser Zahnpasten zu untersuchen. Die ausgewählten Produkte beinhalten Fluorid in Form organischer Aminfluoride. Auf Grund der gleichen Grundlage der experimentellen Zahnpasten konnte ein unterschiedlicher Einfluss der Silika-Putzkörper auf die Abrasivität ausgeschlossen werden. Dieses ist von Bedeutung, da die Abrasivität von der Grösse, Form und dem Gehalt der Putzkörper in der Zahnpaste abhängt (BARBAKOW et al. 1987). Bei bis auf die Säurezahl gleichen Parametern wurden nach Herstellung der experimentellen Pastenformulierungen unterschiedliche RDA-Werte gemessen. Da dies auch bei den putzkörperfreien Gelen der Fall war, ist ein Einfluss der Putzkörper auszuschliessen. Hieraus lässt sich folgern, dass die Pufferkapazität einen Einfluss auf den RDA-Wert zu haben scheint. Eine Erklärung kann an dieser Stelle nicht gegeben werden, da bei der Herstellung der Formulierungen davon ausgegangen wurde, dass die RDA-Werte auf Grund gleicher Formulierungen relativ nahe beieinander liegen müssten. Diese Tatsache muss in weiteren Untersuchungen geklärt werden. Zusätzlich zu den Zahnpasten wurden zwei saure Fluoridgele gewählt, da die Verwendung eines hochkonzentrierten Fluoridgeles zur Verbesserung der Säureresistenz der Zahnhartsubstanzen empfohlen wird (ATTIN 1999, ATTIN et al. 1999). Diese Gele enthielten keine Putzkörper. Ausser ihrer unterschiedlichen Pufferkapazität waren durch die experimentelle Herstellung die abrasionsbeeinflussenden Parameter pH-Wert und Fluoridgehalt gleich.

Ähnlich einer vorherigen Studie von ATTIN et al. (1997b) wurde das Versuchsdesign gewählt, um die Bürstabrasion durch verstärkte Anwendung der Pasten und Gele in einem verkürzten Zeitraum stattfinden zu lassen. Durch das mehrmalige zyklische Bürsten mit den verschiedenen Bürstagenzien und der bereits in einer früheren Studie ausführlich beschriebenen, automatischen Bürstmaschine (ATTIN et al. 1997b) wird die klinische Anwendung insbesondere der Gele in einem verkürzten Zeitraum simuliert. Hierdurch ist eine Abweichung in der Ausprägung der Abrasion mit der klinischen Situation möglich. Durch die Anwendung des Zahnpastenslurry sollte eine weit gehende Anlehnung an die klinische Situation erfolgen. Im Gegensatz zu Studien (HOTZ 1983, SLOP et al. 1983, MURRAY et al. 1986), in denen für Abrasionstests Zahnpasten mit Wasser vermischt wurden, wurde in dieser Studie ein Bürstslurry aus Zahnpaste und künstlichem Speichel hergestellt. In einer Voruntersuchung wurde eine geringere Abrasivität bei der speichelverdünnten Zahnpastenanwendung gegenüber der Zahnpastenanwendung mit Wasser festgestellt. Es ist davon auszugehen, dass die Speichelmuzine in dem künstlichen Speichel wie ein Gleitmittel wirken und somit die Abrasivität reduziert ist.

Durch die Einwirkung der 1%igen Zitronensäure kommt es zu einem Härteverlust des Schmelzes auf Grund einer Demineralisation und Erweichung der Schmelzoberfläche (DAVIS & WINTER 1980, ATTIN et al. 1997a). Darüber hinaus könnte das Bürsten mit den sauren Bürstagenzien bei den erodierten Zahnproben zu einer weiteren Demineralisation des Schmelzes führen. Das Bürsten von erosiv erweichtem Schmelz mit einer Zahnpaste führt zu einer erhöhten Abnutzung von Zahnhartsubstanz. Die Abrasionswirkung einer Zahnpaste wird wiederum von der Grösse, Form und dem Gehalt an Putzkörpern bestimmt (BARBAKOW et al. 1987). Bei den erodierten Proben zeigte sich insgesamt eine höhere Bürstabrasion der Zahnpastengemische im Vergleich zur Abrasion der Gelgemische, was durch den Gehalt an Putzkörpern erklärt werden kann.

In dieser Untersuchung ergab sich kein signifikanter Einfluss unterschiedlicher Puffereigenschaften der verwendeten Zahnpasten auf die Abrasion der erodierten Proben. Möglicherweise kam es zu keiner relevanten Ausprägung unterschiedlicher Puffereffekte. Es ist anzunehmen, dass eine saure Lösung mit einem hohen Puffereffekt in einem niedrigen pH-Bereich den Zahnschmelz möglicherweise stärker schädigt als eine Lösung mit gleichem Puffereffekt in einem höheren pH-Bereich (LARSEN & NYVAD 1999). Um diesen Sachverhalt zu klären, sind künftig weitere Studien mit experimentellen Zahnpasten und Kombinationen unterschiedlicher Ausgangs-pH-Werte und Pufferkapazitäten notwendig. Zusätzlich muss geklärt werden, in welchem Zusammenhang Pufferkapazität und RDA bzw. REA-Wert stehen, da die Schmelzabrasionswerte der Gruppen A, B und C nicht gross voneinander abweichen, während ihre RDA-Werte stark voneinander variieren. Darüber hinaus sind die Ergebnisse dieser Untersuchung nicht auf alle fluoridhaltigen Zahnpasten und Gele ohne weiteres übertragbar. In dieser Studie wurden aminfluoridhaltige Produkte verwendet. Aminfluoride besitzen auf Grund ihrer chemischen Struktur starke oberflächenaktive Eigenschaften und damit eine ausserordentliche Affinität zur Schmelzoberfläche. Dies führt zu ausgeprägten und vor allem bürstresistenteren Kalziumfluoriddeckschichten auf dem Zahnschmelz (MÜHLEMANN et al. 1960). Bei den Zahnpasten zeigte sich ein Einfluss der Pufferkapazität und vor allem die Bedeutung der Fluoridkonzentration. Mit zunehmender Pufferkapazität wurde eine Tendenz zu einem erhöhten Abtrag während des Bürstens verzeichnet. Allerdings konnte kein signifikanter Zusammenhang nachgewiesen werden. Es ist anzunehmen, dass auf Grund des niedrigeren Fluoridgehaltes bei den Zahnpasten die CaF_2 -Bildung verringert und damit die Abrasionsresistenz und der Säureschutz des Schmelzes vermindert ist. Dazu gegensätzlich sind die Beobachtungen bei den hoch fluoridhaltigen Gelen. Die starke Abhängigkeit der Bürstabrasion von der Fluoridkonzentration scheint die Bedeutung möglicher Puffereffekte bei den Gelen in den Hintergrund zu drängen. Es ist wahrscheinlich, dass hier Puffereffekte, wenn überhaupt, nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Zähnebürsten mit sauren Gelen und einem hohen Fluoridgehalt, wie sie auch in dieser Untersuchung verwendet wurden, führt bei anschliessender Möglichkeit zur Remineralisation zu einer signifikant herabgesetzten Abrasion von demineralisierter Zahnhartsubstanz (ATTIN et al. 1999). Zur Erklärung dieses Sachverhaltes werden zwei mögliche Überlegungen angenommen. So besteht die Möglichkeit, dass die Fluoride in dem Gel-Speichel-Gemisch direkt die Widerstandsfähigkeit gegen eine Erweichung durch das saure Gel während des Bürstens erhöhen. Ferner ist anzunehmen, dass es zu einer Aufnahme in den Schmelz und einer Anreicherung auf dem Schmelz während der Anwendung mit dem sauren fluoridhaltigen Gel kommt. Hierfür lässt sich eine ähnliche Erklärung wie in der Untersuchung von STRÜBIG & GÜLZOW (1986) geben, die den Einfluss von sauren und neutralen Fluoridgelen auf das Bürstabrasionsverhalten von erodiertem Schmelz untersuchten. Diese berichten von einer verstärkten Fluoridakkumulation im Schmelz nach lokaler Applikation von sauren Aminfluoriden im Vergleich zu neutralen Gelen. Möglicherweise liegt Fluorid in einem sauren Milieu in seiner dissoziierten, frei verfügbaren Form vor. Zudem wird im sauren Milieu mehr Kalzium aus dem Schmelz herausgelöst (RØLLA & SAXEGAARD 1990). Durch die zwischenzeitliche Lagerung in menschlichem Speichel könnte eine erleichterte Mineralienaufnahme des Schmelzes aus dem Speichel erfolgen. So stellt der verwendete künstliche Speichel

eine an Kalzium und Phosphat gesättigte Lösung dar, deren remineralisierender Effekt in verschiedenen Studien beobachtet wurde (KLIMEK & HELLWIG 1989, ATTIN et al. 1996). Durch die sich anschliessende Remineralisation würde dadurch ein weiterer Schutz vor erneuter Erosion mit Erweichung des Schmelzes erreicht werden.

Unabhängig vom sauren Ausgangs-pH-Wert der fluoridhaltigen Gelsuspensionen (pH 4,5) zeigte diese Untersuchung den Einfluss unterschiedlicher Pufferkapazitäten der Fluoridgele auf die Bürstabrasion von Zahnschmelz. Eine erhöhte Pufferkapazität führte während des Bürstens zu einem erniedrigten Substanzabtrag.

Zum einen lässt sich ein erniedrigter Substanzabtrag bei Anwendung saurer hoch konzentrierter Fluoridgele durch eine Zunahme der Schmelzhärte auf Grund direkter Fluoridakkumulation in den oberflächlichen Schmelzschichten erklären (STRÜBIG & GÜLZOW 1986). Zum anderen wird, wie bereits erwähnt, im sauren Milieu mehr Kalzium aus dem Schmelz herausgelöst (RØLLA & SAXEGAARD 1990). Die Kalziumfluoridbildung ist bekanntermassen abhängig von der Azidität des umgebenden Milieus und der Fluoridkonzentration (saure Fluoridgelsuspension). Dabei führen erniedrigte pH-Werte bei Anwesenheit von Fluoridionen zu einer stärkeren Kalziumfluoridbildung. Die Mineralien der Kalziumfluoridschicht gehen bei sauren pH-Werten in Lösung und schützen so die darunter liegende Schmelzoberfläche. Hieraus lässt sich folgern, dass die Unbeeinflussbarkeit eines niedrigen pH-Wertes durch Puffereffekte ebenso einen Einfluss auf die Kalziumfluoridbildung haben müsste. Damit wird bei hohen Pufferkapazitäten und Anwesenheit eines hohen verfügbaren Fluoridanteils eventuell mehr CaF_2 gebildet. Diese ausgeprägte CaF_2 -Schicht führt zu einer Reduzierung der Demineralisation und verbessert die Remineralisation des erodierten Schmelzes. So ist zu vermuten, dass die CaF_2 -Bildung bei dem Gel der Gruppe E (elmex®-gelée) ausgeprägter ist als bei dem Gel der Gruppe D (experimentelles Fluoridgel). Damit ergibt sich ein besserer Schutz vor einem nachfolgenden Säureangriff und eine bessere Resistenz gegenüber einer Bürstabrasion.

Schlussfolgerungen

Bei den experimentellen aminfluoridhaltigen Zahnpasten unterschiedlicher Pufferkapazität zeigte sich in dieser In-vitro-Untersuchung kein unterschiedliches Abrasionsverhalten. Damit scheinen Puffereffekte dieser Zahnpasten beim Zähnebürsten von bereits bestehenden erosiven Defekten vermutlich keine bedeutende Rolle hinsichtlich weiterer Abrasionsprophylaxe zu spielen.

Bei dem Fluoridgel mit höherer Pufferkapazität (E) zeigte sich eine herabgesetzte Bürstabrasion im Vergleich zu dem Gel mit geringerer Pufferkapazität (D). Der Gebrauch von Aminfluoridgelen mit einer höheren Pufferkapazität führt im Vergleich zu Aminfluoridgelen niedrigerer Pufferkapazität zu verminderten Abrasionswerten. Die möglicherweise hierfür verantwortliche verstärkte Bildung einer CaF_2 -Deckschicht führt zu einem besseren Schutz vor nachfolgenden erosiven Säureangriffen. Künftig sind weitere Untersuchungen zur Klärung des vermuteten Einflusses der Pufferkapazität von Zahnpasten und Gelen auf ihre Abrasionwirkung (RDA/REA-Wert) nötig.

Danksagung

An dieser Stelle sei GABA International AG (Schweiz) für die Bereitstellung der verschiedenen Zahnpasten und Gele gedankt.

Summary

BETKE H, SCHICK U, BUCHALLA W, HELLWIG E, ATTIN T: **Influence of buffering capacities of AmF-containing toothpastes and fluoride gels on the abrasion of eroded enamel** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 113: 1158–1164 (2003)
The aim of the study was to evaluate the abrasion resistance of eroded enamel brushed with experimental toothpastes and fluoride gels of varying buffering capacities. 50 Specimens were prepared from extracted human molars and cycled through three alternating de- and remineralizations including brushing abrasion in a brushing machine. Demineralization was accomplished by immersing the samples in 1% citric acid (5 min), remineralization occurred during immersing the samples in artificial saliva (1 min). Groups of ten samples were brushed with either one of the toothpaste (A–C) or one of the fluoridated gels (D–E). Toothpastes and gels were produced on the basis of elmex® toothpaste or elmex®-gelée (GABA International AG, Switzerland). Amount of titrable acid was defined as amount (mg) of 1 N KOH needed for neutralization of 1 g toothpaste or gel (A: 6 mg, B: 12 mg, C: 24 mg, D: 3.1 mg, E: 10 mg KOH). The following abrasion values (mean + S.D. [μm]) were obtained profilometrically: A: 6.76 ± 2.05 , B: 6.84 ± 1.19 , C: 8.28 ± 2.89 , D: 4.19 ± 1.09 and E: 0.83 ± 0.61 . No significant difference in abrasion between the toothpastes was found. The fluoride gel with the higher buffering capacity (E) exhibited significantly less abrasion than the gel with the lower buffering capacity (D). It is concluded that in eroded enamel buffering capacity of the tested fluoridated toothpastes has no effect on abrasion, whereas use of fluoride gel with a higher buffering capacity leads to reduced abrasion values.

Résumé

Le but de l'étude était d'évaluer la résistance à l'abrasion d'émail ayant subi une érosion par des dentifrices expérimentaux et des gels de fluorure avec différents pouvoirs tampon. Cinquante échantillons ont été préparés à partir de molaires humaines extraites, puis soumis à trois cycles de dé- et re-minéralisation, comprenant une abrasion dans un dispositif de «brossage». La déminéralisation a été effectuée par immersion des échantillons dans une solution d'acide citrique à 1% (5 min), tandis que la re-minéralisation a été obtenue par immersion dans une solution de salive artificielle (1 min). Des groupes de dix échantillons ont été soumis à un brossage soit avec un des dentifrices (A–C), soit avec un des gels de fluorure (D–E). Les dentifrices et gels ont été préparés à partir d'un des dentifrices ELMEX® ou sur la base d'un des gels fluorés ELMEX® (GABA International SA, Suisse). Le taux d'acide «titrable» (pouvoir tampon) a été défini comme la quantité (mg) de 1 N KOH nécessaire pour neutraliser 1 g de dentifrice ou de gel (A: 6 mg, B: 12 mg, C: 24 mg, D: 3,1 mg, E: 10 mg KOH). Les valeurs d'abrasion (moyenne \pm D. S. [μm]) suivantes ont été obtenues par profilométrie: A: $6,76 \pm 2,05$, B: $6,84 \pm 1,19$, C: $8,28 \pm 2,89$, D: $4,19 \pm 1,09$, E: $0,83 \pm 0,61$. Aucune différence statistiquement significative du degré d'abrasion a été trouvée entre les différents dentifrices testés. Quant à l'abrasion par brossage avec un gel fluoré, le gel avec un pouvoir tampon plus élevé (E), produisait une abrasion significativement inférieure par rapport au gel avec un pouvoir tampon plus bas (D). Il est conclu qu'en présence d'émail érodé, le pouvoir tampon des dentifrices examinés n'a pas d'influence sur l'abrasion par brossage. En revanche, l'utilisation de gels fluorés avec un pou-

voir tampon plus élevé, conduit à des taux d'abrasion plus faibles.

Literaturverzeichnis

- AESCHBACHER M: Die Erweichung der Schmelzoberfläche durch Fruchtsäfte unter In-vitro-Bedingungen. *Schweiz Monatsschr Zahnheilk* 77: 58–62 (1967)
- ATTIN T, HILGERS R D, HELLWIG E: Einfluss von Muzin im Speichel auf die Entstehung von Schmelzerosionen. *Dtsch Zahnärztl Z* 51: 506–510 (1996)
- ATTIN T: Bürstabrasion von erosionsgeschädigtem Dentin bei Verwendung eines sauren Fluoridgeles. *Dtsch Zahnärztl Z* 54: 1–5 (1999)
- ATTIN T, DEIFUSS H, HELLWIG E: Influence of acidified fluoride gel on abrasion resistance of eroded enamel. *Caries Res* 33: 135–139 (1999)
- ATTIN T, KOIDL U, BUCHALLA W, SCHALLER H G, KIELBASSA A M, HELLWIG E: Correlation of microhardness and wear of differently eroded enamel. *Arch Oral Biol* 42: 243–250 (1997a)
- ATTIN T, HILGERS R D, HELLWIG E: Beeinflussung erosionsbedingten Oberflächenhärteverlusts von Zahnschmelz durch Fluorid. *Dtsch Zahnärztl Z* 52: 241–245 (1997b)
- BARBAKOW F, LUTZ F, IMFELD T: Relative dentin abrasion by dentifrices and prophylaxis pastes: implications for clinicians, manufacturers, and patients. *Quintessence Int* 18: 29–34 (1987)
- BERGSTRÖM J, LAVSTEDT S: An epidemiologic approach to toothbrushing and dental abrasion. *Community Dent Oral Epidemiol* 7: 57–64 (1979)
- BRUDEVOLD F, SAVORY A, GARDNER D E, SPINELLI M, SPEIRS R: A study of acidulated fluoride solutions. In vitro effects on enamel. *Arch Oral Biol* 8: 167–177 (1963)
- 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)
- ECCLES J D: Tooth surface loss from abrasion, attrition and erosion. *Dent Update* 9: 373–381 (1982)
- GANSS C, KLIMEK J, SCHAFFER U, SPALL T: Effectiveness of two fluoridation measures on erosion progression in human enamel and dentine in vitro. *Caries Res* 35: 325–30 (2001)
- GERRARD W A, WINTER P J: Evaluation of toothpastes by their ability to assist rehardening of enamel in vitro. *Caries Res* 20: 209–216 (1986)
- HOTZ P R: Studies on the abrasiveness of toothpastes. *Schweiz Monatsschr Zahnheilk* 93: 93–99 (1983)
- IMFELD T: Dental erosion. Definition, classification and links. *Eur J Oral Sci* 104: 151–155 (1996a)
- IMFELD T: Prevention of progression of dental erosion by professional and individual prophylactic measures. *Eur J Oral Sci* 104: 215–220 (1996b)
- JÄRVINEN V K, RYTÖMAA I I, HEINONEN O P: Risk factors in dental erosion. *J Dent Res* 70: 942–947 (1991)
- KLIMEK J, HELLWIG E: Beeinflussung der De- und Remineralisation von Zahnschmelz durch Zähneputzen mit einem Zahnsalz. *Oralprophylaxe* 11: 26–30 (1989)
- LARSEN M J, NYVAD B: Enamel erosion by some soft drinks and orange juices relative to their pH, buffering effect and contents of calcium phosphate. *Caries Res* 33: 81–87 (1999)
- LUSSI A, JÄGGI T, SCHÄRER S: The influence of different factors on in vitro enamel erosion. *Caries Res* 27: 387–393 (1993)
- MELBURG J R: Fluoride dentifrices current status and prospects. *Int Dent J* 41: 9–16 (1991)
- MEURMAN J H, HÄRKÖNEN M, NÄVERI H, KOSKINEN J, TOROKKO H, RYTÖMAA I, JÄRVINEN V, TURUNEN R: Experimental sports drinks with minimal dental erosion effect. *Scand J Dent Res* 98: 120–128 (1990a)
- MEURMAN J H, TOROKKO H, HIRVONEN J, KOSKINEN J, RYTÖMAA I: Application of a new mechanical properties microprobe to study hardness of eroded bovine enamel in vitro. *Scand J Dent Res* 98: 568–70 (1990b)
- MÜHLEMANN H R, KÖNIG K G, MARTHALER T M, SCHAIT A, SCHMID H: Organische Fluoride. *Schweiz Monatsschr Zahnheilk* 70, 1037–1056 (1960)
- MURRAY I D, MCCABE J F, STORER R: Abrasivity of denture cleaning pastes in vitro and in situ. *Br Dent J* 161: 137–41 (1986)
- PINDBORG J J: Pathology of the dental hard tissues. Munksgaard, Copenhagen, pp. 312–321 (1970)
- RETIEF D H, BRADLEY E L, HOLBROOK M, SWITZER P: Enamel fluoride uptake, distribution and retention from topical fluoride agents. *Caries Res* 17: 44–51 (1983)
- RÖLLA G, SAXEGAARD E: Critical evaluation of the composition and use of topical fluorides, with emphasis on the role of calcium fluoride in caries inhibition. *J Dent Res* 69: 780–785 (1990)
- SCHUTZEL P: Anorexia nervosa und Bulimia nervosa – Psycho-gene Essstörungen und ihre Bedeutung für den Zahnarzt. *Zahnärztl Mitt* 80: 2470–2478 (1990)
- SHERN R J, DUANY L F, SENNING R S, ZINNER D D: Clinical study of an amine fluoride gel and acidulated phosphate fluoride gel. *Community Dent Oral Epidemiol* 4: 133–136 (1976)
- SLOP D, DE ROOIJ J F, ARENDS J: Abrasion of enamel. An in vitro investigation. *Caries Res* 17: 242–248 (1983)
- SOGNAES R F: Dental hard tissue destruction with special reference to idiopathic erosions. In: Sognaes RF: Mechanisms of hard tissue destruction. Association of the advancement of science, Washington, p. 91 (1963)
- SORVARI R, MEURMAN J H, ALAKUIJALA P, FRANK R M: Effect of fluoride varnish and solution on enamel erosion in vitro. *Caries Res* 28: 227–232 (1994)
- STRÜBIG W, GÜLZOW H J: Untersuchungen zur lokalen Wirksamkeit von Gelees mit unterschiedlichem Fluoridgehalt und unterschiedlichem pH. *Dtsch Zahnärztl Z* 41: 823–835 (1986)
- SVINNSETH P J, GJERDET N R, LIE T: Abrasivity of toothpastes. An in vitro study of toothpastes marketed in Norway. *Acta Odontol Scand* 45: 195–202 (1987)
- TEN CATE J M, IMFELD T: Dental erosion, summary. *Eur J Oral Sci* 104: 241–244 (1996)
- ZERO D T, RAHBEK I, FU J, PROSKIN H M, FEATHERSTONE J D B: Comparison of the iodide permeability test, the surface microhardness test, and mineral dissolution of bovine enamel following acid challenge. *Caries Res* 24: 181–188 (1990)