

Diplomarbeit

Ist Fluor ein Gift oder ein Medikament?

eingereicht von
Silvia Josefa Malli

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin medicinae dentalis
(Drⁱⁿ. med. dent.)

an der
Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der
Universitäts-Augenklinik Graz
Auenbruggerplatz 4, 8036 Graz

unter der Anleitung von

Univ.-Prof.Mag.Dr.phil.Otto Schmut

Ao.Univ.-Prof.Dr.med.univ.Karl Glockner

Graz, 26.11.2015

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 26.11.2015

Silvia Malli eh.

Danksagungen

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Betreuer **Herrn Univ.-Prof.Mag.Dr.phil.Otto Schmut**, für die intensive Unterstützung und stets freundlichen Betreuung während der Durchführung meiner Diplomarbeit, auch für seine Geduld und die vielen wertvollen Ratschläge. Seine Hilfe war für mich von sehr großem Wert.

Insbesondere möchte ich mich für die fachliche Unterstützung sowie die stets freundliche Hilfe zur Anfertigung dieser Diplomarbeit bei **Herrn Ao.Univ.-Prof.Dr.med.univ.Karl Glockner** bedanken.

Mein spezieller Dank gilt auch **Fr. BMA G. Trummer** für ihre geduldige Hilfestellung und die gewissenhafte Durchsicht der Arbeit.

Ein herzlicher Dank gilt meinem Freund und meinen Studienkollegen, die alle auf ihre Art und Weise zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein größter Dank gebührt jedoch meinen Eltern, die mich stets unterstützt haben und ohne die dieses Studium nicht ohne weiteres möglich gewesen wäre.

Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit - vor allem in Hinblick auf die Vermeidung einer ausufernden Verwendung von Pronomen - habe ich mich dazu entschlossen, alle geschlechtsbezogenen Wörter nur in eingeschlechtiger Form - der deutschen Sprache gemäß zumeist die männliche - zu verwenden. Selbstredend gelten alle Bezeichnungen gleichwertig für Frauen.

Zusammenfassung

Fluoride nehmen eine zentrale Rolle in der Zahnmedizin ein. In der öffentlichen Gesundheitsvorsorge wurden keine Maßnahmen so intensiv und lange untersucht, wie die Anwendung der Fluoridprodukte bei der Kariesprävention.

Die Toxikologie verschiedener Fluoridverbindungen gilt heute als wissenschaftlich erforscht.

Untersuchungen haben aber ergeben, dass Fluoride bezüglich ihrer Wirkung auf die Zahnhartsubstanz eine Verminderung deren Säurelöslichkeit, eine Hemmung der Demineralisation sowie eine Förderung der Remineralisation ermöglichen.

Ein vollständiger Einbau der Minerale ist bei einer niedrigen Fluoridkonzentration für eine Remineralisation der Präkaries und einer initialen Karies sowie für den Stillstand kariöser Läsionen verantwortlich. Fluoride können in höheren Konzentrationen zahlreiche Enzyme von Plaquebakterien hemmen. Noch gibt es aber keinen sicheren klinischen Beweis, ob höhere Fluoridkonzentrationen wirklich zu einer Plaquereduktion führen.

Der postoperativen Reduktion der Säurelöslichkeit wurde früher eine bedeutende Rolle beigemessen. Hydroxylapatit kann bei einer hohen Zufuhr von Fluoriden in Fluorapatit umgewandelt werden. Diese Fluorhydroxylapatiteinlagerung ist nicht so hoch, dass sie die Effektivität der fluorbedingten Kariesprotektion erklären könnte. Wirkt eine starke Säure auf die Zahnoberfläche, geht selbst reiner Fluorapatit in Lösung. Eine direkte Schädigung der Plaquemikroorganismen kann nur durch eine Überdosierung der systemischen und lokalen Fluoridanwendung erzielt werden. Aufgrund einer möglichen toxischen Überdosierung ist allerdings bei dieser Behandlung Vorsicht geboten.

Fluoride sind in therapeutischen Mengen für den menschlichen Organismus unschädlich. Zahnärzte sollten bei einem Gebrauch von lokalen Fluoridierungsprodukten aber die genaue Menge des applizierten Fluorids und den maximalen Spielraum zur wahrscheinlich toxischen Dosis kennen.

Fluoride in höheren Dosen dürfen nur angewandt werden, wenn die Patienten vorab eingehend durch eine allgemeine und zahnmedizinische Anamnese abgeklärt ist.

Leiden die Patienten unter einem Asthma bronchiale oder einer stark eingeschränkten Nierenfunktion, ist eine mögliche Fluorapplikation neu zu bewerten.

Kinder müssen bei Verwendung von fluoridhaltigen Produkten unter elterlicher Beaufsichtigung stehen. Hoch dosierte Fluoridpräparate sollten nur vom Zahnarzt oder von geschultem Personal unter der Kontrolle des Arztes verwendet werden. Treten aber dennoch bei einer akuten Vergiftung Übelkeit, Erbrechen oder Magenschmerzen auf, ist der Betroffene sofort in eine Klinik einzuweisen. Bei unklaren Notfällen kann Rat über die Vergiftungszentrale gesucht werden.

In der Zahnmedizin ist allerdings der Verzicht auf Fluoride undenkbar. Viele Therapieerfolge sind durch die Einsätze der verschiedenen Fluoridprodukte in der Zahnmedizin bekannt und vielfach in der Literatur beschrieben.

Wir sollten uns immer den Leitspruch von Paracelsus (1493-1541): "Allein die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift ist" vor Augen halten.

Abstract

Fluorides play an important role in dentistry. No measure of public health care has been more intensively studied and discussed in the past than the use of fluoride products in prevention of caries.

The toxicology of different fluoride combinations is widely investigated.

Research has shown that fluorides act on the dentine as follows: they reduce its acid solubility, inhibit the demineralisation and support its remineralisation.

A complete integration of the minerals at a low level of fluoride concentration induce a remineralisation of pre-caries and an initial caries as well as a stop of carious lesions.

In high concentrations, fluorides are able to inhibit various enzymes of plaque bacteria.

However, there is no clear clinical evidence that fluoride concentrations reduce dental plaque.

The post-eruptive reduction of acid solubility formerly played a major role in dentistry. Hydroxylapatite transforms to fluorapatite in case of high fluoride intake. However, this deposit of fluorhydroxylaptite is not significant enough to explain the effectiveness of the caries protection based on fluorides.

If a strong acid acts on the tooth surface, even pure fluorapatite would dissolve.

A direct damage of the plaque microorganisms can be produced only by an overdose of systemic and local fluoride application. Due to the toxic overdose this treatment can be excluded.

Therapeutic quantities of fluorides do not cause damage to the human organism. When using local fluoridation products, dentists should always be aware of the exact amount of applied fluorides and the maximum bordering on the likely toxic dose.

Fluorides in high concentration may be applied only if the patient's general medical and dental history has been duly taken down. For patients with bronchial asthma or severely limited renal function, a potential fluoride therapy has to be rethought. Children have to be under parental supervision when using fluoride-containing preparations. High dose fluoride-containing preparations should be used only by a dentist or trained persons under supervision of the dentist.

In the event of nausea, vomiting and stomach pain in a case of an acute poisoning, the patient has to be immediately hospitalized. In case of an unclear emergency the poison control centre shall be contacted.

It is unthinkable that dentistry renounces on fluorides. Various therapeutic successes in dentistry have been achieved by using fluoride products and have been described extensively in the scientific literature.

We should always bear in mind the mission statement to Paracelsus (1493-1541): "Only the dose makes the poison".

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	2
Zusammenfassung	3
Abstract	5
Inhaltsverzeichnis	7
Abbildungsverzeichnis	9
Tabellenverzeichnis	10
1. Einleitung	11
2. Chemische Eigenschaften von Fluor	13
2.1 Vorkommen und Stoffwechsel des Fluorids	14
3. Anatomie der Zähne und die Wirkung, die Fluoride auf die Zahnoberfläche ausüben	16
3.1 Anatomie des Zahnes	16
Zahnschmelz	17
Dentin	18
Zement	19
3.2 Der präeruptive Fluorideinbau	20
3.3 Lokale Fluoridwirkung am Zahn	20
4. Fluoridierungsmaßnahmen in der Zahnmedizin	25
4.1 Lokale Fluoridierung	25
Fluoridierung durch Zahnpasten und Mundspüllösungen	25
Fluoridgele	27
Fluorlackapplikation	28
4.2 Systemische Fluoridierung	28
Fluoridiertes Speisesalz	29
Trinkwasserfluoridierung	30
Fluoridtabletten	31
5. Kariesprophylaxe	31
5.1 Wirkungsmechanismus von Fluoriden	32
5.2 Verbesserung der Remineralisation durch Fluoride	32
5.3 Verminderung der Demineralisation	34
5.4 Antibakterielle Wirkung von Fluoriden	35
6. Toxikologie der Fluoride	36
6.1 Akute Toxizität der Fluoride	36
6.2 Schulmedizinische Ausleitung der Fluoride	39
6.3 Alternativmedizinische Ausleitung	40
7. Fluoridüberdosierung	41
7.1 Grade der Fluorose	41
8. Therapeutische Maßnahmen nach einer Fluorose	46
9. Zahnmedizinische Therapien der Fluoroseanomalien	46
9.1 Therapien von Fluoroseanomalien der Zahnverfärbung	47
Bleichverfahren	47
Es stehen drei unterschiedliche Verfahren für das externe Bleaching zur Wahl:	
Office bleaching	48
Home bleaching unter zahnärztlicher Anleitung	49
Home bleaching mit frei käuflichen Bleichmitteln	49
Korrektur durch Kompositversorgung	50
	51

9.2 Therapie von Fluoroseanomalien der Zahnmorphologie	52
Verblendschalen (Veneers)	52
Kronen	54
10. Diskussion und Ausblick	56
11. Literaturverzeichnis	59

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sobotta, Atlas der Anatomie, 6. Auflage. München-Jena: Urban&Fischer.

Abbildung 2 : Hellwig , Klimek, Attin, Einführung in die Zahnerhaltung, Freiburg-Gießen: Deutscher Zahnärzte Verlag.

Abbildung 3 : <http://www.seemann.co.at/neues-whitespots-whitespots0.gif>

Abbildung 4: Schroeder, Orale Strukturbiologie, Stuttgart; New York: Georg Thieme Verlag.

Abbildung 5: Hellwig, Einführung in die Zahnerhaltung, Freiburg-Gießen: Deutscher Zahnärzte Verlag.

Abbildung 6: Hellwig, Einführung in die Zahnerhaltung, Freiburg-Gießen: Deutscher Zahnärzte Verlag.

Abbildung 7: Gängler et al.: , Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie, Stuttgart-New York: 2005, Georg Thieme Verlag 2005.

Abbildung 8: Fluorgel (Bild Internet), <http://www.arzneiversand-warendorf.de/product/elmex-gelee.184066.html>

Abbildung 9: Fluorlack (Bild Internet), First toothpaste available on DPF Article British Dental Journal

Abbildung 10: gesundes Kochen mit Salz Kristallsalz Jod+ Fluor im Karton 120014

Abbildung 11. sbt - schoeller bleckmann technisches service

Abbildung 12: Fluortabletten (Bild Internet), Google-Ergebnis für http://shop.savit.de-apo-medic-shop-sproducts-P1610120.JPG%3F_random%3D765529228

Abbildung 13: E Hellwig, J Klimek, T Attin; Einführung in die Zahnerhaltung; 5. Auflage Freiburg, Gießen u. Zürich; Deutscher Zahnärzte Verlag; 2009.

Abbildung 14: <http://www.eugenol.com/attachments/0010/2440/Fluorose.JPG>

Abbildung 15: http://anja-kiehl.de-proph_bilder-fluorose_1.jpg

Abbildung 16: http://4.bp.blogspot.com/_xA-Duda6f10-S99irr5Uuil-AAAAAAAAAFg-swzi-5nWEN4-s1600-fluorose.jpg

Abbildung 17: Fluorose très légère (niveau 1) Le monde en images - des collections pour l'éducation

Abbildung 18: [http--www.fluor.be-lgium-fluorose%20surface.jpg](http://www.fluor.be-lgium-fluorose%20surface.jpg)

Abbildung 19: [http--c8.quickcachr.fotos.sapo.pt-i-N0f019254-2033145_F3iWE.jpeg](http://c8.quickcachr.fotos.sapo.pt-i-N0f019254-2033145_F3iWE.jpeg)

Abbildung 20: Gängler et al., Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie, Stuttgart-New York:2005, Georg Thieme Verlag: 2005.

Abbildung 21: [http--veneers-cost.com-wp-content-uploads-veneers-cost.jpg](http://veneers-cost.com-wp-content-uploads-veneers-cost.jpg)

Abbildung 22: <http://www.dr-bleise.de> (Vollgusskrone)

Abbildung 23: <http://www.zahnaerzte-goebel-neff.de>

Abbildung 24: <http://www.zahnaerzte-goebel-neff.de>

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Hellwig E, Klimek J, Attin T; Einführung in der Zahnerhaltung; 5. Auflage Deutscher Zahnärzte Verlag; Freiburg, Gießen u. Zürich; 2009.

Tabelle 2: Hellwig E, Klimek J, Attin T , Einführung in der Zahnerhaltung; 5.Auflage; Deutscher Zahnärzte Verlag; Freiburg, Gießen u. Zürich; 2009.

1 Einleitung

Viele Menschen kennen das Gefühl, wenn die Zähne mit kalten oder heißen Speisen in Berührung kommen. Ein schier unerträglicher Schmerz durchzuckt den Körper.

Dieses Schmerzempfinden beeinträchtigt die Lebensqualität von ungefähr 25% der erwachsenen Menschen über dem 30. Lebensjahr. Die Nahrungsaufnahme wird so zur Gratwanderung.

Von Natur aus ist ein Zahn optimal durch den Zahnschmelz geschützt. Aus verschiedenen Gründen kann diese Schmelzschicht aber zerstört werden. Wer zum Beispiel harte Zahnbürsten oder eine besonders aggressive Zahnpaste verwendet, trägt beim Putzen mit jeder Bewegung winzige Teile des Zahnschmelzes ab. Auch säurehaltige Lebensmittel können die Zahnoberfläche angreifen und ihre Funktion beeinträchtigen-Erosion heißt dies in der Fachsprache. Gerade bei Jugendlichen nimmt die Zahnerosion immer mehr zu, weil diese verstärkt zu Softdrinks, wie Eistee oder Cola, greifen.

Ein Grund für die Erosion ist, dass der Zahnschmelz aus Hydroxylapatit besteht. Diese Substanz ist säurelöslich. Zahnhälse können somit frei daliegen, und als Folgeerscheinung treten chronische schmerzempfindliche Zähne auf. Empfindliche Zähne können durch eine richtige Pflege und speziellen Zahnbehandlungen vom Zahnarzt vermieden werden.

Durch die Versiegelung des freiliegenden Zahnhalses mit einem Fluorid-Lack können freiliegende Dentin-Kanälchen vom Zahnarzt verschlossen werden. Dadurch wird eine Isolierschicht zum Schutz des Zahnes hergestellt. Tritt nach einer Fluoridierung keine Linderung der Schmerzen bei freiliegenden Zahnhälsen ein, muss vom Zahnarzt eine Zahnfüllung appliziert werden. Bei größeren Zahndefekten wird der freiliegende Zahnhals mit einer Restauration, zum Beispiel einem Inlay oder einer Zahnkrone, versorgt.

Obwohl die Zahnärzte vermitteln, dass präventive Maßnahmen ausreichend wären, müssen immer wieder restaurative Tätigkeiten seitens des Zahnarztes durchgeführt werden.

Viele Patienten sind der Meinung, mit ästhetischer Restauration könne eine Kariesprävention umgangen werden. Um diesen Irrtum aufzuklären, müssen das öffentliche Gesundheitswesen und der Zahnarzt den Patienten über die Einheit,

nämlich prophylaktische und restaurative Maßnahmen, informieren. Eine Information über ihr Präventionsverhalten, soziale und familiäre Umgebung, Ernährungsgewohnheiten, Mundhygieneverhalten und Fluoridierungsmaßnahmen sollte eingeholt werden. Nur so kann diese multifaktoriell bedingte Erkrankung eingedämmt werden.

Eine zentrale Rolle in der Kariesprophylaxe nehmen die Fluoride ein. Was genau sind Fluoride, wie wirken sie und können sie toxisch sein? Die Fluoride sind die Salze der Fluorwasserstoffsäure, die auch unter dem Namen Flusssäure bekannt ist. Wesentlich ist und auch für diese Diplomarbeit gültig, dass im allgemeinen Sprachgebrauch Fluoride und Fluor als gleichwertig bezeichnet werden. Fluoride und Fluor sind aber zwei völlig verschiedene chemische Substanzen.

Fluor ist ein für den menschlichen Organismus hoch giftiges Gas (F_2) aus der Gruppe der Halogene. Aufgrund seiner Reaktivität kommt Fluor in der Natur nicht elementar, sondern nur in gebundener Form mit Mineralstoffen vor. Die Fluoride sind in Kochsalz, Trinkwasser, fluoridierten Zahnpasten und Tabletten enthalten, stärken den Zahnschmelz und wirken somit Karies reduzierend. Das ist nichts Neues. Doch noch nie gingen die Meinungen in dieser Frage, ob Fluoride toxisch sind, so weit auseinander.

Es gibt anorganische Verbindungen in Form von Natriumfluorid (NaF) und Zinnfluorid (SnF_2) oder organische Verbindungen in Form von Amin Fluorid. Seit den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts bestätigen viele wissenschaftliche Arbeiten die hervorragende kariesprophylaktische Wirkung dieser Verbindungen.

2 Chemische Eigenschaften von Fluor

Fluor ist ein äußerst aggressives, erstickend riechendes Gas von grüngelber Farbe, welches zur Gruppe der Halogene gehört. Es ist chemisch gesehen ein zellschädigendes Gift (1). In der Natur findet man dieses gasförmige Element nicht in reiner Form, sondern wegen seiner Reaktionsfreudigkeit ausschließlich in Verbindung mit anderen Elementen, beispielsweise mit Calcium (Calciumfluorid) oder mit Natrium (Natriumfluorid). Letzteres kommt in den Fluoridtabletten vor. Jede der existierenden Fluorverbindungen hat ihren eigenen Toxizitätsgrad. Calciumfluorid ist nicht wasserlöslich, weshalb es eher als „ungiftig“ gilt, während sich Natriumfluorid sehr gut in wässrigen Flüssigkeiten, wie z.B. in Blut, löst und deshalb für den menschlichen Organismus in bestimmten Konzentrationen sehr giftig ist. Hohe Konzentrationen von Fluorid können sich an Calcium binden, wobei z.B. im Blut und im Muskel Calciumfluoride entstehen. So steht das für den Organismus notwendige Calcium diesem nicht mehr zur Verfügung. Fluorid stellt aber ein Spurenelement dar, von dem ein erwachsener Mensch täglich 0,5-0,8 mg benötigt.

In der folgenden Tabelle 1 sind einige Nahrungsmittel und deren durchschnittliche Menge an Fluorid angegeben. Neue Analysemethoden verfeinerten die Detektion von Fluorid und führten dazu, dass die ursprünglich ermittelten Werte nach unten korrigiert werden mussten. Zirka 60-80% der angeführten Fluoridmengen sind bioverfügbar (2).

	DGE	Oehlschläger
Fleisch, Fisch	0,222	0,058
Eier, Milch, Fett	0,102	0,035
Backwaren, Nahrungsmittel	0,156	0,098
Gemüse, Kartoffeln	0,056	0,057
Obst	0,020	0,023
Zucker, Süßwaren	0,008	0,004
Feste Nahrung gesamt	0,564	0,265

Getränke	0,238	0,175
Insgesamt ohne Trinkwasser	0,802	0,440
Trinkwasser		0,130
gesamt	0,802	0,570

Tabelle 1: Fluoridaufnahme bei Erwachsenen über die tägliche Nahrung (mg/Tag). Die Zahlen der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) stammen von 1980. Von den aufgeführten Fluoridmengen sind allerdings nur etwa 60-80% bioverfügbar.

Natürliche Fluoride sind niemals durch synthetische ersetzbar. Kritiker behaupten, dass synthetische Fluoride sich negativ auf unseren Körper auswirken.

2.1 Vorkommen und Stoffwechsel des Fluorids

Fluoride gelangen über pflanzliche und tierische Nahrung in den Magen-Darm-Trakt. Geringe Fluoridmengen können auch aus der Umwelt in unseren Organismus gelangen und sich dort in den Knochen und Zähnen anlagern (3). Die leicht löslichen Fluoride (NaF oder SnF₂) werden komplett und rasch resorbiert, während bei den schwer löslichen Fluoriden (CaF₂) nur ein kleiner Teil resorbiert wird (4). Verteilt werden Fluoride über das Blutplasma im menschlichen Körper, wobei die Plasmakonzentration zwischen 0,13µg/l und 0,46µg/l liegt. Insgesamt sind etwa 2,6 g Fluorid im erwachsenen menschlichen Körper eingelagert (5). Unter normalen Bedingungen beträgt die Halbwertszeit applizierten Fluorids im Plasma zwischen vier und zehn Stunden. Die Fluorausscheidung erfolgt zu 49% über die Niere. 1% wird mit dem Speichel, 1% mit dem Schweiß und 4% werden über den Stuhl ausgeschieden (6, 4). Neben der Aufnahme und Ausscheidung des Fluorids ist auch der Knochenstoffwechsel für die Plasmakonzentration von Bedeutung. Auf lange Sicht stellt sich ein Gleichgewicht zwischen Fluorid im Plasma und im Knochen ein.

Während der Wachstumsphase bei einem jungen Menschen wird ca. die Hälfte des täglich aufgenommenen Fluorids im Knochen eingelagert und die restlichen Fluoride auf renalem Weg ausgeschieden. Nimmt der Mensch nur geringe Mengen an Fluoriden auf, ist es dem Knochen unmöglich, seine Fluoridkonzentration zu halten. Dies konnte bei einer Studie mit Menschen, die

aus einer Region mit hoher Trinkwasser Fluoridierung in ein Gebiet mit niedriger Fluoridkonzentration umgezogen sind, nachgewiesen werden (4).

Bei diesen Menschen kommt es zu einer negativen Fluoridbilanz, d.h. es wird über einen bestimmten Zeitraum vermehrt Fluorid aus dem Knochen freigesetzt. Liegt eine positive Bilanz vor, geht man davon aus, dass sich die Aufnahme und die Ausscheidung von Fluoriden ungefähr die Waage halten. Während der Wachstumsphase besteht wegen der starken Einlagerung in den Knochen meistens eine positive Fluoridbilanz. Mit zunehmendem Alter steigt die Fluoridkonzentration im Knochen und somit auch im Blut. (4). Beim Erwachsenen herrscht hingegen meist eine ausgeglichene Fluoridbilanz, d.h. ein Teil des Fluorids wird in den Knochen eingebaut und die gleiche Menge wird durch Umbaumaßnahmen des Knochens jedoch wieder freigesetzt.

3 Anatomie der Zähne und die Wirkung, die Fluoride auf die Zahnoberfläche ausüben.

3.1 Anatomie des Zahnes

Ein Zahn besteht aus den Zahnhartsubstanzen und aus einem Pulpagewebe.

Die Zahnhartsubstanzen sind in drei Schichten eingeteilt, und zwar in eine Schmelzschicht (Enamelum, Substantia adamantina), eine Dentinschicht (Zahnbein, Substantia eburnea) und den Zement (Cementum).

In der folgenden Abbildung 1 wird die anatomische Struktur des Zahnes gezeigt (7).

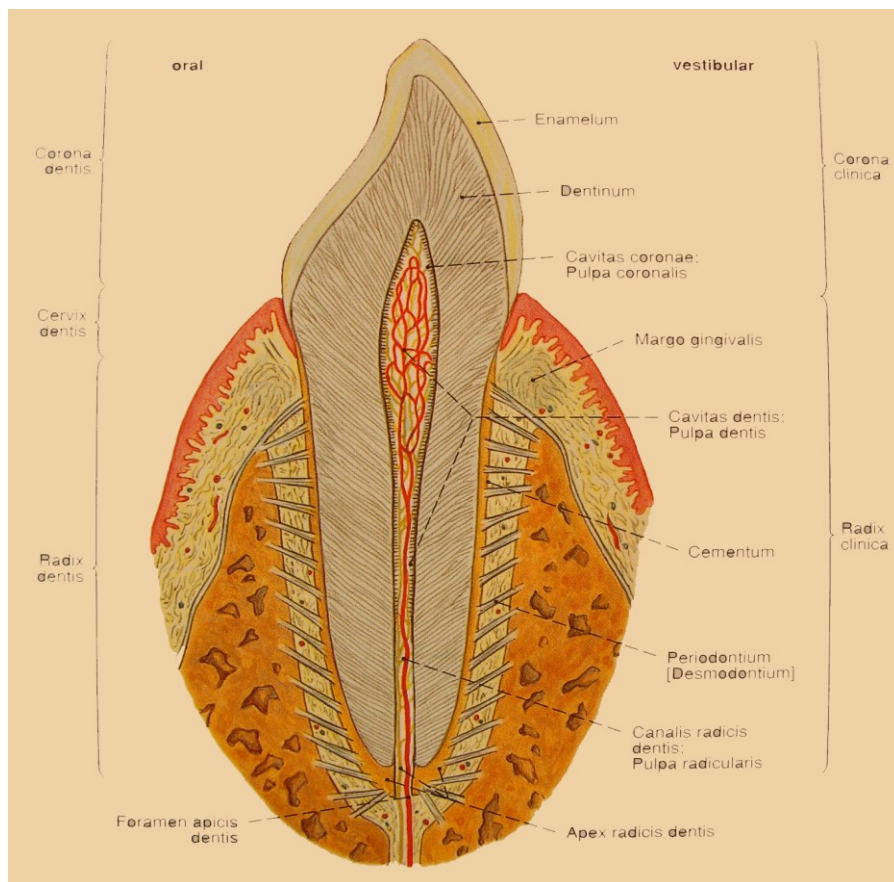


Abbildung 1: Anatomische Struktur des Zahnes

Zahnschmelz

Der Zahnschmelz ist epithelialer Herkunft und das am stärksten mineralisierte und härteste Zellprodukt des menschlichen Körpers.

Im Bereich der Kaufläche der Seitenzähne sowie der Schneidekante der Frontzähne ist der Schmelz sehr dick und nimmt in Richtung Zahnhals an Stärke ab.

Der Schmelz besteht zu 96% aus anorganischen Substanzen und ist ein auskristallisiertes Sekret ohne Nerven und Blutgefäße.

Die restlichen 4% sind Proteine (Enameline) und Wasser.

Der kristalline Anteil des Schmelzes besteht vorwiegend aus Kalzium, Phosphor und aus geringen Mengen anderer Substanzen, wie Natrium, Magnesium, Kalium, Chlor und Fluor.

Wird dem Hydroxylapatit Fluorid beigesetzt, nimmt die Kristallgitterstruktur eine noch stabilere Form an als Hydroxylapatit in ursprünglicher Gestalt hatte. Dieser Fluorapatit ist besonders widerstandsfähig gegen Erosionen. Durch diesen Effekt ist es möglich, durch professionelle Applikation von fluoridhaltigen Lacken eine Kariesreduktion zu erzielen. Der Zahnschmelz besteht aus Ameloblasten, die unter Druck stehen und so eine hexagonale Form annehmen. Das heißt nicht, dass der Schmelz sechseckig ist. Da der Ameloblast noch den Tomes-Fortsatz bildet, werden strukturelle Einheiten in sogenannte Schmelzprismen gebündelt und bekommen dadurch eine neue Form. Die Ameloblasten liegen jetzt reihenweise in Ringen um den Dentin-Kern.

Es gibt zwei unterschiedliche Prismenverbände, zum einen den Schlüssellocktyp und zum anderen eine hufeisenförmige Anordnung.

Der Schlüssellocktyp besteht aus einem Prismenstab eines Ameloblasten und dem interprismatischen Schmelz dreier anderer Ameloblasten.

Ein Pferdehuftyp hat einen Prismenstab und einen interprismatischen Schmelz eines Ameloblasten.

Ist die Schichtdicke des Schmelzes erreicht, verwandelt sich der sekretorische Ameloblast in einen resorbierenden, der danach als Plattenepithelzelle im Saumepithel zugrunde geht (8,9,10).

Dentin

Das Zahnbein (Dentin) bildet die Hauptmasse der Zahnhartsubstanzen. Wie der Zahnschmelz besteht auch das Dentin zum Großteil aus Hydroxylapatit.

Da das Zahnbein von den Zellfortsätzen der Odontoblasten durchzogen wird, macht die anorganische Substanz 70% aus. Der Rest besteht aus organischen Substanzen und zwar fast ausschließlich aus Kollagen Typ I und aus Kollagen Typ V.

Dentin ist härter als der Knochen, aber weniger hart als der Zahnschmelz. In der chemischen Zusammensetzung unterscheidet sich das Dentin beträchtlich vom Schmelz. Dentin gleicht eher dem Zahnzement und den Knochen.

Das wichtigste Element im Dentin ist der Odontoblast, der stark mit der Pulpa in Verbindung steht und als Pulpa-Dentin-Einheit bezeichnet wird. Die Odontoblasten sind spezifische Bindegewebszellen, die in der Lage sind, Zahnbein zu bilden. Sie sind ektomesenchymaler Herkunft und stammen von der kranialen Neuralleiste ab und entstehen aus den Zellen der Zahnpapille zu einem Zeitpunkt, wenn der Zahnkeim das späte Glockenstadium erreicht hat. Odontoblastenkörper liegen in der Pulpa an der Grenze des Dentins, und ihre Fortsätze durchziehen das gesamte Dentin. Der Odontoblastenfortsatz erstreckt sich über das pulpanahe liegende Prädentin bis an die Schmelz-Dentin-Grenze. Die Sensibilität des Dentins kommt von den marklosen Nervenfasern des Nervus trigeminus, die parallel mit den Odontoblastenfortsätzen, innerhalb der Dentin Kanälchen verlaufen. Es kommt auch zu einer Flüssigkeitsverschiebung innerhalb der Dentin Kanälchen, die von den freien Nervenendigungen als schmerzhaft empfunden werden. Man bezeichnet diese Flüssigkeitsverschiebung als hydrodynamische Theorie (11,12,10).

Zement

Wurzelzement ist ein Derivat des Zahnsäckchens. Der Zement ist eine knochenähnliche Substanz, die im Bereich der Wurzel das Dentin bedeckt. Der mineralische Anteil des Zements beträgt ca. 60% und ist ähnlich zusammengesetzt wie der Knochen. Der Rest besteht aus kollagenen Fasern und Wasser. Dieser Zement verbindet die desmodontalen Kollagenbündel mit der Oberfläche der Wurzel und ist selbst nicht vaskularisiert. Der Zement wird von den Zementoblasten, auch nach Abschluss der Zahnentwicklung, gebildet. Das Desmodontium ernährt den gefäßfreien Zement. Der Schmelz und der Zement stoßen dicht aneinander oder sind geringfügig überlappt, das Dentin ist ganz bedeckt. Wenn der Schmelz und der Zement nicht Stoß an Stoß zueinander liegen, hat der Patient eine offene CEJ (Cemento-enamel-junction), das heißt, dass im Bereich der Schmelz-Zement-Grenze das Dentin freiliegt.

Der Patient leidet unter einer hohen Sensibilität und als Folge kann im Zahnhalsbereich Karies entstehen (13,14,10).

3.2 Der präeruptive Fluorideinbau

Die Abbildung 2 zeigt einen frisch durchgebrochenen Zahn mit der höchsten Fluoridkonzentration an der Schmelzoberfläche (15).

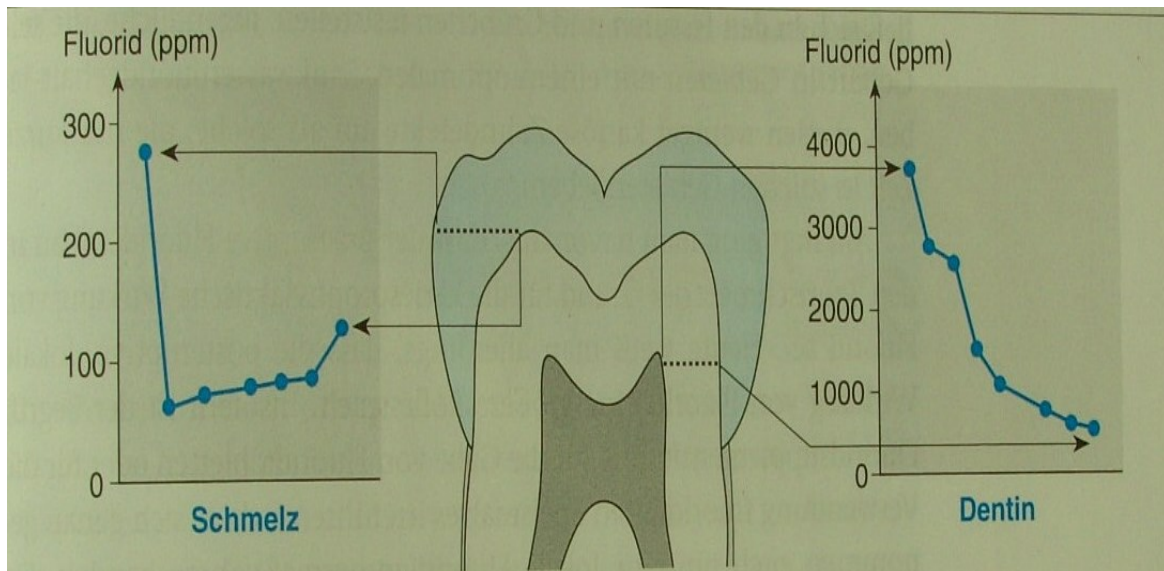


Abbildung 2: Fluoridprofil im Zahnschmelz und Dentin frisch durchgebrochener Zähne

Die Fluoridkonzentration nimmt unter der äußeren Schmelzschicht nach innen ab und steigt zur Schmelz-Dentin-Grenze wieder an.

Eine Kariesreduktion gibt es bei einem präeruptiven Fluorideinbau allerdings nicht. Es gibt nach dem Zahndurchbruch die Möglichkeit, die Zähne mit einer lokalen und systemischen Fluoridierung zu behandeln (16).

3.3 Lokale Fluoridwirkung am Zahn

Der Zahnschmelz hat keine deutliche Eigenfarbe, den 70% des Schmelzes sind transluzent (lichtdurchlässig). Die „Zahnfarbe“ stammt vom darunter liegenden Dentin ab. Die Transluzenz wird durch die Schmelzprismen, aufgrund ihrer parallelen Anordnung, gebildet. Werden die Schmelzprismen de- und remineralisiert, geht die Originalanordnung verloren, das heißt, auch diese

Transluzenz geht verloren. Es entsteht eine opake Stelle, die in der Fachsprache als White Spots (17) bezeichnet wird (Abbildung 3).



Abbildung 3: White Spots

Durch eine verbesserte Mundhygiene und durch die Einsätze von Fluorid-Präparaten lässt sich eine Demineralisation wieder umkehren. Fluoride sind auch in der Lage, White Spots zu remineralisieren. Demineralisierter Schmelz hat eine poröse Struktur und dadurch wird ihre Oberfläche stark vergrößert, wodurch der Eintritt von Fluoriden leichter gewährleistet ist. Eine Remineralisation ist nur durch ein frühzeitiges Eingreifen des Zahnarztes möglich.

Fluoride können die Oberflächenenergien des Schmelzes verändern und so eine Adhäsion der Bakterien durch physikochemische Vorgänge minimieren (18).

Die Karies reduzierende Wirkungsweise von Fluoriden im Dentin verhält sich ähnlich.

Das Dentin besteht aus vielen langen Röhren. Diese Kanälchen werden in der Fachsprache als Dentintubuli (19) bezeichnet, die einen Durchmesser von etwa 1 μm haben (Abbildung 4).

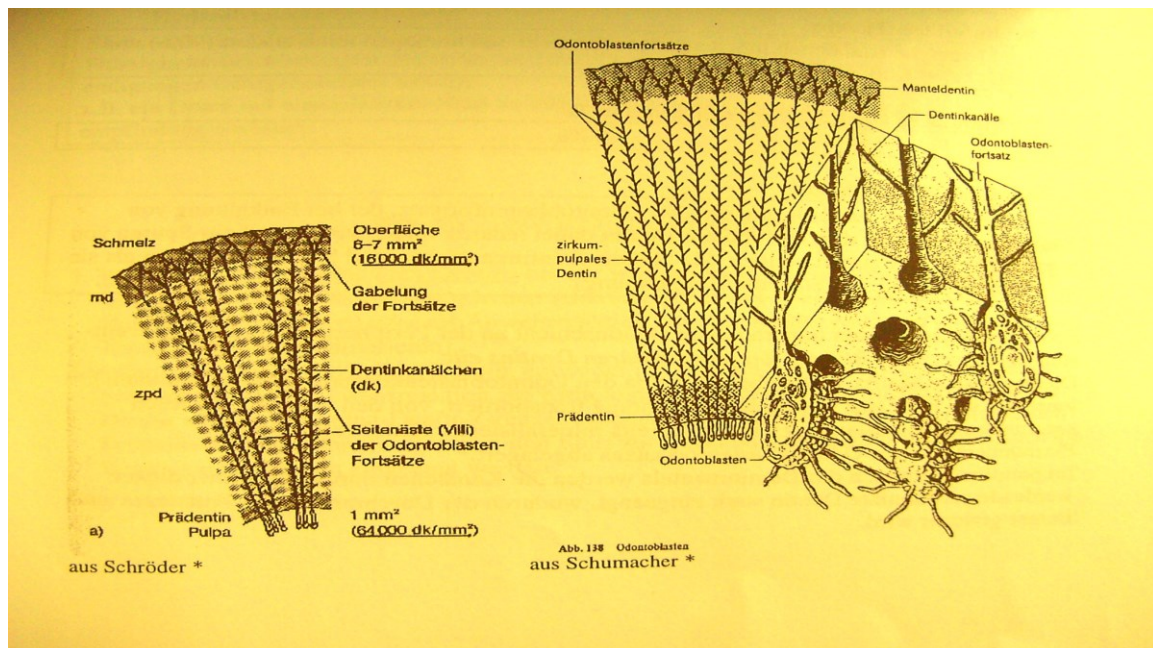


Abbildung 4: Dentintubuli

Werden fluoridhaltige Präparate auf das Dentin aufgetragen, kommt es zu einer Reaktion zwischen den Hydroxylapatitkristallen des Dentins und dem Präparat (20). Durch diese Reaktion bilden sich kugelförmige Präzipitate, die je nach Produkt des Fluorids, an Größe und Schichtstärke variieren. Diese Präzipitate dringen in die Dentintubuli ein und versiegeln die Tubulusöffnung. Daraus ergibt sich eine Substanz, die bis zu 50% aus Fluoriden besteht und Spuren von Kalzium und Phosphat enthält.

Kommt es zu einem kariogenen Angriff, lösen sich Fluoridteile aus den kugeligen Präzipitaten und sorgen so für eine gerade noch ausreichende Fluoridkonzentration auf der Dentinoberfläche. Eine kariogene Läsion kann durch diesen schützenden Mechanismus gerade noch verhindert werden (20). Auch in der Plaque können sich Fluoride anreichern, aber sie besitzen nur eine geringe plaquehemmende Wirkung.

Sowohl metallische als auch organische Kationen, wie sie z.B. in Zinn- oder Aminverbindungen vorkommen, haben nachweislich eine gute antibakterielle Wirkung gegen Plaquebakterien.

Andere handelsübliche Fluoridierungsmittel, wie z.B. Natriumfluorid haben diese antibakterielle Wirkung nicht.

Nur bei hohen Konzentrationen von Natriumfluorid ist eine bakteriostatische Wirkung möglich, während Aminfluoride bereits in einer niedrigen Konzentration

keimtötende Eigenschaften aufweisen. Aminfluoride sind kationische Tenside. Sie besitzen eine lange hydrophobe Alkylgruppe und ein polares, hydrophiles protoniertes tertiäres Amin, mit einem Fluorid als Anion. Ihre Überlegenheit beruht auf den tensidartigen Aufbau.

Durch ihre aliphatischen Amine ist es möglich, die Zellwand der Bakterien zu schädigen(21, 22).

Durch den Einfluss von Aminofluoriden kann die Energiegewinnung des Steptokokkus. mutans noch effektiver gehemmt werden (23).

Die Abbildung 5 zeigt, wie eine Zahnoberfläche nach einer Fluoridapplikation aussieht (24). Es wurde Kalziumfluorid aufgelöst und die Zähne mit Fluorid-Ionen umspült.

Die Fluorid-Ionen verteilen sich in der Mundhöhle zwischen den Kristallen der Zahnhartsubstanz (F⁻in). Es entsteht dadurch um die Kristalle eine Hydrationshülle oder eine Calciumfluoriddeckschicht (CaF₂). Diese schützenden Schichten können nach der Einlagerung über einen längeren Zeitraum Fluoride direkt an die Zahnhartsubstanz abgeben. Der Zahn bekommt dadurch fluorapatitähnliche Eigenschaften, und es kann durch diese Einsätze ein deutlicher Kariesrückgang erzielt werden.

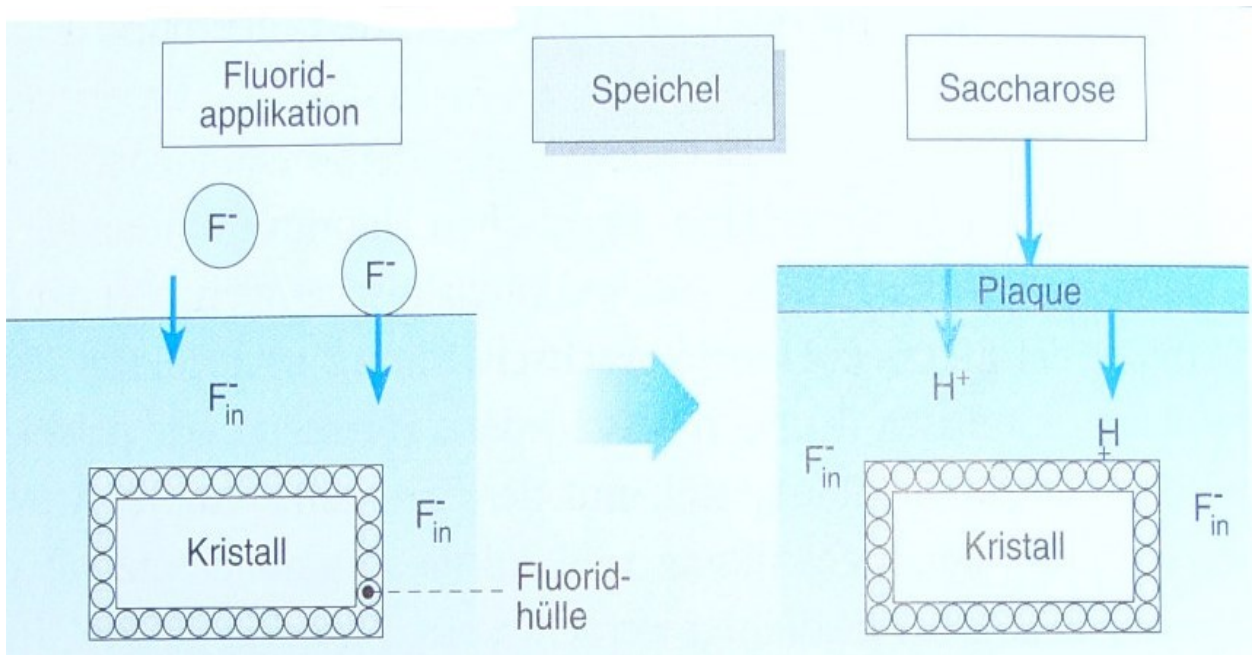


Abbildung 5: Reaktion von Fluoriden mit Zahnhartsubstanzen und Plaque

Bei einem Fluoridmangel löst sich während eines kariösen Angriffes die stabile Kristalloberfläche partiell oder vollständig auf (25).

Auch wenn sich im Kristall viele Fluorid-Ionen eingelagert haben (26), kommt es zu einem Auflösen der Kristalle (Abbildung 6).

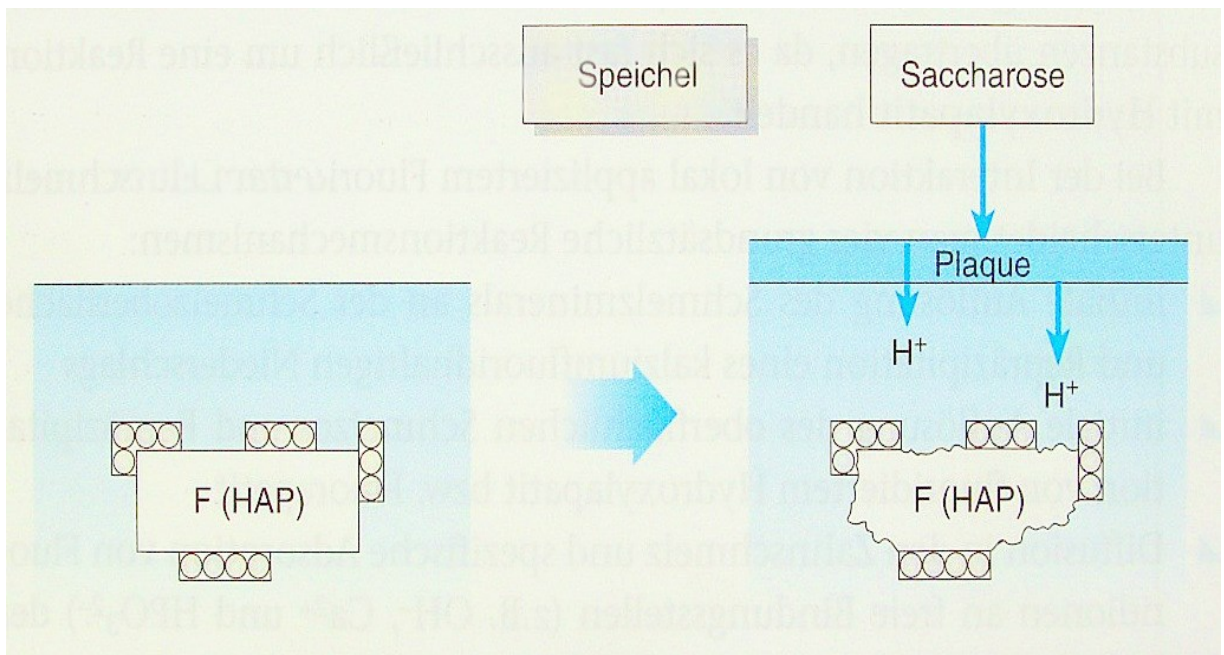


Abbildung 6: Reaktion von Fluoriden mit Zahnhartsubstanzen und Plaque

Welche Möglichkeiten bietet die Zahnmedizin, um dieser Auflösung der Kristalloboberfläche des Zahnes entgegen zu wirken?

Als prophylaktische Maßnahmen werden in den zahnärztlichen Ordinationen lokale Fluoridierungsmittel angewendet.

Im nächsten Kapitel werden verschiedene Fluoridierungstherapien vorgestellt.

4 Fluoridierungsmaßnahmen in der Zahnmedizin

Fluoride kommen in verschiedensten Nahrungsmitteln (besonders in Sardinen und schwarzem Tee), in der Luft, dem Trinkwasser aber auch im Erdboden vor.

Es gibt in Deutschland, Österreich und der Schweiz einen Richtwert, der besagt, dass eine Zufuhr von 3,1-3,8 mg Fluorid pro Tag nicht überschritten werden darf (27).

Ein Erwachsener nimmt im Durchschnitt in Deutschland ca. 0,4 -1,5 mg Fluorid zu sich. Der maximale Richtwert kann mit all den fluoridhaltigen Stoffen, die wir aufnehmen, nicht leicht überschritten werden (28).

Viele Menschen leiden unter empfindlichen Zähnen und sind gezwungen, einen Zahnarzt um Hilfe zu bitten. Die Zahnärzte verfügen über viele verschiedene Therapiemöglichkeiten und sind in der Lage, diese Schmerzen zu beheben. Seit über einem halben Jahrhundert gibt es die Anwendungen von Fluor für die Kariesprophylaxe.

In den nächsten Kapiteln werden einige Methoden der lokalen Fluoridierung vorgestellt.

4.1 Lokale Fluoridierung

Fluoridierung durch Zahnpasten und Mundspüllösungen

Eine wichtige Quelle für Fluoride sind die Zahnpasten. Es darf die Fluoridkonzentration von 1500 ppm nicht überschritten werden, sonst müssen diese Hygieneartikel als Arzneimittel deklariert werden. Kinder dürfen bis zum Schulalter nur Zahnpasten mit niedriger Fluorkonzentration als 500 ppm

verwenden. Mit einer lokalen Fluoridierung kann begonnen werden, sobald Kinder mit Sicherheit die Zahnpaste ausspucken können. Dies ist ungefähr ab dem 4. Lebensjahr der Fall. Die richtige Dosierung der Fluoridierung sollte mit dem Zahnarzt besprochen werden.

Wenn Kinder nicht in der Lage sind, die Zahnpaste auszuspucken, kann es zu einer akuten Intoxikation kommen. Deshalb dürfen Kinder fluorhaltige Zahnpasten nicht unbeaufsichtigt verwenden.

Bei einer häufigen Anwendung dieser Pasten kann ein kariöser Befall der Zähne vermieden werden.

Eine besonders gute Wirkung haben Kombinationspräparate, wie Zahnpasten mit Zinnfluoriden und Amin-Fluoriden. Sie können die Enzymaktivität und die Säureproduktion von Bakterien beeinflussen und haben somit eine Plaque-hemmende Wirkung.



Abbildung 7

Die Abbildung 7 zeigt Produkte, die beide Substanzen beinhalten, sowohl Zinnfluoride als auch Aminfluoride (29).

Fluoridhaltige Mundspüllösungen werden bei Personen angewendet, die eine sehr schlechte Mundhygiene aufweisen. Bei Menschen, die regelmäßige Mundhygiene betreiben, ist eine dauerhafte Mundspüllösung nicht erforderlich (30,31).

Fluoridgele

Nach einer gründlichen Zahnreinigung können Fluoridgele (Abbildung 8) einmal in der Woche aufgetragen werden (32). Da diese Präparate bis zu 10 000 ppm aufweisen, müssen sie jedoch vom Arzt als Arzneimittel verschrieben werden. Auch diese Möglichkeiten zur Kariesreduktion haben sich gut bewährt. Man muss nur achten, dass das Gel nicht verschluckt wird (36,37).



Abbildung 8

Fluorlackapplikation

Fluorlacke (Abbildung 9) müssen nach einer professionellen Zahnreinigung vom Fachpersonal appliziert werden und dürfen für den häuslichen Gebrauch nicht verkauft werden (35).

Auch diese Therapie ist eine wirksame kariespräventive Maßnahme.

Um eine gute Wirkung zu erzielen, sollte die Fluorapplikation zweimal pro Jahr durchgeführt werden (36,37).



Abbildung 9

4.2 Systemische 4.Fluoridierung

Die präeruptive Karieshemmung durch systemische Fluoridierung ist geringer einzuschätzen als die beim posteruptiven kariostatischen Effekt bei der lokalen Fluoridierung.

Es gibt eine Verbindung zwischen lokaler und systemischer Anwendung, z.B. das Aufnehmen von Fluoriden aus dem Trinkwasser, das Essen von fluoridiertem Salz oder das Lutschen von Fluorid-Tabletten. Diese Substanzen gelangen in den Intestinal-Trakt und weiter in den gesamten Kreislauf. Ab diesem Zeitpunkt ist es möglich, dass die Fluoride über die Speicheldrüsen in den Mundraum gelangen und so eine lokale Fluoridierung der Zähne stattfindet (38).

Fluoridiertes Speisesalz

In der Schweiz ist es seit den 1950iger Jahren möglich, fluoridiertes Kochsalz zu kaufen und Fluoridsalze in Bäckereien und Gemeinschaftsküchen zu verwenden. So konnte bei dieser Bevölkerung eine deutliche Abnahme der Karies beobachtet werden.

Es werden ca. 4 g Salz über die Nahrung täglich verzehrt, das entspricht einer Aufnahme von 1 mg Fluorid. Viele Menschen erreichen diese optimale Dosierung nicht und erkranken an Karies.

In anderen Ländern ist der Zusatz von fluoridiertem Kochsalz (Abbildung 10) in Kantinen und Großküchen gesetzlich verboten (39).

Experten wünschen sich, dass es seitens der Politik in den nächsten Jahren ein Umdenken gibt, denn dann profitieren auch die sozial schwachen Menschen, die Probleme mit der täglichen Zahnhygiene haben (36,40).



Abbildung 9

Trinkwasserfluoridierung

In Deutschland wird die Bevölkerung mit fluoridiertem Leitungswasser (Abbildung 11) versorgt (41), das aber keinen kariesreduzierenden Effekt aufweist (unter 0,3 ppm). Das Trinkwasser sollte einen optimalen Wert von 1 mg/l, das sind 1 ppm enthalten.

In Österreich wird das Trinkwasser nicht mit Fluorid angereichert (42,43).



Abbildung 10

Fluoridtabletten

Fluoridtabletten (Abbildung 12) machen die Zahnhartsubstanz widerstandsfähiger gegen Säuren und haben daher einen kariesreduzierenden Effekt (44).

Es kann eine präzise Dosierung erfolgen, die mit anderen Präparaten unmöglich erzielt werden kann.

Von einer Kombination, z.B. Tablette mit anderen Fluoridquellen wie Fluoridgel, ist allerdings abzuraten. Es könnte zu einer Überschreitung der empfohlenen Fluormenge kommen (45,46).



Abbildung 11

5 Kariesprophylaxe

Eine kariöse Läsion entsteht durch eine mikrobielle Stoffwechselaktivität. Dabei werden organische Säuren produziert, die den Zahn angreifen. Um eine kariesprophylaktische Wirkung zu erlangen, muss diese Stoffwechselaktivität unterbunden werden.

Dies ist nur bei einer zahnfreundlichen Ernährung und optimaler Mundhygiene möglich, es müssen dazu oft Verhaltensänderungen durchgeführt werden, die bei Kindern besonders schwer realisierbar sind (47). Es gibt Fluoridierungsmaßnahmen in der Zahnheilkunde, die eine solche Erkrankung des Zahnes verhindern können. So können Zahnärzte Fluoride anbieten, die in der Lage sind, Zahnhartgewebe so zu stärken, dass eine kariogene Noxe keine Chance hat einzudringen.

5.1 Wirkungsmechanismus von Fluoriden

Die antikariogene Wirkung von Fluoriden beruht auf den 3 folgenden Mechanismen:

- Verringerung der Säurelöslichkeit des Hydroxylapatits durch Einbau des Fluorids
- Beschleunigung der Remineralisation durch Bindung von Kalzium und Phosphat aus dem Speichel und Bildung von Fluorapatit
- Verringerung der Plaque Bildung durch Hemmung der Enzymaktivität der Plaque Bakterien (antibakterielle Wirkung)

Nach derzeitigem Wissensstand ist der erstgenannte Wirkmechanismus der effektivste.

Der letzte Wirkmechanismus, die antibakterielle Wirkung, spielt eine sehr untergeordnete Rolle.

5.2 Verbesserung der Remineralisation durch Fluoride

Die in der Zahnhartsubstanz vorhandenen Bestandteile wie Kalzium, Phosphor oder Fluoride können mit dem Speichel in Lösung gehen. Andererseits können diese Bestandteile aus dem Speichel wieder eingebaut werden und so zur Remineralisation führen.

Abbildung 13 zeigt, dass auf der Zahnoberfläche ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Demineralisation und Remineralisation herrscht (48).

Während der Nahrungsaufnahme (Substrat) entstehen im pathologischen Biofilm (Plaque) organische Säuren, die das Gleichgewicht in Richtung Demineralisation verschieben.

Das Gleichgewicht kann wieder hergestellt werden, wenn die Metabolite abtransportiert werden und die Substrate durch die Clearance des Speichels den pH-Wert wieder ansteigen lassen.

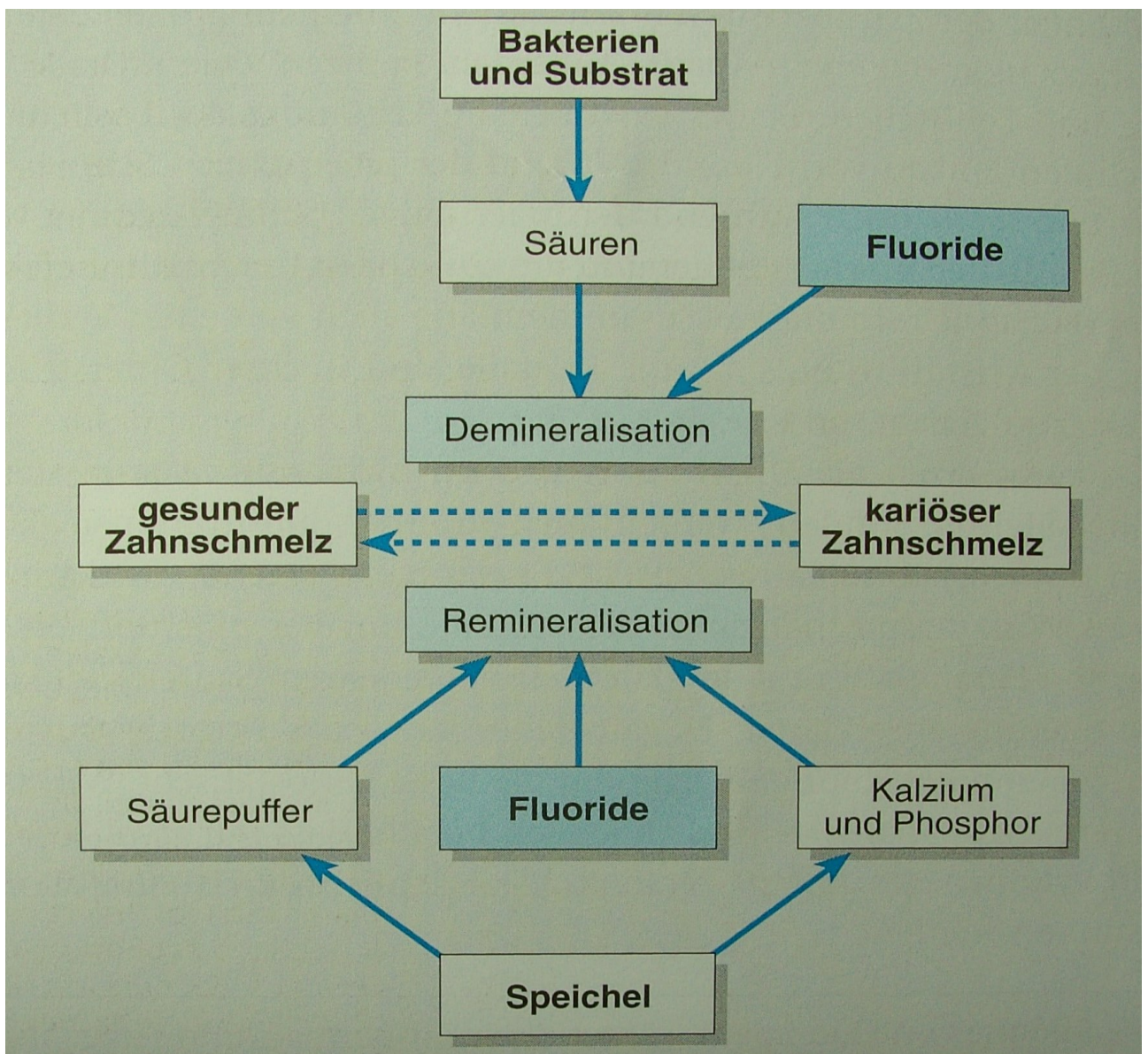


Abbildung 12

Fluoride können in das Gleichgewicht eingreifen, indem sie die Entmineralisierung hemmen und die Remineralisation unterstützen.

Hydroxylapatit geht bereits bei einem pH-Wert von etwa 5,5 in Lösung.

Das geschieht nicht bei Fluorapatit. Dort tritt erst ab dem pH-Wert 4,6 eine Demineralisierung ein (49,50).

Das bedeutet, dass die Remineralisation schon bei einem pH-Wert von 4,6 einsetzen kann, das wiederum, wenn genügend Fluoride sich in der Deckschicht eingelagert haben.

Ohne Fluorid kann die Remineralisation erst bei einem pH-Wert von 5,5 beginnen. In der Realität findet man allerdings ideale Zustände nur sehr selten.

5.3 Verminderung der Demineralisation

Fluoride dringen in den Schmelz ein, und es kommt dort zu einer Kristallisation.

In die interprismatischen Diffusionskanäle können diese Fluoride gebunden werden. Wie die Fluoride sich dort an den Diffusionskanälchen verankern, ist noch nicht geklärt. Aber bei einem gesunden Schmelz ist nur eine sehr dünne Oberflächenschicht durch Fluorid Ionen ersetzt. Es können dort zirka 5% Fluorapatit oder 10% Hydroxylapatit vorliegen (49).

Vor einigen Jahren wurde dem Einbau von Fluoriden in den Schmelz und ins Dentin und dem damit erreichbaren Schutz gegenüber den kariogenen Noxen eine große Bedeutung beigemessen.

Diese Hypothese konnte von Ögaard und Mitarbeitern im Jahre 1988 widerlegt werden (52). Diese Wissenschaftler haben an Hand von in-vitro-Studien an Haifischzähnen, die aus Fluorapatit mit einem Fluoridgehalt von 32000 ppm bestanden, gezeigt, dass Haifischzähne bei Vorliegen eines kariogenen Milieus fast genauso rasch und fast ebenso tiefe, kariöse Läsionen, wie bei verwendetem menschlichen Zahnschmelz mit einem Oberflächen Fluoridgehalt von 1270 ppm entstehen. Dieser Fluoridgehalt nahm zudem in der tieferen Schicht rasch ab (52). Der erreichte Gehalt systemischer Fluoridierung an fest gebundenem Fluorid ist laut den Wissenschaftlern nicht ausreichend, um eine signifikante Rolle in der Kariesprophylaxe zu spielen (51).

5.4 Antibakterielle Wirkung von Fluoriden

Im Zuge ihres Stoffwechsels bilden Bakterien Säuren, welche die Zahnoberfläche angreifen und so die Entstehung von Zahnkaries fördern. Fluoride sind in der Lage, Stoffwechselfunktionen der Plaque-Bakterien zu stören und haben somit eine antibakterielle Wirkung. Am Pionierkeim *Streptokokkus mutans* konnte nachgewiesen werden, dass bei niedrigem extrazellulärem pH-Wert Fluorwasserstoff durch Diffusion in das basische Zellinnere gelangen konnte. Steigt der pH-Wert im extrazellulären Milieu, gibt es eine Umkehr der Diffusion. Bei diesen Diffusionsmechanismen kommt es zu zwei erheblichen Effekten auf den Energiestoffwechsel (Glykolyse) in der Bakterienzelle. Zum einen wird das Innere der Bakterienzelle durch eine Säureaufnahme übersäuert. Dieses führt zu einer unspezifischen Hemmung der Glykolyse, da die meisten Enzyme ihren pH-Wert im basischen Bereich haben. Zum anderen wird das Fluorid vom Glykolyse-Enzym Enolase gehemmt und so wird 2-Phosphoglyzerat zu Phosphoenolpyruvat umgewandelt (53). Es kommt bei beiden Effekten zu einer Reduktion der Energiegewinnung, einer Produktion von Laktaten und einer intra- sowie extrazellulären Hemmung der Saccharidsynthese. Bakterien können auch eine „Hungerperiode“ durchwandern. Diese können durch intrazelluläre Polysaccharidspeicher überwunden werden. Sind allerdings diese Speicher aufgebraucht, gibt es kein Überleben dieser Bakterienzelle. Nur durch ein Überangebot an extrazellulären Polysacchariden kann sich eine Plaquematrix bilden und so eine Adhäsion am Zahnschmelz gewährleisten. Bei einer niedrigen Glukose Konzentration kann bei *Streptococcus salivarius* diese mit der Unterstützung eines Phosphoenolpyruvat-(PEP)-Phosphotransferase (PT)-Systems in die Zelle eingeschleust werden.

Reaktionsgleichung dieses Systems ist:



Der Transport von Glukose in die Bakterienzelle wird durch Fluoride gehemmt. Streptokokkus salivarius wird von Enolase gehemmt, und als Folge wird die Phosphoenolpyruvat-Produktion vermindert. Fällt die Phosphopyruvat-Produktion für die Phosphatgruppe aus, kommt es zum Stillstand dieser Reaktion. Eine Hemmung der Nahrungsaufnahme der Bakterien steht bevor (53).

Eine Konzentration von etwa 100 bis 200 ppm Natriumfluorid im pathologischen Biofilm ist erforderlich, um die Population oraler Streptokokken zu hemmen.

Eine keimtötende Wirkung erzielt man erst ab einer 30-fachen Konzentration.

Bei einem interessanten Versuch wurde mit einer 10%igen Saccharose-Lösung menschliche Approximalplaque umspült und erst nach einer Konzentration von 1000 ppm Fluorid konnte die Remineralisation ab dem pH-Wert 5,5 einsetzen.

In-vivo kommen solche unrealistischen Konzentrationen nicht vor. Außerdem können orale Mikroorganismen Resistenzen gegenüber Fluoriden entwickeln, und die Einschränkung der antibakteriellen Wirkung wird dadurch immer größer (53).

Das Resümee der antibakteriellen Wirkung des Fluorids ist, dass es viele Wirkmechanismen gibt, aber die Wirksamkeit viel zu gering ist.

6 Toxikologie der Fluoride

Allgemein muss die toxikologische Bewertung eines Stoffes, wie z.B. Fluorid immer dosisbezogen erfolgen.

Zwei wichtige Parameter müssen bei einer Vergiftung in Erfahrung gebracht werden. Die aufgenommene Gesamtmenge und das Körpergewicht des Patienten sollten sofort festgestellt werden, um zwischen einer akuten oder chronischen Toxizität unterscheiden zu können. Die Gesamtmenge der verschluckten Substanz kann anhand leerer Verpackungen ermittelt werden. Die Erfassung des Körpergewichts erfolgt durch einfache Schätzung.

Bei einer akuten Toxizität wird die Überdosierung nach einmaliger Einnahme eines Stoffes erreicht. Bei einer chronischen Toxizität treten Vergiftungserscheinungen über einen langen Zeitraum auf.

6.1 Akute Toxizität der Fluoride

Wenn wir Fluoride mit anderen Spurenelementen, die wir über die Nahrung aufnehmen,

vergleichen, hat Fluorid eine sehr hohe therapeutische Breite.

Das heißt, dass zwischen der letale Dosis und der essentiellen Menge, die wir über die Nahrung aufnehmen, ein wesentlicher Unterschied ist. Eine letale Dosis erreicht man erst, wenn man das 100fache der kariesprophylaktischen Fluoridmenge aufgenommen hat.

Um einen besseren Vergleich der akuten Toxizität von Fluoriden zu bekommen, verwendet man meist die Literaturübersicht von Hodge und Smith, die eine „sichere tödliche Dosis“ mit 32-64 mg Fluorid pro kg Körpergewicht beschreibt (54).

Solche Angaben haben für den täglichen Umgang mit Fluoriden nur einen sehr geringen Aussagewert. Eine maximale Sicherheit kann nur gewährleistet sein, wenn man die Stoffmenge kennt, die zu den ersten Vergiftungserscheinungen führt, das Wissen über die Stoffmenge als letale Überdosierung ist aus therapeutischer Sicht weniger brauchbar.

Therapeutisch wichtig ist somit jene Stoffmenge die durch die „wahrscheinlich toxische Dosis“ („Probably Toxic Dose“= PTD „) angegeben wird.

Das ist die minimale Dosis, die auf die ersten Symptome einer Vergiftung hinweist.

Der Patient muss sofort therapiert und in die nächste Klinik eingewiesen werden.

Whitford gibt die PTD mit 5mg F⁻ pro Kilogramm Körpergewicht an (55). Es gilt z.

B. eine Gesamtmenge unter 100 mg Fluorid bei kleinen Kindern als unbedenklich (56). Daraus kann man schließen, dass es zu einer Vergiftung kommt wenn ein sechsjähriges Kind, mit ungefähr 20 kg Körpergewicht, eine ganze Tube Fluoridzahnpaste (75 ml mit ca.125 mg F⁻) verschluckt hat.

Um eine ungefähre Vorstellung vom Fluoridgehalt einiger zahntherapeutischer Produkte zu erlangen, bietet die nachfolgende Tabelle 2 eine Hilfestellung (57).

	Fluoridanteil	Menge pro Anwendung
Zahnpasten	0.1-0,15%	2,25 mg (bei 1,5g Zahncreme)
Kinderzahnpasten	0,025-0,05%	0,125-0,25 mg (bei erbsengroßer Menge Zahncreme, ca.0,5g)
Fluoridsalz	0,025%	0,5mg (bei 2,0g Salz)
Fluoridgelee	1,25	12,5 mg (bei 1,0 g Gelee)
Mundspüllösung	0,0225%	2,25 mg (bei 10 ml Lösung)
Fluoridlack	0,1-2,26%	0,5-7,5 mg (bei 0,19- 0.50ml Lack)

Tabelle 2: Fluoridkonzentration einiger Mittel zur Kariesprophylaxe

Therapie der akuten Toxizität

Alle Menschen die eine Vergiftung erleiden, müssen sofort in eine Klinik eingewiesen werden. Um eine Reduktion der Fluoridresorption im Magen-Darm-Trakt zu erreichen, kann durch künstlich eingeleitetes Erbrechen oder mit Verabreichung von Kalzium- Brausetabletten therapiert werden. Kalzium bindet das Fluorid im Magen und verhindert dadurch eine Resorption im Magen-/Darmtrakt. Sind keine Kalziumtabletten vorhanden, hat eine größere Menge an getrunkenen Milch eine vergleichbare Wirkung.

Eine Vergiftung mit fluoridhaltigen Kariesprophylaktika kommt in der Regel nur sehr selten vor. Sollte es dennoch zu einer ungewollten Überdosierung kommen, besteht die Möglichkeit, durch Anruf bei der Giftnotrufzentrale über das weitere Vorgehen Informationen zu erhalten.

Meistens sind Kleinkinder unter den betroffenen Vergiftungsopfern. Deshalb sollten Produkte, wie hoch konzentrierte fluoridhaltige Mundspüllösungen oder Gelees, nicht in Reichweite von Kindern aufbewahrt werden.

6.2 Schulmedizinische Ausleitung der Fluoride

Vergiftungen sind plötzliche Schädigungen eines komplexen Systems durch exogen zugeführte Substanzen. Wichtige Parameter, um eine Intoxikation feststellen zu können sind:

- Die chemische Eigenschaft
-
- Die Dosis
-
- Der Aufnahmeweg
-
- Die Einwirkdauer der Substanz

Bei therapeutisch genutzten Substanzen, wie Fluoriden, spielt die Dosis eine entscheidende Rolle, ob die Substanz nützlich oder toxisch ist: „Die Dosis macht das Gift“.

Bei einer akuten Fluoridvergiftung treten Symptome, wie Übelkeit, Erbrechen, Durchfall und Magenschmerzen auf. Ist eine leichte Intoxikation bei Kindern vorhanden, wird fallweise eine Hyperaktivität beobachtet.

Bei der Detoxikation handelt es sich um eine primäre Giftbindung. Es können organische giftige Substanzen adsorptiv durch Aktivkohle gebunden werden. Diese Giftbindung mit der Aktivkohle ist nur möglich, wenn sie früh genug (unter 2-4 Stunden nach Vergiftung) eingenommen wird.

Als primäre Giftelimination kann eine 1%ige Calciumgluconatlösung, die der Patient in kleinen Schlucken einnimmt, verabreicht werden. Als weitere Sofortmaßnahme besteht die Möglichkeit, durch gezielte Reizung der Rachenhinterwand eine Magenentleerung durch Erbrechen zu provozieren. Dies ist aber eher eine unzuverlässige Methode, die eine zusätzliche Verletzungsgefahr im Mund- und Rachenbereich mit sich bringt.

Eine andere Therapiemöglichkeit wäre die Gabe von Emetika (Breachmittel). Es wird häufig bei Kindern der Ipecacuanha-Sirup eingesetzt. Eine weitere Therapiemöglichkeit ist die sekundäre Giftelimination. Dabei wird eine Ausscheidung über die Niere (forcierte Diurese) oder die Entfernung aus dem Blut (Hämodialyse) durchgeführt.

6.3 Alternativmedizinische Ausleitung

Die WHO (Weltgesundheitsorganisation)-Definition des Begriffes Alternativmedizin lautet: *„Die Begriffe Alternativmedizin/Komplementärmedizin (CAM) umfasst ein weites Spektrum von Heilmethoden, die nicht Teil der Tradition des jeweiligen Landes sind und nicht in das dominante Gesundheitssystem integriert sind“* (79).

Die Komplementärmedizin ist ein medizinisches Verfahren, das ergänzend zur allgemeinen Schulmedizin Anwendung findet. Es darf von Ärzten, Heilpraktikern aber auch von Laien angeboten werden.

Immer mehr Menschen zweifeln den Nutzen von Fluoriden an und befürchten stattdessen eher eine gesundheitsschädliche Wirkung. Die Zahl jener Menschen steigt, die eine komplette Vermeidung von Fluoriden anstreben und unabsichtlich aufgenommene Fluoride schnellstens aus ihren Körper wieder ausscheiden wollen.

Durch hochdosierte synthetische Fluoridverbindungen können, wie schon im Kapitel 8 erwähnt, Fluorosen entstehen. Um diese Fluoride wieder aus dem Körper zu entfernen, gibt es einige alternative Methoden, die eine Ausleitung ermöglichen.

Eine Möglichkeit ist die Leber-Reinigung. Hier werden leberstärkende Kräuter mit Bitterstoffen eingesetzt. Zu den Heilkräutern zählen Mariendistelsamen, Löwenzahnwurzel, Klettenwurzel und Kurkuma. Als sehr hilfreich hat sich auch die Leber-Gallen-Entgiftung erwiesen. Durch den Extrakt von Grapefruits können die Ablagerungen in der Gallenblase und den Gallenwegen aufgelöst und die Lebertätigkeit verbessert werden.

Eine weitere Möglichkeit wäre die Ausleitung mit Huminsäure. Diese ist vergleichbar mit der Wirkung von Heilerde. Sie hat eine natürliche Säure, die aus Torf- oder Humusböden stammt. Diese Säure wird in der Naturheilkunde auch zur Bekämpfung von *Candida albicans* eingesetzt.

Manche Heilpraktiker setzten auch Melatonin ein. Dieses Hormon wird in der Nacht von der Zirbeldrüse (Epiphyse) aus Serotonin gebildet, um unseren Tag-Nacht Rhythmus zu steuern. Mit zunehmendem Alter lagern sich auf der

Zirbeldrüse Kalkverbindungen aber auch Calciumfluoride ab. Durch diese Ablagerung ist eine uneingeschränkte Melatoninproduktion nicht mehr gegeben.

Durch die Gabe von Melatonin kann diese Kalk- oder Calciumfluorid-Ablagerung wieder entfernt werden.

Begleitend zu den oben genannten Therapien sollten alle Menschen eine gesunde Ernährung, viel Bewegung und regelmäßig Entspannungsübungen durchführen.

7 Fluoridüberdosierung

In einer therapeutischen Dosis sind Fluoride für den menschlichen Organismus unschädlich. Wenn aber über Jahre eine erhöhte Fluoriddosis aufgenommen wird, können Schäden an Zähnen und Knochen auftreten.

Ab einer Trinkwasser-Fluoridierung von 8 ppm oder einer Einnahmedosis von zirka 10 mg/Tag, über einem Zeitraum von mindestens zehn Jahren, kommt es zu einer morphologischen Veränderung des Knochens und der Zähne (55).

Eine Knochenfluorose durch Kariesprophylaxe oder Nahrungsaufnahme ist undenkbar.

Kindern sollte ab dem 6. Monat zweimal täglich die Zähne geputzt werden, einmal davon mit einer speziellen Kinderzahnpaste. Ab dem 2. Lebensjahr sollten die Kinder zweimal täglich ihre Zähne mit der Kinderzahnpaste reinigen. Erst ab dem 6. Lebensjahr dürfen Kinder zweimal täglich mit einer Erwachsenenzahnpaste putzen. Die empfohlene Fluoridmenge für Kinder beträgt täglich bis max. 0,05-0,07 mg/kg Körpergewicht und liegt bei Erwachsenen bei 1,5-4,0 mg/kg.

Auch bei niedrigen Dosen kann eine Zahnfluorose entstehen.

7.1 Grade der Fluorose

Grad 1 : weißliche Linien, liegen parallel zu den Perikymatien

Grad 2 : Linien sind verbreitert, weiß, mit wolkigen Flecken

Grad 3 : opaker, weißer Schmelz mit oberflächlichen Defekten

Grad 4 : größere Defekte, die gelb-bräunlich verfärbt sind

Eine Fluorose hat immer eine systemische Ursache, die nur durch eine genaue Anamnese abgeklärt werden kann.

Abbildung 14 zeigt eine Fluorose Grad 1 mit feinen weißlichen Linien, parallel zu den Perikymatien und unscharf begrenzten weißlichen Flecken (58).

Newbrun fand, dass die Zeit des höchsten Risikos zur Bildung einer Fluorose für die Inzisiven und Canini zwischen der Geburt und den ersten sechs Jahren liegt (59). In dieser Zeit sollte Fluorid – wie oben beschrieben - vorsichtig dosiert und eine Kinderzahnpaste mit einem reduziertem Fluoridgehalt verwendet werden.



Abbildung 13: Fluorose Grad 1

Es können in den ersten sechs Jahren leichte Mottlings im Seitenzahnbereich (Abbildung 15) auftreten (60). Diese können während der posteruptiven Schmelzreifung, die in den ersten fünf bis sechs Jahren stattfindet, entstehen.



Abbildung 14: Mottlings im Seitenzahnbereich

Sobald die ersten bleibenden Zähne durchbrechen, darf mit der Anpassung der optimalen Fluoriddosis begonnen werden. Meist beginnt dies ab dem siebten Lebensjahr nach Überprüfung der gegebenen Karies. Trotz geringer Fluoriddosis ist im nicht vollständig mineralisierten Seitenzahnbereich vereinzelt ein leichtes Mottling zu beobachten. Dieses milde Mottling kann während der vollständigen Mineralisationszeit vernachlässigt werden. Untersuchungen an Jugendlichen haben gezeigt, dass diese weißen wolkenartigen Erscheinungen an den Zähnen kein Unbehagen auslösten, sondern als eher ansprechend empfunden wurden (61). Es kann keine genaue Fluoridmenge angegeben werden, um ein Mottling auszuschließen. Gewisse Faktoren bleiben unkalkulierbar. So passiert es bei Kleinkindern öfters, wie in Abbildung 16 gezeigt (62), dass ein Teil der Fluoropasta unkontrolliert verschluckt wird (63). Der verschluckte Teil der Zahnpaste wirkt systemisch und stellt somit ein höheres Risiko für eine Fluorose dar. Ebenfalls lassen variable Ernährungsgewohnheiten eine exakte Berechnung, eines Optimums an Fluoriden, für den menschlichen Körper nicht zu.



Abbildung 15

In der Abbildung 17 wird eine Fluorose Grad 2 gezeigt (64). Das ist eine mittelgradige Fluorose die von seiner Morphologie her eine wolkige Struktur aufweist. Man kann weiße, getupfte Areale erkennen.



Abbildung 16: Fluorose Grad 2

In Deutschland kommt eine Fluorose Grad 2 kaum vor. Der Fluoridgehalt im Trinkwasser liegt deutlich unter 0,3 mg/l.

Bei dieser Konzentration gibt es keine Erkrankung an Fluorose, aber auch keine kariespräventive Wirkung (65,66).

Abbildung 18 zeigt eine Fluorose Grad 3. Diese Zähne haben lochartige Vertiefungen („pitting“) und sind sehr empfindlich auf Kälte (67). Eine Grad 3 Fluorose kommt nur im bleibenden Gebiss vor.

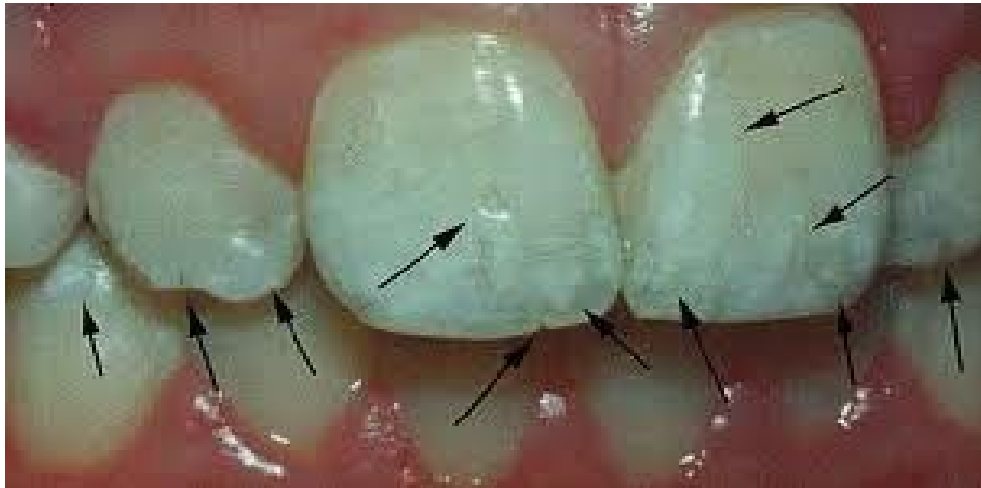


Abbildung 17: Fluorose Grad 3

Die Abbildung (Abbildung 19) zeigt eine schwere Grad 4 Fluorose (68). Der Patient hat sehr tiefe Defekte, und viele Stellen mit gelb-bräunlichen Verfärbungen. Die Therapiemöglichkeit für diesen Patienten ist eine Versorgung mit Veneers oder Kronen.



Abbildung 18: Fluorose Grad 4

8 Therapeutische Maßnahmen nach einer Fluorose

Bei einer Grad 1 Fluorose kommt es zu einer Hypomineralisation des Schmelzes. Trotz Schmelzfluorose ist eine Fluoridierung zur Verbesserung der Mineralisation indiziert. Die Hypomineralisationen werden vom Arzt mittels Fluorlackapplikation therapiert. Verfärbungen, die durch eine Fluorose entstanden sind, können nur schwer behandelt werden. Für kleine gelbe Verfärbungen besteht die Möglichkeit einer Bleichung oder die restaurativkonservierende Versorgung mit zahnfarbenen Kunststofffüllungen.

Patienten mit stark ausgeprägter Dentalfluorose Grad 4 (Abbildung. 19), können nur über Kunststofffüllungen, Veneers oder Kronen zu einer ästhetischen Rehabilitation gelangen (68).

9 Zahnmedizinische Therapien der Fluoroseanomalien

Die Ästhetik des Lächelns spielt in der heutigen Gesellschaft, die Wert auf ein gepflegtes Äußeres legt, eine große Rolle. Der erste Eindruck eines Menschen entsteht bereits innerhalb weniger Sekunden. Einen positiven Ersteindruck kann man sicherlich leichter durch ein ästhetisches Lächeln erlangen. Glücklich sind die Menschen, die von Natur aus mit schönen Zähnen leben dürfen. Patienten, die unter einer Fluorose leiden, ist das Lachen oder Lächeln aus ästhetischen Gründen verwehrt. Dabei können schon einfachste Maßnahmen zu einem schöneren Lächeln verhelfen.

Externe Bleachingverfahren können bei durch Fluorose verfärbten Zähnen zur Anwendung kommen.

Bei Verfärbungen an Kinderzähnen sind Kompositfüllungen als Therapie das Mittel der Wahl. In der prothetischen Zahnheilkunde erfolgt bei Patienten mit Fluorose eine Restauration, je nach Schweregrad, mit Veneers oder Kronen.

9.1 Therapien von Fluoroseanomalien der Zahnverfärbung

Bleichverfahren

Ein Bleichmittel darf nur aufgetragen werden, wenn die Zahnoberfläche vorab durch eine professionelle Zahnreinigung gesäubert wurde. Die Bleichmittel sind geleeartig in ihrer Konsistenz und können somit leicht auf die Zahnoberfläche appliziert werden.

Als externes Bleichmittel werden Wasserstoffperoxide (H_2O_2 = Wasserstoffsuperoxid) und Carbamid-Peroxid verwendet.

Wasserstoffperoxide zerfallen in Wasserstoff und Sauerstoff, dabei entfalten sie sowohl reduzierende als auch oxidierende Wirkungen. Farbige Metalloxide können dadurch zu farblosen Produkten abgebaut werden.

Die 10%igen Carbamid-Peroxide (Abbildung 20) zerfallen zu Wasserstoffperoxid und Harnstoff (69).

Dieser reagiert weiter zu Ammoniak (NH_3) und zu Kohlendioxid (CO_2).

Wasserstoff-Peroxid stellt dabei den eigentlichen Wirkstoff dar (70).

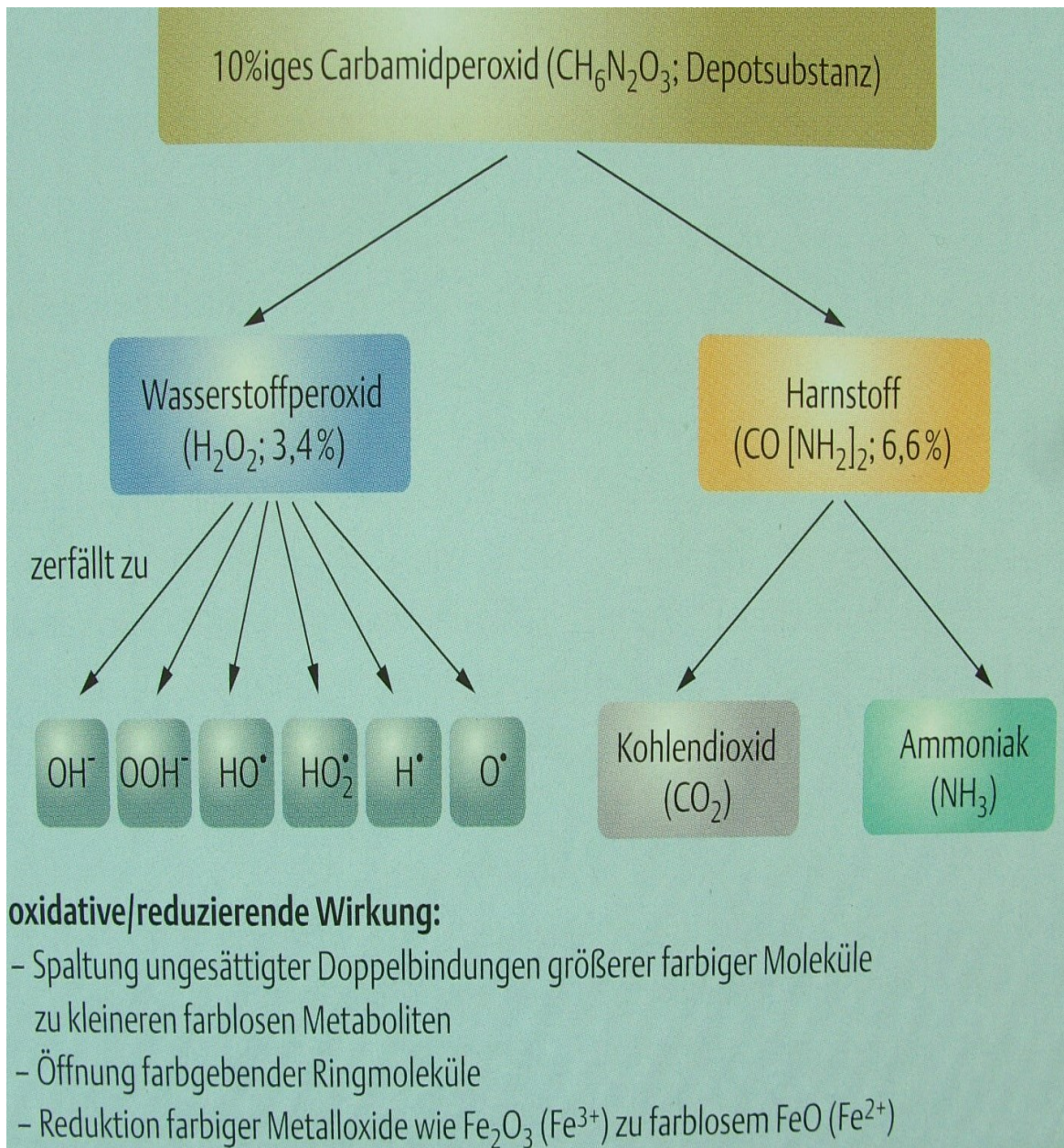


Abbildung 19: Bleichverfahren

Es stehen drei unterschiedliche Verfahren für das externe Bleaching zur Wahl:

- **Office bleaching in der zahnärztlichen Praxis**
-
- **Home bleaching unter zahnärztlicher Anleitung**
-
- **Home bleaching mit frei käuflichen Bleichmitteln**

Office bleaching

Bei der Methode des Office bleaching handelt es sich um eine Bleichbehandlung in der Zahnarztpraxis. Dieses Verfahren ist sehr aufwendig und teuer. Dabei werden hoch konzentrierte Substanzen angewendet, bei denen Komplikationen auftreten können. Deshalb ist es empfehlenswert, das Office bleaching nur bei besonders schweren Zahnverfärbungen, die bei Patienten mit einer Fluorose Grad 4-Erkrankung entstehen können, anzuwenden. Der erste Schritt ist eine professionelle Zahnreinigung. Anschließend muss ein Kofferdam angelegt werden, um die durch das Bleaching bedingte Reizung auf die Gingiva zu minimieren. Wichtig ist, dass das Behandlungsteam und die Patienten während des Bleichens Schutzbrillen tragen. Die Behandlung erfolgt durch das Aufbringen von 30-36%-igem Wasserstoffperoxid oder 20-30%-igem Carbamidperoxidgel auf den Zahnschmelz. Diese Substanzen sind hoch ätzend und können, wenn sie ins Auge gelangen, bis zur Erblindung des Auges führen. Das Gel darf auch nicht auf freiliegende Zahnhälse oder auf die Gingiva aufgetragen werden. Die Einwirkzeit beträgt unter ständiger Kontrolle ca. 30 min. Laut Herstellerangaben wird zu einer Überbleichung geraten, da in den ersten Wochen die erreichten Aufhellungen wieder etwas nachdunkeln. Es werden auch Bleichlampen verwendet, die den chemischen Prozess zur Aufhellung beschleunigen. Durch die erhöhte Temperatureinwirkung kann das Wasserstoffperoxid gut durch den Zahn diffundieren. Dies bringt den Vorteil einer Verkürzung der Behandlungsdauer, kann aber auch zu Komplikationen, wie z.B. einer Pulpitis (Entzündungsreaktion der Pulpa) führen.

Anschließend wird das Bleichmittel mit H₂O vom Zahn abgespült.

Es folgt die Entfernung des Kofferdams und die Nachbehandlung der gebleichten Flächen durch Fluorid- oder Kaliumnitratgel. Im Schnitt werden fünf Sitzungen pro Patient benötigt (71).

Home bleaching unter zahnärztlicher Anleitung

Beim Home bleaching handelt es sich um eine häusliche Anwendung von Bleichmitteln.

Dieses Verfahren ist die risikoärmste Methode, bei dem der Patient nur etwas Geduld aufbringen muss. Es werden dem Patienten vom Oberkiefer und Unterkiefer Abformungen gemacht.

Anschließend kann im Dentallabor eine flexible Schiene (Tiefziehtechnik) angefertigt werden. Diese Schiene muss eine Aussparung für das Bleichgel-Depot haben und einen Mindestabstand von ca. 1 mm zur Gingiva aufweisen. Freiliegende Zahnhälse dürfen nicht von der Schiene erfasst werden. Die korrekte Passgenauigkeit der Schiene muss am Patienten gegeben sein und schafft die Voraussetzung zur punktgenauen Platzierung des Bleichgels. Die Tragezeit der Bleichschiene beträgt ca. 1-6 Stunden. Diese kann tagsüber aber auch nachts getragen werden. Die Therapiedauer beträgt ca. 7-10 Tage unter ständiger Kontrolle des Arztes (70).

Home bleaching mit frei käuflichen Bleichmitteln

Diese Mittel sind, im Gegensatz zu den ärztlich angeleiteten häuslichen Bleichmitteln, mit hohen Risiken verbunden. Es handelt sich um Bleichgele, die in Form von Universaltrays (für jedes Gebiss universelle Schienen) appliziert oder Lacke (mit reinem H_2O_2), die mit einem Pinsel aufgetragen werden. Bei der Anwendung hoch konzentrierter H_2O_2 -Lacke ist auf die Mundschleimhaut zu achten. Dies ist nur adäquat durch eine Abdeckung mit einem Kofferdam möglich. Meistens stellen sich die Patienten vorab nicht beim Zahnarzt zur Abklärung vor. Auf freiliegende Zahnhälse oder undichte Restaurationen wird nicht geachtet. Auch eine professionelle Zahnreinigung kann vom Patienten nicht selbst gemacht werden. Aufgrund der schlechten Passform der Universaltrays, kommt es vermehrt zum Verschlucken von Bleichmitteln. Es können Komplikationen, wie schmerzhafte Zähne, auftreten, die aber nach dem Entfernen des Gels nachlassen. Es kann zu einer Pulpitis (Entzündungsreaktion der Pulpa) kommen. Viele Patienten haben nach einer Bleichbehandlung Schmerzempfindungen, die durch reversible Pulpaentzündungen entstehen. Die Ursache dafür ist ein Eindringen von Wasserstoffperoxid in die Dentintubuli bis nahe an die Pulpa. Entzündungen der Gingiva bis hin zu Nekrosen des gesamten

Zahnhalteapparates können aus einer unsachgemäßen Anwendung resultieren. Aus diesen Gründen sind solche Bleichverfahren eher abzulehnen.

Generell ist unmittelbar nach einer Zahnbleichung der Verbund zwischen Kompositmaterialien und Zahnhartsubstanz qualitativ schlecht.

Um wieder einen optimalen Haftverbund garantieren zu können, muss nach abgeschlossener Bleichtherapie eine Neutralisationsfrist von einigen Tagen abgewartet werden.

Auf frei käufliche Bleichmittel sollten auf jeden Fall Schwangere und stillende Mütter verzichten. Bei Kindern und Jugendlichen ist auf Grund der voluminösen Ausdehnung der Pulpa ein Bleichverfahren medizinisch gesehen inakzeptabel (70).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Bleichbehandlung mit hochkonzentrierten Bleichgelen, wie z.B. das 10-16%ige Carbamidperoxidgel, nur bei einer Grad 4 Fluorose in der zahnärztlichen Praxis eingesetzt werden sollte. Es ist noch nicht geklärt, ob diese hochprozentigen Bleichmittel die Schmelzstruktur schädigen. Oft bleiben die Langzeiterfolge durch Bleichen aus. Die Zähne können auch nach einer Bleichbehandlung wieder nachdunkeln. Deshalb muss bei jedem Patienten eine sorgfältige Risiko-Nutzen-Abwägung erfolgen. Die frei käuflichen Carbamidperoxid-Gele, die mit eigenen Schienen verkauft werden, sollten wegen des hohen Risikos einer Mund- und Rachenverätzung, nicht zur Anwendung kommen.

Hochprozentige H₂O₂-Lacke sind ohne Kofferdam für Patienten in Eigentherapie nicht empfehlenswert, da das Verätzungsrisiko sehr hoch ist.

Korrektur durch Kompositversorgung

Bei Kindern und Erwachsenen, die unter einer Dentalfluorose leiden, besteht die Möglichkeit an den Schadstellen Kompositfüllungen zu applizieren. Erwachsene werden auch mit Verblendschalen (Veneers) oder Kronen versorgt werden.

Nachdem der Patient eine professionelle Mundhygiene erhalten hat, erfolgt eine Farbbestimmung mittels Farbschlüssel. Die Klebefläche wird mit Präparationsdiamanten angeschliffen und die aprismatische Schmelzschicht

entfernt. Ein Kofferdam garantiert eine absolute Trockenlegung. Dadurch ist die Präparation vor Speichel, Sulkusfluid oder Blut-Kontamination geschützt. Diese Vorbereitung ist notwendig um einen optimalen adhäsiven Verbund zu schaffen. Die Konditionierung erfolgt mit einer 33%igen Phosphorsäure. Nach ausreichender Spülung mit H₂O₂ wird ein Haftvermittler appliziert, der nach einer vorgegebenen Einwirkzeit mit einer Polymerisationslampe gehärtet wird. Es folgt eine den umgebenden Restzähnen angepasste Kompositschichtung, die dem Zahn seine ursprüngliche Natürlichkeit wieder geben soll. Dazu stehen unterschiedliche Dentin-, Schneide- und Transparentmassen sowie spezielle Malfarben für eine individuelle Charakterisierung zur Verfügung. Trotz komplizierter Verarbeitung werden die Komposits bei Fluoroseverfärbungen vielfach angewendet (71).

9.2 Therapie von Fluoroseanomalien der Zahnmorphologie

Verblendschalen (Veneers)

Veneers sind hauchdünne, im Dentallabor hergestellte, Verblendschalen aus Keramik.

Diese Technik ist besonders für Fluorosepatienten geeignet. Alle Verfärbungen werden mit Kunststofffüllungen ersetzt, um anschließend eine gleichmäßige labiale Präparation der Zahnfläche um 0,5 mm zu erstellen. Alle präparierten Flächen müssen den strengen Präparationskriterien dieser Keramiktechnologie entsprechen. Nur so kann unerwünschten Keramikfrakturen vorgebeugt werden. Nach der Präparation folgt die Abformung.

Im Labor werden diese Verblendschalen (72) angefertigt und anschließend dem Patienten eingesetzt (Abbildung 21).



Abbildung 20: Veneer

Mit der Einführung der Schmelz-Ätztechnik (73) wurde der Grundstein der adhäsiven Zahnmedizin gesetzt.

Eine ständige Weiterentwicklung der Adhäsivtechnik brachte das Ergebnis, gleichartige aber auch unterschiedliche Materialien durch spezielle Klebstoffe zu verbinden (74). Adhäsivsysteme finden in der modernen Zahnmedizin Verwendung, um vollkeramische Restaurationen, im Front- und Seitenzahnbereich bruchstabil zu verankern (75). Die an der Klebung beteiligten Oberflächen, wie Keramik, Schmelz oder Dentin müssen für einen optimalen Verbund oberflächenbehandelt werden. Erst durch die Schaffung entsprechender Oberflächenstrukturen ist es möglich, einen kraftschlüssigen und dauerhaften Verbund zwischen Zahnhartsubstanz und keramischer Restauration herzustellen (76). Die Oberfläche der Keramik auf der Klebeseite wird zur Herstellung einer Oberflächenvergrößerung mittels 1%iger Flusssäure angeätzt.

Nach gründlichem Abspülen der Restauration mit Wasser wird sie getrocknet und silanisiert. Das Silan dient als bifunktioneller Haftvermittler und verbindet den hydrophilen Keramikanteil mit dem hydrophoben Anteil des Befestigungskomposits (77).

Die Konditionierung des Schmelzes zur Schaffung eines retentiven Ätzmusters erfolgt durch die Applikation von 37%iger Orthophosphorsäure für ca. 30 sek. Dabei wird, wie zuvor bei der Keramik schon beschrieben, die Oberfläche

vergrößert und die Benetzbarkeit verbessert. Der mikromechanische Verbund entsteht durch einen Haftvermittler, der die geätzte Oberfläche ca. 50 µm tief penetriert. Als schwierig stellte sich lange Zeit der Verbund zwischen Befestigungskomposit (hydrophob) und den mit Dentinliquor gefüllten Dentintubuli dar.

Die Konditionierung des Dentins erfolgt, wie auch beim Schmelz, durch Applikation von 37%iger Phosphorsäure, allerdings für die Hälfte der Ätzzeit. Es kommt zur Demineralisation der Dentinoberfläche und der Tubulieingänge sowie zur Freilegung des Kollagennetzwerkes. Anschließend wird ein hydrophiler Primer aufgetragen, der das Kollagennetzwerk durchdringt. Dieser gilt als Voraussetzung, damit das in Folge applizierte Adhäsiv in das kunststoffimprägnierte inter- und intratubuläre Dentin eindringen kann. Dabei entsteht eine Hybridschicht, welche das im Anschluss aufgebraute Befestigungskomposit als Bindeglied benötigt. Das Befestigungskomposit wird restaurationsabhängig wahlweise als lighthärtendes oder dualhärtendes Material angewandt.

Kronen

Um bei stark zerstörten oder unansehnlich gewordenen Zähnen ihre Funktion und ihrer Ästhetik wiederherzustellen, besteht die Möglichkeit einer Überkronung. Vielfach sind bei Zähnen die tief kariös zerstört, wurzelbehandelt oder durch eine Fraktur oberhalb des Zahnfleisches geschädigt sind, einfache restaurativkonservierende Maßnahmen mit Kunststoff, Amalgam oder Gold nicht mehr möglich.

Zur Herstellung einer künstlichen Krone muss der zu versorgende Zahn präpariert werden. Die Präparationskriterien richten sich nach den verwendeten Materialien und den Herstellungstechniken der gewünschten Kronen. So unterscheiden wir die Stufenpräparation mit oder ohne Randabschrägung von der Hohlkehlenpräparation und der tangentialen Präparation. Nach Fertigstellung der Präparation erfolgt die Abformung durch spezielle Silikonmassen oder Hydrokolloide sowie eine Abformung des Gegenkiefers mit Alginat. Mit Hilfe dieser Abformungen können vom Zahntechniker Arbeitsmodelle erstellt und im Anschluss die gewünschte Restauration gefertigt werden.

Man unterscheidet Vollmetallkronen, Verblendkronen und Vollkeramikkronen.

Eine Vollmetallkrone ist im westeuropäischen Kulturkreis meist nur für den nicht sichtbaren Bereich des Gebisses bestimmt. Die metallische Farbe wirkt ästhetisch unschön und lässt sofort auf künstlichen Ersatz schließen.

Verblendkronen bestehen aus einem Metallgerüst, das wahlweise im Gussverfahren aber auch mittels CAD/CAM-Technik gefräst, hergestellt werden kann. Die Ummantelung und anatomische Komplementierung des Metallgerüsts erfolgt mit zahnfarbenen Kunststoffen oder einer speziellen Dentalkeramik. Der Nachteil von Kunststoffen liegt darin, dass sie sich nach mehreren Jahren Tragezeit verfärben können. Ihr Vorteil gegenüber Keramikverblendungen ist aber eine bessere Reparaturmöglichkeit direkt im Mund. Keramische Verblendungen besitzen eine hochverdichtete Oberfläche die wenig Anhaftungsmöglichkeit für Mundbakterien bietet. Im Allgemeinen sind keramische Verblendmassen sehr gut körperverschmelzbar.

Vollkeramikkronen besitzen gegenüber Verblendkronen kein Metallgerüst. Sie bestehen vollständig aus zahnfarbenem Material und sind daher bestens für hochwertigen ästhetischen Zahnersatz geeignet. Statt dem Metallgerüst wird mittels CAD/CAM-Technologie ein spezielles Keramikgerüst hergestellt. Gräuliche Verfärbungen im sensiblen Übergangsbereich zwischen Zahnhals und Gingiva, wie sie oft bei metallkeramische Verblendkronen zu sehen sind, kommen somit bei Vollkeramikkronen nicht vor.

Metallfreie Keramikkrone sind besonders bioverträglich und kosmetisch vorteilhaft.

Je nach verwendeter Technik und Material können Kronen durch Zementierung oder Klebung am präparierten Zahnstumpf befestigt werden.

In der nachfolgenden Bilderreihe werden die einzelnen Kronenarten (78) fotografisch dargestellt (Abbildungen 22-24).



Abbildung 21



Abbildung 22



Abbildung 23

10. Diskussion und Ausblick

Weltweit beschäftigen sich Wissenschaftler mit dem Thema, ob Fluor ein Gift oder doch ein Medikament sei. Bis zum heutigen Tag konnten Forscher keine hundertprozentige Unbedenklichkeit der Fluoride nachweisen.

Ebenso kann die Funktion der kariesreduzierenden Wirkung durch prophylaktischen Einsatz von Fluoriden bis heute nur in Teilbereichen wissenschaftlich belegt werden (80).

Bekannt ist, dass Fluoride als Katalysatoren auf die Remineralisation wirken. Durch eine Ionenpumpe ist es möglich, Calcium und Phosphat wieder in die Läsionen des Schmelzes und freiliegenden Dentins einzubauen. Dies kommt jenen Menschen zu Gute, die an überempfindlichen Zahnhälsen leiden. Dabei bewirkt die Remineralisation eine Verbesserung der Schmerzsymptomatik (80).

In der heutigen Zeit diskutieren Fluoridgegner und Fluoridbefürworter, ob eine Flächenfluoridierung über das Trinkwasser oder die Verwendung von fluoridierten Salzen in Großküchen und Bäckereien zielführend sei.

Bevor diese Flächenfluoridierung eingesetzt wird, möchten die Fluoridgegner wissen, ob es wissenschaftliche Studien gibt, die die Unbedenklichkeit von Fluoriden nachweisen können.

Es wird auf die Risikobewertung der EFSA (European Food Safety Authority) hingewiesen. Die EFSA macht auf die Gefahr der Knochen- und Zahnfluorose aufmerksam. Sobald ein Patient in ein Gebiet ohne Trinkwasserfluoridierung zieht, ist seine Erkrankung reversibel. Dies ist aber kein Nachweis für die Unbedenklichkeit der Fluoride.

Prof. Dr. Carlsson aus Schweden vertritt die Meinung: *„Die Unschädlichkeit der Fluoride wird von deren Befürwortern nur behauptet. Sie ist nicht bewiesen. Epidemiologische Studien, die die Unbedenklichkeit der Fluoride wissenschaftlich belegen, gibt es nicht.“*

Prof. Adrian Lussi hat durch eine Studie herausgefunden, dass eine Trinkwasserfluoridierung falsch ist, hingegen eine lokale Verwendung von Fluoriden in der Zahnmedizin durchaus sinnvoll ist (81).

Eine Trinkwasserfluoridierung wird in Österreich in den nächsten Jahren bestimmt nicht eingeführt, da die Schweiz, aber auch andere Länder, eher von der Trinkwasserfluoridierung wieder abkommen. Die Trinkwasserfluoridierung ist unter den Wissenschaftlern, Zahnärzten und Ärzten noch immer ein umstrittenes Thema.

Viel wichtiger ist die lokale Fluoridierung. Man kann gezielt auf Problemstellen, wie z.B. freiliegendes Dentin, unter dem sehr viele Menschen leiden, lindernd eingreifen.

Bei Füllungstherapien mittels Säure- Ätz- Technik kann eine Fluoridierung gezielt eingesetzt werden. Da durch die Konditionierung (Ätzung der Kavität) die Ränder jeder Füllung demineralisiert sind, müssen diese mit einem Fluorlack wieder versiegelt werden.

Vor jeder Fluorapplikation ist eine genaue Anamneseerhebung jedes Patienten auf mögliche Risikofaktoren notwendig.

Bei niereninsuffizienten Patienten darf eine Fluorlacktherapie auf keinem Fall durchgeführt werden. Auch bei Kindern sollte man mit der Verwendung von Fluorlacken eher vorsichtig sein.

Da man aber in der Zahnheilkunde auf die Wirkung der Fluoride nicht verzichten möchte, sollte ein unbedenklicher Umgang mit fluoridhaltigen Produkten, wie es in der medialen Werbung häufig suggeriert wird, immer kritisch für jeden Einzelnen hinterfragt werden (77).

Es stellt sich die Frage, wie sich die Forschung in diesem Bereich in der Zukunft entwickelt. Vielleicht wird Fluorid in ein paar Jahren durch Produkte und Techniken mit weniger möglichen Nebenwirkungen ersetzt.

Einen Ausblick über die Anwendung verschiedenster Therapiekonzepte der Fluoridierung kann nicht wirklich gegeben werden.

Als Beispiel sei die rasche Einführung der Trinkwasserfluoridierung in den Fünfziger Jahren in einigen Gebieten Deutschlands und der Schweiz erwähnt.

In Kassel wurde diese Maßnahme nach 20 Jahren, in Basel nach 40 Jahren wieder eingestellt.

Wissenschaftlich gesehen ist eine sowohl positive Wirkung durch Fluoridierungsmaßnahmen in der Kariesprävention nachweisbar, als auch

mögliche Nebenwirkungen auf den Gesamtorganismus nicht von der Hand zu weisen.

Befürworter und Gegner schenken sich nichts.

Jeder Mensch ist ein Individuum. Flächendeckende Therapien sind daher abzulehnen. Es muss dem Einzelnen selbst überlassen sein die richtige Entscheidung für sich zu treffen.

11. Literaturverzeichnis

1. Wachter H & Hausen A: *Chemie für Mediziner; 7. Auflage*. Berlin; New York: Walter de Gruyter, 1996; 210.
2. Hellwig E, Klimek J. & Attin T: *Einführung in die Zahnerhaltung*. Freiburg, Gießen, Zürich: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2009, 121.
3. Smith FJ: *Fluoride in the environment and intake in man.: Ekstrand J, Fejerskov O, Silverstone LM.,:Editors*. Fluoride in Dentistry. Copenhagen. Mungsgaard: 1988, 13-27.
4. Ekstrand GW: *Fluoride Metabolism*. Ekstrand J., Fejerskov O., Silverstone LM.. Copenhagen: Munksgaard: editors. Fluoride in Dentistry, 1988, 150-170.
5. Hopfenzitz P: *Mineralstoffe*. München: Gräfe & Unzer, 1996.
6. Hellwig E, Klimek J. & Attin T: *Einführung in die Zahnerhaltung*. Freiburg, Gießen, Zürich: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2009, 121.
7. Sobotta, Atlas der Anatomie, 6. Auflage, München- Jena, Urban&Fischer; 99.
8. Ebeleseder K, Fraißler E & Herfert J : *Propädeutikum I für Zahnmedizin*. Graz: Servicebetrieb ÖH-Uni Graz GmbH, 1999; 22-34.
9. Waldeyer A & Mayet A,: *Anatomie des Menschen 2;16.Auflage*. Berlin;New York: Walter de Gruyter:1993; 53.
10. Schroeder HE: *Orale Strukturbioogie*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2000.
11. Ebeleseder K, Fraißler E & Herfert J, 1999: *Propädeutikum I für Zahnmedizin*. Graz: Servicebetrieb ÖH-Uni Graz GmbH, 1999; 35-48.
12. Waldeyer A & Mayet A: *Anatomie des Menschen 2*. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 1993; 51-52.
13. Ebeleseder K, Fraißler E & Herfer J : *Propädeutikum I für Zahnmedizin*. Graz: Servicebetrieb ÖH-Uni Graz GmbH, 1999; 49-53.
14. Waldeyer A & Mayet A: *Anatomie des Menschen 2*. Berlin, New York: Walter de Gruyter, 1993; 54.

15. Hellwig E, Klimek J & Attin T: Einführung in die Zahnheilkunde, Freiburg, Gießen, Zürich: Deutscher Zahnärzte Verlag, 123
16. Hellwig E, Klimek J & Attin T: *Einführung in die Zahnerhaltung*. Freiburg, Gießen; Zürich: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2009; 123.
17. [http—www.seemann.co.at-neues-whitespots-whitespots0.gif](http://www.seemann.co.at-neues-whitespots-whitespots0.gif)
18. Streckfuss JL et al.: *Fluoride resistance and adherence of selected strains of Streptococcus mutans to smooth after exposure to fluoride, 1980*; J.Dent.Res 59(2).
19. Schroeder, Orale Strukturbiologie, Stuttgart; New York: Georg Thieme Verlag:107
20. Cismak A, Morawietz K & Petzold M,: *Wirkungsmechanismus der Desensibilisierung freiliegender Zahnhälse durch fluoridhaltige Präparate.*: Fraunhofer IWM Jahresbericht 2001.
21. Loveren C: *Antimicrobial activity of fluoride and its in vivo importance identification of research questions, 2001*; 65-70.
22. Gehring F: *Effect of amine fluoride and sodium fluoride on the germs of plaque flora.* s.l.:Dtsch.Zahnärztl.Z 38 Suppl 1:1983, 36-40.
23. Steinke A, Netzschil L & Riethe P, *Der Einfluß verschiedener Fluorid- und Chloridverbindungen auf den ATP-Gehalt von S.mutans.* S.l.: Dtsch Zahnärztl.Z ,1983; 41-44.
24. Hellwig E: Einführung in die Zahnerhaltung, Freiburg- Gießen: Deutscher Zahnärzte Verlag,130.
25. Hellwig E, Klimek J & Attin T: *Einführung in die Zahnmedizin*. Freiburg, Gießen, Zürich: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2009, 130.
26. Hellwig E, Klimek J & Attin T: *Einführung in die Zahnmedizin*. Freiburg, Gießen, Zürich: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2009, 130.
27. D-A-CH: *Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE), Österreichische Gesellschaft für Ernährung (ÖGE), Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung (SGE), Schweizerische Vereinigung für Ernährung (SVE), (1.Auflage)*. Frankfurt a.M.: Umschau Braus GmbH, Verlagsgesellschaft.2008

28. Bergmann KE, Bergmann RL, Turba H & Zwemke H:
Fluoridgesamtaufnahme im ersten Lebensjahr. s.l.:
Dtsch.Zahnärztl.Z.38: 1983;145-147.
29. Gängler et al., *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie*,
Stuttgart- New York: 2005, Georg Thieme Verlag, 364
30. Gängler P et al.: *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie*.
Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2005; 364.
31. Hellwig E, Klimek J & Attin T: *Einführung in die Zahnerhaltung*.
Freiburg, Gießen, Zürich: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2009, 128.
32. Fluorgel (Bild Internet), <http://www.arzneiversand-warendorf.de/product/elmex-gelee.184066.html>
33. Gängler P et al.: *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie*.
Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2005; 365.
34. Hellwig E, Klimek J & Attin T: *Einführung in die Zahnerhaltung*.
Freiburg, Gießen, Zürich: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2009, 128.
35. Fluorlack (Bild Internet), First toothpaste available on DPF Article
British Dental Journal
36. Gängler P et al.: *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie*.
Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2005; 366.
37. Hellwig E, Klimek J & Attin T: *Einführung in die Zahnerhaltung*.
Freiburg, Gießen, Zürich: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2009, 128.
38. Nell A, Steinhauser G, Schiestl W & Sperr W, *Messung des
Trinkwasserfluoridgehaltes in Voralberg*. Wien Klin.
Wochenschr.105/6, 1993; 172-175.
39. Gesundes Kochen mit Salz Kristallsalz Jod+ Fluor im Karton 120014
40. Hellwig E, Klimek J & Attin T: *Einführung in die Zahnerhaltung*.
Freiburg, Gießen, Zürich: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2009, 124-
126.
41. sbt-schoeller bleckmann technisches service
42. Gängler P et al.: *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie*.
Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2005; 364-365

43. Hellwig E, Klimek J & Attin T: *Einführung in die Zahnerhaltung*. Freiburg, Gießen, Zürich: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2009, 127-128.
44. Fluortabletten (Bild Internet), Google- Ergebnis für [http—shop.savit.de-apo-medic-shop-sproducts-P1610120.JPG%3D765529228](http://shop.savit.de-apo-medic-shop-sproducts-P1610120.JPG%3D765529228)
45. Gängler P et al.: *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2005; 365.
46. Hellwig E, Klimek J & Attin T,,: *Einführung in die Zahnerhaltung*. Freiburg, Gießen, Zürich: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2009, 126-127.
47. Ratka-Krüger P: *Lassen sich durch IP-Maßnahmen die Mundhygiene- und Ernährungsgewohnheiten jugendlicher Patienten nachhaltig beeinflussen?*. 1995; 52-54.
48. Hellwig E, Klimek J, Attin T; *Einführung in die Zahnerhaltung*; 5. Auflage; Freiburg, Gießen u. Zürich; Deutscher Zahnärzte Verlag, 2009; 134
49. Cate Ten JM: *Remineralization of enamel lesions. A study of the physico-chemical mechanism. (Naturwissenschaftliche Dissertation)*. Groningen/NL, 1979.
50. Featherstone JDB, Cate J: *Physiochemical aspects of fluoride-enamel interactions. In: Ekstrand J, Fejerskov O, Silverstone LM,.* Copenhagen: Munksgaard: editors. *Fluoride in Dentistry*, 1988; 125-149.
51. Featherstone JDB: *Prevention and Reversal of Dental Caries: Role of Low Level Fluoride*: *Community Dent Oral Epidemiol*, 1999, 31-40.
52. Ögaard B et al.: *Microradiographic study of demineralisation of shark enamel in a human caries model..*: *Scand J Dent Res* 1988, 96: 209-211.
53. Hamilton I & Bowden G: *Effekt of fluoride on oral microorganisms: Ekstrand J, Fejerskov O, Silverstone LM,.* Copenhagen: Munksgaard: edidors. *Fluoride in Dentistry*, 1st edition, 1988, 78-103.

54. Hodge HC & Smith FA: *Biological properties of inorganic fluorides*. In: *Simons, editors. Fluorine Chemistry*. New York: Academic Press; 1965, 1-42.
55. Whitford GM: *editor. The Metabolism and Toxicity of Fluoride. 2nd edition*. Basel: Karger, 1996.
56. Mühlendahl K, Oberdisse U & Bunjes R : *Herausgeber. Vergiftungen im Kindesalter. 3. Auflage*. Stuttgart: Ferdinand Enke, 1995.
57. Hellwig E, Klimek J, Attin T; Einführung in die Zahnerhaltung; 5. Auflage; Freiburg, Gießen u. Zürich; Deutscher Zahnärzte Verlag, 2009; 126
58. <http://www.eugenol.com/attachment/0010/2442/Fluorose.JPG>
59. Newbrun E: *Current regulations and recommendations concerning water fluoridation, fluoride supplements, and topical fluoride agents*.:J Dent Res;1992;71:1255-1265.
60. [http—anja-kiehl.de- proph_bilder- fluorose_1.jpg](http://anja-kiehl.de/proph_bilder-fluorose_1.jpg)
61. Hawley GM, Ellwood R. & Davies RM: *Dental caries, fluorosis and the cosmetic implications of different TF scores in 14 year- old adolescents* :Community Dent Health, 1996, 189-192.
62. [http—4.bp.blogspot.com- _xA-Duda6f10-S99irr5Uuil-AAAAAAAAAFg-swzi-5nWEN4-s1600-fluorose.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_xA-Duda6f10-S99irr5Uuil-AAAAAAAAAFg-swzi-5nWEN4-s1600-fluorose.jpg)
63. Simard PL et al.: *The ingestion of fluoride dentifrice by young children*: Dent Child, 1989; 177-181.
64. Fluorose très légère (niveau 1) Le monde en images-des collections pour l'éducation
65. Eberle G: *Fluoidkarte der Bundesrepublik Deutschland. 2. Auflage*. Bonn 1988.
66. Gängler P et al.: *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2005; 365.
67. [http—www.fluor.be-lgium-fluorose%20surface.jpg](http://www.fluor.be/lgium-fluorose%20surface.jpg)
68. [http—c8.quickcachr.fotos.sapo.pt-i-N0f019254-2033145_F3iWE.jpeg](http://c8.quickcachr.fotos.sapo.pt-i-N0f019254-2033145_F3iWE.jpeg)

69. Gängler P et al.: *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2005; 77
70. Gängler P et al.: *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2005; 76-79.
71. Gängler P et al.: *Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2005; 69-70
72. <http://veneers-cost.com/wp-content/uploads/veneers-cost.jpg>
73. Buonocore MG: *A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface* :J. Dent Res 34, 1955; 834.
74. Frankenberger R & Kern M: *Dentinadhäsive und adhäsives Befestigen*, 2002; 556-8.
75. Blunk M : *Marktübersicht Adhäsivsysteme* :Zahn Prax 6, 2003, 424-449.
76. Pröbster L: *Sind vollkeramische Kronen und Brücken wissenschaftlich anerkannt*. s.l.:Gemeinsame Stellungnahme der DGZMK und DGZPW. Dtsch.Zahnärztl. Z.56, 2001; 575-6.
77. Hellwig E, Klimek E & Attin T: *Einführung in die Zahnerhaltung*. 4. Auflage, Urban & Fischer, 2006.
78. <http://www.dr-bleise.de> (Vollgusskrone); <http://www.zahnaerzte-goebel-neff.de>; <http://www.zahnaerzte-goebel-neff.de>
79. WHO: *Traditionale Medicine: Definitions*.
<http://www.who.int/medicines/areas/traditional/definitions/en/index.html>.
80. Hellwig E, Klimek J & Attin T: *Einführung in die Zahnmedizin*. Freiburg, Gießen, Zürich: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2009, 120.
81. Lussi A: Kariostatische Wirkungsmechanismen der Fluoride.
In: Lussi A, Schaffner M (Hrsg): *Fortschritte der Zahnerhaltung*. Quintessenz Verlag, Berlin, 2010, 25-32