

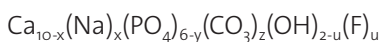
# Die Bedeutung von lokal applizierten Fluoriden in der präventiven Zahnheilkunde

Während der Schmelzbildung entsteht nur in geringem Ausmaß reiner Hydroxylapatit, dessen stöchiometrische Zusammensetzung  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  ist. Vielmehr ist die Zahnhartsubstanz kalziumdefizient, sodass für das Mineral von Schmelz und Dentin der Ausdruck „substituierter, karbonierter Apatit“ zutreffender ist. Dieses Mineral ist verwandt mit Hydroxylapatit, gleichzeitig jedoch wesentlich säurelöslicher. Daher sind lokal applizierte Fluoride ein unverzichtbarer Bestandteil der präventionsorientierten Zahnheilkunde.

Prof. Dr. Andrej M. Kielbassa, Dr. Peter Tschoppe/Berlin

■ Der Durchmesser der Schmelzkristalle beträgt etwa 40 nm, die Apatitkristalle verlaufen in Schmelzprismen (4 bis 5 µm) gebündelt annähernd senkrecht zur Zahnoberfläche. Kleine Spalten und Poren zwischen den Kristallen sind mit Proteinen, Lipiden und Wasser aufgefüllt und erlauben aus diesem Grunde die Passage kleinerer Moleküle (Milchsäure) und Ionen ( $\text{H}^+$  und  $\text{Ca}^{2+}$ ). Ausgereifter Schmelz enthält etwa 3 Vol.-% Proteine und Lipide und etwa 12 Vol.-% Wasser, sodass etwa 15 Vol.-% für Diffusionsvorgänge zur Verfügung stehen. Im Verlaufe von Demineralisationsvorgängen werden Mineralien (Phosphate und Kalzium) aus der Zahnhartsubstanz herausgelöst, sodass die demineralisierte Zahnhartsubstanz immer poröser wird.

Fehlende Kalziumionen im menschlichen Schmelz werden natürlicherweise durch Natrium, Magnesium, Zink usw. ersetzt. Darüber hinaus enthält dieses Mineral zwischen 3 und 6 Gew.-% Karbonat, das häufig die Phosphationen ersetzt. Schmelz, Dentin und Knochen können durch die vereinfachte Formel



wiedergegeben werden. Karbonationen werden während der Hartsubstanzbildung in die Mineralsubstanz eingebaut und sind hauptverantwortlich für die irreguläre Kristallstruktur. Während der Demineralisation werden vorzugsweise diese Karbonationen aus dem Mineralverbund herausgelöst; im Falle einer Remineralisation werden diese Karbonationen jedoch nicht wieder eingebaut.

## Beeinflussung der Demineralisation durch Fluoride

### Fest eingebautes Fluorid

Abhängig von der Fluoridaufnahme während der Zahnentwicklung beträgt der Fluoridgehalt von gesundem, menschlichem Schmelz etwa 20 bis 100 ppm Fluorid, wobei Zähne, die sich in Gegenden mit natürlicherweise hohem Fluoridgehalt des Trinkwassers entwickeln, ent-

sprechend höhere Fluoridmengen aufweisen. Die äußersten wenigen Mikrometer des Schmelzes können Fluoridmengen von 1.000 bis 2.000 ppm enthalten. Verschiedene Untersuchungen konnten zeigen, dass in Lösung befindliches Fluorid, das den karbonierten Apatit umgibt, hinsichtlich einer Demineralisation wesentlich effektiver ist als Fluoride, die in die Kristallstruktur eingebaut sind. So konnte in Demineralisationsversuchen nachgewiesen werden, dass zwischen synthetisch karboniertem Apatit (3 Gew.-% Karbonat, vergleichbar mit humanem Zahnschmelz) und Zahnschmelz mit einem Fluoridgehalt von 1.000 ppm kein Unterschied besteht. Diese Beobachtung ist insofern wichtig, als hierdurch nachvollziehbar wird, dass der Einbau von 20 bis 100 ppm Fluorid in die Zahnhartsubstanz offensichtlich nicht zu einer bedeutsamen Veränderung der Löslichkeit führt. Selbst bei höheren Mengen fest eingebauten Fluorids (1.000 ppm) ergibt sich keine merkliche Säureresistenz. Erst wenn Fluoride während der Remineralisation in eine neue Kristalloberfläche eingebaut werden, ergibt sich daraus eine veränderte Säurelöslichkeit.

### In Lösung befindliches Fluorid

Bei Anwesenheit von geringen Fluoridkonzentrationen (in Speichel oder Plaqueflüssigkeit) kann Hydroxylapatit unterhalb des kritischen pH-Wertes von 5,7 aufgelöst werden. Die freigesetzten mineralischen Bestandteile können jedoch als Fluorapatit oder als gemischtes Fluorhydroxyapatit repräzipitieren. Dieser Mechanismus verhindert den Verlust mineralischer Bestandteile und liefert gleichzeitig einen Schutz für die Kristallitstruktur, indem fluoridreiche äußere Schichten auf die Apatitkristallite aufgelagert werden.

In Laborversuchen konnte gezeigt werden, dass die geringe Menge von 1 ppm Fluorid in einer Demineralisationslösung die Lösungsrate von karboniertem Apatit auf ein dem reinen Hydroxylapatit vergleichbares Maß reduzierte. Die weitere Erhöhung der Fluoridkonzentration in der Säurelösung führte bei Kontakt zu karboniertem Apatit zu einer logarithmisch erniedrigten Löslichkeitsrate. Diese Beobachtungen zeigen, dass die Anwesenheit von Fluoriden in der die Kristallite umgebenden Lösung zu einer starken Adsorption auf der

DAC UNIVERSAL – DIE S-KLASSE FÜR IHRE INSTRUMENTE

# So schnell war Hygiene noch nie.

Sechs Instrumente in 12 Minuten! So schnell wie der DAC UNIVERSAL ist kein anderes Hygienegerät. Dabei arbeitet er bei der Innen- und Außenreinigung höchst gründlich: reinigen, pflegen, sterilisieren – alles RKI-konform. Außerdem sind Sie durch den vollautomatischen Hygieneprozess immer auf der sicheren Seite und Sie profitieren schon bei der nächsten Behandlung von der schnellen Wiederverfügbarkeit Ihrer Instrumente. So spart Ihnen der DAC UNIVERSAL Zeit und Geld: Es wird ein guter Tag. Mit Sirona.



[www.sirona.de](http://www.sirona.de)

The Dental Company

sirona.

# Die neue Sonicare FlexCare+

Geben Sie Ihren Patienten die Motivation zur Zahnpflege in die Hand.



Zwei Bürstenkopfgrößen  
für eine komplette  
und gründliche Reinigung.

Motivieren Sie Ihre Patienten zu einer gesunden Zahnpflege – mit der FlexCare+. Die neue FlexCare+ gibt Ihren Patienten ein sauberes, erfrischendes Gefühl bei jedem Putzen. Und die Motivation, die sie brauchen, um außergewöhnliche Ergebnisse zu erzielen.

- Verbessert die Gesundheit des Zahnfleisches in nur 2 Wochen<sup>1</sup>
- Patienten putzen mit einer FlexCare+ in der Gum Care Einstellung volle 3 Minuten<sup>2</sup>
- Hilft, Zahnfleischbluten besser zu reduzieren als jede Handzahnbürste<sup>1</sup>
- Neue Gum Care Einstellung für zweiminütige Gesamtpflege, gefolgt von einer einminütigen sanften Reinigung für die Problemzonen am Zahnfleischrand

Mehr Informationen unter  
[www.sonicare.de](http://www.sonicare.de) oder unter  
07249-952574.

**PHILIPS**  
**sonicare**  
the sonic toothbrush

**PHILIPS**  
sense and simplicity

(1) Holt J, Sturm D, Master A, Jenkins W, Schmitt P, Hefti A. Eine stichprobenartige, parallel-design Studie zum Vergleich der Wirkungen der Sonicare FlexCare und der Oral-B P40 Handzahnbürste auf Plaque und Zahnfleischentzündung. Comp Cont. Dent Educ. 2007;28. (2) Milleran J, Putt M, Jenkins W, Jining W, Strate J. data on file, 2009.





**Abb. 1:** Neben der Plaqueentfernung kommt der Zahnbürste die Aufgabe zu, das Speichel-Zahnpasta-Gemisch auf den Zahnoberflächen zu verteilen. Hierdurch lagern sich Kalziumfluorid-Präzipitate auf dem Schmelz ab, die in der Folge kariesprotektiv wirken können.

Oberfläche von karboniertem Apatit führt, sodass die Kristalloberfläche wirksam gegen einen Säureangriff geschützt ist. Auf die klinische Situation übertragen bedeutet dies, dass die Anwesenheit von Fluoriden die Kristallitoberfläche ausreichend stark gegen eine begrenzte Menge der von Bakterien gebildeten Säuren schützen kann. Der Anwesenheit von geringen Mengen gelösten Fluorids ist daher eine wesentlich größere Bedeutung beizumessen als den Fluoridmengen, die während der Zahnentwicklung in die Zahnhartsubstanzen bzw. in den Apatit eingebaut werden.

Dies wurde in verschiedenen In-situ-Studien bestätigt, bei denen Haifischschmelz, der fast ausschließlich aus Fluorapatit besteht (30.000 ppm F<sup>-</sup>), nach vierwöchiger Tragedauer in der Mundhöhle (unter kariogenen Bedingungen) ebenso wie humaner Schmelz (substituierter Hydroxylapatit) eine initiale Karies aufwies. Diese Demineralisation war bei Haifischschmelz zwar deutlich geringer als bei humanem Schmelz; gleichzeitig konnte jedoch auch gezeigt werden, dass humaner Schmelz bei täglicher Anwendung einer Fluoridspüllösung deutlich geringe Läsionstiefen als Haifischschmelz aufwies. Dieser direkte Vergleich von fest gebundenem und löslichem Fluorid belegt eindeutig die hinsichtlich der Kariesprävention herausragende Rolle des in Lösung befindlichen Fluorids.

#### *Bedeutung des Kalziumfluorids*

Bei Anwesenheit von Fluorid sind Speichel bzw. speichelähnliche Flüssigkeiten hinsichtlich des Fluorapatits übersättigt. Dies gilt für die meisten pH-Werte, die in der Zahnplaque auftreten können. Der kritische pH-Wert für einen fluoridreichen Apatit ist bedeutend niedriger als der für Hydroxylapatit. Nach einer lokalen Fluoridierung der Zahnhartsubstanzen bilden sich ein sogenanntes KOH-lösliches Fluorid auf der Oberfläche und in tieferen Schmelzschichten geringe Mengen strukturell gebundenen Fluorids. Das KOH-lösliche Fluorid wurde als Kalziumfluorid (CaF<sub>2</sub>) oder kalziumfluoridähnliches Material identifiziert.

Das auf der Oberfläche der Zahnhartsubstanzen befindliche Kalziumfluorid-Präzipitat (Abb. 1) ist in Spei-

chel deutlich weniger löslich als in anderen (anorganischen) Lösungen. Dies wurde mit der Anwesenheit eines phosphat- oder proteinreichen Pellikels in Zusammenhang gebracht, das das Kalziumfluorid bedeckt. Unter diesen Umständen ist die Fluoridfreisetzung pH-Wert-abhängig, da Phosphatgruppen in der schützenden Schicht freigesetzte Protonen im Falle einer Erniedrigung des pH-Wertes binden und auf diesem Weg Fluorid freisetzen. Konsequenterweise wird auf diese Weise das Fluorid in all den Fällen freigesetzt, in denen es am meisten benötigt wird, nämlich während eines kariogenen Angriffs.

### **Fluoride und Remineralisierung**

Unter normalen Umständen ist der Speichel an Kalzium- und Phosphationen übersättigt und liefert somit die Grundlage für die Remineralisation der Zahnhartsubstanzen. Im Falle einer lang andauernden Demineralisation der Kristallitoberfläche dienen die abgelösten Kristalle als Kristallisationszentren für eine nachfolgende Remineralisation. Dieser Prozess wird durch die Anwesenheit von Fluoriden beschleunigt, indem diese auf der Kristalloberfläche adsorbieren und Kalziumionen anziehen. Diese Auflagerung nimmt weiterhin Fluorid aus der umgebenden Lösung auf, wobei der erneute Einbau von Karbonationen ausgeschlossen ist. Konsequenterweise wird diese Auflagerung von der Zusammensetzung her zwischen dem Hydroxylapatit und dem Fluorapatit stehen. Auf diese Weise erhält die remineralisierte Kristalloberfläche fluorapatitähnliche Eigenschaften und ist im Falle eines Säureangriffs bedeutend säureunlöslicher als der ursprüngliche, karbonierte Apatit. Die Anwesenheit von Fluoriden beschleunigt diesen Prozess, sodass Kalzium- und Phosphationen auf der Kristalloberfläche zu einem mehr oder weniger schlecht löslichen Endprodukt reagieren. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die remineralisierte Kristallitoberfläche ihr Lösungsverhalten dahingehend ändert, dass ein Säureangriff relativ stark sein bzw. über vergleichsweise lange Zeit anhalten muss, um den remineralisierten Schmelz aufzulösen. Diese Reaktionsmuster sind Bestandteil der posteruptionen Reifung des Schmelzes.

### **Fluoridwirkung auf orale Mikroorganismen**

In ihrer ionisierten Form (F<sup>-</sup>) können Fluoride die Zellwand nicht passieren. Dies gelingt jedoch relativ leicht, wenn Fluoride in ihrer protonisierten Form (HF, Flusssäure) vorliegen. Die im Falle der Verstoffwechslung von niedermolekularen Kohlenhydraten gebildeten Säuren dissoziieren relativ rasch, sodass das von den Bakterien gebildete H<sup>+</sup>-Ion mit den Fluoridionen (gelöstes Fluorid bzw. Kalziumfluorid) zu HF reagieren kann. Dieses HF kann nun in die Zelle diffundieren, wo es rasch wieder dissoziiert. Neben der pro-