

# Forschung · Wissenschaft Recherche · Science

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

**Editors**  
**Redaktoren**  
**Rédacteurs**  
Urs Belser, Genève  
Rudolf Gmür, Zürich  
Peter Hotz, Bern

**Assistant Editor**  
**Redaktions-Assistent**  
**Rédacteur assistant**  
Tuomas Waltimo, Basel

## **Advisory board / Gutachtergremium / Comité de lecture**

T. Attin, Zürich  
P. Baehni, Genève  
J.-P. Bernard, Genève  
C.E. Besimo, Basel  
M. Bornstein, Bern  
D. Bosshardt, Bern  
S. Bouillaguet, Genève  
U. Brägger, Bern  
D. Buser, Bern  
M. Cattani, Genève  
B. Ciucchi, Genève  
K. Dula, Bern  
D. Ettl, Zürich  
G. Eyrich, Zürich  
A. Filippi, Basel  
J. Fischer, Zürich  
L.M. Gallo, Zürich  
U. Gebauer, Bern  
R. Glauser, Zürich  
W. Gnoinski, Zürich  
T. Göhring, Zürich  
K.W. Grätz, Zürich

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

S. Paul, Zürich  
T. Peltomäki, Zürich  
M. Perrier, Lausanne  
B. Pjetursson, Bern  
M. Ramseier, Bern  
M. Richter, Genève  
H.F. Sailer, Zürich  
G. Salvi, Bern  
J. Samson, Genève  
U.P. Saxer, Zürich  
J.-P. Schatz, Genève  
S. Scherrer, Genève  
P. Schüpbach, Horgen  
H. van Waas, Zürich  
P. Velvart, Zürich  
T. von Arx, Bern  
F. Weber, Zürich  
R. Weiger, Basel  
A. Wichelhaus, Basel  
A. Wiskott, Genève  
H.F. Zeilhofer, Basel  
N.U. Zitzmann, Basel

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

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

# Schmelz-Fluoridaufnahme nach Fluoridierung und Fluoridfällung

## Zusammenfassung

Diese In-vitro-Studie untersuchte, ob sich die Fluoridaufnahme in gesundem Zahnschmelz durch eine Fluoridfällung mit Kalziumhydroxid erhöht.

Je fünf Schmelzproben aus 12 bovinen Frontzähnen wurden poliert und nach Erzeugung eines Speichel-Pellikels auf fünf Gruppen ( $n = 12$ ) verteilt. In Gruppe TN wurde ein Fluoridpräparat (43 500 ppm F als Magnesiumfluorosilikat, Kupfer(II)-Fluorosilikat und Natriumfluorid, pH 2; Tiefenfluorid-Touchierlösung, Humanchemie) und eine  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -Lösung (Tiefenfluorid-Nachtouchierlösung) nacheinander aufgetragen. In Gruppe T wurde nur die Touchierlösung, in Gruppe NaF Natriumfluorid (43 500 ppm F, pH 2) und in Gruppe EF Aminfluorid (Elmex fluid, 10 000 ppm F, pH 4) verwendet. Gruppe NK (Negativkontrolle) wurde nicht fluoridiert. Nach Abspülen und 24 Stunden Lagerung in künstlichem Speichel wurde KOH-lösliches Fluorid (KOHF) der Oberfläche und strukturell gebundenes Fluorid (SBF) in drei Schichten (0–33, 33–66 und 66–99  $\mu\text{m}$  Tiefe) bestimmt.

KOHF (Median in  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) von NK lag unterhalb der Nachweisgrenze der verwendeten Fluoridelektrode. Die Werte der übrigen Gruppen lagen signifikant höher (Mann-Whitney-Test,  $p \leq 0,05$ ). TN (1,6), T (1,4) und NaF (1,1) unterschieden sich nicht signifikant. EF (0,6) wies signifikant weniger KOHF auf als TN und T, war aber nicht unterschiedlich zu NaF. Beim SBF (0–33, 33–66, 66–99  $\mu\text{m}$ ; Median in  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ ) waren TN (445, 341, 275), T (644, 481, 360), NaF (804, 480, 307) und EF (449, 346, 280) nicht signifikant unterschiedlich. Allerdings wies TN eine signifikant höhere Anreicherung mit SBF auf als NK.

Die Untersuchung zeigte, dass eine zusätzliche Fällungsreaktion mit  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  nach der Fluoridierung nicht zu einer höheren Fluoridaufnahme im Schmelz führte.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 117: 118–122 (2007)

Schlüsselwörter: KOH-lösliches Fluorid, strukturell gebundenes Fluorid, Fällungsreaktion, Kalziumhydroxid, Schmelz

Zur Veröffentlichung angenommen: 24. November 2006

## Korrespondenzadresse:

PD Dr. Wolfgang Buchalla  
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
der Universität Zürich, Klinik für Präventivzahnmedizin,  
Parodontologie und Kariologie  
Plattenstrasse 11, CH-8032 Zürich  
Tel. +41/(0)44 634 33 83 (Büro), Fax +41/(0)44 634 43 08  
E-Mail: wolfgang.buchalla@zzmk.unizh.ch

WOLFGANG BUCHALLA, ÁINE M. LENNON,  
KATRIN TRAGE, KLAUS BECKER und THOMAS ATTIN

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

## Einleitung

Die kariostatische Wirksamkeit der Fluoride ist heute allgemein akzeptiert. Bei der lokalen Anwendung von Fluoridpräparaten gilt die Bildung von  $\text{CaF}_2$  und  $\text{CaF}_2$ -ähnlichen Präzipitaten auf der Schmelzoberfläche als wichtiger Beitrag zur Erzielung einer hohen Fluoridaufnahme und kariostatischen Effektivität (RØLLA & SAXEGAARD 1990). Dabei besteht eine positive Korrelation zwischen einem niedrigen pH-Wert der Fluoridpräparate und einer

hohen Anreicherung mit  $\text{CaF}_2$ -ähnlichen Präzipitaten (ØGAARD 2001). In früheren Arbeiten wurde auf die Möglichkeit hingewiesen, durch eine Fällungsreaktion einer Magnesium-Fluorosilikatlösung mit Kalziumhydroxid  $\text{CaF}_2$ -Partikel in den Porositäten der Schmelzoberfläche auszufällen (KNAPPWOST 1995). Hierbei wurde vermutet, dass bei dieser Vorgehensweise an einer kariös veränderten Schmelzoberfläche mehr  $\text{CaF}_2$  in den Schmelzporositäten angereichert wird als bei einer NaF-Applikation. Begründet wurde dies damit, dass die bei der Fällungsreaktion ausgefallenen  $\text{CaF}_2$ -Partikel kleiner sein sollen als die  $\text{CaF}_2$ -Partikel, die sich bei der Applikation von NaF auf der Schmelzoberfläche bilden. Ebenso wurde postuliert, dass bei nicht kariösen Schmelzoberflächen eine fluoridreiche Schicht aus Kieselgel ausfällt, die eine höhere Fluoridanreicherung und stabilere Fluoridretention aufweist, als dies nach einer reinen NaF-Applikation der Fall ist (KNAPPWOST 1978).

Ein auf dieser Grundidee basierendes, kommerziell erhältliches Präparat (Tiefenfluorid, Humanchemie GmbH, Alfeld, Deutschland) besteht aus zwei Komponenten, die nacheinander auf die Schmelzoberfläche aufgetragen werden. Dabei enthält die erste Komponente Magnesiumfluorosilikat und Kupfer-(II)-Fluorosilikat in hoher Konzentration bei niedrigem pH-Wert. Die zweite Komponente enthält Kalziumhydroxid. In einem ähnlichen Ansatz wurden ebenfalls zwei Komponenten angewendet, die aber bereits kurz vor der Applikation vermischt wurden (CHOW & TAKAGI 1991). Hierbei wurde eine Lösung aus Natrium-Hexafluorosilikat ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ) mit einer sauren Kalziumchlorid-Lösung vermischt, wodurch es zum Ausfallen von  $\text{CaF}_2$  kommt, welches an der Schmelzoberfläche präzipitiert. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Fluoridaufnahme nach Applikation von Magnesiumfluorosilikat und Kupfer-(II)-Fluorosilikat mit anschließender Fluoridfällung mit Kalziumhydroxid stehen bis heute aber weitgehend noch aus. Es war daher das Ziel der vorliegenden Untersuchung, zu klären, ob die Fluoridaufnahme in gesundem Schmelz bei Anwendung der Fällungsmethode höher ist als bei Anwendung des gleichen Präparates ohne Kalziumhydroxidfällung bzw. bei der Anwendung einer NaF-Lösung mit demselben Fluoridgehalt und pH.

## Material und Methoden

Aus der Labialfläche von 12 frisch extrahierten Rinderfrontzähnen wurden jeweils fünf zylindrische Proben von 4 mm Durchmesser mit einem wassergekühlten diamantierten Hohlbohrer entnommen. Die Zwischenlagerung der Proben erfolgte zunächst in Leitungswasser mit 0,05% Thymol. Die Proben wurden in Acrylharz (Technovit 4004, Haereus Kulzer GmbH, Hanau, Deutschland) eingebettet. Die Schmelzseite wurde mit Siliziumkarbidpapier (FEPA P 500 bis P 4000, Struers, Erkrath, Deutschland) unter Wasserkühlung plangeschliffen und poliert (DP-U3, Struers). Hierbei wurden ca. 250  $\mu\text{m}$  der Schmelzoberfläche entfernt. Die Proben wurden anschliessend von der Dentinseite her parallel zur Schmelzseite beschliffen (FEPA P 500). Nach dem Entfernen des Einbettkunststoffes wurden die Dentinseite und die Mantelfläche der Proben mit fluoridfreiem Klebewachs (Müller & Weygandt GmbH und Co. KG, Büdingen, Deutschland) isoliert. Die Proben wurden zur Erzeugung eines Speichel-Pellikels für 24 h bei 37 °C in gepoolten Humanspeichel eingelegt, der zur Keimreduktion mit 0,01% Na-Azid versetzt worden war. Anschliessend wurden die Proben mit Leitungswasser abgespült und in künstlichem Speichel ohne Muzin (0,002g/l Ascorbinsäure, 0,580 g/l NaCl, 0,170 g/l  $\text{CaCl}_2$ , 0,160 g/l  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 1,270 g/l KCl, 0,160 g/l NaSCN, 0,200 g/l Harnstoff, ca. 0,330 g/l  $\text{KH}_2\text{PO}_4$

und 0,340 g/l  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  ad pH 6,4) bei 37 °C für bis zu 8 h zwischengelagert (KLIMEK et al. 1982).

Die fünf Proben aus jeweils einem Zahn wurden auf fünf Gruppen verteilt (n=12). In vier der fünf Gruppen wurden die Probenoberflächen für 10 s mit ölfreier Druckluft getrocknet und mit einem Fluoridpräparat behandelt. In Gruppe TN wurde ein Zweikomponenten-Fluoridpräparat (Tiefenfluorid, Humanchemie GmbH, Alfeld, Deutschland) verwendet. Zunächst wurde die fluoridhaltige Komponente (Touchierlösung, pH 2, 43500 ppm F als Magnesiumfluorosilikat, Kupfer-(II)-Fluorosilikat und NaF) für 1 min mit einem Schaumstoffpellet touchiert. Die fluoridfreie  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -haltige Komponente (Nachtouchierlösung, pH 14, 10,1 Gew.-%  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , 3 ppm F) wurde unmittelbar danach ebenfalls für 1 min appliziert. In Gruppe T wurde ausschliesslich die Touchierlösung aufgetragen. In Gruppe NaF wurde eine Natriumfluoridlösung (pH 2, 43 500 ppm F) verwendet. In Gruppe EF wurde ein Fluoridpräparat mit vergleichsweise niedrigerem Fluoridgehalt und höherem pH verwendet (Elmex fluid, pH 4, 10 000 ppm F als Aminfluorid, Gaba, Münchenstein, Schweiz). In Gruppe NK (Negativkontrolle) wurde kein Fluoridpräparat appliziert. Nach der Fluoridapplikation wurden die Proben jeweils für 10 s mit Leitungswasser abgespült und bei 37 °C einzeln in jeweils 20 ml künstlichem Speichel gelagert. Nach 1 h wurden die Proben entnommen, nochmals für 10 s mit Leitungswasser abgespült und für weitere 23 h bei 37 °C in jeweils 20 ml neu eingesetztem künstlichem Speichel gelagert. Anschliessend wurde das KOH-lösliche Fluorid (KOHf) der Oberfläche und das strukturell gebundene Fluorid (SBF) in drei konsekutiven Schichten à 33  $\mu\text{m}$  bestimmt.

Zur Bestimmung des KOHF wurden die Proben in 300  $\mu\text{l}$  1 M KOH-Lösung für 24 h bei 23 °C bewegt inkubiert. 100  $\mu\text{l}$  aus dieser Lösung wurden mit 149  $\mu\text{l}$  0,5 M Perchlorsäure neutralisiert, mit 28,9  $\mu\text{l}$  TISAB III gepuffert (resultierender pH 5,4), der Fluoridgehalt mit einer Einstab-Fluoridelektrode (Mettler-Toledo GmbH, Giessen, Deutschland) bestimmt und auf  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  Probenoberfläche umgerechnet.

Zur Bestimmung des SBF wurde der Wachsmantel von den Proben entfernt und von der Probenoberfläche drei jeweils 33  $\mu\text{m}$  dicke Schichten mit einer Handschleifapparatur abgeschliffen (HELLWIG et al. 1989). Der Schleifstaub wurde jeweils gesammelt und mit 300  $\mu\text{l}$  0,5 M Perchlorsäure für 8 min in einem Vortexrüttler bei 23 °C inkubiert. Aus dieser Lösung wurden 149  $\mu\text{l}$  entnommen, mit 100  $\mu\text{l}$  1 M KOH neutralisiert, mit 28,9  $\mu\text{l}$  TISAB III gepuffert (resultierender pH 5,4), der Fluoridgehalt mit einer Fluoridelektrode bestimmt und auf  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$  Probenvolumen umgerechnet.

Die Nachweisgrenze für die Bestimmung des Fluoridgehalts mit der fluoridsensitiven Elektrode liegt bei 3  $\mu\text{mol}/\text{L}$  Fluorid ( $6 \times 10^{-2}$  ppm F) in der Messlösung (BUCHALLA W, BECKER K, NEURATH H, BUIJS M J, IMFELD T, LUSSI A, STÖSSER L, TEN CATE J M, ATTIN T: Detection limit of fluoride-sensitive electrode reconsidered by multi-center study. Caries Res 40: Abstract Nr. 1, 303; 2006). Dies entspricht einem Fluoridgehalt von 0,38  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  Probenoberfläche beim KOHF und 114,6  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$  Probenvolumen beim SBF. Unterhalb dieser Fluoridkonzentration ist eine stabile und reproduzierbare Messung nicht möglich (ATTIN et al. 2006). In Gruppen mit einem Probenanteil von über 50% unterhalb der Nachweisgrenze wurde die Fluoridaufnahme insgesamt als nicht nachweisbar gewertet.

Da die Daten nicht normal verteilt waren (Shapiro-Wilk-Test), wurden Unterschiede zwischen den Gruppen mit dem Mann-Whitney-Test auf Signifikanz ( $p \leq 0,05$ ) getestet.

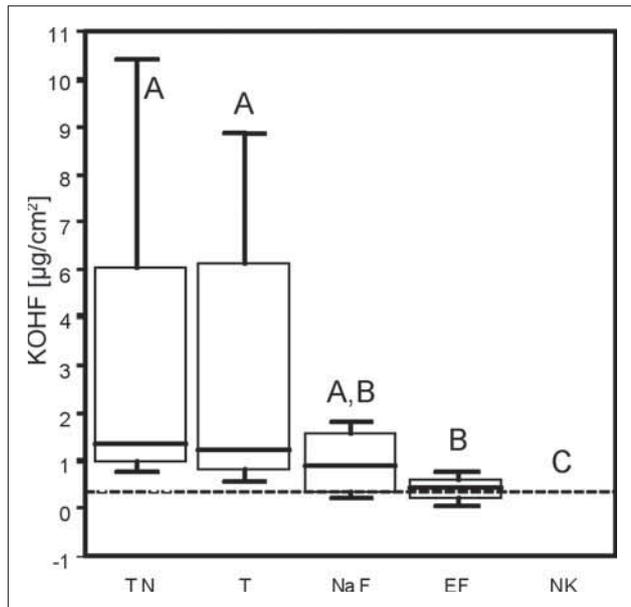


Abb. 1 KOH-lösliches Fluorid. Median, 1. und 3. Quartil (Box) und grösster bzw. kleinster Wert, der weniger als 1,5 Boxlängen von der Box entfernt ist (Whisker). Gruppen (jeweils  $n = 12$ ) mit unterschiedlichen hochgestellten Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander ( $p \leq 0,05$ ). TN = Tiefenfluorid mit Nachtouchierung, T = Tiefenfluorid ohne Nachtouchierung, NaF = Natriumfluorid, EF = Elmex fluid, NK = Negativkontrolle (kein Boxplot gegeben, da Median unterhalb der Nachweisgrenze). Die Nachweisgrenze ( $0,38 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) ist gestrichelt eingezeichnet.

## Resultate

### KOH-lösliches Fluorid

Das KOHF der Negativkontrolle ohne Fluoridierung lag unterhalb der Nachweisgrenze von  $0,38 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ . Die Werte der übrigen Gruppen lagen im Messbereich (Abb. 1). Die Applikation der Fluorosilikatlösung (Tiefenfluorid-Touchierlösung) mit und ohne Fällungsreaktion mit  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (Nachtouchierlösung) führte zu einer hohen Aufnahme an KOH-löslichem Fluorid, wobei die Fällungsreaktion keinen Einfluss auf die KOHF-Aufnahme hatte ( $p \leq 0,511$ ). Der Unterschied zur etwas geringeren KOHF-Aufnahme nach Applikation von NaF mit der gleichen Fluoridkonzentration war statistisch nicht signifikant ( $p = 0,076$  [TN] bzw.  $0,278$  [T]). Elmex fluid mit einem geringeren Fluoridgehalt und höherem pH als die Fluorosilikatlösung zeigte eine gegenüber TN und T geringere KOHF-Aufnahme ( $p = 0,03$  und  $0,04$ ). Kein signifikanter Unterschied bestand zwischen NaF und EF ( $p = 0,250$ ).

### Strukturell gebundenes Fluorid

Das SBF wurde in drei konsekutiven Schichten von jeweils  $33 \mu\text{m}$  gemessen. Der Fluoridgehalt der Negativkontrolle ohne Fluoridierung lag in der zweiten ( $33-66 \mu\text{m}$ ) und der dritten Schicht ( $66-99 \mu\text{m}$ ) unterhalb der Nachweisgrenze von  $114 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ . Die Werte der übrigen Gruppen lagen im Messbereich (Abb. 2a-c). In der ersten Schicht ( $0-33 \mu\text{m}$ ) zeigte die Gruppe NaF die höchste Aufnahme an strukturell gebundenem Fluorid, allerdings ohne signifikanten Unterschied zu den Gruppen TN ( $p = 0,071$ ), T ( $p = 0,622$ ) und EF ( $p = 0,123$ ). Lediglich TN war nicht signifikant unterschiedlich zur Negativkontrolle NK ( $p = 0,082$ ).

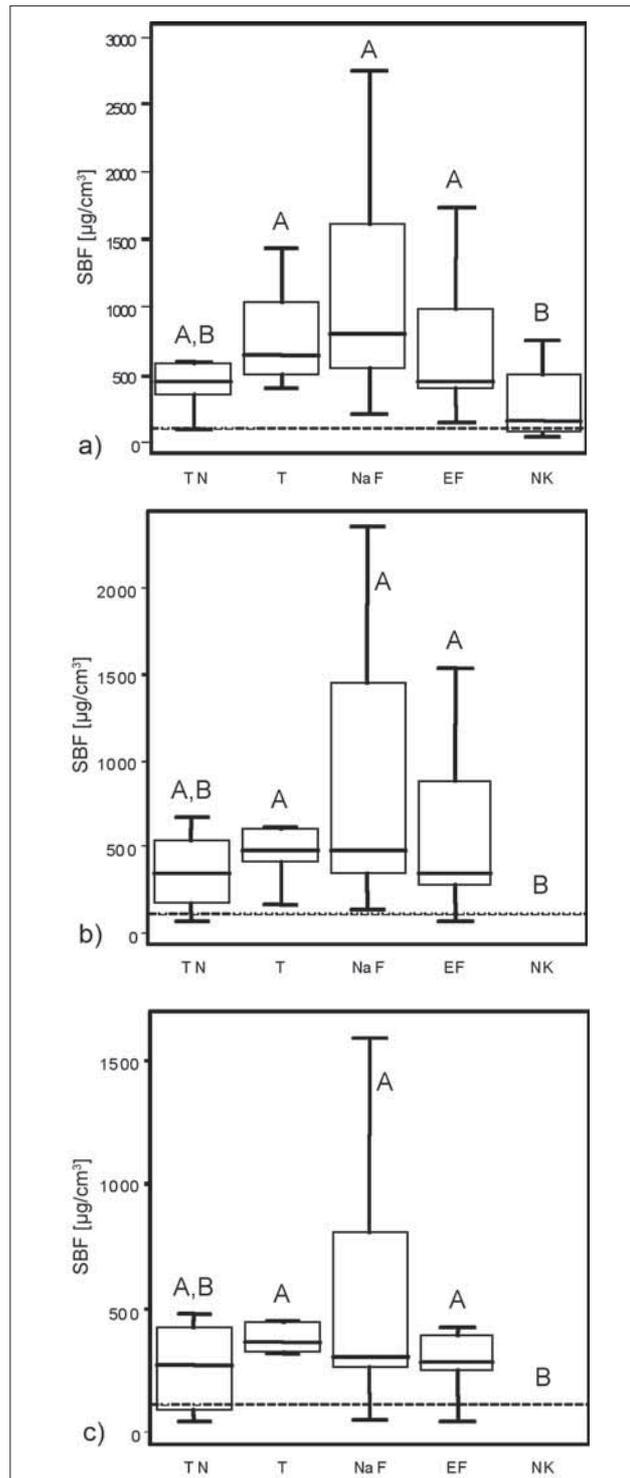


Abb. 2 Strukturell gebundenes Fluorid. a) 1. Schicht ( $0-33 \mu\text{m}$ ), b) 2. Schicht ( $33-66 \mu\text{m}$ ), c) 3. Schicht ( $66-99 \mu\text{m}$ ). Dargestellt ist jeweils der Median, 1. und 3. Quartil (Box) und grösster bzw. kleinster Wert, der weniger als 1,5 Boxlängen von der Box entfernt ist (Whisker). Gruppen (jeweils  $n = 12$ ) mit unterschiedlichen hochgestellten Buchstaben unterscheiden sich signifikant voneinander ( $p \leq 0,05$ ). TN, T, NaF, EF, NK wie Abb. 1. Die Nachweisgrenze ( $114,6 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ ) ist gestrichelt eingezeichnet. Wenn der Median unterhalb der Nachweisgrenze lag, wurde kein Boxplot gezeichnet.

In den beiden tieferen Schichten (33–66 µm und 66–99 µm) zeigten die Unterschiede zwischen den Gruppen die gleiche Signifikanz.

## Diskussion

Die vorliegende Studie untersuchte, ob sich die Fluoridaufnahme in gesunden Schmelz nach Applikation von Magnesiumfluorosilikat und Kupfer-(II)-Fluorosilikat durch eine Fällungsreaktion mit Kalziumfluorid erhöhen lässt. Der in der Fluoridkomponente des untersuchten Magnesiumfluorosilikat- und Kupfer-(II)-Fluorosilikat-haltigen Präparates gemessene Fluoridgehalt (43 500 ppm F) ist höher als derjenige der meisten für die lokale Fluoridierung kommerziell erhältlichen Fluoridpräparate. So enthalten zum Beispiel der häufig verwendete Fluoridlack Duraphat 22 600 ppm F (pH 7) und das Fluoridgel Elmex Gelée 12 500 ppm F (pH 4). Die Kombination aus hohem Fluoridgehalt und einem niedrigen pH-Wert lässt eine hohe Anlagerung an KOH-löslichem Fluorid (KOHF, vor allem CaF<sub>2</sub>) erwarten (ØGAARD 2001). Tatsächlich führte Tiefenfluorid (pH 2) mit und ohne Fällungsreaktion durch die Nachtouchierlösung zu einem sehr hohen KOHF-Gehalt an der Schmelzoberfläche, der signifikant höher war als nach der Anwendung des mit untersuchten Aminfluoridpräparates (Elmex fluid). Dies lässt sich damit erklären, dass das Aminfluoridpräparat weniger Fluorid enthielt (10 000 ppm F) und einen höheren pH-Wert (pH 4) aufwies. Die untersuchte NaF-Lösung wurde mit demselben Fluoridgehalt und pH-Wert angesetzt wie das Magnesiumfluorosilikat-Kupfer-(II)-Fluorosilikat-Präparat und führte zu einer statistisch gleich hohen Aufnahme an KOH-löslichem Fluorid. Die Fällungsreaktion führte demnach zu keiner höheren Fluoridanreicherung bei Anwendung nach Applikation des Magnesiumfluorosilikat-Kupfer-(II)-Fluorosilikat-Präparates. Insgesamt zeigen aber alle untersuchten Fluoridierungsmethoden eine deutliche Akkumulation an KOHF gegenüber der nicht-fluoridierten Kontrollgruppe. Die Menge des aufgenommenen KOH-löslichen Fluorids lag in einem Bereich, der auch in vorangegangenen Untersuchungen mit anderen Fluoridpräparaten zu finden war (ATTIN et al. 2005). Ähnliches gilt auch für das strukturell gebundene Fluorid. Die CaF<sub>2</sub>-Deckschicht dient dabei als ein Reservoir, aus welchem sich strukturell gebundenes Fluorid aufbaut (SAXEGAARD & RØLLA 1989, BUCHALLA et al. 2002). Aus heutiger Sicht gilt insbesondere das KOH-lösliche Fluorid als entscheidend für die kariostatische Wirksamkeit von Fluoridierungsmassnahmen (ØGAARD et al. 1990). Die schnelle Verfügbarkeit von Fluoridionen aus CaF<sub>2</sub>-Präzipitaten an der Schmelzoberfläche, welche bei einem kariogenen pH-Abfall freigesetzt werden, wird dabei als der entscheidende karioprotektive Faktor angesehen (ØGAARD 1990). Beim aufgenommenen strukturell gebundenen Fluorid (SBF) zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Fluoridierungsmassnahmen, und zwar unabhängig von der Tiefe. Bemerkenswert ist, dass die Nachbehandlung im Rahmen der Fällungsreaktion dazu führte, dass der Gehalt an strukturell gebundenem Fluorid nach der Fluoridierung mit Fällungsreaktion nicht mehr signifikant höher war als ohne Fluoridierung, wohingegen alle übrigen Fluoridierungsmassnahmen zu einem signifikant höheren SBF-Gehalt führten. Dies ist möglicherweise auf den durch die Nachtouchierung höheren pH-Wert zurückzuführen. Es kann daher angenommen werden, dass die beschriebene Fluoridfällung zu keiner höheren Fluoridakkumulation in der Tiefe des Zahnschmelzes führt als andere Fluoridierungsmassnahmen. Dies deckt sich mit der Beobachtung, dass eine Fluoridierung vor allem zu einer Fluoridanreicherung auf

der Schmelzoberfläche, aber nur zu einer geringen Fluoridanreicherung im Schmelz führt (SAXEGAARD & RØLLA 1988). Nicht Gegenstand der Untersuchung war die Fluoridaufnahme in eine bestehende kariöse Läsion hinein. Ob eine Fällungsreaktion zu einer höheren Fluoridakkumulation in kariös veränderten Schmelz führen kann, ist Gegenstand einer noch in der Ausführung befindlichen Untersuchung und kann durch die Daten der vorliegenden Studie nicht beantwortet werden. Ebenso ist noch nicht geklärt, ob die beschriebene Fällungsreaktion zu der in der Literatur postulierten, intraoral langzeitstabileren Fluoridakkumulation (KNAPPWOST 1978, 1995) und zu einer verstärkten Remineralisation führt. Die so genannte Tiefenfluoridierung führt zu einer ausgeprägten Anreicherung mit oberflächlich angelagertem KOH-löslichem Fluorid, was möglicherweise durch die enthaltenen Fluorosilikate begünstigt wird. Die empfohlene Fluoridfällung (Nachtouchierung) scheint aber keinen zusätzlichen Nutzen zu haben. Eine höhere Fluoridaufnahme von strukturell gebundenem Fluorid scheint gegenüber herkömmlichen Fluoridpräparaten (Elmex fluid) oder einer einfachen NaF-Behandlung nicht zu erfolgen.

## Verdankung

Die Autoren bedanken sich bei Frau Beatrice Sener (Klinik für Präventivzahnmedizin, Parodontologie und Kariologie, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität Zürich) für die Bestimmung des Kalziumgehaltes und pH-Wertes der Nachtouchierlösung sowie bei Frau Marie-Françoise Becker für die Korrektur des Résumés.

## Summary

Buchalla W, Lennon Á M, Trage K, Becker K, Attin T: **Fluoride uptake into enamel following fluoridation and fluoride precipitation** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 117: 118–122 (2007)

This study is on fluoride uptake into enamel following fluoride precipitation with calcium hydroxide.

Five specimens each from 12 bovine incisors were polished, covered with a salivary pellicle, and distributed into five groups (n = 12). A fluoride solution (43,500 ppm F from magnesium-fluorosilicate, copper-(II)-fluorosilicate and sodium-fluoride, pH 2; Tiefenfluorid Touchierlösung, Humanchemie) and Ca(OH)<sub>2</sub>-solution (Tiefenfluorid Nachtouchierlösung) were applied subsequently in group TN. "Touchierlösung" only was used in group T, sodium-fluoride (43,500 ppm F, pH 2) in group NaF, and amine-fluoride (Elmex fluid, 10,000 ppm F, pH 4) in group EF. No fluoride was used in group NK (negative control). Following rinsing and 24 h storage in artificial saliva surface KOH-soluble fluoride content (KOHF), and structurally bound fluoride content (SBF) from three layers (0–33, 33–66 and 66–99 µm) was determined by fluoride electrode procedures.

KOHF (median in µg/cm<sup>2</sup>) of NK was below the lower limit of quantification of the fluoride electrode. The other group values were significantly higher (Mann-Whitney test, p ≤ 0.05). TN (1.6), T (1.4) and NaF (1.1) did not differ significantly. EF (0.6) was significantly smaller than TN and T but not smaller than NaF. SBF (0–33, 33–66, 66–99 µm; median in µg/cm<sup>3</sup>) of TN (445, 341, 275), T (644, 481, 360), NaF (804, 480, 307) and EF (449, 346, 280) did not differ significantly but, with the exception of TN, were significantly higher as compared to NK.

A precipitation reaction with Ca(OH)<sub>2</sub> following fluoridation did not increase enamel fluoride uptake.

## Résumé

Dans cette étude *in vitro*, il a été examiné si l'absorption de fluorure par l'émail dentaire sain augmente de par la précipitation de fluorure avec de l'hydroxyde de calcium. Sur 12 incisives bovines, cinq échantillons d'émail par incisive ont été prélevés, polis et répartis en cinq groupes ( $n = 12$ ) après avoir été recouverts d'une pellicule de salive. Pour le groupe TN, il y a eu application successive d'une solution de fluorure (43 500 ppm F sous forme de fluorosilicate de magnésium, de fluorosilicate de cuivre (II) et de fluorure de sodium, pH 2; «Tiefenfluorid Touchierlösung», Humanchemie) et d'une solution de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  («Tiefenfluorid Nachtouchierlösung»). Pour le groupe T, seule la «Touchierlösung» a été utilisée, pour le groupe NaF le fluorure de sodium (43 500 ppm F, pH 2) et pour le groupe EF le fluorure d'amine (Elmex fluid, 10 000 ppm F, pH 4). Le groupe NK (contrôle négatif) n'a pas reçu de fluorure. Après rinçage et 24 h de dépôt dans une salive artificielle, le fluorure soluble dans KOH superficiel (KOHF) et le fluorure lié structurellement (SBF) ont été déterminés sur trois couches de profondeurs différentes (de 0 à 33  $\mu\text{m}$  et de 33 à 66  $\mu\text{m}$  et de 66 à 99  $\mu\text{m}$ )

Le KOHF (médiane en  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) de NK s'est situé au-dessous de la limite de détection de l'électrode de fluorure utilisée. Les valeurs des autres groupes étaient significativement plus élevées (test de Mann-Whitney,  $p \leq 0,05$ ). TN (1,6), T (1,4) et NaF (1,1) ne se différencient pas de façon significative. Si le groupe EF (0,6) a présenté significativement moins de KOHF que TN et T, il n'était toutefois pas différent comparé à NaF. En ce qui concerne le SBF (0–33, 33–66, 66–99  $\mu\text{m}$ , médiane en  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ ), TN (445, 341, 275), T (644, 481, 360), NaF (804, 480, 307) et EF (449, 346, 280) n'étaient pas significativement différents. Pourtant, TN a montré un enrichissement en SBF significativement plus élevé que NK.

L'étude a montré qu'une réaction de précipitation supplémentaire avec  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  après fluoruration ne conduisait pas à une absorption plus élevée de fluorure par l'émail.

## Literaturverzeichnis

- ATTIN T, ALBRECHT K, BECKER K, HANNIG C, WIEGAND A: Influence of carbamide peroxide on enamel fluoride uptake. *J Dent Online-Publikation* (2006), im Druck
- ATTIN T, GRIEME R, PAQUE F, HANNIG C, BUCHALLA W, ATTIN R: Enamel fluoride uptake of a novel water-based fluoride varnish. *Arch Oral Biol* 50: 317–322 (2005)
- BUCHALLA W, ATTIN T, SCHULTE-MÖNTING J, HELLWIG E: Fluoride uptake, retention, and remineralization efficacy of a highly concentrated fluoride solution on enamel lesions *in situ*. *J Dent Res* 81: 329–333 (2002)
- CHOW L C, TAKAGI S: Deposition of fluoride on tooth surfaces by a two-solution mouthrinse *in vitro*. *Caries Res* 25: 397–401 (1991)
- HELLWIG E, KLIMEK J, ALBERT G: In-vivo-Retention angelagerten und festgebundenen Fluorids in demineralisiertem Zahnschmelz. *Dtsch Zahnärztl Z* 44: 173–176 (1989)
- KLIMEK J, HELLWIG E, AHRENS G: Der Einfluss von Plaque auf die Fluoridstabilität im Schmelz nach Applikation von Aminfluorid im künstlichen Mund. *Dtsch Zahnärztl Z* 37: 836–840 (1982)
- KNAPPWOST A: Mineralische Schmelzversiegelung zur Kariesprophylaxe, ihre Grundlagen und Möglichkeiten. *Dtsch Zahnärztl Z* 33: 192–195 (1978)
- KNAPPWOST A: Therapie der Milchzahnkaries durch die Tiefenfluoridierung. *ZMK* 9: 18–26 (1995)
- ØGAARD B: Effects of fluoride on caries development and progression *in vivo*. *J Dent Res* 69 Spec No: 813–819 (1990)
- ØGAARD B:  $\text{CaF}_2$  formation: Cariostatic properties and factors of enhancing the effect. *Caries Res* 35 Suppl 1: 40–44 (2001)
- ØGAARD B, RØLLA G, RUBEN J, ARENDS J: Relative cariostatic effects of KOH-soluble and KOH-insoluble fluoride *in situ*. *J Dent Res* 69: 1505–1507 (1990)
- RØLLA 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 Spec No: 780–785 (1990)
- SAXEGAARD E, RØLLA G: Fluoride acquisition on and in human enamel during topical application *in vitro*. *Scand J Dent Res* 96: 523–535 (1988)
- SAXEGAARD E, RØLLA G: Kinetics of acquisition and loss of calcium fluoride by enamel *in vivo*. *Caries Res* 23: 406–411 (1989)