

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Poliklinik für Parodontologie, Präventive Zahnmedizin und Zahnerhaltung

Direktor: Prof. Dr. Dr. Thomas Beikler

Haftfestigkeit von Brackets an lokal fluoridierten Zahnoberflächen mittels Komposit

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin /Zahnmedizin an
der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

vorgelegt von:

Cevat Tosyali aus
Essen

Hamburg 2019

**Angenommen von der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 30.11.2020**

**Veröffentlicht mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.**

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. Ibrahim Nergiz

Prüfungsausschuss, 2. Gutachter/in: PD Dr. Henning Hanken

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Einleitung	05
1.1 Zahnschmelz	06
1.2 De- und Remineralisation	07
1.2.1 Demineralisation	
1.2.2 Remineralisation	
1.2.3 Äußere Einflüsse auf das Remineralisationsgeschehen	
1.3 Fluor und Fluoride	10
1.3.1 Möglichkeiten der Fluoridanwendung	
1.3.2 Wirkungsweise des Fluorid	
1.3.3 Fluoridverbindungen in der Zahnheilkunde	
1.3.4 Akute und chronische Fluoridintoxikationen	
1.4 Schmelz-Adhäsiv-Technik und Adhäsive	15
2. Fragestellung	16
3. Material und Methoden	17
3.1 Versuchsdesign	17
3.2 Herstellung der Probenkörper	18
3.3 Versuchsdurchführung	18
3.4 Versuchsauswertung	21
4. Ergebnisse	22
4.1 100% Elmex fluid nach Anätzung	22
4.2 Scherverbungfestigkeit bei unterschiedlichen Konzentrationen	23
4.2.1 Elmex fluid	
4.2.2 Controcar	
4.2.3 Sanoral Trifluorid	
4.2.4 Bifluorid 12	
4.3 Schervebundfestigkeiten bei unterschiedlichen Lagerzeiten	27
4.3.1 Elmex fluid	
4.3.2 Controcar	
4.3.3 Sanoral Trifluorid	

4.3.4 Bifluorid 12

5. Diskussion	31
4.1 Diskussion der Methode	31
4.2 Diskussion der Ergebnisse	33
4.3. Schlussfolgerungen	38
6. Zusammenfassung	39
7. Summary	41
8. Anhang	43
9. Literaturverzeichnis	46
10. Danksagung	56
11. Lebenslauf	58
12. Eidesstattliche Erklärung	58

1. Einleitung

Ein zentrales Anliegen der modernen Zahnmedizin ist die Prävention, d.h. die Vermeidung von Erkrankungen der Zahnhartsubstanz, des Paradonts und der übrigen oralen Gewebe. Das Kariesrisiko bei der Behandlung mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen ist auf Grund multipler Prädilektionsstellen deutlich erhöht. Die Prävention solcher Läsionen basiert auf mehreren „Pfeilern“:

1. die Optimierung der Mundhygiene
2. ein vernünftiger Umgang mit vergärbaren Kohlenhydraten
3. chemische Plaquekontrolle
4. Fluoridierung.

Der Fluoridapplikation kommt in der Kariesprophylaxe eine ganz wesentliche Bedeutung zu [Hellwig & Lehmann, Zimmer].

Die lokale Anwendung von Fluoriden auf dem Zahnschmelz ist ein anerkanntes kariesprophylaktisches Verfahren [Leitlinie Fluoridierungsmaßnahmen zur Kariesprophylaxe]. Sie dient der Aufrechterhaltung einer ausreichenden Konzentration und dem Ausgleich von Defiziten. Verschiedene Autoren [Fallahzadeh et al, Gorelick, Gülzow [25], Gülzow et al, Keizer et al] haben besonders mit organischen Fluoridverbindungen gute experimentelle und klinische Ergebnisse erzielt. Aber auch anorganische Fluoridverbindungen wurden empfohlen [Rinderer et al]. In der aktuellen Leitlinie zu Fluoridierungsmaßnahmen zur Kariesprophylaxe von 2012 wurde die Empfehlung von Fluoridlack bei Kindern und Jugendlichen weitergeschrieben.

Im Zusammenhang mit der adhäsiven Befestigung der kieferorthopädischen Brackets haben zahlreiche Autoren verschiedene Fluoridierungsmaßnahmen wie Fluoridierung vor dem Anätzen [Brannstrom et al, Lee et al], Eingliederung der Fluoride in das Ätzmittel [Einwag et al, Kirkegaard, Rolla, Rowland et al] und Fluoridierung der angeätzten Zahnoberfläche vor dem Kleben der Brackets [Hattab et al, Pirmann, Reynolds & von Fraunhofer, Cossellu et al] untersucht. Bis heute ist das Thema Gegenstand von Forschungsarbeiten geblieben [Breuning et al].

Es zeigte sich, dass die Fluoridierung des Schmelzes vor dem Befestigen der Brackets eine negative Wirkung auf die Haftfestigkeit des Befestigungsmaterials ausübte. Von diesen Ergebnissen abweichende Berichte können darauf

zurückgeführt werden, dass bei diesen Studien keine standardisierten Methoden verwendet wurden.

Ziel dieser Untersuchung war es, die lokale Wirksamkeit von unterschiedlich hoch konzentrierten Fluoridpräparaten auf die Haftfestigkeit der adhäsiven Befestigung von Brackets auf der Zahnoberfläche vergleichend zu prüfen. Dabei sollten sowohl der Zeitpunkt vor bzw. nach der Konditionierung als auch die unterschiedlichen Lagerungszeiten der fluoridierten Zähne in Ringer- oder Kochsalzlösung berücksichtigt werden.

1.1 Zahnschmelz

Der Schmelz menschlicher Zähne besteht zu etwa 95 Gewichtsprozenten aus mineralischer Substanz. Seine kleinsten Bausteine bilden etwa 10 μm lange Hydroxylapatitkristalle. Hydroxylapatit, mit der chemischen Formel $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ besteht aus Calcium-, Phosphat- und Hydroxylionen. Andere erwähnenswerte Mineralkomponenten sind Na^+ , Mg^{++} , Cl^- , K^+ und F^- . Neben Hydroxylapatit besteht der Schmelz zu 1% aus organischen Stoffen und zu 4% aus Wasser, wobei das Wasser zum größten Teil an mineralische Bestandteile gebunden ist [Nikiforuk, Schröder].

Circa 100 Schmelzkristalle bilden ein sogenanntes Schmelzprisma. Die Schmelzprismen verlaufen immer im rechten Winkel zur Schmelzoberfläche. Zwischen den einzelnen Prismen befindet sich eine sogenannte zwischenprismatische Substanz, die im Querschnitt unterschiedliche Konfigurationen annehmen kann [Hellwig et al].

Die höchste Fluoridkonzentration (>1000 bis 2000 ppm) findet sich in der oberflächlichsten Schmelzschicht. Die tieferen Schichten enthalten nur noch etwa 100 ppm [Gülzow & Lang]. Nach Fluoridapplikation defundieren die Fluoridionen in die Bereiche zwischen den Schmelzkristallen und bilden dort schwerer löslichen Fluorapatit [Hellwig et al].

ARENDS hat festgestellt, dass die Verbindung zwischen dem organischen Material und dem unlöslichen Hydroxylapatit gegenüber mechanischen Einwirkungen äußerst widerstandsfähig ist. Aufgrund der organischen Anteile weist der Zahnschmelz jedoch Poren auf, die den Austausch von Flüssigkeiten und

mineralischen Bestandteilen ermöglichen. Daher ist er kein undurchlässiges und dichtes Material sondern chemischen Angriffen gegenüber empfindlich.

1.2 De- und Remineralisation

WIEDEMANN und KLINGER definieren die Mineralisation im medizinischen Sinne als Einlagerung von mineralischen Stoffen bei der Zahn-, Knochen- und Skelettbildung. Sie verstehen unter *Remineralisation* die Einlagerung solcher Substanzen in ein Gebiet, aus dem sie vorher herausgelöst worden sind. Bei der Mineralisation der Zähne wird Hydroxylapatit gebildet. Abhängig davon, ob Auflösung oder Abscheidung von Hydroxylapatit überwiegt, treten Demineralisation oder Remineralisation auf [Schröder].

DEMINERALISATION	REMINERALISATION
Bakterielle Säurebildung (in der Plaque) <ul style="list-style-type: none"> □ pH-Wert sinkt □ Diffusion von organischen Säuren und H ⁺ -Ionen in den Schmelz <ul style="list-style-type: none"> □ Auflösung des Apatits	Neutralisation des sauren pH-Wertes <ul style="list-style-type: none"> □ Protonisierung im Schmelz nimmt ab <ul style="list-style-type: none"> □ Zustrom remineralisierender Ionen (Ca ²⁺ , HPO ₄ ²⁻ , F ⁻ , OH ⁻) in den Schmelz <ul style="list-style-type: none"> □ Rekristallisation von Apatit und Fluorapatit

Tab. 1: Schematische Darstellung der Vorgänge bei der De- und Remineralisation des Zahnschmelzes (nach KLIMEK)

1.2.1 Demineralisation

Die Demineralisation ist ein komplexer Vorgang bei dem Kalzium- und Phosphationen durch einen Säureangriff aus der Oberfläche herausgelöst werden. ARENDS & CHRISTOFFERSEN beschreiben, dass es durch Diffusion von organischen Säuren oder von freien H⁺-Ionen im Zahnschmelz zur Auflösung des

Apatits kommt, wenn der pH-Wert einen kritischen Punkt von pH 5,5 bis 5,7 unterschreitet. Solange der saure pH-Wert besteht, werden Mineralbestandteile aus dem Schmelz abtransportiert und der Schmelz wird demineralisiert. Dabei wird die äußere Schmelzschicht weitgehend vom Schmelzoberhäutchen geschützt. Die Säuren müssen zunächst diese Proteinschicht durchdringen, bevor sie den Schmelz angreifen können. Wenn die Säuren genügend konzentriert sind, diffundieren sie undissoziiert durch die organische Matrix (Proteine und Lipide) des Schmelzes [Stookey]. Im Frühstadium bleibt der Mineralverlust nach KLIMEK auf eine Oberflächenschicht von nicht mehr als einigen Mikrometern Stärke beschränkt. Zunächst bleibt bei der initialen Schmelzläsion die Oberfläche intakt, während sich darunter bereits eine Läsion mit Mineralverlust im Schmelz befindet an die sich Mikroskopisch eine dunkle und eine transluzente Zone anschließen. Während gesunder Zahnschmelz einen Anteil von 0,1% Poren besitzt, befinden sich in dem demineralisierten Schmelzbereich größere Porenvolumen von ca. 5% in der Oberfläche, bis zu 25% in der Läsion und 1-4% in den darunter liegenden Zonen [Schröder].

1.2.2 Remineralisation

Die Remineralisation ist das Gegenteil von der Demineralisation d.h. die Mineralstoffe, die durch einen Säureangriff verlorengegangen sind, werden wiedereingelagert. Es ist ein natürlicher biologischer Prozess, der dem Strukturerehalt der Zähne dient.

Die Erkenntnisse der Forschung der letzten 30 Jahre auf dem Gebiet der Remineralisation können folgendermaßen zusammengefasst werden [Ahrens, Kielbassa et al]:

In-vitro Studien haben gezeigt, dass die Remineralisation im Labor sehr schnell realisierbar ist und dass das Ausmaß der Mineraleinlagerung sowohl vom pH-Wert wie von der Calcium- und Phosphatkonzentration der Lösung abhängt. Das Mineral, das im porösen demineralisierten Schmelz eingelagert wird, ist Hydroxylapatit und nicht vom gesundem Schmelz zu unterscheiden [Hellwig et al].

Bei in-vivo durchgeführten Untersuchungen zeigte sich, dass ein großer Unterschied zwischen der in-vivo und der in-vitro

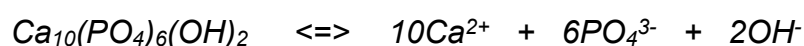
Remineralisationsgeschwindigkeit besteht. In-vitro kann eine Läsion von ca. 0,1 mm Tiefe in wenigen Tagen zu fast 100% remineralisiert werden; in-vivo braucht die gleiche Läsion zur Remineralisation mehrere Monate bis zu einem Jahr. Wenn bei diesen Läsionen keine Remineralisation stattfindet, wird dieser präkariöse Zustand schließlich in Karies übergehen. Weitere Parameter für die Kariesbildung sind neben der Entmineralisierung der Zahnschmelz, die Zusammensetzung der Plaque und das Vorhandensein von Speichel [Hellwig et al].

Nach Meinung von ARENDS gibt es zwei Ursachen für die Tatsache, dass sich Schmelzläsionen im Frühstadium viel schneller remineralisieren als bereits länger bestehende Läsionen: zum einen enthält der Speichel in-vivo eine große Anzahl von sog. Inhibitorsystemen. Zum anderen dringen Proteine in beträchtlichem Umfang in den porösen demineralisierten Zahnschmelz ein. Beide Faktoren scheinen die Remineralisationsrate erheblich zu reduzieren.

1.2.3 Äußere Einflüsse auf das Remineralisationsgeschehen

Bisher konnten keine Anzeichen dafür gefunden werden, dass die Pulpa bei der Reparatur von Schmelzläsionen irgendeine Rolle spielt. Nach WIEDEMANN & KLINGNER scheinen die Substanzen, die am in-vivo-Remineralisationsprozess beteiligt sind, nur dem Speichel zu entstammen. Die Remineralisation des Schmelzes an devitalen Zähnen verläuft genauso wie bei Zähnen mit gesunder Pulpa. Alles deutet darauf hin, dass die Remineralisation in-vivo durch das Zusammenspiel von Schmelz und Speichel bewirkt wird.

Der den Zahnschmelz umspülende Speichel enthält alle Mineralien, die auch im Zahn vorhanden sind, darüber hinaus ein Puffersystem (Bicarbonat- und Phosphatpuffer), das bei der Neutralisation aller Säuren im Munde eine sehr wichtige Rolle spielt. Schon bei neutralen pH-Werten in der Mundhöhle kommt es zu einem regen Austausch von Calcium- und Phosphat-Ionen zwischen Speichel und Zahnschmelz [Kielbassa et al]:



Auch Fremdionen können die Remineralisationsrate beeinflussen [Stookey]. Bei natürlichem Speichel verringert die Zugabe von Natriumchlorid die

Remineralisationsrate, während sie bei künstlichen Lösungen auch unter Natriumchloridzugabe unverändert bleibt. Im Gegensatz hierzu ermöglichen erst die Fluorionen eine Remineralisation des Zahnschmelzes [Gülzow [25], Stookey, Pigmann et al., König (45)].

In jüngster Zeit werden auch Remineralisationssysteme die nicht auf Fluorid basieren diskutiert [Philip].

1.3 Fluor und Fluoride

Das chemische Element Fluor gehört in die siebte Hauptgruppe des Periodensystems, den sogenannten Halogenen. Fluor besitzt von allen Halogenen die größte Elektronegativität und hat damit die stärkste Reaktionsfähigkeit aller Hauptgruppenelemente.

LÖFFLER und PERTRIDES unterstrichen, dass Fluorid das am meisten untersuchte Spurenelement des Menschen ist. Fluoridverbindungen besitzen eine starke Affinität zu den mineralisierten Bestandteilen des Organismus, also zu Knochen- und Zahnhartgewebe.

Nach Meinung von KÖNIG [46] kann Karies nicht als eine Fluoridmangelkrankheit angesehen werden. Dennoch gilt es in der Literatur als unumstritten, dass Fluoride eine zentrale Rolle in der Kariesprophylaxe einnehmen, indem sie die Kariesresistenz des Zahnschmelzes nachweisbar erhöhen [Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Leitlinie Fluoridierungsmaßnahmen zur Kariesprophylaxe].

1.3.1 Möglichkeiten der Fluoridanwendung

Kariesprophylaktisch wirksames Fluorid kann entweder systemisch (enteral) zugeführt oder lokal auf die Schmelzoberfläche appliziert werden. Solange Zahnkronen noch nicht in die Mundhöhle durchgetreten sind, werden sie nur durch systemische Fluoridgabe beeinflusst; nach dem Zahndurchbruch ist die Lokalapplikation sinnvoll.

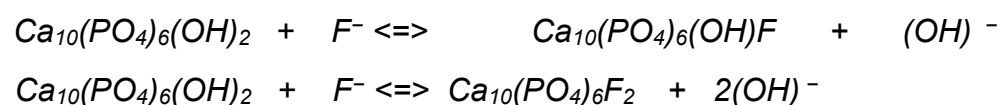
Systemische Anwendung	Lokalapplikation
Fluoridiertes Trinkwasser	Zahnpasten
Fluoridiertes Speisesalz	Lösungen
Fluoridtabletten	Gelees
Fluoridierte Milch	Lacke

Tab. 2: Möglichkeiten der Fluoridanwendung

1.3.2 Wirkungsweise des Fluorids

Die Fluoridaufnahme an und in der Zahnschmelzoberfläche erfolgt vom umgebenden Mundmilieu aus. Sie ist von der Zeitdauer der Fluorideinwirkung, von der Konzentration der zugeführten Fluoride sowie vom pH-Wert abhängig. Dabei hat die „Göteborg Studie“ deutlich gezeigt, dass der kariespräventive Effekt häufig zugeführter niedriger Konzentrationen größer ist als derjenige seltener aber hoher Dosen [Sadowsky et al.]. Für die Erhaltung eines einmal erworbenen Kariesschutzes muss die Kontinuität der Fluoridzufuhr gewährleistet sein [Ahrens]. Nachuntersuchungen in Gebieten, in denen eine bestehende Trinkwasserfluoridierung eingestellt wurde, ergaben stets einen erneuten Anstieg in der Karieshäufigkeit [Steven, König (45)].

Bei Einwirkung niedriger Fluoridkonzentrationen (unter 75 ppm) kommt es im Wesentlichen zu einem direkten Einbau von Fluorid in das Kristallgitter des Apatits. Dabei werden Hydroxylgruppen gegen Fluorid ausgetauscht. Es entsteht Hydroxyl-Fluor-Apatit oder Fluorapatit. Diese Reaktion verläuft sehr langsam und reduziert die Demineralisation:



Wird die Zahnoberfläche hohen Fluoridkonzentrationen (über 100 ppm) ausgesetzt, kommt es sofort zur Lösung der äußersten Schmelzschicht. Gefördert wird dieser

Vorgang noch dadurch, dass konzentrierte Fluoridzubereitungen in der Regel sauer sind. Die dabei freigesetzten Kalziumionen bilden mit Fluorid einen Niederschlag aus Kalziumfluorid (Deckschicht):



Dieser Niederschlag liegt z. T. der Schmelzoberfläche auf, er lagert sich jedoch auch in poröse Strukturen des Schmelzes ein. Dort kann er über Monate liegen bleiben und als Fluoridreservoir für die darunterliegende Zahnschmelz während und nach Säureangriffen dienen. Bei kariösen Prozessen wird dieses Fluorid in besonderem Maße verfügbar und fördert dann den Remineralisationsprozess [Gülzow & Jellinghaus, Lemke et al, Nordenvall et al. (65), Opinya & Pameijer]. Dadurch wird die Zahnoberfläche regelrecht versiegelt.

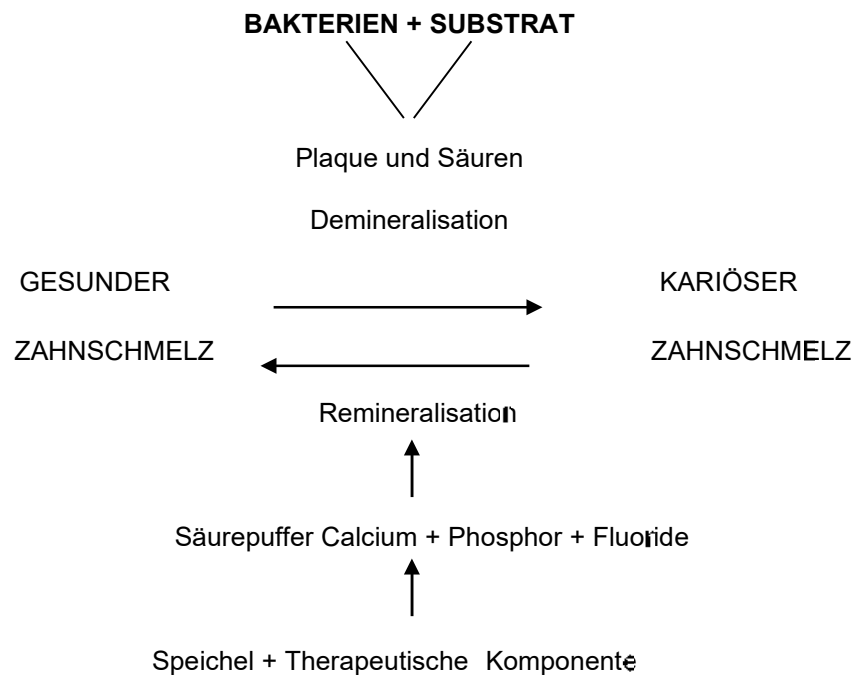


Abb.1: Gleichgewicht Demineralisation/Remineralisation im oralen Milieu nach STEVEN

Zusammenfassend hat HELLWIG festgestellt, dass die kariesprophylaktischen Wirkungsmechanismen der Fluoride zum einen auf der Förderung der Remineralisation des Zahnschmelzes bzw. initialer kariöser Läsionen und zum

anderen auf der Senkung der Demineralisationsrate im Zahnschmelz beruhen. Außerdem beeinflussen sie den Bakterienstoffwechsel [Chow & Braun]: die bakterielle Adhäsion auf dem Zahnschmelz wird aufgrund der oberflächenaktiven Wirkung der Fluoride gehemmt. Zudem kommt es aufgrund der antiglykolytischen Wirkung der Fluoride zu einer Suppression des Bakterienstoffwechsels was wiederum zu einer Reduktion der Säureproduktion führt [Laurisch].

Für die Erhaltung eines erworbenen Kariesschutzes muss die Kontinuität der Fluoridzufuhr gewährleistet sein.

Die Anwendung der Fluoride ist somit zur Erhöhung der Schmelzresistenz, zur Behandlung sensibler Zahnhälse und zur Karieslangzeitprophylaxe indiziert [Sheykholeslam et al].

1.3.3 Fluoridverbindungen in der Zahnheilkunde

Nach Ansicht von SCHMID haben sich von der großen Zahl möglicher Fluoride in der Praxis nur wenige Verbindungen durchgesetzt. Für die Lokalapplikation stehen von den anorganischen Fluorverbindungen das Natriumfluorid (NaF), das Natriummonofluorphosphat ($\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$), das Zinnfluorid (SnF_2) und das Calciumfluorid (CaF_2) im Vordergrund, während sich von den organischen Fluoriden (Aminfluoride) drei Verbindungstypen (Hetaflur, Olaflur, und Dectaflur) etabliert haben.

Tab. 3: Organische und anorganische Fluoridverbindungen

Anorganische Fluoridverbindungen
Natriumfluorid
Natriummonofluorphosphat
Zinnfluorid
Calciumfluorid

Organische Fluoridverbindungen (Aminfluoride)
Hetaflur
Olaflur
Dectaflur

Diese Fluoridverbindungen bestehen aus dem negativ geladenen Fluoridion (F^-) und dem positiv geladenen Kation. Bei den anorganischen Fluoridverbindungen ist

das Kation ein Metallion, wie beispielweise Natrium oder Zinn. Das Kation bei den Aminfluoriden ist der Aminteil. Nach ARTELT haben alle Verbindungen spezielle Vor- und Nachteile, die sich außerdem je nach Indikation noch unterscheiden können.

Aminfluoride die von MÜHLEMANN in die Zahnheilkunde eingeführt wurden, haben ausgeprägte Adhäsionsphänomene an festen Oberflächen und werden im Falle der Schmelzfluoridierung genutzt. Aufgrund dieser günstigen in-vitro Eigenschaften, die in der Praxis zu hohen Fluorid-Einbauraten und längerer Verweilzeit in der Mundhöhle führen, wurden sie bald als Bestandteile von Zahnpasten, Touchierlösungen und Gelees mit Erfolg in zahlreichen Kariesprophylaxe-Programmen eingesetzt [Gülzow & Sudbrake].

1.3.4 Akute und chronische Fluoridintoxikationen

Allgemein gelten Fluoride in den Dosierungen, wie sie für die Kariesprophylaxe angewendet werden, als gesundheitlich unbedenklich [Türp]. Dennoch sollte vor allem bei Kleinkindern auf eine kontrollierte und von den Eltern überwachte Zufuhr von fluoridhaltigen Produkten geachtet werden, damit keine ungewollte Überdosierung auftritt.

In der Zahnmedizin und der Toxikologie sind die Krankheitsbilder allgemein anerkannt, die aus einer akuten oder chronischen Vergiftung durch die Einnahme deutlich zu hoher Fluoridmengen resultieren [Schiffner].

BAYLESS UND TINANOFF weisen darauf hin, dass nach einer zur akuten Intoxikation führenden oralen Zufuhr von 5 mg F⁻/kg Körpergewicht eine unverzügliche Hospitalisation und die Einleitung therapeutischer Maßnahmen indiziert sind.

Auch bestimmte Folgen von chronischen Fluoridintoxikationen sind seit langem bekannt. So führen während der Zahnbildung (ungefähr bis zum 8. Lebensjahr) verabreichte hohe Fluoriddosen zu einer weißlich- oder (später) bräunlich-opaken Sprenkelung des Zahnschmelzes, der sogenannten Zahnfluorose (Dentalfluorose). Je stärker eine Fluorose ausgeprägt ist, umso poröser ist der Zahnschmelz.

AHRENS rechnet bei Zufuhr von Fluoriden in Dosen, wie sie in der Zahnmedizin empfohlen werden, abgesehen von einer eventuell auftretenden leichten

Zahnfluorose, nicht mit negativen Auswirkungen auf den allgemeinen Gesundheitszustand.

1.4 Schmelz-Adhäsiv-Technik und Adhäsive

BUONOCORE ist sicherlich einer der bekanntesten Pioniere auf dem Gebiet der dentalen Adhäsivtechnik mit Kunststoffen. Im Jahre 1955 entdeckte er, dass durch Ätzung des Zahnschmelzes Vertiefungen bzw. Ätzmuster geschaffen werden, in die der Klebstoff einfließt und sich in zapfenartigen Strukturen nach dem Aushärten verankert. Somit wurde zwischen der Zahnoberfläche und dem Kunststoffmaterial ein mikromechanisches Attachement verwirklicht.

Weitergehende Untersuchungen zeigten, dass dieses Aufbringen von Phosphorsäure zirka 10 µm der Schmelzoberfläche entfernt und Porositäten von 5 bis 50 µm erzeugt. Grund hierfür ist die unterschiedliche Löslichkeit der Hydroxylapatitkristalle im Schmelzprisma in Abhängigkeit von ihrer Anordnung zur angreifenden Säure. Außerdem erhöht der Ätzbvorgang die Oberflächenenergie des Zahnschmelzes, wodurch die Benetzbarkeit stark verbessert wird [Hellwig & Lehmann]. Allerdings weist PIRMANN darauf hin, dass die Anätzung ein irreversibler Vorgang ist, der mit einem Oberflächen-Substanzverlust einhergeht. NEWMANN et al. entwickelten ähnliche Methoden zur direkten Verklebung kieferorthopädischer Brackets mit dem Zahnschmelz. Seitdem gelang es den Herstellern mit verschiedenen Materialien den Erfolg des direkten Bondings weiterzuentwickeln. Der Ätzung kommt aber weiterhin die entscheidende Rolle bei der Schmelzadhäsion zu [Erickson et al.].

In der Kieferorthopädie werden routinemäßig Kunststoff- oder Metallbrackets direkt auf den Zahnschmelz geklebt [Breuning et al]. ZACHARISSON und MOIN & DOGON behandelten die Techniken des direkten und indirekten Bondings. BRANNSTROM et al. stellten fest, dass es nach vorausgehender, vorsichtiger Säuberung, Anätzung und Trocknung möglich war, Brackets mit Hilfe von acrylic oder diacrylic Resine sicher zu kleben.

Die Fluoridierung des Zahnschmelzes ist eine der Faktoren, die die direkte Haftung der Adhäsive auf der Zahnoberfläche beeinflusst. KOCHAVI et al. und OPINYA & PAMEJER meinten, dass hochfluoridhaltiger Zahnschmelz gegenüber dem

Ätzwvorgang resistenter ist und dass dadurch die Haftfestigkeit des Adhäsivs bzw. der Brackets geringer wird. Bis heute wurde über zahlreiche Fluoridtypen sowie deren Applikationszeiten und Techniken berichtet. Dabei ist es von besonderer Bedeutung, dass die Haftfestigkeit der Adhäsive bzw. der Brackets den während der kieferorthopädischen Behandlung auftretenden Kräften Widerstand leisten muss. Daher ist es wichtig zu entscheiden, ob eine regelmäßige Fluoridierung im Rahmen der Prävention bei Kindern, die in absehbarer Zeit eine kieferorthopädische Behandlung mit Brackets benötigen, sinnvoll ist. Auf stark fluoridiertem Schmelz haften die Brackets schlechter [TorresGallegos et al]. Dadurch könnten sie sich vorzeitig lösen und eine wiederholte Klebung wäre nötig. Diese wiederum kann zu Defekten des Zahnschmelzes führen. Umgekehrt sollte aber gerade in Phasen der kieferorthopädischen Behandlung eine ausreichende Fluoridierung gewährleistet sein, um dem Kariesrisiko entgegen zu wirken. Bislang konnte die Frage noch nicht geklärt werden, unter welchen Bedingungen eine geringere Haftfestigkeit der Brackets auf fluoridiertem Schmelz eine klinische Relevanz hat, da die Ergebnisse uneinheitlich waren [Kimura et al., Al-Kawari & Al-Jobair, Cacciafesta et al., Montasser & Taha, Leódido Gda et al., Noble et al.].

2. Fragestellung

Der Zweck dieser in-vitro Studie war es, die Haftfestigkeit von adhäsiv mittels Concise Orthodontic Bonding (3M, St. Paul, Min/USA) auf Zähne geklebte Metallbrackets (Ultratrim Edgewise; Dentauro, Pforzheim) unter der Berücksichtigung von vier verschiedenen Fluoridtypen: Elmex Fluid (Wybert, Lörrach), Bifluorid 12 (Voco, Cuxhaven), Controcar (Lege artis, Dettenhausen) Sanoral Trifluorid (Dr. Ihde Dental, Ütliburg/ Schweiz) und Konzentrationen in Abhängigkeit vom Lagermedium und der Lagerdauer zu untersuchen.

Nullhypothesen:

1. Die Scherhaftfestigkeit verhält sich unabhängig vom Fluoridierungsprodukt und dessen Konzentration.
2. Die Scherhaftfestigkeit wird nicht durch das Lagermedium beeinflusst.
3. Die Scherhaftfestigkeit wird nicht durch die Lagerdauer nach Fluoridierung beeinflusst.

3. Material und Methode

3.1 Versuchsdesign

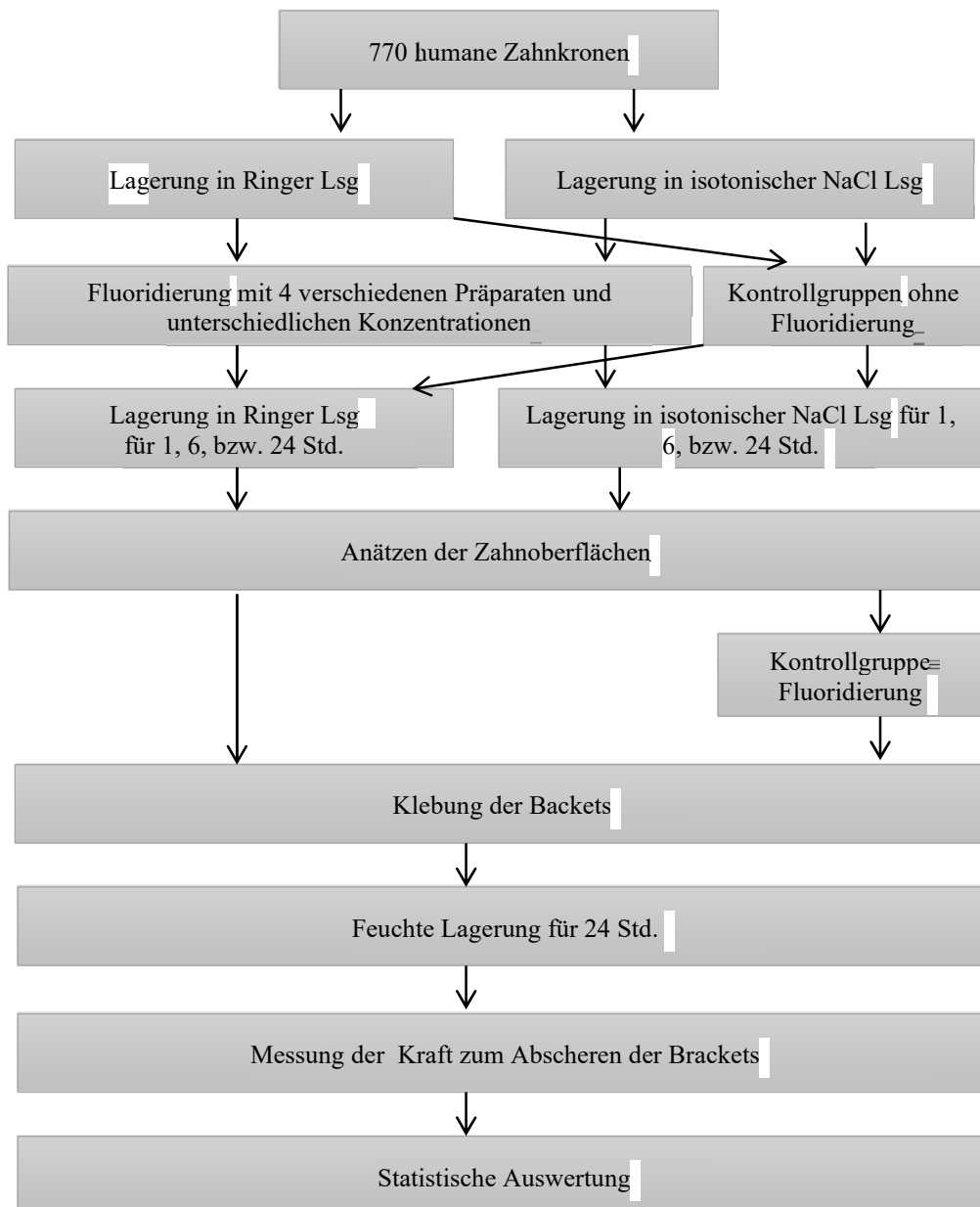


Abb.2 Versuchsdesign

3.2 Herstellung der Probenkörper

Für diese Arbeit wurden 854 humane Schneidezähne, die in der kieferchirurgischen Abteilung der Hacettepe Universität (Ankara, Türkei) extrahiert wurden, für die Versuche herangezogen. Die Zähne wurden auf Grund von parodontalen Erkrankungen extrahiert und alle zusammen in physiologischer Kochsalzlösung

gesammelt. Dadurch war keine Rückverfolgbarkeit auf die einzelnen Patienten möglich. Alle Patienten hatten zudem der Nutzung der Zähne für wissenschaftliche Zwecke zugestimmt. Die Zähne wurden zunächst für 24 Stunden in eine desinfizierende 0,2%ige Chlorhexedindigluconat-Lösung eingelegt. Sie wurden sie bei 15-facher Vergrößerung unter einem Lichtmikroskop (Zeiss Axiophot) untersucht. Dabei wurden insgesamt 84 Zähne mit kariösen Läsionen und Hypoplasien aussortiert. Danach wurde jeweils die Hälfte der Proben in isotonischer Natriumchlorid-Lösung 0,9% (Delta-Pharma, Pfullingen) und die andere Hälfte in Ringer-Lösung (Delta-Pharma, Pfullingen) bei Raumtemperatur aufbewahrt. Die Zahnkronen wurden mit wassergekühlten Diamanteninstrumenten von den Wurzeln abgetrennt und mesial wie distal mit Retentionen versehen. Danach wurde jede Krone einzeln in Kaltpolymerisat- Kunststoffblöcken (Paladur: Kulzer, Wehrheim) mit 4,5 cm Durchmesser so eingebettet, dass ihre Bukkalfläche parallel zur Tischebene lag [Brannstrom et al]. Später wurden die Kronen mit einer fluoridfreien Paste (Zircate Prophy Paste: Dentsply, Milford USA) poliert und nach dem Zufallsprinzip in 77 Gruppen à 10 Zähne aufgeteilt.

3.2 Versuchsdurchführung

Bei den Versuchen wurden die folgenden Fluoridpräparate verwendet:

Name des Präparats	Zusammensetzung
Elmex fluid (Wybert, Lörrach)	in 100 g: 12,14 g Olafur + 1,12 g Dectaflur
Bifluorid 12 (Voco, Cuxhafen)	in 100 g: 6 g NaFl + 6 g CaFl
Controcar (Lege Artis, Dettenhausen)	in 100 ml: 5 g NaFl
Sanoral Trifluorid(Dr. Ihde Dental, Uetliburg/Schweiz)	in 100 g: 2,2 g NaFl + 3 g Olafur + 0,3 g Dectaflur

Tabelle 1: die verwendeten Fluoridpräparate

Um in Erfahrung zu bringen, ob die Haftfestigkeit des Adhäsivs an dem fluoridierten Schmelz mit der Konzentration des Fluoridpräparates zusammenhängt, wurden unterschiedliche Konzentrationen (50-100%) der einzelnen Präparate untersucht. Weitere Parameter waren das Lagermedium und die Verweildauer nach der Fluoridierung im Lagermedium, bevor die Metallbrackets geklebt wurden. Somit ergaben sich folgende Versuchsgruppen:

			Elmex Fluid	Bifluorid 12	Sanoral	Controcar	
In Kochsalzlösung	Konzentration	Kontrollgruppe	73	73	73	73	
		100%	1	7	13	19	
		90%	2	8	14	20	
		80%	3	9	15	21	
		70%	4	10	16	22	
		60%	5	11	17	23	
		50%	6	12	18	24	
	Verweildauer	Kontrollgruppe	75	75	75	75	
		1 St	49	52	55	58	
		6 St	50	53	56	59	
		24 St	51	54	57	60	
	In Ringer- Lösung	Konzentration	Kontrollgruppe	74	74	74	74
			100%	25	31	37	43
			90%	26	32	38	44
80%			27	33	39	45	
70%			28	34	40	46	
60%			29	35	41	47	
50%			30	36	42	48	
Verweildauer		Kontrollgruppe	76	76	76	76	
		1 St	61	64	67	70	
		6 St	62	65	68	71	
		24 St	63	66	69	72	
Fluoridierung mit Elmex Fluid nach der Ätzung			77				

Tab. 4: Insgesamt wurden 77 Versuchsgruppen zu je 10 Zahnkronen gebildet. Angegeben sind die Nummerierungen der verschiedenen Versuchsgruppen bezüglich der Einflussparameter.

Die Bukkalflächen der Zähne der Proben­gruppen 1 bis 48 wurden mit Hilfe der in den jeweiligen Konzentrationen der Fluoridlösungen, getränkten Watte­bäusche für eine Zeitdauer von 1 Min. konditioniert.

Im Anschluss wurden die Zahnoberflächen zur Vermeidung weiterer Einwirkung der Fluoridlösung mit rotierenden Bürsten gereinigt, mit reichlich Wasser gespült und mit Luft getrocknet.

Vor dem Ätzverfahren wurden die Zahnkronen der verschiedenen Proben­gruppen bei Raumtemperatur in geschlossenen Glasbehältern aufbewahrt.

Dauer der Lagerung	Kronen der Probegruppen	
	In 0,9% Kochsalzlösung	In Ringer-Lösung
1 Stunde	49, 52, 55, 58	61, 64, 67, 70
6 Stunden	50, 53, 56, 59	62, 65, 68, 71
24 Stunden	51, 54, 57, 60	63, 66, 69, 72

Tabelle 3: Lagerungszeit der verschiedenen Probegruppen in Ringer- und Kochsalzlösung

Nach den jeweiligen Verweildauern wurden die Kronen aus den Glasbehältern herausgenommen und mit Luft getrocknet.

Anschließend wurden die Kronen der ersten 72 Probegruppen (1 Min. nach Konditionierung mit den Fluoridlösungen), sowie die der Kontrollgruppe 74, 15 Sekunden lang mit einer 37%igen Orthophosphorsäure konditioniert [Gehring, Hirce et al], dann 15 Sek. lang mit Wasser gespült und getrocknet.

Bei der Probegruppe 73 wurden die Kronen zunächst geätzt und erst danach mit 100%iger Elmex-Lösung fluoridiert.

Zur Befestigung der Metall-Brackets (Ultratrim Edgewise, Dentaurum, Pforzheim) auf der Zahnoberfläche wurde Concise Orthodontic Bonding (3M, St. Paul, Minn/USA) genutzt, wobei die Verarbeitung nach Herstellerrichtlinien erfolgte. Die Aushärtezeit betrug 10 Minuten.

Anschließend wurde das Befestigungskomposit mit einem Kunststoffspatel auf die Metall-Brackets aufgetragen und diese auf die Bukkalflächen der Zähne aufgesetzt. Die Überschüsse wurden von den Proben entfernt. 10 Min. nach Ende der Aushärtung des Komposits, wurden die Proben, während 24 Stunden bei Raumtemperatur, in geschlossenen Glasbehältern, die mit isotonischer Kochsalz- oder Ringer-Lösung gefüllt waren, gelagert.

In den Versuchen wurden die Scherkräfte gemessen, die aufgewendet werden mussten um das Metall-Bracket vom Schmelz zu lösen. Die Durchführung der Versuche erfolgte mittels einer Zugprüfmaschine (1441: Zwick&Co. Kg, Ulm, WNr.: 35098/1968). Der Probenkörper (Zahn mit Bracket) wurde mittels einer Scherbacke im unteren Keilbackenspannkopf befestigt. Der obere Keilbackenspannkopf trug eine pendelnd gelagerte Stahlplatte, in welche zur Aufnahme des Brackets eine 4 x 5 mm große Aussparung eingebracht wurde. Zu Versuchsbeginn wurde die

Scherzunge locker gegen den Probenkörper gedrückt. Die Vorschubgeschwindigkeit betrug 0,5 mm/Min. Die Kraft (N), die zur Abscherung des Brackets führte, wurde von einem x-y Schreiber registriert.

3.4 Versuchsauswertung

Die Fläche der Bracketbasen wurde unter Zuhilfenahme eines Digitalisiertablets HIPAD (Fa. Houston Instruments Austin USA) und eines Computers nach der *Gaußschen* Flächenformel berechnet. Das Bracket wurde fotografiert und die vergrößerte Aufnahme dreimal vermessen. Allen flächenbezogenen Auswertungen wurde das arithmetische Mittel dieser Messungen zugrunde gelegt. Es betrug 12,029 mm².

Die statistische Auswertung der Messergebnisse erfolgte auf einem IBM kompatiblen PC mit dem Programm SPSS/ PC+ 13. Zur Auswertung wurde der nicht-parametrische *Mann-Whitney U* Test verwendet. Bei allen Messreihen (n = 10) wurde der p-Wert berechnet anhand dessen geprüft wurde, ob zwei miteinander verglichene Testreihen aus einer Grundgesamtheit stammen. Ein p-Wert < 0,001 (***) wurde als hochsignifikant, ein p-Wert < 0,01 (**) als signifikant, ein p-Wert < 0,05 (*) als leicht signifikant und ein p-Wert > 0,05 (n.s.) als nicht signifikant bezeichnet. Die daraus resultierenden Signifikanzen werden in den folgenden Graphiken dargestellt.

4. Ergebnisse

Bei dieser Studie wurden die Proben mit den diversen Konzentrationen der vier verschiedenen Fluoridpräparate fluoridiert. Eine Probengruppe wurde zunächst geätzt, dann mit einem Aminfluorid touchiert. Die Verweildauern in Kochsalz- und Ringer-Lösung waren unterschiedlich. Die Scherfestigkeiten der an den Zähnen angebrachten Brackets waren wie folgt:

4.1 100% Elmex fluid nach Anätzung

Die mit Elmex fluid nach dem Anätzen behandelten Oberflächen zeigten hochsignifikant schlechtere Scherverbundfestigkeitswerte als die Gruppe ohne Elmex fluid oder mit Gabe von unterschiedlichen Konzentrationen von Elmex fluid vor dem Anätzen.

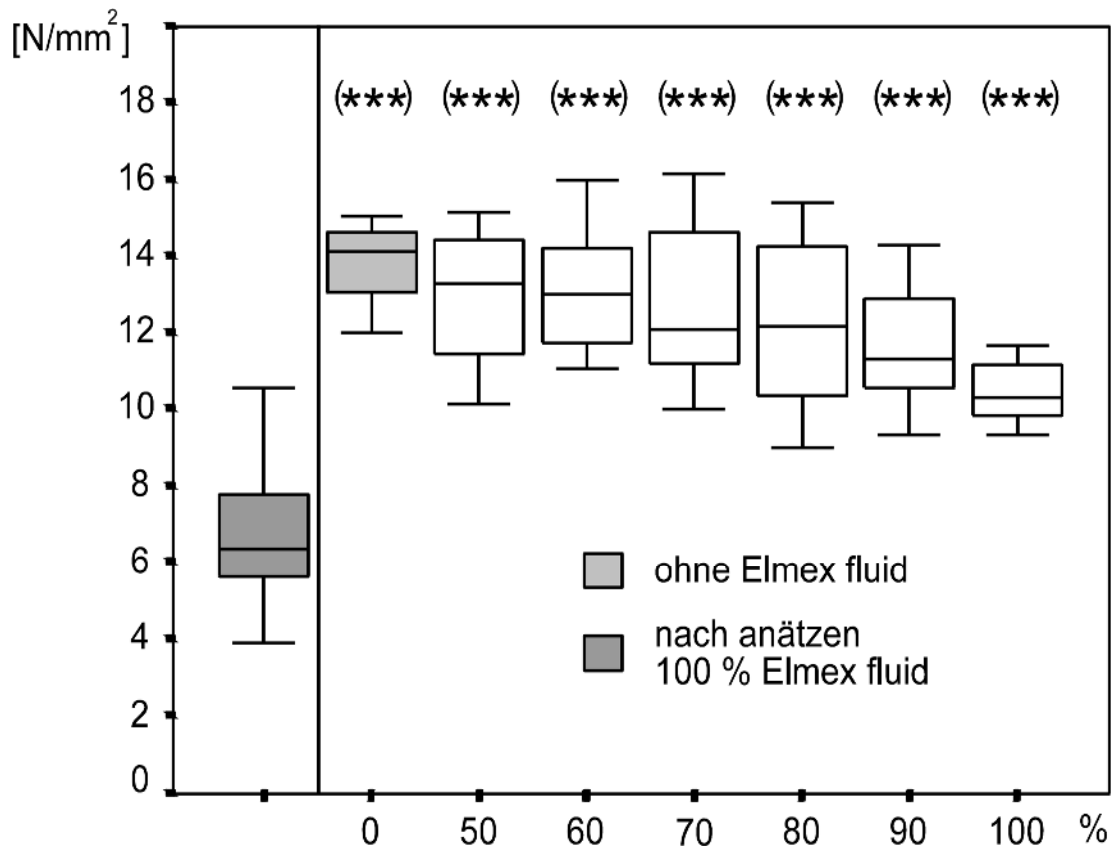


Abb. 5: Scherverbundfestigkeit in N/mm² von mit Elmex fluid nach dem Anätzen behandelten Oberflächen und zum Vergleich vor dem Ätzen mit Elmex fluid behandelte Oberflächen. Als Referenzwert dient die Gruppe mit einer Fluoridkonzentration von 0%.
(n=10, *** p < 0,001)

4.2 Scherverbundfestigkeit bei unterschiedlichen Konzentrationen

4.2.1 Elmex fluid

Die mit Elmex fluid behandelten Oberflächen wiesen, unabhängig von der Art der Lagerung, bis zu einer Konzentration von 80% keine signifikante Änderung der Haftfestigkeit im Vergleich zur Kontrollgruppe auf. Bei der Erhöhung der Konzentration von 90% auf 100% zeigte sich eine leicht signifikante Verschlechterung.

Insgesamt hatte die Art der Lagerung bei dieser Untersuchung keinen Einfluss auf die Verbundfestigkeit.

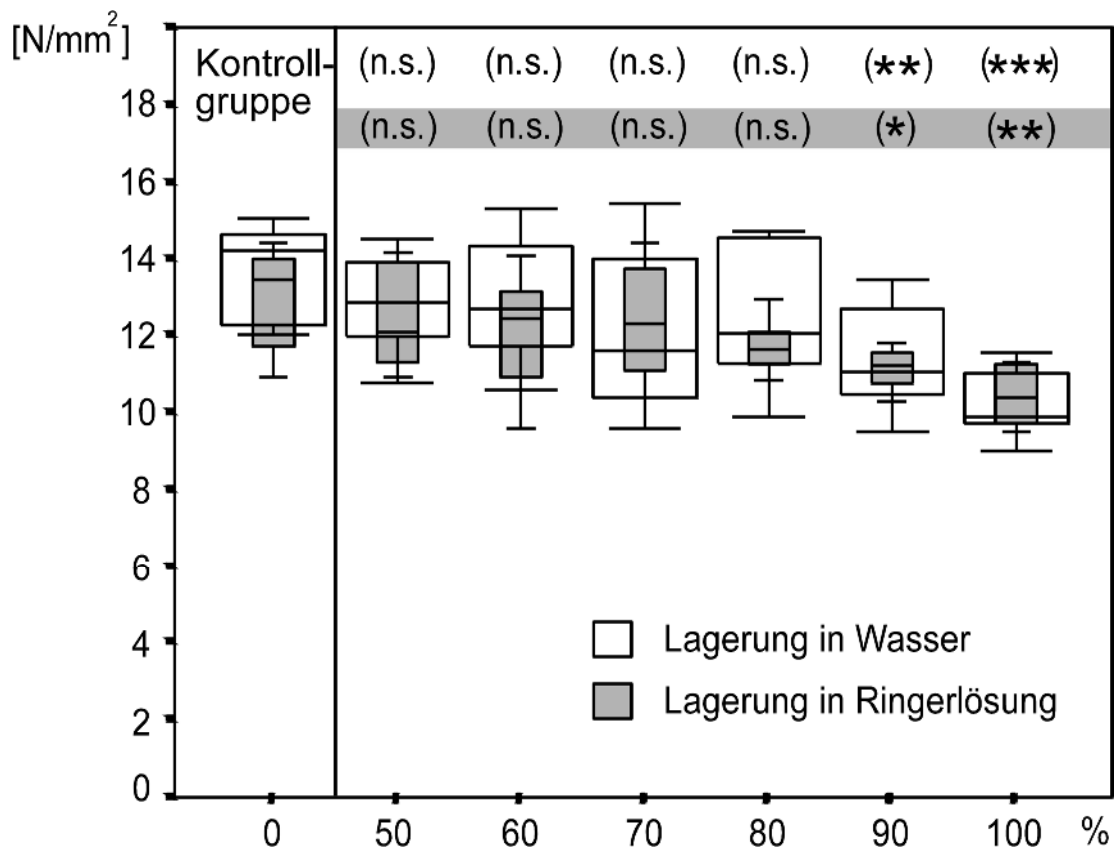


Abb. 6: Scherverbundfestigkeit in N/mm^2 von mit Elmex fluid behandelten Oberflächen unter Variation der Fluoridkonzentration. Als Referenzwert dient die Kontrollgruppe mit einer Konzentration von 0%.

($n=10$, *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$, n.s. $p \geq 0,05$)

4.2.2 Controcar

Die mit Controcar behandelten Oberflächen wiesen, unabhängig von der Art der Lagerung keine signifikante Änderung der Haftfestigkeit im Vergleich zur Kontrollgruppe auf.

Die Art der Lagerung hatte bei dieser Untersuchung keinen Einfluss auf die Verbundfestigkeit.

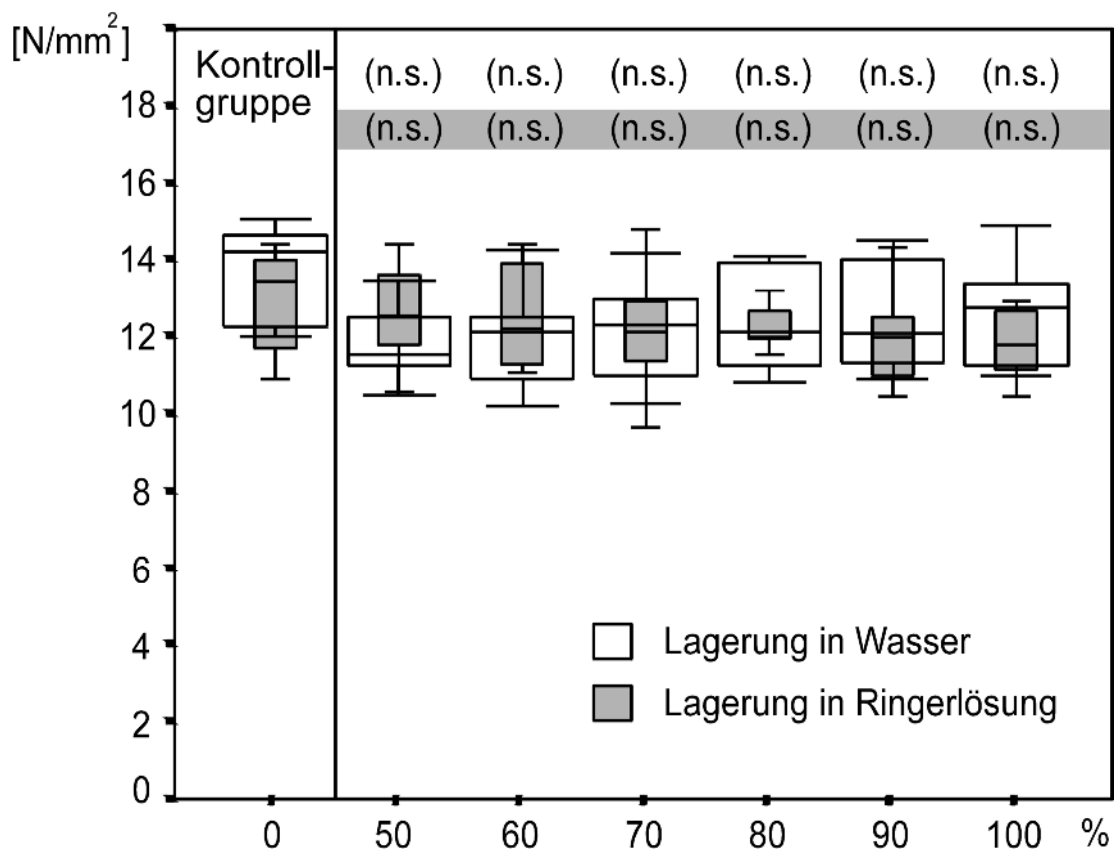


Abb. 7: Scherverbundfestigkeit in N/mm^2 von mit Controcar behandelten Oberflächen unter Variation der Fluoridkonzentration. Als Referenzwert dient die Kontrollgruppe mit einer Konzentration von 0%.
($n=10$, n.s. $p \geq 0,05$)

4.2.3 Sanoral Trifluorid

Die mit Sanoral Trifluorid behandelten Oberflächen wiesen, unabhängig von der Art der Lagerung, schon bei einer Konzentration von 50% eine signifikante Verschlechterung der Haftfestigkeit im Vergleich zur Kontrollgruppe auf. Bei Erhöhung der Konzentration reicht die Verschlechterung im Vergleich zur Kontrollgruppe von leicht bis hoch signifikant.

Insgesamt hatte die Art der Lagerung bei dieser Untersuchung keinen Einfluss auf die Verbundfestigkeit.

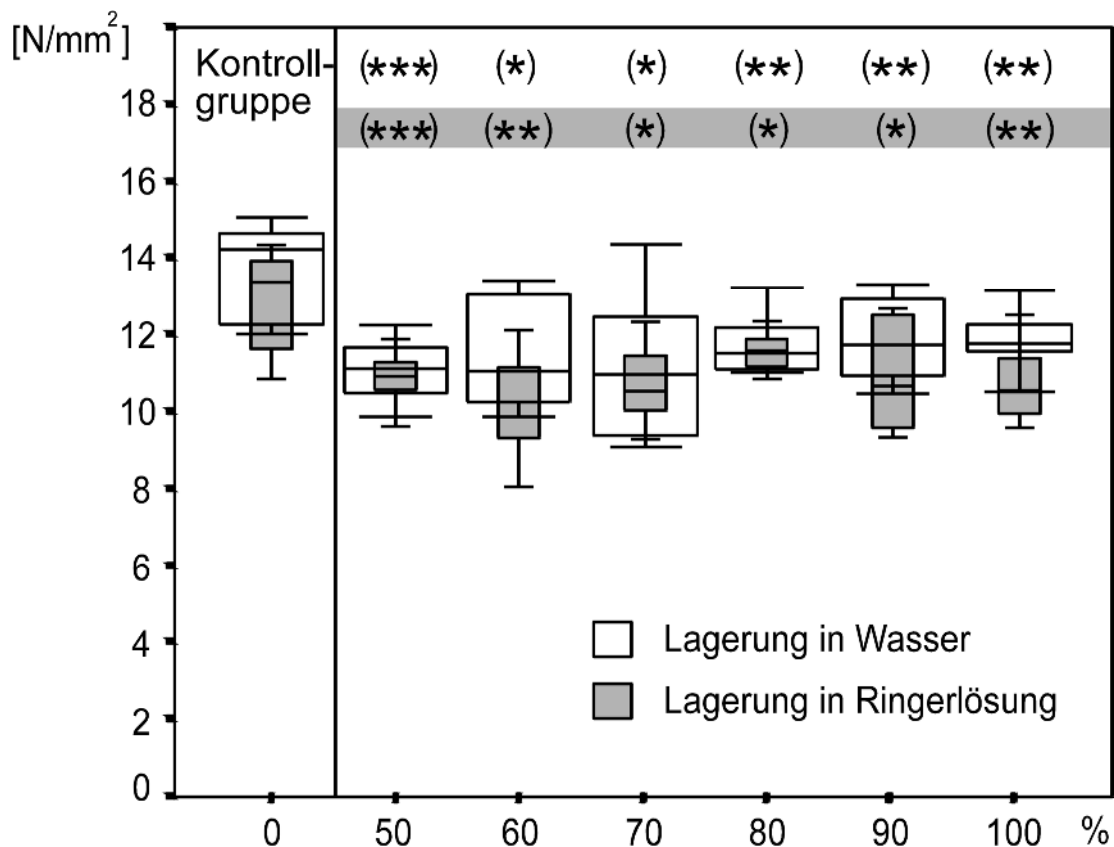


Abb. 8: Scherverbundfestigkeit in N/mm^2 von mit Sanoral Trifluorid behandelten Oberflächen unter Variation der Fluoridkonzentration. Als Referenzwert dient die Kontrollgruppe mit einer Konzentration von 0%.
($n=10$, *** $p < 0,001$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$)

4.2.4 Bifluorid 12

Die mit Bifluorid 12 behandelten Oberflächen wiesen, unabhängig von der Art der Lagerung, schon bei einer Konzentration von 50% eine signifikante Verschlechterung der Haftfestigkeit im Vergleich zur Kontrollgruppe auf. Bei Erhöhung der Konzentration reicht die Verschlechterung zur Kontrollgruppe von signifikant bis hoch signifikant.

Die Art der Lagerung hatte hier keinen Einfluss auf die Verbundfestigkeit.

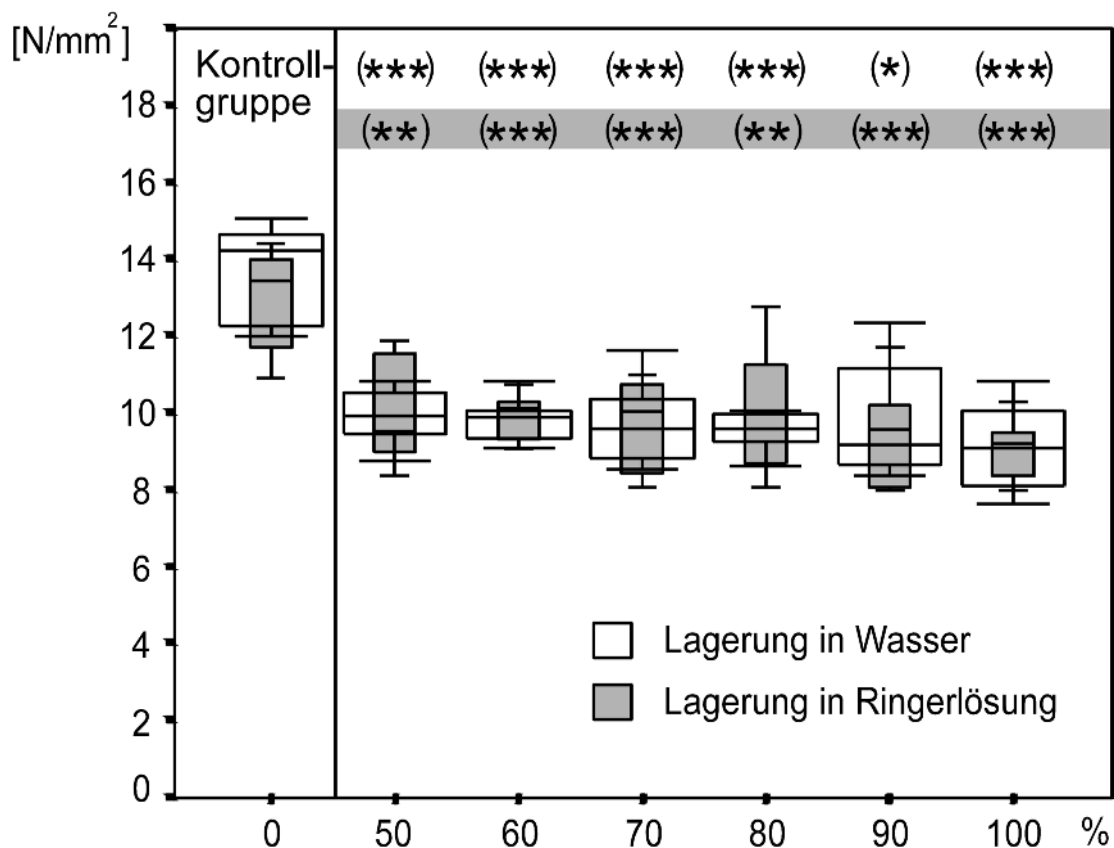


Abb. 9: Scherverbundfestigkeit in N/mm^2 von mit Bifluorid 12 behandelten Oberflächen unter Variation der Fluoridkonzentration. Als Referenzwert dient die Kontrollgruppe mit einer Fluoridkonzentration von 0%.

($n=10$, $*** p < 0,001$, $** p < 0,01$, $* p < 0,05$)

4.3 Scherverbundfestigkeiten bei unterschiedlichen Lagerzeiten

4.3.1 Elmex fluid

Die mit 100% Elmex fluid behandelten Oberflächen zeigten nach einer Stunde Lagerzeit in Wasser oder Ringerlösung noch eine leicht signifikante Verschlechterung der Haftfestigkeit im Vergleich zur Kontrollgruppe. Nach 6 Stunden gab es keine signifikante Verschlechterung mehr.

Die Lagerungsart hatte hier keinen Einfluss auf die Ergebnisse.

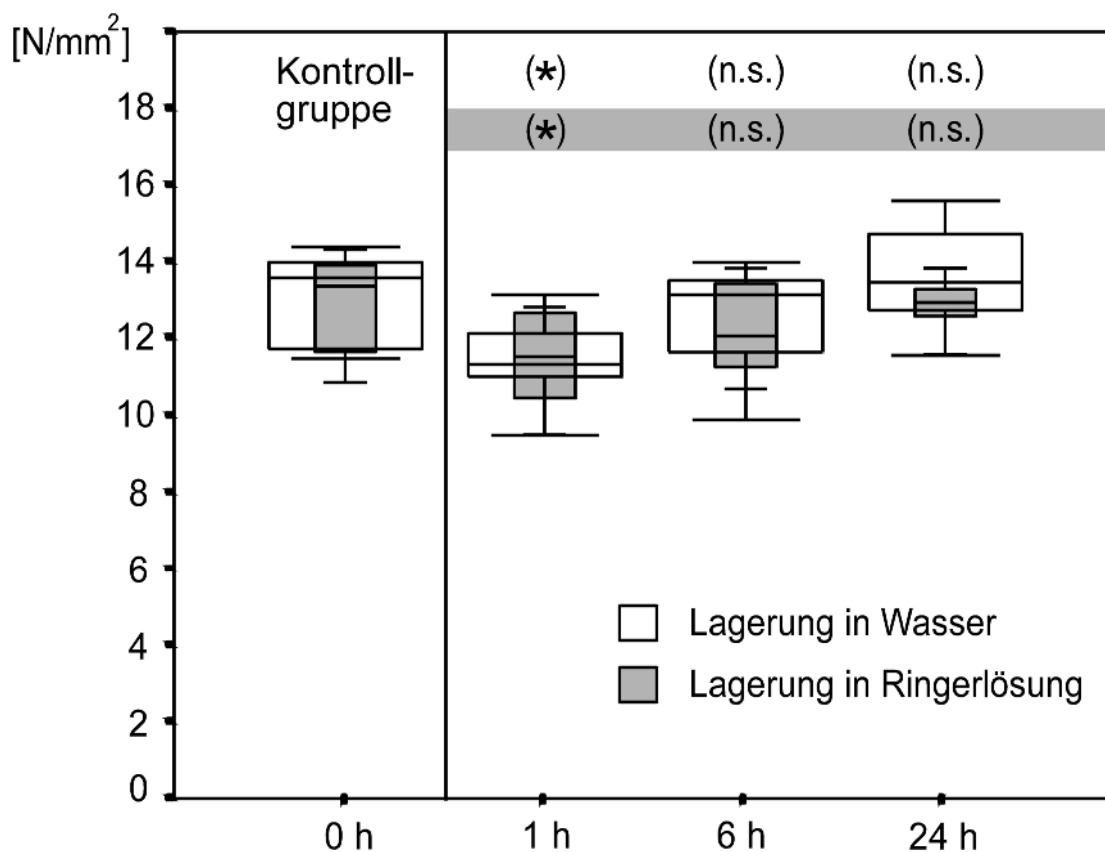


Abb. 10: Scherverbundfestigkeit in N/mm^2 von mit Elmex fluid behandelten Oberflächen unter Variation der Lagerzeiten. Als Referenzwert dient die Kontrollgruppe mit einer Fluoridkonzentration von 0%.

($n=10$, * $p < 0,05$, n.s. $p < 0,05$)

4.3.2 Controcar

Die mit 100% Controcar behandelten Oberflächen zeigten nach einer Stunde Lagerzeit in Wasser noch eine leicht signifikante Verschlechterung der Haftfestigkeit im Vergleich zur Kontrollgruppe. In Ringerlösung war nach einer Stunde kein signifikanter Unterschied festzustellen. Nach 6 Stunden gab es keinerlei signifikante Verschlechterung mehr.

Die Lagerungsart hatte hier auf den Einstunden- Wert Einfluss.

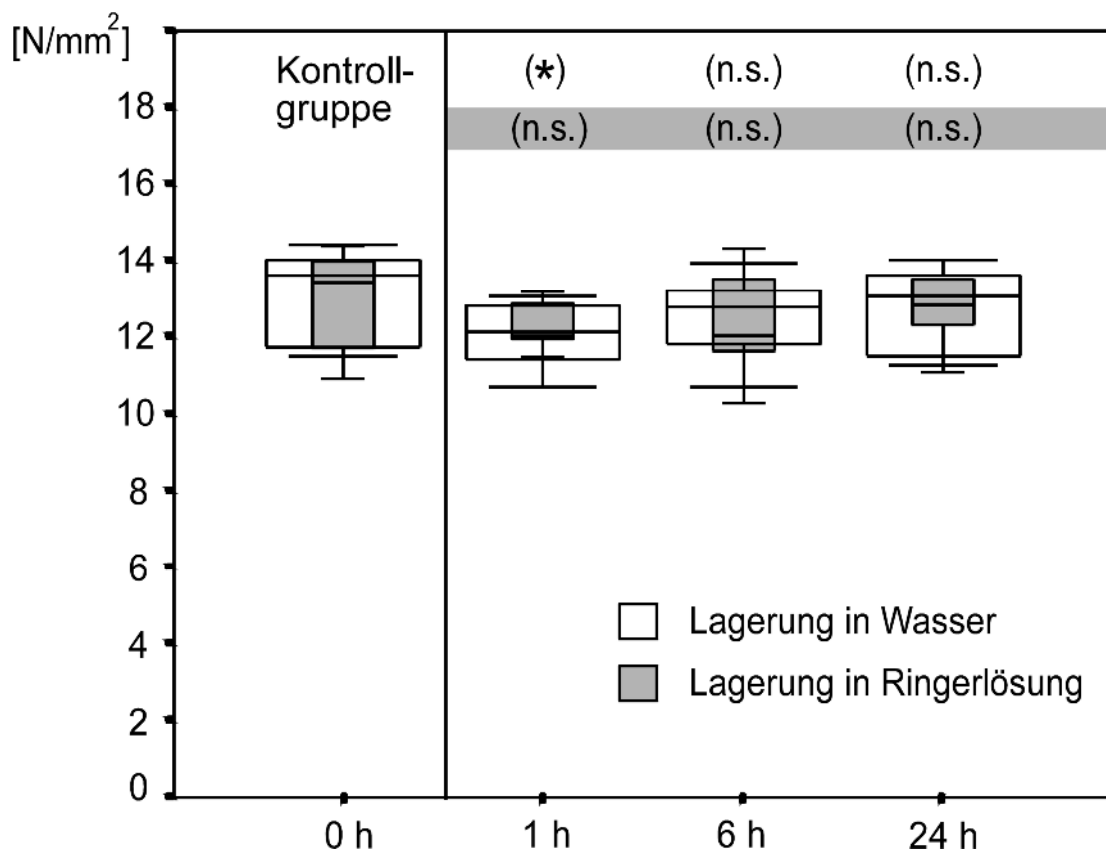


Abb. 11: Scherverbundfestigkeit in N/mm^2 von mit Controcar behandelten Oberflächen unter Variation der Lagerzeiten. Als Referenzwert dient die Kontrollgruppe mit einer Fluoridkonzentration von 0%.

($n=10$, * $p < 0,05$, n.s. $p \geq 0,05$)

4.3.3 Sanoral Trifluorid

Die mit 100% Sanoral Trifluorid behandelten Oberflächen zeigten erst nach 24 Stunden Lagerzeit in Ringerlösung eine Annäherung der Haftfestigkeitswerte an die Kontrollgruppe. In Wasser war auch nach 24 Stunden keine Verbesserung festzustellen.

Die Lagerungsart hatte hier Einfluss auf die Verbundfestigkeit bei dem 24 Stunden Messwert.

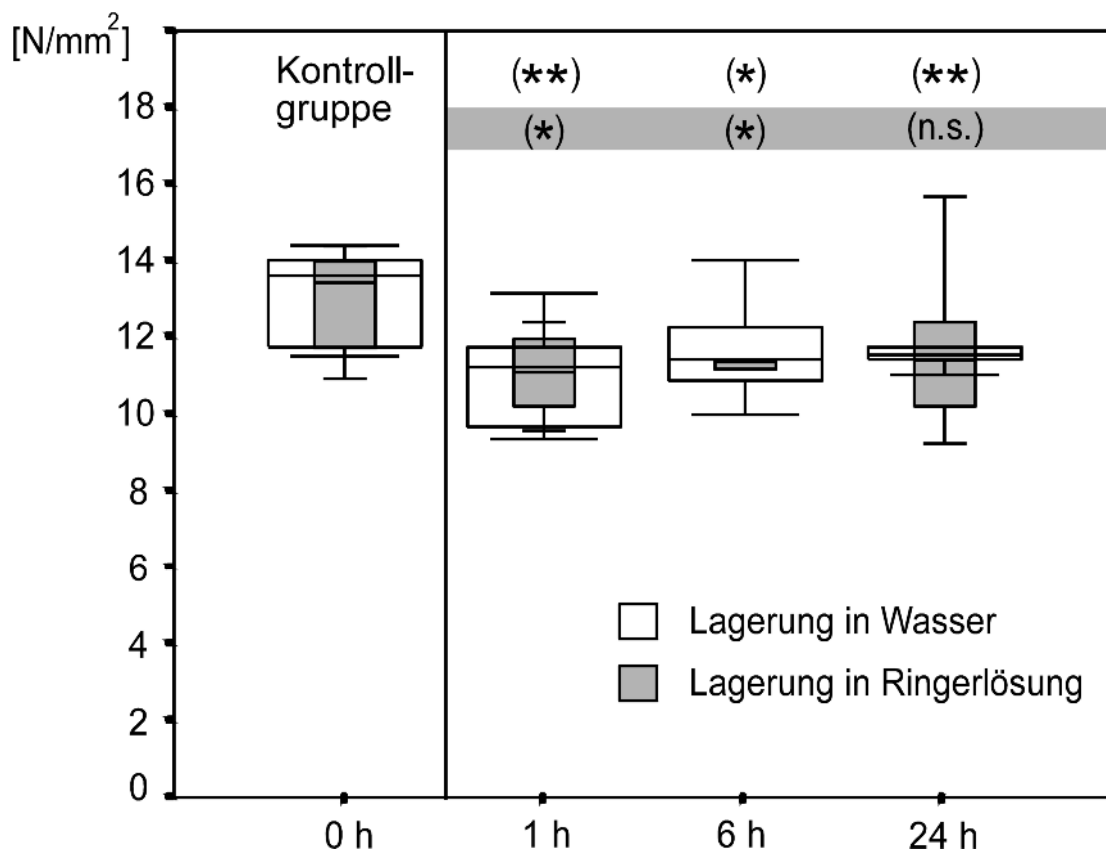


Abb. 12: Scherverbundfestigkeit in N/mm^2 von mit Sanoral Trifluorid behandelten Oberflächen unter Variation der Lagerzeiten. Als Referenzwert dient die Kontrollgruppe mit einer Fluoridkonzentration von 0%.

($n=10$, ** $p < 0,01$, * $p < 0,05$, n.s. $p \geq 0,05$)

4.3.4 Bifluorid 12

Die mit 100% Bifluorid 12 behandelten Oberflächen zeigten nach 24 Stunden Lagerzeit in Wasser- oder in Ringerlösung immer noch eine signifikante Verschlechterung der Haftfestigkeitswerte. Die Verschlechterungen bei den unterschiedlichen Lagerzeiten waren meistens hochsignifikant.

Die Lagerungsart hatte hier Einfluss auf die Verbundfestigkeit bei dem 24 Stunden Messwert.

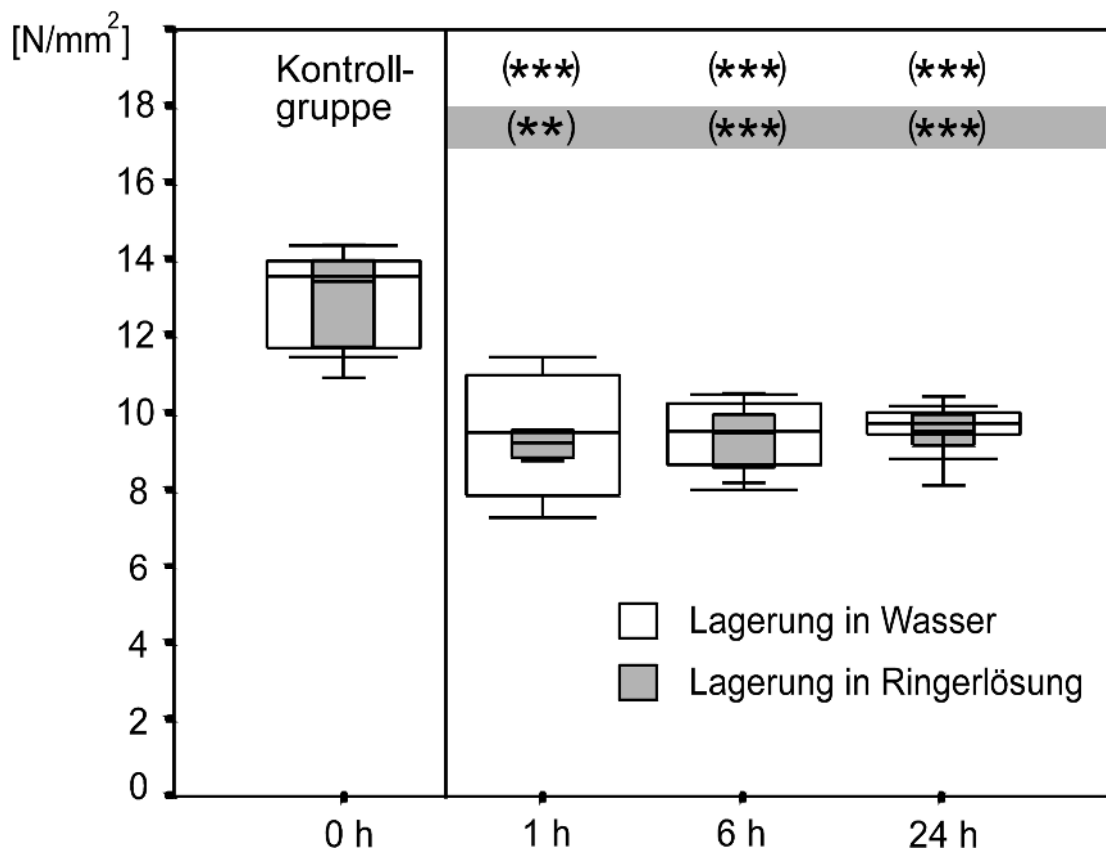


Abb. 13: Scherverbundfestigkeit in N/mm^2 von mit Bifluorid 12 behandelten Oberflächen unter Variation der Lagerzeiten. Als Referenzwert dient die Kontrollgruppe mit einer Fluoridkonzentration von 0%.

($n=10$, $*** p < 0,001$, $** p < 0,01$)

5. Diskussion

Seit der Einführung des Bis-GMA-Komposits durch BOWEN, wurde die direkte Haftung von Brackets auf präkonditionierten Zahnoberflächen in zahlreichen Studien untersucht [Breuning et al.]. Neben den mechanischen und chemischen Eigenschaften des Komposits und des Bracketmaterials spielen auch die adhäsiven Kräfte an der Schmelz/Komposit-Grenze und an der Komposit/Bracket-Grenze eine wichtige Rolle [Hirce et al., Erickson et al.].

5.1 Diskussion der Methode

Studien [Gehring, Gülzow et al] haben ergeben, dass eine extreme Reinigung der Zahnoberflächen, z.B. mit Schleifpapier, keine gute Voraussetzung für eine optimale säurereduzierende Wirksamkeit der Aminfluoride gegenüber der Schmelzoberfläche darstellt. Die zu behandelnde Zahnoberfläche sollte vor der Applikation der aminfluoridhaltigen Lösungen oder Gelees einfach mit einem Prophylaxepulver oder Prophylaxepaste und einem rotierenden Bürstchen gesäubert und anschließend mit dem Luftbläser gut getrocknet werden.

Eine weitere Studie [Lutz] zeigte, dass die Behandlung des gereinigten Zahnschmelzes mit Fluoridlösungen infolge der Bildung einer Deckschicht zur Veränderung seiner Eigenschaft gegenüber äußeren Einflüssen führt. Bei nichtgereinigten Zähnen, was den tatsächlichen Verhältnissen in der Mundhöhle besser entspricht, ist allerdings ebenfalls eine gesteigerte Resistenz gegen Säureentkalkung zu beobachten.

Unter Berücksichtigung dieser Meinungen wurden bei dieser Studie die Kronen mit einer fluoridfreien Paste gereinigt und dann gut gespült.

Die marktüblichen Produkte für die Schmelzätzung enthalten in der Regel 37%ige Phosphorsäure, da dieser Konzentrationsbereich das beste retentive Muster liefert [Carstensen, Garcia-Godoy et al, Kajander et al, Rezka-Lega & Ogaard]. Konzentrationen unter 27% erzeugen schwer zu entfernende Präzipitate und Konzentrationen oberhalb 40% lösen weniger Kalzium und produzieren geringere Ätztiefen [Chow & Braun].

Neben der Konzentration der Phosphorsäure, ist die Auswirkung der Applikationsdauer auf das Ergebnis des Ätzvorgangs zu diskutieren.

In Laborstudien wurde nachgewiesen, dass unterschiedliche Ätzzeiten zu ähnlichen Haftkräften und einem ähnlich guten Randschluss im Zahnschmelz führen [Barkmeier et al, Mühlemann et al]. Klinische Studien zeigten ebenfalls gute Retentionsraten für diese Anwendungszeiten [Kajander et al].

Aus mehreren Untersuchungen [Brannstrom et al, Mühlemann, Mühlemann et al] geht hervor, dass bei der Ätzung mit 37%iger Orthophosphorsäure von 15 Sekunden im Vergleich zu 60 oder 120 Sek. keine signifikanten Unterschiede festzustellen sind:

1. bei den Milchzähnen ist die Dauer der Anwendung unerheblich
2. bei den jungen bleibenden Zähnen ist eine Ätzung von 15 Sek. effektiver
3. bei den alten bleibenden Zähnen verschafft eine Ätzung von 60 Sek. bessere Retentionsverhältnisse als eine 15-sekündige Ätzung.

In einer weiteren Studie haben BARKMEIER et al. festgestellt, dass bei einer Ätzung mit 50%iger H_3PO_4 und 60 Sek. Einwirkdauer mehr Zahnhartsubstanz abtransportiert wird als bei einer 15-sekündigen Ätzdauer. Allerdings war der Retentionscharakter der geätzten Oberflächen für beide Zeiten gleich.

CARSTENSEN meint ebenfalls, dass eine Ätzzeit von 15 Sek. ausreichend ist, um die Brackets an den Schneidezähnen anzubringen.

Aufgrund dieser Überlegungen wurde in der vorliegenden Untersuchung 37%ige Orthophosphorsäure mit einer Ätzdauer von 15 Sekunden verwendet. Nur auf stark fluoridierten Zähnen sollte länger geätzt werden [Torres-Gallegos et al.] Die Waschzeit zur Elimination der entstandenen Präzipitate sollte mindestens 15 Sekunden betragen [Fallahzadeh et al]. In der Studie von LÖFFLER & PERTRIDES wurde die Wichtigkeit eines gut gereinigten und intakten Ätzmusters für den Schmelz-Komposit-Verbund untersucht. Es wurde festgestellt, dass bei einer Spülzeit zwischen 10 Sek. (25 ml Wasser) und 30 Sek. (75 ml Wasser) ein Wasser/Luftgemisch den angeätzten Schmelz ohne große Unterschiede und ohne Absprengungen reinigt. Eine verlängerte Spülzeit von 60 Sek. (150 ml Wasser) beschädigt jedoch das fragile Ätzmuster auf der Schmelzoberfläche. Durch die verlängerte Spülzeit ist kein Anstieg der Haftfestigkeit zwischen Schmelz und Komposite zu erreichen. Deshalb betrug die Spülzeit der Ätzmuster mit dem Wasser/Luftgemisch in der vorliegenden Studie 15 Sek.

HELLWIG sowie BRUUN & GISKOV beschrieben für die Fluoridapplikation eine Einwirkzeit von 1 Min. Sie haben außerdem bestätigt, dass eine eindeutige Erhöhung der Fluoridkonzentration in den äußersten Schmelzschichten nach kurzer lokaler Fluoridapplikation eintreten kann [Keizer et al]. In der vorliegenden Untersuchung betrug die einheitliche Applikationsdauer für verschiedene Fluoridpräparate 1 Minute.

In der vorliegenden Untersuchung wurde das Paste/Paste-System, Concise Orthodontic Bonding System (3M, St. Paul, Minn, USA) benutzt, da es sich als Vertreter der gefüllten Diacrylat-Resine gut zur Befestigung kieferorthopädischer Brackets eignet [Bryant et al]. Zudem war es Gegenstand zahlreicher Studien [Carstensen, Moin & Dogon, Nikiforuk, Rowland et al].

Zur Prüfung der Haftfestigkeit standen Scherfestigkeits-, Abzugs- und Torsionstests zur Verfügung [Lee et al]. Im Mund wird der Verbund Bracket-Adhäsive-Zahnschmelz hauptsächlich durch Scherkräfte belastet. Um die Vergleichbarkeit mit anderen Studien [Barkmeier et al, Hotz, Laurisch] zu gewährleisten wurde der Scherfestigkeitstest angewendet.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

In der vorliegenden Studie wurde festgestellt, dass eine Vorbehandlung der Zahnschmelzoberfläche mit Fluoriden die Haftfestigkeit der Brackets vermindert. Wenn die Fluoridierung der Zähne nach der Ätzung und vor der adhäsiven Befestigung der Brackets durchgeführt wird, vermindert sich die Haftfestigkeit am Zahnschmelz stärker, als wenn die Fluoridierung vor der Ätzung der Zähne stattfindet.

Diese Ergebnisse deckten sich mit den Resultaten von KOCHAVI et al., der festgestellt hat, dass eine Vorbehandlung der Schmelzoberfläche mit Fluoriden die Ätzkapazität von H_3PO_4 vermindert und dass eine Nachbehandlung der Schmelzoberfläche einen Niederschlag erzeugt, der die Zwischenräume, die durch die Phosphorsäure geschaffen wurden, wieder auffüllt.

OPINYA & PAMEJER stellten fest, dass die fluoridreiche Schmelzoberfläche gegen den Ätzvorgang Widerstand leistet. Das führt dazu, dass die Verbindung des Befestigungskomposits mit dem Zahnschmelz verringert und somit die Retention

der Brackets geringer wird. Andere Autoren [Kochavi et al, Lee et al] betonten die negative Wirkung der Fluoride auf die Haftfestigkeit der Komposite an der Zahnoberfläche.

Weitere Studien widersprechen dieser These. In einer Untersuchung von BRANNSTROM et al. über die verschiedenen Vorbehandlungsmethoden der Zähne vor dem Bonding wurde festgestellt, dass aus einer Vorbehandlung der Zähne mit einem fluoridhaltigen Gel (Duraphat) keine negativen Auswirkungen auf die Ätzergebnisse resultieren.

Bei einer in-vitro-Studie von REYNOLDS & VON FRAUENHOFER wurden verschiedene Fluoride 7 Tage vor dem Anätzen und dem Kleben der Brackets auf den Zahnschmelz appliziert und die Proben während dieser Zeit im künstlichen Speichel gelagert. Es zeigte sich ein signifikanter Anstieg des Schmelzfluoridgehalts, ohne dass die Haftfestigkeit der Brackets beeinträchtigt wurde.

Aus der vorliegenden Untersuchung ergab sich, dass eine Lagerung der Zähne bis zu 24 Stunden nach Fluoridierung mit Sanoral Trifluorid oder Bifluorid 12 sowohl in Wasser als auch in Ringer-Lösung zu keiner signifikanten Verbesserung der Haftfestigkeit der Brackets führte. Wohingegen eine Fluoridierung mit Elmex fluid oder Controcar bereits nach 6 Stunden keine signifikante Verschlechterung der Haftfestigkeit mehr zur Folge hatte.

In einer anderen Studie von GÜLZOW [26] wurde festgestellt, dass bei einmaliger lokaler Fluoridierung eine deutliche Reduktion der Säurelöslichkeit der Schmelzoberfläche auch nach 8 Tagen noch messbar war. Nach 12 Wochen waren die Reduktionswerte zwar deutlich niedriger aber immer noch statistisch signifikant erhöht. Diese Abnahme erklärt sich durch die Diffusion von Fluoridionen auf dem Schmelz Somit ist eine dauerhafte kariesprophylaktische Wirkung des Fluorids nur bei kontinuierlicher Gabe in einer ausreichend hoher Dosierung gegeben.

In dieser Untersuchung konnte gezeigt werden, dass die Haftfestigkeit der Brackets in folgender Reihenfolge abnimmt:

- Natriumfluoridsuspension
 - Aminfluoridlösung
 - Natrium-Aminfluoridgel
 - Natrium- und Calciumfluoridlack
- ↓ geringere
Haftfestigkeit

Die Fluoridaufnahme bei organischen und anorganischen Fluoridlösungen wurde von zahlreichen Autoren [Antila & Pohto, Mellberg & Ripa] untersucht. In einer vergleichenden Studie wurden mit standardisierter Technik drei lokale Fluoridierungsmittel (Aminfluorid, Natriumfluorid, Fluorosilikat) auf ihre Wirksamkeit an der Schmelzoberfläche untersucht. Dabei konnten die höchsten Fluoridkonzentrationen mit Aminfluorid erreicht werden. Aminfluoride zeigten bezüglich des Fluoridgehalts auch die größte Stabilität an der Schmelzoberfläche [Rinderer et al].

In einer anderen in-vitro Untersuchung [Fallazadeh et al] über die Fluoridaufnahme von menschlichem Zahnschmelz bei verschiedenen Fluoridlösungen wurde festgestellt, dass bei Aminfluorid 295/335 die Fluoridaufnahme am höchsten war. Es folgten Natriumfluorid und andere anorganische Fluoride.

Die Wirksamkeit angewandter Aminfluoride wurde auch klinisch untersucht [Gülzow et al.]. Dabei wurde festgestellt, dass die Verminderung der Säurelöslichkeit des Schmelzes nach Touchierung mit Aminfluoriden größer war und länger anhielt als nach Verwendung einer Natriumfluoridlösung.

In einer späteren Untersuchung [Gorelick] wurde die Depotwirkung des Aminfluorids bestätigt. Nach acht Tagen war bei mit Aminfluorid behandelten Schmelzproben nur eine unwesentliche Reduktion des initial erreichten Fluoridgehaltes messbar, während bei den entsprechenden Natriumfluorid-Proben bereit 78% verlorengegangen waren. Auch nach vier Wochen war die oberflächliche Fluoridkonzentration der Aminfluorid-Probe signifikant höher als bei der Natriumfluorid-Probe.

In einer Studie [Lee & Eakle] des zahnärztlichen Instituts der Universität Zürich wurden die Auswirkungen einer lokal applizierten Zahnpaste, die Amin- und Natriumfluorid enthielt und einer Zahnpaste der nur Aminfluorid zugesetzt war, auf die Schmelzlöslichkeit und den Schmelzfluoridgehalt bei Ratten untersucht. Im Bezug auf diese Kriterien fanden sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Zahnpasten.

In der Literatur wird von verschiedenen Autoren [Gülzow et al., Gülzow & Lang] berichtet, dass die organischen Fluoride in ihrer Wirksamkeit auf die Zahnhartsubstanzen den bisher verwendeten anorganischen Fluoriden überlegen sind. Hinzu kommt noch, als für die zahnärztliche Praxis bedeutungsvoller Faktor, ihre wesentlich einfachere und zeitsparendere Applikationsweise. Die Zähne

brauchen nicht gründlich gesäubert und nicht trockengelegt zu werden, wie es z.B. bei Verwendung von Natriumfluoridlösungen erforderlich ist [Kinch et al]. Bei einer Gegenüberstellung der verwendeten Fluoridzubereitungen als Lösung, Gel und Lack sowohl im Kurzzeit- als auch im Langzeitversuch, [Gülzow (25)] wurde festgestellt, dass die mit Aminfluoridgelee vorbehandelten Zähne etwas höhere Werte für die Verringerung der Säurelöslichkeit des Schmelzes zeigten. Die Werte der Aminfluoridlösung waren wiederum höher als die von Natriumfluoridlack.

Bei der vorliegenden Studie waren die Haftfestigkeitswerte der Brackets an den Zähnen bei Natrium- und Calciumfluorid am niedrigsten, gefolgt von Natrium- und Aminfluoridgel, Aminfluoridlösung, und zuletzt Natriumfluoridsuspension. Die Überlegenheit der Wirksamkeit des anorganischen Fluoridlacks gegenüber der organischen Fluoridlösung könnte dadurch erklärt werden, dass die Lackkomponente an der Zahnoberfläche ein langzeitiges Fluoriddepot gewährleistet. Hier bewähren sich nach wie vor Aminfluoride, die eine große Affinität zur Schmelzoberfläche und zu organischen Zahnauflagerungen besitzen, so dass dort ein langzeitiges Fluoriddepot besteht, aus dem heraus Fluoridionen in die oberflächlichen Schmelzschichten hineindiffundieren können.

In-vivo Studien haben gezeigt, dass durch Kontakt mit dem Mundmilieu ein deutlicher Abfall der Fluoridkonzentration eintritt [Gehring, Gülzow et al., Nordenvall et al (64)]. Dieser Tatsache sollte in der vorliegenden Studie durch die zusätzliche Verwendung von Ringer-Lösung Rechnung getragen werden, da sie den in-vivo-Verhältnissen besser als die NaCl-Lösung entspricht. Demzufolge hätten bei der Lagerung in Ringer-Lösung signifikant höhere Scherfestigkeitswerte auftreten sollen. Die Ergebnisse ließen allerdings keine signifikanten Unterschiede zwischen Ringer- und NaCl-Lösung erkennen.

In dieser Studie wurde außerdem festgestellt, dass mit zunehmender Konzentration der Fluoride die Haftfestigkeit der Brackets abnahm. Berücksichtigt man die Befunde der „Göteborg-Studie“ [Sadowsky et al, Schmid] nach denen nicht so sehr die Konzentration der verwendeten Fluoridzubereitungen für eine optimale Karieshemmung von Bedeutung ist, sondern vielmehr die Häufigkeit der Applikation dann ist für halbkollektive oder auch für individuelle kariesprophylaktische Maßnahmen ein Verfahren vorzuziehen, das ohne viel Aufwand angewendet

werden kann. Für die Erhaltung eines einmal erworbenen Kariesschutzes muss die Kontinuität der Fluoridzufuhr gewährleistet sein.

Nachuntersuchungen in Gebieten, in denen eine bestehende Trinkwasserfluoridierung eingestellt wurde, ergaben stets einen erneuten Anstieg der Karieshäufigkeit [König (45), Steven].

Eine andere Studie [Lutz] vergleicht Fluoridlösungen niedrigerer und höherer Konzentration miteinander. Dabei wurde festgestellt, dass mit schwach konzentrierten Fluoriden eine allmähliche Umwandlung von Hydroxylapatit in Fluorapatit erfolgt, wodurch ein physiologisches und relativ stabiles Fluoridreservoir entsteht. Mit stark konzentrierten Fluoriden bildet sich auf besonders gereinigten und getrockneten Zähnen auf der Schmelzoberfläche eine CaF_2 -Deckschicht. Dieses Fluorid-Reservoir ist allerdings labil, kann aber als Fluoridquelle für eine sekundäre stabile Fluoridanreicherung dienen.

Die Abhängigkeit der Bracket-Scherfestigkeit von dem Fluoridierungszustand und der Art, Konzentration und zeitlichen Abfolge der Fluoridierung konnte mit dieser Untersuchung konform zur Literatur bestätigt werden [Leódido Gda et al.]. Die Thematik behält ihre Aktualität, da heutzutage selbstätzende Primer verwendet [Kimura et al.], moderne Präventionssubstanzen wie CPP-ACP (casein phosphopeptide-amorphous-calcium-phosphate) [Al-Kawari & Al-Jobbar] und Fluorid-Zusätze zu Klebern bzw. Füllungswerkstoffen angeboten werden und bewertet werden müssen [Pseiner et al.]. Insbesondere die Präventionsprodukte beeinflussen die Haftfestigkeit der Brackets durch ihre Wirkung vor und nach der Bracket-Klebung [Cossellu et al., Cacciafesta et al., Motasser & Taha]. Die Empfehlung, dass ein zeitlicher Abstand zwischen der Applikation eines Fluoridlackes und der Bracketklebung gewahrt werden soll, aber grundsätzlich nicht auf die Fluoridgabe bei kieferorthopädischen Patienten verzichtet werden muss, wird in der Literatur bestätigt [Cossellu et al.].

5.3. Schlussfolgerungen

- Das Lagermedium hatte keinen Einfluss auf die Ergebnisse dieser Untersuchung.
- Sowohl das Präparat, als auch die Konzentration der Fluoridierung hatten Einfluss auf die Haftfestigkeiten der Brackets.
- Bei Konzentrationen über 80% ist immer von einer Verschlechterung der Haftfestigkeit auszugehen. Die einzige Ausnahme bildete das Bifluorid.
- Bei längerer Zeitdauer zwischen der Fluoridierung und der Klebung verbesserte sich die Haftfestigkeit der Klebung, weshalb mindestens 24 Std. zwischen einer Intensiv-Fluoridierung und der Klebung liegen sollten.

6. Zusammenfassung

Das Ziel dieser vorliegenden Studie war, die Haftfestigkeiten von Metall-Brackets auf dem Zahnschmelz nach Applikation unterschiedlicher Fluoridpräparaten, jeweils in unterschiedlichen Konzentrationen und nach Zeiträumen zwischen Fluoridierung und Bracketklebung zu untersuchen.

Verwendet wurden 770 frisch extrahierte humane Frontzähne, die randomisiert in Gruppen zu je 10 Zähne aufgeteilt wurden. Jeweils 38 Gruppen wurden in isotonischer Kochsalz- bzw. in Ringer-Lösung aufbewahrt, nachdem die Fluoridprodukte auf die Zahnschmelzoberfläche appliziert und bevor die Brackets aufgeklebt wurden. Eine Kontrollgruppe erhielt die Fluoridierung erst nach dem Anätzen der Schmelzoberfläche. Von den 38 Gruppen je Lagermedium erhielten 24 gemäß dem Versuchsprotokoll eine jeweils einminütige Applikation von vier verschiedenen Fluoridprodukten in 6 Konzentrationsabstufungen zwischen 50 und 100%. Eine Versuchsgruppe erhielt keine Fluoridierung. Weiterhin wurden 12 Versuchsgruppen nach Fluoridierung mit den vier Präparaten und einer Lagerdauer von 1, 6, bzw. 24 Stunden angeätzt. Eine Kontrollgruppe blieb wiederum unfluoridiert. Anschließend wurden die Metall-Brackets mit einem Kompositkleber aufgebracht und nach einer 24 Stündigen Lagerung die Abscherversuche durchgeführt. Die statistische Auswertung erfolgte mittels der nicht-parametrische Mann-Whitney-U Test.

Die Scherhaftung bei der nach der Ätzung fluoridierten Gruppe war im Vergleich zu allen anderen Gruppen hochsignifikant niedriger. Bei Controcar gab es keine signifikante Änderung der Haftfestigkeit im Vergleich zur Kontrollgruppe bei Lagerung in Ringerlösung. Die mit Elmex-fluid behandelten Oberflächen wiesen, bis zu einer Konzentration von 80% keine signifikante Änderung auf, aber bei der Erhöhung der Konzentration von 90 auf 100% zeigte sich eine signifikante Verschlechterung. Insgesamt hatte die Art der Lagerung bei dieser Untersuchung keinen Einfluss auf die Verbundfestigkeit. Bei Sanoral Trifluorid sowie bei Bifluorid 12 verschlechterte sich die Haftfestigkeit schon ab einer Konzentration von 50% signifikant. Bei Erhöhung der Konzentration reichte die Verschlechterung zur Kontrollgruppe von leicht signifikant bis hochsignifikant.

Bei den unterschiedlichen Lagerzeiten zeigte Controcar nach einer Stunde Lagerzeit in NaCl-Lösung noch eine leicht signifikante Verschlechterung der

Haftfestigkeit im Vergleich zur Kontrollgruppe. In Ringer-Lösung war nach einer Stunde kein signifikanter Unterschied mehr festzustellen. Nach 6 Stunden gab es keinerlei signifikante Verschlechterung mehr. Bei Elmex fluid gab es zusätzlich eine leicht signifikante Verschlechterung der Haftfestigkeit nach einer Stunde Lagerzeit in Ringer-Lösung. Die mit 100% Sanoral Trifluorid behandelten Oberflächen zeigten erst nach 24 Stunden Lagerzeit in Ringerlösung eine Annäherung der Haftfestigkeitswerte an die Kontrollgruppe. In NaCl-Lösung war auch nach 24 Stunden keine Verbesserung festzustellen. Bei Bifluorid 12 gab es nach 24 Stunden Lagerzeit in NaCl- oder Ringer-Lösung immer noch eine signifikante Verschlechterung der Haftfestigkeitswerte. Bei den beiden letzten Fluoridpräparaten hatte die Lagerungsart Einfluss auf die Verbundfestigkeit bei dem 24 Stunden Messwert.

Die praxisorientierte Schlussfolgerung der vorliegenden Studie ist, dass vor einer geplanten Bracket-Klebung mindestens 24 Stunden keine 100% Fluoridapplikation erfolgen sollte.

7. Summary

The aim of this study was to evaluate the shear bond strengths (SBS) of metal brackets bonded on human enamel after application of various fluoride varnishes regarding different concentrations and durations between fluoride application and acid etching.

770 human anterior teeth were collected and groups of 10 teeth each were formed. 4 types of fluoride were applied for 1 min onto the tooth surfaces of all test groups following the test design. Then 38 groups each were stored in saline solution or in Ringer-solution respectively, before the brackets were bonded to the crowns. An exception was one control group where fluoride was applied after etching of the enamel. 24 groups of each storing solution received the fluoride application using 6 levels of concentration (from 50 to 100%). One group got no fluoride. Additionally 12 groups were stored after fluoride application for 1, 6 or 24 hours before etching, except of one control group. Finally the enamel surfaces were etched and metal brackets bonded onto it. After 24 hours shear bond strength testing was performed. The results were statistically analyzed using nonparametric Mann-Whitney-U test. The SBS of the group with fluorid application after etching was highly significantly lower than all other groups. Regarding Controcar no statistically significant differences were found compared to the control group without fluoride application stored in Ringer-solution. Using Elmex fluid showed no significant decrease of SBS in combination with a fluoride concentration of not higher than 80%. Yet, SBS decreased significantly in combination with fluoride concentrations of 90% and 100%. In this investigation SBS were independent of the storing solution. For Sanoral Trifluorid as well as Bifluorid 12 SBS were significantly reduced compared to the control group. This was proved for all concentrations.

Regarding the duration of the storage, SBS were significantly lower for Controcar after 1 hour storage compared to the control group. No significant differences were found any more for those specimens in NaCl-solution after 6 hours. Despit of this, the compared groups obtained no significant differences in Ringer-solution after 1 hour. With Elmex fluid SBS was tendencely lower after 1 hour storage in Ringersolution. Sanoral Trifluorid revealed similar SBS than the control group only after 24 hours storage in Ringer-solution. In NaCl-solution SBS remained low after 24 hours. For Bifluorid 12 SBS were still significantly reduced after 24 hours storage

regardless of the storage solution, compared to the control group. Using Sanoral Trifluorid and Bifluorid 12 the storage solution affected the SBS.

The recommendation can be given from the present study not to apply a fluorid varnish onto enamel surfaces, if a bracket bonding is planed within the next 24 hours.

8. Anhang (Tabellen)

Tab. 1: Haftfestigkeitswerte der mit Elmex fluid behandelten Zähne

Haftfestigkeit [N/mm ²]													
in Kochsalzlösung gelagert							in Ringer-Lösung gelagert						
0%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	0%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
14,63	14,32	14,40	15,44	14,56	10,82	11,54	11,06	11,30	13,13	11,06	11,30	10,34	11,30
14,30	12,73	14,32	14,00	11,62	12,73	9,87	14,00	11,61	9,55	12,49	11,69	11,54	10,34
13,88	12,89	12,89	14,48	10,02	12,65	9,87	10,90	13,92	10,34	14,40	12,09	11,46	9,71
14,13	12,73	10,58	14,00	14,72	9,79	9,87	14,40	12,49	14,08	19,89	11,22	11,30	10,34
15,05	14,48	15,27	11,14	9,86	13,45	10,34	13,52	11,61	12,89	11,38	12,89	11,06	11,22
12,22	13,68	12,44	10,34	12,10	11,22	9,15	11,69	14,16	11,61	12,09	12,49	10,26	9,71
14,63	13,92	12,89	11,22	11,22	10,42	8,99	13,68	13,52	12,97	10,98	10,82	10,90	11,30
14,96	11,77	11,85	11,93	14,64	9,46	9,70	13,37	14,08	10,90	10,34	11,61	10,74	10,42
12,14	11,93	10,90	10,26	12,73	10,42	10,98	14,00	10,90	11,93	12,57	11,61	13,21	9,47
11,97	10,74	11,69	9,55	11,93	11,93	11,14	13,29	10,90	13,13	13,76	11,06	11,77	9,63

Tab. 2: Haftfestigkeitswerte der mit Controcar behandelten Zähne

Haftfestigkeit [N/mm ²]													
in Kochsalzlösung gelagert							in Ringer-Lösung gelagert						
0%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	0%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
14,63	11,22	10,90	10,26	10,98	11,30	11,62	11,06	14,00	14,40	12,89	11,93	11,30	11,77
14,30	13,45	12,33	13,21	10,82	11,70	12,33	14,00	10,58	11,14	11,77	12,65	12,01	11,06
13,88	12,33	14,24	14,16	13,68	14,00	13,13	10,90	13,60	11,06	12,41	11,93	10,90	12,65
14,13	10,50	13,37	12,81	13,92	12,41	11,22	14,40	12,73	13,92	10,74	11,54	10,42	12,89
15,05	10,90	12,41	11,62	14,08	11,46	14,88	13,52	11,77	14,08	12,89	13,21	12,49	10,42
12,22	11,54	10,18	12,97	11,70	13,53	11,14	11,69	14,40	11,54	13,21	11,93	13,44	11,77
14,63	12,57	10,82	10,98	12,41	14,40	13,37	13,68	12,09	12,25	11,38	12,01	11,93	11,14
14,96	11,54	11,93	11,85	14,00	14,48	13,21	13,37	12,33	13,52	11,46	12,25	14,32	12,65
12,14	12,49	11,22	12,73	11,78	11,30	13,92	14,00	13,21	12,17	9,63	11,93	12,25	12,01
11,97	11,46	12,49	5,57	11,22	10,90	10,98	13,29	10,98	11,30	14,80	13,13	10,98	11,54

Tab. 3: Haftfestigkeitswerte der mit Sanoral Trifluorid behandelten Zähne

Haftfestigkeit [N/mm ²]													
in Kochsalzlösung gelagert							in Ringer-Lösung gelagert						
0%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	0%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
14,63	9,47	10,98	14,08	11,46	11,77	11,77	11,06	12,33	12,73	12,73	10,98	9,39	9,79
14,30	10,18	13,13	10,66	11,54	10,82	10,98	14,00	11,61	12,41	10,74	11,85	10,42	10,58
13,88	11,06	12,81	10,50	12,25	12,89	12,41	10,90	12,17	12,73	10,42	11,22	12,65	10,66
14,13	11,54	9,55	14,64	11,06	13,13	13,13	14,40	11,61	11,77	11,38	11,22	11,06	11,69
15,05	10,10	12,73	11,93	13,21	13,29	10,50	13,52	11,69	11,61	9,71	11,93	10,34	10,66
12,22	11,85	10,50	9,47	12,17	10,90	11,69	11,69	10,26	10,74	11,14	12,41	12,73	10,02
14,63	10,82	10,26	13,44	10,98	11,61	11,54	13,68	12,89	11,14	9,94	11,85	12,57	9,63
14,96	9,94	9,79	9,63	11,46	10,98	12,25	13,37	10,66	9,63	11,85	11,46	12,33	11,46
12,14	10,66	9,94	9,39	11,61	10,42	11,93	14,00	12,33	10,90	10,74	12,33	9,47	12,57
11,97	11,30	12,33	15,99	10,98	12,33	11,61	13,29	12,17	13,68	14,56	10,90	9,63	10,34

Tab. 4: Haftfestigkeitswerte der mit Bifluorid 12 behandelten Zähne

Haftfestigkeit [N/mm ²]													
in Kochsalzlösung gelagert							in Ringer-Lösung gelagert						
0%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	0%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
14,63	9,94	9,94	10,34	9,55	11,14	8,35	11,06	9,31	10,50	10,34	12,73	8,43	8,91
14,30	9,86	10,82	11,61	9,23	12,33	10,74	14,00	8,99	9,07	8,43	8,75	9,15	9,86
13,88	10,50	11,46	10,34	11,77	8,83	9,86	10,90	11,54	9,15	10,98	10,18	9,94	8,35
14,13	9,47	9,79	10,98	9,23	9,79	9,79	14,40	8,99	10,02	8,43	12,09	8,04	9,23
15,05	9,31	9,94	9,23	9,94	8,75	10,82	13,52	9,71	10,26	10,74	11,22	11,69	9,47
12,22	10,82	9,39	9,94	8,59	9,47	8,11	11,69	11,69	9,47	9,39	11,06	7,96	9,31
14,63	9,79	10,02	8,75	9,63	8,35	8,19	13,68	8,35	9,31	8,04	8,04	10,18	9,15
14,96	10,82	9,31	8,83	9,71	8,67	10,02	13,37	9,47	10,74	10,50	8,67	10,02	10,26
12,14	9,94	9,07	8,51	10,02	1,75	7,64	14,00	9,55	10,26	9,71	9,79	7,96	7,96
11,97	8,75	9,23	9,23	3,18	16,71	7,64	13,29	11,85	10,18	10,82	8,27	10,50	8,19

Tab. 5: Haftfestigkeitswerte der mit 100% Elmex fluid behandelten Zähne

Haftfestigkeit [N/mm ²]							
in Kochsalzlösung gelagert				in Ringer-Lösung gelagert			
0 h	1 h	6 h	24 h	0 h	1 h	6 h	24 h
14,00	10,35	13,21	12,89	11,06	12,73	13,53	12,65
13,69	14,01	11,62	15,60	14,01	12,33	10,74	13,37
13,29	9,47	12,02	14,72	10,90	9,55	11,06	12,89
13,53	11,30	9,87	14,16	14,40	10,50	11,30	11,14
14,41	11,70	13,05	14,09	13,53	11,62	11,54	13,13
11,70	13,13	14,01	12,73	11,70	9,71	11,70	13,13
14,00	11,22	13,69	11,54	13,69	10,58	13,93	15,60
14,32	12,10	11,54	12,73	13,37	12,73	13,21	12,73
11,62	10,98	13,53	15,12	14,01	11,54	12,57	13,93
11,46	11,30	13,21	12,02	13,29	12,89	13,85	11,62

Tab. 6: Haftfestigkeitswerte der mit 100% Controcar behandelten Zähne

Haftfestigkeit [N/mm ²]							
in Kochsalzlösung gelagert				in Ringer-Lösung gelagert			
0 h	1 h	6 h	24 h	0 h	1 h	6 h	24 h
14,00	12,10	12,49	12,57	11,06	12,89	14,32	13,53
13,69	11,38	12,57	12,97	14,01	12,97	10,27	12,89
13,29	11,30	12,97	13,13	10,90	11,78	13,53	12,81
13,53	12,81	11,46	14,01	14,40	12,10	11,94	15,68
14,41	12,10	13,93	11,46	13,53	13,21	13,13	13,21
11,70	10,66	13,05	11,38	11,70	11,94	11,22	11,14
14,00	11,38	11,78	13,13	13,69	11,46	11,62	16,79
14,32	12,97	13,21	11,22	13,37	12,41	11,86	11,06
11,62	13,05	13,69	13,77	14,01	11,94	12,10	12,33
11,46	12,73	10,66	13,61	13,29	11,94	14,32	12,73

Tab. 7: Haftfestigkeitswerte der mit 100% Sanoral Trifluorid behandelten Zähne

Haftfestigkeit [N/mm ²]							
in Kochsalzlösung gelagert				in Ringer-Lösung gelagert			
0 h	1 h	6 h	24 h	0 h	1 h	6 h	24 h
14,00	10,98	11,30	11,70	11,06	12,41	11,30	15,68
13,69	12,41	11,46	11,54	14,01	12,33	11,38	10,82
13,29	13,13	10,98	12,89	10,90	11,94	11,38	12,33
13,53	11,38	10,82	13,21	14,40	10,19	9,71	11,94
14,41	10,50	9,95	10,98	13,53	10,98	11,14	10,03
11,70	11,70	10,58	10,50	11,70	10,19	10,35	12,41
14,00	11,54	11,46	11,46	13,69	11,14	11,30	12,73
14,32	9,63	13,13	11,38	13,37	9,55	11,94	10,19
11,62	9,39	14,01	11,46	14,01	10,42	11,38	10,82
11,46	9,31	12,25	11,62	13,29	11,54	11,94	9,23

Tab. 8: Haftfestigkeitswerte der mit 100% Bifluorid 12 behandelten Zähne

Haftfestigkeit [N/mm ²]							
in Kochsalzlösung gelagert				in Ringer-Lösung gelagert			
0 h	1 h	6 h	24 h	0 h	1 h	6 h	24 h
14,00	9,23	9,79	10,19	11,06	9,39	9,63	8,12
13,69	8,91	10,19	9,47	14,01	9,55	8,59	9,95
13,29	7,56	9,31	10,03	10,90	11,78	9,23	9,23
13,53	9,79	9,15	9,15	14,40	15,92	9,95	9,15
14,41	9,95	10,27	9,71	13,53	9,07	10,50	9,15
11,70	7,32	10,50	9,79	11,70	8,75	8,20	9,79
14,00	7,88	8,04	8,83	13,69	8,75	10,42	10,42
14,32	10,98	10,35	9,95	13,37	8,83	9,47	10,35
11,62	11,38	8,67	10,11	14,01	9,39	9,47	9,87
11,46	11,46	8,67	9,47	13,29	8,83	8,28	8,44

9. Literaturverzeichnis

1. Ahrens, G.:
Stellungnahme zur Fluoridanwendung für die Kariesprophylaxe. Zahnärztl.
Welt Rundsch. 1981;90, 23.
2. Al-Kawari, HM., Al-Jobair, AM.
Effect of different preventive agents on bracket shear bond strength: in vitro study
BMC Oral Health 2014; 14:28
3. Antila, MK., Pohto, P.
Fluoride uptake and retention in dental enamel treated with amine fluoride solution.
Proc. Finn. dent. Soc. 1973;69:202-7.
4. Arends, J.
Remineralisierung: die Natur restauriert die Zähne.
Phillip Journal 4.87;223-7.
5. Arends, J., Christoffersen, J.
The nature of early caries lesions in enamel.
J Dent Res 1986;65;2-11.
6. Artelt, HM.
Fluoridpräparate bei der Behandlung überempfindlicher Zahnhälse. Swiss
Dent 15 1994;Nr.4;9-13.
7. Barkmeier, WW., Gwinnett, AJ., Scott, E., Shaffer, SE.
Effects of enamel etching time on bond strength and morphology. JCO
Jan 1985; 19 Nr 1 36-38.
8. Bayless, JM., Tinanoff, N.
Diagnosis and treatment of acute fluoride toxicity. J
Am Dent Assoc. 1985;110,209.
9. Bowen, RL.
U.S. Pat. 27 Nov. 1962;3,066,112.
10. Brannstrom, M., Nordenvall, KJ., Malmgren, O.

The effect of various pretreatment methods of the enamel on bonding procedures.
Am J Orthod 1978;74:522-30.

11. Breuning, KH., Dekkers, L., Beeftink, M., Schols, JH., Wolke, J.
Bonding Metal Brackets on tooth surfaces. Dentistry
2014; 4, 5
12. Bruun, C., Giskov, H.
Formation of CaF² on Sound Enamel and Caries-Like Enamel Lesions after
Different Forms of Fluoride Applications in vitro.
Caries Res 1991;25:96-100
13. Bryant, S., Retief, DH., Bradley, EL Jr., Denys, FR.
The effect of topical fluoride treatment on enamel fluoride uptake and the tensile
bond strength of an orthodontic bond resin. Am. J. Orthod. April 1985;294-302.
14. Buonocore, MG.
A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel
surfaces.
J Dent Res 1955;34:849-853.
15. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Calvi D, Scribante A.
Effect of fluoride application on shear bond strength of brackets bonded with a
resin-modified glass-ionomer.
Am J Orthod Dentofac Orthop 2005;127,580-3
16. Carstensen, W.
Clinical results after direct bonding of brackets using shorter etching times.
Am. J. Orthod. 1986;89 (1),70-2.
17. Chow, LC., Brown, WE.
Phosphoric acid conditioning of teeth for pit and fissure sealants J.
Dent. Res. 1973;52(5): 1158.
18. Cossellu, G., Lanteri, V., Butera, A., Laffi, N., Merlini, A., Farranto, G.
Timing considerations on the shear bond strength of orthodontic brackets after
fluoride varnish applications. J. Orthodont. Sci. 2017; 6 (1), 11-5
19. Einwag, J., Hellwig, E., Hotz, P., Städtler, P., Bößmann, K.
Die relative karieshemmende Wirksamkeit von Aminfluorid und Natriumfluorid in
kompatiblen Zahnpasten – Ergebnisse einer Konsensus-Konferenz.
Quintessenz Heft 11 1993;Referat Nr. 7598, S.1.

20. Erickson, RL., Barkmeier, WW., Latta, MA.,
The Role of etching in bonding to enamel: A Comparison of self-etching and etch-and-rinse adhesive systems. *Dental Mater* 2009; 25,1459 - 67
21. Fallahzadeh, F., Atai, M., Ghasemi, S., Mahdikhah, A.
Effect of rinsing time and surface contamination on the bond strength of silorane-based and dimethacrylate-based composites to enamel. *J Clin Experiment Dent* 2017;10.4317
22. Garcia-Godoy, F., Hubbard, GW., Storey, AT.
Effect of a fluoridated etching gel on enamel morphology and shear bond strength of orthodontic brackets.
Am J Orthod Dentofac Orthop 1991;163-170.
23. Gehring, F.
Wirkung von Aminfluorid und Natriumfluorid auf Keime der Plaqueflora.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 1983;38, Sonderheft 1, S 36-S 40.
24. Gorelick, L.
Bonding metal brackets with a self-polymerizing sealant-composite: A 12-month assessment.
Am. J. Orthod. 1977;71:542-53.
25. Gülzow, HJ.
Die lokale Anwendung der Aminfluoride auf der Schmelzoberfläche als kariesprophylaktisch wirksame Maßnahmen.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 1968;Heft 9, 897-903.
26. Gülzow, HJ.
Vergleichende Untersuchungen über die Wirksamkeit von Aminfluoriden auf der Schmelzoberfläche.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 1983;38 Sonderheft 1, S 19-S 22.
27. Gülzow, H.J., Ganschow, C., Mannes, C.
Fluoridaufnahme der Schmelzoberfläche aus Zahnpasten mit unterschiedlichen Fluorverbindungen
Dtsch Zahnärztl Z 1993; 48,112-114.
28. Gülzow, HJ., Jellinghaus, M.
Kariesprophylaxe durch lokale Applikation von Fluorid als Lösung, Lack oder Gel.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 1973;28 Heft 5, 591-597.

29. Gülzow, HJ., Lang, G.
Klinisch-experimentelle Untersuchungen über die Wirksamkeit zur
Kariesprophylaxe angewandter Aminfluoride. Dtsch Zahnärztl Z. 1967;Heft 2.
30. Gülzow, HJ., Sudbrake, C.
Ein moderner Wirkstoff: 40 Jahre Kariesschutz mit Aminfluorid. ZM-Online
2003; 15, 1-4.
31. Hattab, F.N., Wie, S.H.Y., Chan, D.C.N.
A scanning electron microscopic study of enamel surfaces treated with topical
fluorid agents in vivo.
J Dent Child 1988;55, 205.
32. Hellwig, E., Lehmann, K.M.
Einführung in die restaurative Zahnheilkunde Verlag
Urban & Schwarzenberg 2003.
33. Hellwig, E.
Kariesprophylaxe mit Fluoriden.
Prophylaxe Dialog. Nr. 2/1997.
34. Hellwig, E., Schäfer, E., Klimek, J., Attin, T.
Einführung in die Zahnerhaltung.
Deutscher Zahnärzte Verlag Köln, 6. Auflage 2013, S. 5-8, 33-38, 129-152
35. Hirce, JD., Sather, AH., Chao, EYS.
The effect of topical fluorides after etching of enamel on the bond strength of directly
bonded orthodontic brackets.
Am J Orthod 1980;78:44 4-52.
36. Hotz, P.R.
Anwendung der Fluoride in der Zahnmedizin.
Dtsch Zahnärztl Z 1996;51.
37. Kajander, KC., Uhland, R., Ophaug, R.H., Sather, AH.
Topical fluoride in orthodontic bonding. Angle
Orthodontics, 1987;1,70-76.
38. Keizer, S., ten Cate, M., Arends, J.
Direct bonding of orthodontic brackets. Am.
J. Orthod. 1976; 69 (39, 318-327.

39. Kielbassa, AM., Attin, T., Käfer, C., Hellwig, E.
Die Schmelzhaftung von Komposit nach Anwendung unterschiedlicher Fluoridierungsmaßnahmen.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 1996; 51, 608-612.
40. Kimura, T., Dunn, WJ., Talumis LJ.,
Effect of Fluoride varnish on the invitro bondstrength of orthodontic brackets using a self-etching primer system.
Am. J. Orthod. Dentofac. Orthoped. 2004; 125 (3), 351-6
41. Kinch, AP., Taylor, H., Waritier, R., Oliver, RG., Newcombe, RG.
A clinical trial compairing the failure rates of directly bonded brackets using etch times of 15 or 60 seconds.
Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. 1988;476-483, Vol. 94, Nr.6.
42. Kirkegaard, E
In-vitro-Untersuchungen über die Fluoridaufnahme vom menschlichem Zahnschmelz bei verschiedenen Fluoridlösungen.
Caries Res. 1977;11:16-23.
43. Klimek, J.
De- und Remineralisationsvorgänge bei der beginnenden Zahnkaries.
Sozialpädiatrie in Praxis und Klinik 1991;13,Nr. 12, 846-851.
44. Kochavi, D., Gedalia, I., Anaise, J.
Effect of conditioning with fluoride and phosphoric acid on enamel surfaces as evaluated by scanning electron microscopy and fluoride incorporation. J. Dent. Res. 1975;Vol. 54,304-309.
45. König, KG.
Karies und Kariesprophylaxe. Goldmann,
München 1971.
46. König, KG.
Karies und Parodontopathien: Ätiologie und Prophylaxe. Georg Thieme, Stuttgart 1987.
47. Laurisch, L.
Individualprophylaxe: Diagnostik und Therapie des individuellen Kariesrisikos. Carl Hanser Verlag, München-Wien 1994.
48. Lee, WC., Eakle, WS.

Possible role of tensile stress in the ethiologie of cervical erosive lesions of teeth.
J Prosthetic Dent. 1984; 52 (3), 374-9.

49. Lee, H., Stoffey, D., Orlowski, J., Swartz, ML., Ocumpaugh, D., Neville, K.
Sealing of devolepmental pits and fissures. Effects of fluoride on adhesion of rigid and flexible sealers.
J. Dent. Res.1972;51: 151-201.
50. Lemke, CW., Doherty, JM., Arra, MC.
Controlled fluoridation: the dental effects of discontinuation in Antigo/Wisconsin.
J Am Dent Ass 1970;80, 782.
51. Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde.
Fluoridierungsmaßnahmen zur Kariesprohylaxe. Stand 03.12.2012
52. Leódido Gda R, Fernandes HO, Tonetto MR, Presoto CD, Bandéca MC., et al.
Effect of fluoride solutions on the shear bond strength of orthodontic brackets.
Braz. Dent J 2012;23,698-702
53. Löffler, G., Pertrides, PE. Physiologische Chemie.
Aufl. Springer, Berlin, Heidelberg 1988
54. Lopez, JI.
Retentive shear strength of various bonding attachements bases. Am
J. Ortod. 1980;77 (6), 669-78.
55. Lutz, F.
Wirkungen einer lokal applizierten Zahnpaste enthaltend Aminfluorid und Natriumfluorid (Dr. Liebe) und einer Zahnpaste (Elmex) enthaltend Aminfluorid (Gaba) auf die Kariesinzidenz, die Plaqueausdehnung, die Schmelzlöslichkeit und den Schmelzfluoridgehalt bei Ratten.
Bio-Forschung des zahnärztlichen Instituts der Universität Zürich, Schlußbericht, 1989;KV 476, 24.05.
56. Mellberg, J.R., Ripa, L.W.
Fluoride in preventive dentistry. Theory and clinical applications.
Quintessence, Chicago 1983
57. Moin, K., Dogon, JL.
Indirect bonding of orthodontic attachements.
Am J Orthod. 1978;72:261-275,1978

58. Montasser MA, Taha M.
Effect of enamel protective agents on shear bond strength of orthodontic brackets.
Prog. Orthod. 2014;15,34
59. Mühlemann, HR.
Die kariesprophylaktische Wirkung der Aminfluoride.
Quintessenz 1967; 18 (Referat 3192), Hefte 5-8.
60. Mühlemann, HR., König, KG., Marthaler, TM., Schait, A., Schmid, H.
Organische Fluoride.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 1960;70:1037-1056.
61. Newman, GV., Snyder, WH., Wilson, CE Jr.
Acrylic adhesives for bonding attachments to tooth surfaces.
Angle Orthodont 1968;38:12-18.
62. Nikiforuk, G.
Understanding dental caries.
Bd. 1 und 2, S. Karger, Basel 1985.
63. Noble J, Karaiskos N, Wiltshire W.
In vivo bonding of orthodontic brackets to fluorosed enamel using an adhesion promotor.
Angel Orthodontist 2008;78,357-60
64. Nordenvall, KJ., Brannstrom, M., Malmgren, O.
Etching of deciduous teeth and young and old permanent teeth.
Am J. Orthod. 1978;74:552-530.
65. Nordenvall, KJ., Brannstrom, M., Malmgren, O.
Etching of deciduous teeth and young and old permanent teeth. A comparison between 15 and 60 seconds of etching.
Am J. Orthod. 1980;78;99-108.
66. Opinya, GN., Pameijer, CH.
Tensile bond strength of fluorosed Kenyan teeth using the acid etch technique.
Int. Dent. J. 1986;36;225-9.
67. Philip, N.
State of the Art, Enamel Remineralisation Systems: The next Frontier in Caries Management.
Caries Res. 2019; 53:284-95

68. Pirmann, F.
Schmelz-Ätz-Technik.
Dental Magazin 3/92;66-70.
69. Pigmann, W., Cueto, H., Baugh, D.
Conditions affecting the rehardening of softened enamel.
J Dent Res 1964;43:1187.
70. Pseiner BC, Freudenthaler J, Jonke E, Bantleon HP.
Shear bond strength of fluoride-releasing orthodontic bonding and composite material.
Eur J Orthod 2010;32,268-73
71. Reynolds, IR., von Fraunhofer, JA.
Direct bonding of orthodontic attachments to the teeth: the relation of adhesive bond strength to gauze mesh size.
British J Orthodont. 1978; 91-95, Nr. 2.
72. Rezk-Lega, F., Ogaard, B.
Tensile bond force of glass ionomer cements in direct bonding of orthodontic brackets: An in vitro comparative study.
Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. 1991;Vol 100 Nr 4,357-361.
73. Rinderer, L., Schait, A., Mühlemann, HR.
Loss of fluoride from dental enamel after topical fluoridation. Helv. Odont. 1965;Acta 9, 148.
74. Rølla, G.
On the role of calcium fluorid in the cariostatic mechanism of fluoride. Acta Odont Scand 1988 ;46,341.
75. Rowland, GF., Yates, JL., Hembree, JH., McKnight, JP.
The influence of topical stannous fluoride application on the tensile bond strength of pit and fissure sealents.
J Pedod 1979;4:9-20.
76. Sadowsky, PL., Retief, DH., Cox, PR., Hernandez-Orsini, R., Rape, WG., Brandley, EL.
Effects of etchant concentration and duration of the retention of orthodontic brackets: an in vivo study.
Am J Orthod Dentofacial Orthop 1990;98(5):417-21.
77. Schiffner, U.

Stoffwechsel und Toxizität von Fluorid.
ZM-Online 2016; 24: 1-3

78. Schmid, H.
Chemie und Oberflächenwirkungen der Aminfluoride.
Dtsch. Zahnärztl. Z. 38 Sonderheft 1, 1983;S 9-S 13
79. Schroeder, H.E.
Pathobiologie oraler Strukturen.
Karger-Verlag 1983, S.65-73
80. Sheykholeslam, Z., Buonocore, MG., Gwinnett, AJ.
Effect of fluorides on the bonding of resins to phosphoric acid-etched bovine enamel.
Arch Oral Biol 1972;17:1037-45.
81. Steven, RJ.
Advances in remineralization for early carious lesions: a comprehensive review.
Compendium of continuing education in dentistry 2017
82. Stookey, GK.
Are all dentifrices the same?
Wei SHY (ed): Clinical Uses of Fluoride 1985; Philadelphia, Lea & Febiger, Kapitel 9, 105–131.
83. Torres-Gallegos, I., Zavala-Alonso, V., Patino-Marin, N., Martinez-Castanon, GA., Anusavice, K., Loyola-Rodriguez, JP.
Enamel roughness and depth profile after phosphoric acid etching of healthy and fluorotic enamel.
Dental Journal, 2012; 57: 151-156
84. Türp, JC.
Fluor, Fluoride und Fluoridgegner.
Quintessenz 1993;44,357-370.
85. Wiedemann, W., Klinger, HG.
In vivo-Remineralisation beginnender Karies. Phillip
Journal 1.88, 49-58.
86. Zacharison, BU.
A posttreatment evaluation of direct bonding in orthodontics. Am
J Orthod. 1977;71:173-189.

87. Zimmer, S.

Fluoridverbindungen: Wirkungsweise und Wirksamkeit.

Prophylaxe Dialog 2/1997.

10. Danksagung

Ich möchte allen ganz herzlich danken, die mir bei der Realisierung dieser Arbeit geholfen haben. Ganz besonders möchte ich an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. Ibrahim Nergiz für die Überlassung des Themas sowie für seine hervorragende Betreuung und Frau Prof. Dr. Petra Schmage für ihre großzügige Hilfe bei der Planung meiner Arbeit danken.

Ein „Danke“ habe ich schlussendlich für meine wichtigsten Unterstützer, meiner Mutter, meiner Frau und meiner Tochter aufgehoben.

11. Lebenslauf

Lebenslauf wurde aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt

12. Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Unterschrift:

.....
(Cevat Tosyali)