

**Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
der Klinik und Polikliniken für Zahn-, Mund- und
Kieferkrankheiten der Universität Würzburg**

Direktor: Professor Dr. med. dent. B. Klaiber

**Abtragsverhalten der Mikroabrasionspaste Opalustre®
in Abhängigkeit von der Anwendungsdauer
- eine *In-vitro*-Untersuchung -**

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der

Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt von

Maria Christiane Lex

aus Nürnberg

Würzburg, September 2008

Referent: Prof. Dr. med. dent. B. Klaiber

Koreferent: Prof. Dr. med. dent. A. Renk

Dekan: Prof. Dr. med. M. Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 23.9.2008

Die Promovendin ist Zahnärztin.

In großer Dankbarkeit meinen Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Einleitung und Problemstellung	1
1.1	Behandlung von Zahnverfärbungen	1
1.2	Entwicklung und Arten von Mikroabrasionspasten	2
1.3	Zahnschmelz	4
1.3.1	Schmelzhärte	4
1.3.2	Schmelzbestandteile	5
1.3.3	Histologische Strukturen	6
1.4	Anwendungsgebiete von Mikroabrasionspasten	7
1.4.1	Extrinsische Verfärbungen des Zahnschmelzes	7
1.4.2	Intrinsische Verfärbungen des Zahnschmelzes	7
1.4.2.1	Dentalfluorose	7
1.4.2.2	Schmelzentkalkungen	9
1.4.2.3	Schmelzhypoplasien mit Formdefekten	10
1.4.2.4	Schmelzdysmineralisationen	11
1.4.2.5	Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation	11
1.4.2.6	Traumata	12
1.4.2.7	Generalisierte-metabolische Traumata	14
1.4.3	Indikation der Mikroabrasionsbehandlung	15
1.4.4	Kontraindikation der Mikroabrasionsbehandlung	16
1.5	Problem- und Fragestellung	18
2	Material und Methode	19
2.1	Zahnauswahl	19
2.2	Vorbereitung der Zähne	19
2.3	Versuchsordnung zur Mikroabrasion	20
2.4	Einbetten der Zähne und Herstellung der Schnitte	22
2.4.1	Dehydratation der Zähne vor dem Einbetten	22
2.4.2	Einbetten der mikroabradierten Zahnkronen	23
2.4.3	Herstellung der Präparate	24
2.4.4	Herstellung der Dünnschnitte	26

2.5	Mikroskopische Photoanalyse	28
2.5.1	Darstellung der Messanordnung	28
2.5.2	Bilder der mikroskopischen Untersuchung	28
2.6	Statistische Auswertung	31
3	Ergebnisse	32
3.1	Quantität des Schmelzabtrages	32
3.2	Vergleich des Oberflächenabriebes der Zähne	35
3.2.1	Vergleich des Oberflächenabriebes aller Versuchsreihen	35
3.2.2	Vergleich des Oberflächenabriebes mesial und distal bei allen Versuchsreihen	37
3.2.3	Vergleich des zeitlichen Oberflächenabriebes an unterschiedlichen Regionen aller Zähne	39
3.2.4	Vergleich des Oberflächenabriebes pro Sekunde Mikroabrasion	42
4	Diskussion	44
4.1	Bewertung der Methode	44
4.1.1	Auswahl der Zähne	44
4.1.2	Zur Messgenauigkeit des Verfahrens	44
4.2	Diskussion der Ergebnisse	46
4.2.1	Anwendungsgebiet des Mikroabrasionsverfahren	46
4.2.2	Besprechung der Ergebnisse	46
4.3	Schlussfolgerung	50
5	Zusammenfassung	53
6	Literaturverzeichnis	54
7	Anhang	69
7.1	Tabellen und Diagramme	69
7.2	Legende der Abkürzungen	90
7.3	Herstellerverzeichnis	91
Danksagung		

1 Einleitung und Problemstellung**1.1 Behandlung von Zahnverfärbungen**

Die Gesellschaft in Deutschland, wie auch in den USA, betont mehr und mehr makellose Zähne als Schönheitssymbol, so dass nicht nur auf die äußerliche Ästhetik des Gesichtes, sondern auch auf die Ästhetik der Zähne geachtet wird. Ein unversehrtes Gebiss ist ein Statussymbol und körperliche Unversehrtheit ist vordergründig geworden (NASH & RADZ 1995, OTTO 1999). Selbst kleinste weiße Flecken werden heute schon von den Eltern als besorgniserregend gehalten. Als Therapie in der Zahnheilkunde ist verbreitet, diese Verfärbungen bzw. Flecken mit Kompositfüllungen, Veneers, Kronen oder mit abrasiven Schleifkörpern invasiv beseitigen zu können. Auch weniger invasiv, z.B. durch Bleichen der Zähne können diese Verfärbungen und Flecken reduziert bzw. entfernt werden (BAILEY & CHRISTEN 1969, CHANDRA & CHAWLA 1975, MCCLOSKEY 1984, CROLL 1989A, CROLL & CAVANAUGH 1986A/C, DONLY et al. 1992, TONG et al. 1993, ATTIN & KIELBASSA 1995, SEGURA et al. 1997B, OTTO 1999, CROLL & HELPIN 2000, NIXON et al. 2007B). Weniger angewendet, aber erste Wahl der Therapie ist die minimal invasive Mikroabrasionsbehandlung (CROLL & CAVANAUGH 1986A/B/C, KILIAN & CROLL 1990, WILLIS & ARBUCKLE 1992, KILPATRICK & WELBURY 1993, CROLL & BULLOCK 1994, CROLL 1990/1997, ELKHAZINDAR & WELBURY 2000, DA SILVA et al. 2002, NIXON et al. 2007B). Dabei werden mit abrasiven und säurehaltigen Pasten die innerhalb der Oberfläche liegenden Verfärbungen beseitigt. Kenntnisse über die genaue Funktionsweise dieser Pasten sind nur begrenzt verbreitet, ebenso wie das Verfahren der Mikroabrasion in Deutschland anscheinend weniger bekannt ist (MCEVOY 1989A, ATTIN & KIELBASSA 1995). Insbesondere über die Größe des Schmelzabtrages findet man in der zahnärztlichen Literatur nur geringe metrische Angaben. Ziel dieser In-vitro-

Untersuchung war es deshalb herauszufinden, ob bei konstantem Druck und Umdrehungszahl die Größe des Abriebs mit der Behandlungszeit korreliert.

1.2 Entwicklung und Arten von Mikroabrasionspasten

MCCLOSKEY berichtete, dass DR. WALTER KANE (Colorado Springs, USA) erstmals 1916 eine mit Säure modifizierte Mikroabrasionsbehandlung durchgeführt hat, mit welcher er „Colorado Brown Stains“ behandelte, die heute als dentale Fluorose bekannt sind (MCCLOSKEY 1984). Er verwendete dabei Salzsäure, deren Wirkung er durch ein erhitztes Metallinstrument verstärkte. MCKAY und BLACK unterstützten 1936 die Methode des invasiven Beschleifens der Zähne zur Farbverbesserung. 1984 modifizierte MCCLOSKEY die Technik von KANE und beschreibt die Verwendung eines mit 18 %-iger Salzsäure getränkten Wattepellets, welches um einen Amalgamkondensator gewickelt ist und auf die braunen, fluorotischen Schmelzflecken gerieben wird. CROLL meinte, der Zahnarzt soll eine bessere Kontrolle über den Schmelzverlust haben (CROLL 1993). Deshalb verwendete er eine mit einem Abrasivmittel gemischte Säure, die er mit einem Handapplikator auf die Schmelzoberfläche presste und dabei periodisch die Lösung abspülte (CROLL 1993). Seiner Meinung nach war damit die Behandlung ungefährlicher für die Weichgewebe, der Schmelzverlust überschaubarer und durch die Verwendung eines 18 %-igen Salzsäure-Bimsstein-Gemisches fand die Schmelzreduktion sowohl chemisch (Erosion) als auch mechanisch (Abrasion) statt. Das Problem, dass die Salzsäure aus der Bimssteinsuspension wegfließt, löste CROLL in Zusammenarbeit mit CAVANAUGH durch weitere Versuche und Entwicklungen (CROLL & CAVANAUGH 1986A/B).

CROLL (1993) stellte dabei folgende Anforderungen an die Mikroabrasionsbehandlung:

- (1) Verwendung schwach konzentrierter Säure,
- (2) Polieren der Zahnoberfläche durch eine auf die Schmelzhärte abgestimmte Körnung des abrasiven Mittels,
- (3) Suspension der Säure und der Abrasionspartikel in einem wasserlöslichen Gel zur Vermeidung des Wegfließens und zur Ermöglichung des kontrollierten Abspülens der Paste,
- (4) Verwendung eines sehr langsam rotierenden Winkelstückes zur spritzfreien und präzisen Kompression der Mischung auf der Zahnoberfläche.

Mit dieser Methode experimentierten CROLL und CAVANAUGH an extrahierten Zähnen mit Fluoroseflecken, um eine angemessene Säurekonzentration, eine geeignete Korngröße des Abrasionsmittels und das passende wasserlösliche Gel zu finden. Sie probierten in diesen experimentellen Versuchen verschiedene Säuren wie Salz- (Hydrochlorid-), Zitronen-, Phosphor- und Salpetersäure aus. Als abrasives Mittel verwendeten sie Aluminiumoxid, Carborundum, verschiedene Sorten Laborbimsstein und synthetischen Diamantstaub (CROLL 1989B, CROLL 1993). Schließlich wurde ein Siliciumgel entwickelt und durch rotierende Applikation an den extrahierten Zähnen überprüft. Da die Gummikelche zur Prophylaxebehandlung für die Mikroabrasionsbehandlung zu weich waren, wurden als Applikatoren Prototypmandrelle entwickelt, welche hart genug waren, um die Mikroabrasionsmischung unter höherer Kraft auf die Zahnoberfläche aufzubringen. Um ein Verspritzen des Materials zu vermeiden, empfahlen die Entwickler ein niedrigtouriges Winkelstück zu verwenden. Nach weiteren Experimenten kam dann im Mai 1990 die Mikroabrasionspaste PREMA[®] Compound (Premier Dental Produkts Co.) auf den Markt. Diese besteht aus Salzsäure, Carborundum und Siliciumgel (SCHERER et al. 1991, CROLL 1993).

Eine Übersicht über die wichtigsten Stationen der Entwicklung von Mikroabrasionsbehandlungen ist im Anhang in Tab. 2 zusammengestellt.

Bei den meisten genannten Mikroabrasionspasten muss wegen des flüssigen Säureanteils ein Kofferdam zum Schutz der Gingiva verwendet werden (CROLL 1989B). Deshalb wurde ein Siliciumgel entwickelt, welches der Säure beigemischt wurde und so die Gingiva vor möglichem Säureangriff schützen sollte. Bei der in den vorliegenden Versuchen verwendeten Mikroabrasionspaste Opalustre[®] (Ultradent Products Inc.), welche im Gegensatz zur PREMA[®] Paste (Premier Dental Products Co., 1,4 %-iges Hydrochloridsäuregel) noch auf dem deutschen Markt erhältlich ist, liegt der Säuregehalt bei 6,6 % und ist damit schwächer als die ursprünglich verwendeten Säure-Abrasiv-Gemische (35-37 %-ige Phosphorsäure-Abrasiv-Gemische, 18 %-ige Hydrochloridsäure-Abrasiv-Gemische).

1.3 Zahnschmelz

1.3.1 Schmelzhärte

Der Schmelz des Zahnes ist die am stärksten mineralisierte, härteste und zugleich sprödeste Substanz des menschlichen Körpers (SCHROEDER 1992, KLIMEK & HELLWIG 1999). In der Mohs'schen Härteskala liegt er bei 5-8 und besitzt an der Schmelz-Dentin-Grenze eine Härtenummer von 250 KHN und an der Schmelzoberfläche eine Härtenummer von 390 KHN (Knoop-Härtenummer; Pyramide mit rhombischer Grundfläche) (siehe Tab. 1) (KLIMEK & HELLWIG 1999, HELLWIG et al. 2003). Er schützt als äußere „Kappe“ des Zahnes das Dentin und die Pulpa. Die Dicke des Schmelzes ist nicht konstant und beträgt in der Nähe der Kaufläche etwa 2,5 mm und verringert sich auf etwa 0,5 mm am Übergang von der Zahnkrone zur Zahnwurzel (SCHROEDER 1992, LEHMANN & HELLWIG 1998).

Tabelle 1. Materialwerte des Schmelzes (Daten zusammengefasst aus „Keramik-Vollkeramik“, 3M ESPE 2004)

	Schmelz
Vickershärte (Pyramidenform) [VH]	250-350
Druckfestigkeit [MPa]	300-450
Zugfestigkeit [MPa]	10-20
E-Modul [MPa]	65000
Querkontraktionszahl	0,30
Ausdehnungskoeffizient [10^{-6} K^{-1}] (linear thermisch)	11

1.3.2 Schmelzbestandteile

Der Schmelz besteht, je nach Analyseverfahren, aus 93-98 Gewichtsprozent anorganischen Anteilen, 1,5-4 % Wasser und weniger als 1 % aus organischem Anteil. Der anorganische Hauptbestandteil setzt sich zusammen aus Kalzium und Phosphat, welche im Verhältnis von 1:1,2 als Apatitverbindung $(\text{Ca}_{10-x}\text{PO}_x) \cdot X_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ in Form kleiner Kristalle vorliegen (NIKIFORUK 1985), sowie Karbonat, Magnesium und Natrium. Die Kristallite sind nicht identisch mit der stöchiometrischen Verbindung der Formel $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Der organische Anteil beinhaltet ca. 58 % Proteine und 40 % Lipide, sowie Spuren von Kohlehydraten, Zitrat und Laktat. Er befindet sich zum größten Teil im inneren Drittel des Schmelzmantels in Form von Schmelzbüscheln (HELLWIG et al. 2003).

Der Wassergehalt nimmt während der Schmelzreifung proportional mit der organischen Matrix kontinuierlich von 50 % auf 4 % ab. Der größte Teil, ca. 75 %, ist im ausgereiften Schmelz als Hydratationsschale an Apatitkristalle gebunden, während der geringere Teil relativ frei durch die organische Substanz strömen kann. Das lose, an die organische Schmelzmatrix gebundene Wasser kann bei Erwärmung verdampfen, aber auch bei

Feuchtigkeit zuzuführen wieder aufgenommen werden. Dies führt dazu, dass mit dem Flüssigkeitsstrom auch Ionen transportiert werden. Der Schmelz funktioniert also als eine Art Molekularsieb bzw. Ionenaustauscher (SCHROEDER 1992).

Auf der Oberfläche des menschlichen Zahnes befindet sich eine sog. prismenfreie Schicht. Die Kristallite liegen hier dicht gepackt parallel zur Oberfläche (HELLWIG et al. 2003).

1.3.3 Histologische Strukturen

Licht- und polarisationsmikroskopisch betrachtet lassen sich verschiedene Charakteristika beschreiben, die durch die Besonderheiten im räumlichen Aufbau der Schmelzprismen zu erklären sind. Die Hunter-Schregersche Streifung tritt im Längsschnitt als Hell-Dunkel-Streifung in Erscheinung und spiegelt den wellenförmigen Verlauf der Prismenstäbe im dreidimensionalen Raum wider (SCHUMACHER & SCHMIDT 1990). Sie ist in den zwei inneren Dritteln des Schmelzmantels anzutreffen und gilt als funktionelle Anpassungsstruktur zur Verhütung von Schmelzspaltungen bei Kaudruckbelastung. Die Retzius-Streifen sind konzentrische Ringe und Ausdruck periodischer Ruhephasen der Ameloblasten während der Schmelzentstehung. Wegen ihrer Anordnung werden sie mit den Jahresringen eines Baumes verglichen. Im Bereich des Zahnhalses verlaufen sie fast senkrecht zur Zahnängsachse von der inneren zur äußeren Schmelzoberfläche. Es handelt sich dabei um hypomineralisierte Bereiche (SCHUMACHER & SCHMIDT 1990, HELLWIG et al. 2003). Die Perikymatien (auch Imbrikationslinien/-furchen genannt) sind als Schnittpunkte der Retzius-Streifen mit der Schmelzoberfläche zu verstehen. Sie verringern sich von der Schmelz-Zement-Grenze Richtung Kaufläche (SCHUMACHER & SCHMIDT 1990). Bei juvenilen Zähnen sind sie noch makroskopisch zu erkennen, gehen jedoch mit dem Alter durch Attrition verloren.

1.4 Anwendungsgebiete von Mikroabrasionspasten

Für die Mikroabrasion geeignete Verfärbungen im Schmelz müssen vom Behandler nach zwei Kategorien unterschieden werden: Verfärbungen (extrinsisch), welche durch einfaches Polieren entfernbar sind, oder im Schmelz oberflächlich liegende Verfärbungen (intrinsisch), welche durch eine oberflächliche Politur nicht entfernt werden können. Nur die intrinsischen Verfärbungen erfordern eine über die einfache Politur hinausgehende mikroabrasive Behandlung.

1.4.1 Extrinsische Verfärbungen des Zahnschmelzes

Extrinsische Verfärbungen entstehen durch Ansammlung und Anlagerung verschiedener Substanzen auf der Zahnoberfläche, wobei die Farbe dieser Flecken von der betroffenen Substanz abhängt (EISENBERG & BERNICK 1975). Beispiele dafür sind Tabak-, Kaffee-, Schwarztee-, Rotweinflecken (Tannin), wie auch Flecken entsprechend anderer färbender Nahrungsstoffe (Beerenfrüchte, dunkle Fruchtsäfte, Cola, Gewürze), Genussmittel (Betelnüsse) oder Chemikalien (Chlorhexidin, Lippenstift) (ERIKSEN & NORDBØ 1978, GULDENER 1993, ATTIN & KIELBASSA 1995, GOLDSTEIN 1997, SCHROEDER 1997, ATTIN 1998, OTTO 1999, NIXON et al. 2007A). Auch bakterielle Plaque und Zahnstein lässt die Zähne verfärbt erscheinen (SCHROEDER 1997).

1.4.2 Intrinsische Verfärbungen des Zahnschmelzes

1.4.2.1 Dentalfluorose

Die Dentalfluorose (diffuse Opazitäten in Form von Hypomineralisationen) stellt den bekanntesten Vertreter der Verfärbungen durch Chemikalien dar: es kann leicht zu einer Überdosierung der Fluoridzufuhr während der

Schmelzbildung und -reifung kommen, da Fluorid heute wegen seiner kariespräventiven Eigenschaft in Nahrungsmitteln (Speisesalz) und Zahnpflegeprodukten zu finden ist. Zudem gibt es auch Länder und Regionen, in welchen das Trinkwasser von Natur aus schon einen hohen Fluoridgehalt besitzt. Die Dentalfluorose ist somit Folge einer zu hohen Fluoridzufuhr während der Zahnentwicklung. Man spricht dabei von chronisch toxischen Fluoridmengen bei einer Fluoridkonzentration von $>0,05$ mg/kg Körpergewicht pro Tag, einer einmaligen kurzfristigen Einwirkung hoher Fluoridkonzentrationen ($10 \mu\text{mol/ml}$ Fluorid im Blutplasma) (MCEVOY 1989B, HELLWIG et al. 2003) oder einer Trinkwassereinnahme während der Schmelzentwicklung mit einer Konzentration von mehr als 1.0 ppm Fluoridionen (ERDOGAN 1998). Jegliche Formen der Fluoridapplikationen (z.B. Trinkwasserfluoridierung, Fluoridtabletten, fluoridhaltige Zahnpflegeprodukte) können bei relativer Überdosierung zur Fluorose führen. Dabei sei auf die Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) auf Dosierungsangaben bei Kindern verwiesen, welche den Fluoridgehalt des örtlichen Trinkwassers berücksichtigt (KOCH 1995). Von hohem Gehalt von Fluorid im Trinkwasser spricht man bei 2 mg/l und mehr (BEN-ZUR & VAN WAES 1994). Dentalfluorosen entstehen, wenn Fluoride einen gerade mineralisierenden Schmelz beeinflussen, indem sie eine Veränderung im Mineralisationsprozess verursachen. Die Fluorose ruft unter der Zahnoberfläche Hypomineralisationen oder Porositäten hervor, welche bis zur Schmelz-Dentin-Grenze reichen können. Leichte Fluorosen zeigen sich zuerst an den dicksten Stellen des Schmelzes, den Inzisal- und Kuspidalflächen (Schneekappeneffekt). Dies begründet sich im Anreichern der Fluoridionen in der Schmelzmatrix, welche sich vor dem bereits mineralisierten Schmelz herschieben. Bis zu einem gewissen Grad kann das Fluorid in den Schmelz ohne Schäden eingebaut oder durch die Ameloblasten resorbiert werden. Je mehr Fluoridionen in der Matrix vorhanden sind, um so eher sammelt sich auch vor den dünneren

Schmelzschichten eine zu hohe Konzentration an, welche zu einem defekten Kristallgefüge, und somit zu Opazitäten führen kann (FEJERSKOV et al. 1996). Klinisch zu erkennen sind weiße, opaque Flecken und Streifen, welche sich bei stärkeren Porositäten durch exogene Farbeinlagerungen auch braun verfärben können (ATTIN & KIELBASSA 1995, NASH & RADZ 1995, KELLERHOFF & LUSSI 2004). Dabei korreliert die Menge des aufgenommenen Fluorids mit der Ausprägung der Fluorose (SCHROEDER 1997, HELLWIG et al. 2003), wobei die Fluorose eher nach Ausmaß und Struktur der Flecken als nach Grad der Braunverfärbung einzuteilen ist (LEX 1973). Man spricht von „Mottling“, wenn die weißen Streifen größere Areale der Schmelzoberfläche einnehmen und „Pitting“, wenn kreidig-weiße, lochartige Defekte vorhanden sind, die bei hochgradiger Fluorose auftreten und sich nachträglich verfärben (LEX 1973, JORDAN & BOKSMAN 1984, BEN-ZUR & VAN WAES 1994, SPEER & GEHR 2005). Zur Diagnostik der Fluorose sind der Fluorose-Index nach DEAN und der TF-Index nach THYLSTRUP und FEJERSKOV (1978) hilfreich, welcher sich durch eine Gradeinteilung kennzeichnet: Grad 1-4 bei irreversiblen, wolkig-weißen bis bräunlichen Flecken, einen Grad 2 unterscheiden WELBURY und SHAW (1990) bei 80-100 µm im Schmelz und Grad 5-9 bei zusätzlichen Grübchen und flächenhaften Substanzdefekten (WETZEL 1993/94, SCHROEDER 1997, HELLWIG et al. 2003).

1.4.2.2 Schmelzentkalkungen

Schmelzentkalkungen entstehen bei zu langer Plaqueadhäsion auf der Schmelzoberfläche. So kommt es, dass organische Säuren (Laktat, Pyruvat), welche währenddessen produziert werden, dem Schmelz Minerale entziehen und bei ungestörtem Verlauf eine Karies entsteht, welche durch direktes Eindringen der Bakterien dann voranschreiten kann. Zu den künstlich geschaffenen Kariesprädispositionsstellen gehören die Schmelzentkalkungen, welche häufig bei Patienten auftreten, die kieferorthopädisch mit Brackets

behandelt wurden und eine unzureichende Mundhygiene betrieben. Bei Ihnen treten folglich die so genannten „white spot lesions“ als weißlich opaque Flecken und Streifen (Kreideflecken) auf (SCULLY et al. 1997, KLIMEK & HELLWIG 1999).

1.4.2.3 Schmelzhypoplasien mit Formdefekten

Schmelzhypoplasien treten häufig in Kombination mit Schmelzverfärbungen auf und zeichnen sich durch ihre reduzierte Schmelzdicke aus. Es sind klinisch sichtbare Schmelzdefekte, welche in verschiedenen Schweregraden auftreten. Durch die topographische Nähe von Milchzahnwurzel und bleibendem Zahnkeim sind diese Schmelzdefekte meist bukkal lokalisiert. Diese hypoplastischen Läsionen des Schmelzes zeigen sich farblich als Einhellungen bzw. weißlich bis gelbbräunliche Flecken (auch durch das durchschimmernde Dentin bestimmt). Als Formveränderungen findet man horizontal oder vertikal verlaufende Einkerbungen bzw. Rillen der Zahnoberfläche, welche auch als tiefe, flächenhafte Läsionen der ganzen Zahnkrone auftreten können. Diese Veränderungen des Schmelzes entstehen im Frühstadium der Odontogenese (BRIN et al. 1984, BEN-BASSAT et al. 1985, FDI 1992, VON ARX 1995, SCHROEDER 1997). Die Hypoplasieformen treten dabei in Kombination oder einzeln auf (VON ARX 1995). Werden also die oberen Schneidezähne zwischen dem ersten und zweiten Lebensjahr verletzt (ANDREASEN & RAVN 1971A/B), werden auch hier die Ameloblasten traumatisiert und sind irreversibel beschädigt, so dass sie ihrer Funktion nicht mehr Stand halten können. Tritt eine Verletzung der bereits gebildeten Schmelzmatrix auf, kann es folglich zu Einkerbungen durch eine Verlagerung des bereits mineralisierten Gewebes in noch nicht mineralisiertes Gewebe kommen (ANDREASEN & RAVN 1971 A/B).

1.4.2.4 Schmelzdysmineralisationen

Schmelzdysmineralisationen, gehören zur Gruppe der Mineralisationsstörungen (Hypomineralisationen, abgegrenzte Opazitäten). Die Opazitäten zeigen eine gut erkennbare und klare Abgrenzung zum benachbarten gesunden Schmelz und entstehen im Verlauf der Amelogenese (SCHULZE 1987, CROLL 1989B/1990) während der Entstehung der Schmelzkomponenten. Diese Störungen des Mineralisationsprozesses zeigen sich in leichteren Fällen als weiße, graue oder opaque Stellen der Oberfläche des Schmelzes und treten bei schweren Fällen als stark braune Verfärbungen des Schmelzes in Erscheinung, was auch als „Schmelzkorrosion“ bezeichnet wird und oft mit einer Fluorose einhergeht (MCKAY 1936). Die Verfärbungen können auf einen Abschnitt der Schmelzoberfläche beschränkt sein oder sich über die gesamte Oberfläche des Zahnes als verfärbte Streifen, multiple Flecken oder andere Verfärbungsmuster ziehen. In diesen Fällen ist die Bezeichnung „gesprenkelter Schmelz“ aus der Literatur bekannt. Der Begriff „Dysmineralisation“ wird gewählt, da der Beobachter keinen genauen chemischen oder physikalischen Ursprung der Mineralisationsanomalie kennt und diese nicht mit den Begriffen „Hypokalzifikation oder Hypoplasie“ beschreiben kann. Häufig ist die Ursache der Dysmineralisation des Schmelzes unbekannt, kann aber z.B. in bestimmten, anamnestisch bekannten Fällen auf eine Fluorose, also eine Hypomineralisation zurückzuführen sein.

1.4.2.5 Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation

Der Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation (MIH, Cheese Molars) (WEERHEIJM et al. 2001B), eine Mineralisationsstörung im Molaren- und Inzisivenbereich, liegen verschiedene ätiologische Ursachen zu Grunde,

wobei hier einige erwähnt seien (KOCH et al. 1987, WEERHEIJM et al. 2001A, KELLERHOFF & LUSSI 2004):

- Dioxin und polychloriertes Biphenyl (PCB) in der Muttermilch und bei mehr als 9 Monate langem Stillen,
- Sauerstoffmangel bei oder nach der Geburt,
- Infektionskrankheiten während der ersten drei Lebensjahre (Diphtherie, Scharlach, Mumps, Masern),
- Störungen im Mineralhaushalt (Niereninsuffizienzen, Vitamin-D-Hypovitaminose bei einer renalen oder klassischen Rachitis, Zöliakie),
- chronisch obstruktive Lungenerkrankungen während der ersten drei Lebensjahre.

Bei dieser Mineralisationsstörung sind meist die Sechs-Jahres-Molaren ausgeprägter betroffen als die Inzisiven und dabei kann die Mineralisationsstörung auf einzelne Höcker beschränkt sein, aber auch über die Glattflächen und die Fissuren bis nach zervikal reichen. Sie kennzeichnen sich als weiß-gelblich bis gelb-bräunlich, unregelmäßige Opazitäten, können aber auch, bei schweren Hypomineralisationsstörungen, mit abgesplitterten Schmelz- und/oder Dentinarealen in Verbindung stehen (KOCH et al. 1987).

1.4.2.6 Traumata

Traumata an Zähnen können das Nekrotisieren der Pulpa und Einblutungen ins Dentin auslösen, wobei Erythrozytenabbauprodukte (wie z.B. Hämin, Hämatin, Hämatoidin, Hämosiderin, Hämotoporphyrin) in die Dentintubuli eindringen und nach Hämolysierung zu einer jeweils spezifischen Dunkelverfärbung des Zahnes (im Dentin, wie auch im Schmelz) führen (MCEVOY 1989B, GULDENER 1993, ATTIN & KIELBASSA 1995, MARIN et al. 1997, KIELBASSA & WRBAS 2000). Dabei stehen die Zeitdauer bis zur endodontischen Behandlung und der Durchmesser der Dentintubuli in

direktem Verhältnis zur Stärke der Verfärbung (GULDENER 1993). Während des Abbaus der in die Dentintubuli eingedrungenen Erythrozyten wird Hämoglobin und nachträglich Eisen freigesetzt, welches sich mit von Bakterien produziertem Schwefelwasserstoff zu schwarzem Eisensulfid verbindet und bräunlich bis schwarze Verfärbungen an den Zähnen bewirkt (ATTIN & KIELBASSA 1995, LUTZ et al. 2000). Doch auch einige Zerfallsstoffe von Proteinen einer nekrotischen Pulpa können zu diesen Verfärbungen beitragen (ATTIN & KIELBASSA 1995).

Durch ihre exponierte Lage ereignen sich die Traumata meist an den Oberkiefer-Frontzähnen (VON ARX 1991). Dabei können die traumatisierten Milchzähne die unvollständig mineralisierten Keime der bleibenden Zähne schädigen. Es kommt so zur Hemmung des Wurzelwachstums, Dilazerationen (Kronen und Wurzeln) ebenso wie zu begrenzten Schmelz- und Dentindefekten (wallförmige Hypoplasien) mit weißlich bis bräunlichen Verfärbungen (VON ARX 1991). Diese, durch traumatische Einflüsse auf den Zahnkeim ausgelösten Hypoplasien, aber auch durch lokale Infektionen nach einer apikalen Läsionsparodontitis bei einem Milchzahn, werden als „Turnerzähne“ bezeichnet. Diese Verfärbungen an den bleibenden Zähnen können mit durch Trauma erlittenen lokalen Infektionen der vorherigen Milchzähne und daraus folgenden Abszessen bzw. den folglich an den Zahn an- oder aufgelagerten Zementparaplasien im Zusammenhang stehen (CROLL 1993, WETZEL 1993/94, SCHROEDER 1997, OTTO 1999, HELLWIG 2003). Dabei manifestieren sich leichte Traumata meist als weiß- bis gelbbräunliche Schmelzflecken und können bei gravierenderen Ereignissen tiefbraune Farbveränderungen verursachen (BEN-ZUR & VAN WAES 1994).

Auch andere pulpale Veränderungen nach traumatischen Verletzungen der Zähne oder Infektionen können das Verdunkeln, Rosa- oder Gelbverfärben der Zähne hervorrufen (SCHULZE 1987, SCHROEDER 1992, CROLL 1993, ATTIN & KIELBASSA 1995, EHRENFELD & HICKEL 2000).

1.4.2.7 Generalisierte-metabolische Traumata

Generalisierte-metabolische Traumata wie Asphyxiezustände während einer Frühgeburt oder Normalgeburt, wie auch Stoffwechselerkrankungen von Neugeborenen, welche mit einer Hypoxie einhergehen, können zu Form- und Farbdefekten der Keimanlagen führen (MELLANDER et al. 1982, SCHROEDER 1997, SPEER & GEHR 2005). Sie treten klassisch als Neonatallinie im Schmelz und Dentin der Milchzähne und der ersten bleibenden Molaren in Erscheinung (BEN-ZUR & VAN WAES 1994). Diese Neonatallinie kennzeichnet sich in einer hypomineralisierten, treppenstufenartigen Linie im Schmelz, welche klinisch nicht sichtbar ist. Doch eigentlich ist die Hypokalzämie der wahre Grund für prä-, peri- oder postnatal verursachte Schmelzhyoplasien, welche nur wenige Tage vorhanden sind. Diese Hypokalzämie steht unter anderem im Zusammenhang mit folgenden Krankheiten (SCHROEDER 1997):

- Neo- oder postnataler Tetanie (durch chronischen Vitamin-D-Mangel der Mutter),
- chronischer, mütterlicher Vitamin-D-Mangel ohne Erkrankungssymptome,
- Vitamin-D-abhängiger Rachitis,
- Hyperparathyreoidismus,
- perinatale Zustände wie z.B. Kernikterus, ideopathische Epilepsie.

Daneben seien noch die bei Mangelernährung (Vitamin-A, -D oder -C), Kalzium, Phosphatmangel) auftretenden Farbveränderungen an den Zähnen erwähnt (ATTIN & KIELBASSA 1995, ATTIN 1998).

1.4.3 Indikation der Mikroabrasionsbehandlung

Das wichtigste Kriterium einer mit Mikroabrasion zu behandelnden Schmelzverfärbung ist die Tiefe, bis zu welcher der Defekt oder die Verfärbung reicht (CROLL 1986/1989B/1993/1997, WILLIS & ARBUCKLE 1992, DALZELL et al. 1995, MCEVOY 1995, POURGHADIRI et al. 1998, SARRETT 2002, BEZERRA et al. 2005).

Indikationen für die Mikroabrasionsbehandlung sind:

- weiße und braune Flecken bzw. Streifen auf Grund einer Dentalfluorose, welche in der äußeren Schmelzschicht liegen (80-100 µm; bis Grad 2 Fluorose) (THYLSTRUP & FEJERSKOV 1978, WELBURY & SHAW 1990, SCHMIDLIN & SCHUG 2001), leichtere Schweregrade (1-4) diagnostiziert nach DEAN oder mit dem TF-Index nach THYLSTRUP und FEJERSKOV (1978) (MCINNES 1966, BAILEY & CHRISTEN 1969, CHANDRA & CHAWLA 1975, MCEVOY 1989B, CROLL 1993, ELKHAZINDAR & WELBURY 2000, NIXON et al. 2007B),
- weiße oder verfärbte Dekalzifikationen oder Schmelzhypoplasien, postorthodontisch auftretend, bei Patienten mit inadäquater Mundhygiene während der orthodontischen Behandlung (WILLIS & ARBUCKLE 1992, WELBURY et al. 1993, CROLL & CAVANAUGH 1986 A/B, CROLL 1989A, CROLL & BULLOCK 1994, MURPHY et al. 2007), sowie „White spot lesions“ (SCHERER et al. 1991, ATTIN & KIELBASSA 1995),
- braune Hypomineralisationsdefekte bzw. -flecken und demineralisationsbedingte Schmelzflecken (Ursache nicht genannt) (WELBURY & SHAW 1990, COLL et al. 1991, CROLL 1993),
- im Schmelz oberflächlich liegende Opazitäten unklarer Genese (PEARIASAMY et al. 2001, DALZELL et al. 1995),

- oberflächliche Hypoplasien im Schmelz eines bleibenden Zahnes auf Grund eines Milchzahntraumas (MCEVOY 1989B, ELKHAZINDAR & WELBURY 2000, NIXON et al. 2007B),
- Hypomineralisationen auf Grund von Vitamin C-Mangel (DOUKI ZBIDI 2003),
- Einebnung von kleinen Oberflächendiskrepanzen (KILIAN & CROLL 1990, ATTIN & KIELBASSA 1995).

1.4.4 Kontraindikation der Mikroabrasionsbehandlung

Kontraindikationen liegen vor:

- extrinsische Verfärbungen durch Medikamente (nitrat-, eisenhaltig) oder durch färbende Nahrungs- und Genussmittel (Tee, Tabak, Kaffee, Rotwein), die sich durch eine professionelle Zahnreinigung entfernen lassen (ATTIN & KIELBASSA 1995, OTTO 1999, HELLWIG et al. 2003),
- Tetracyclinverfärbungen (CROLL 1990/1997, MCEVOY 1995, ELKHAZINDAR & WELBURY 2000, NIXON et al. 2007B),
- dunkle Zahnverfärbungen avitaler Zähne oder nach Wurzelkanalbehandlungen (CROLL 1989B, BAUR & SCHÄRER 1997),
- tief liegende, hypoplastische Schmelzdefekte, hervorgerufen durch Amelogenesis imperfecta (AI), miteinbezogen die zu tief liegenden „Schneekappenformen“ der Amelogenesis imperfecta (AI) (CROLL 1990/1997, ELKHAZINDAR & WELBURY 2000, NIXON et al. 2007B),

- tiefe, weiße oder braune (unbekannter Genese), hypoplastische Schmelzdefekte (CROLL 1990, MCEVOY 1995, CHAN et al. 1996; ELKHAZINDAR & WELBURY 2000, NIXON et al. 2007B),
- Fluorosen höheren Grades (5-9) (Schweregrade diagnostiziert nach DEAN oder mit dem TF-Index nach THYLSTRUP und FEJERSKOV 1978) (WONG & WINTER 2002),
- Verfärbungen, welche im Dentin liegen (NIXON et al. 2007B),
- Patienten mit hoher Sensibilität auf Hitze, Kälte und saure Flüssigkeiten (POURGHADIRI et al. 1998).

1.5 Problem und Fragestellung

In früheren Pasten wurden Konzentrationen der Säure und Schleifkörper unterschiedlichster Art verwendet. Auf Grund des Medizinproduktegesetzes ist in Deutschland nur noch eine Mikroabrasionspaste erhältlich (Opalustre® Ultradent Products Inc.). Es galt nun mit dieser In-vitro-Untersuchung herauszufinden, ob durch eine unterschiedliche Einwirkdauer (5-, 50-, 100-Sekunden) bei gleichem Druck die Höhe des Abtrages entsprechend gesteigert werden kann (Herstellerempfehlung liegt bei 60 Sekunden pro Applikation, die bei Bedarf wiederholt werden können).

Folgende Fragen sollen dabei geklärt werden:

- Ist unter standardisierten Versuchsbedingungen bei unterschiedlichen Zähnen gleichmäßiger Abrieb zu erreichen?
- Bewirken längere Einwirkzeiten einen entsprechend tieferen Abrieb?
- Unterscheiden sich die Abriebwerte von inzisal nach zervikal innerhalb des gleichen Zahnes?

2 Material und Methode

2.1 Zahnauswahl

Für die Auswahl der 21 extrahierten Zähne wurde auf eine optisch unversehrte, füllungs- und fleckenfreie labiale Schmelzoberfläche des zu behandelnden Zahnes geachtet. Alter, Geschlecht, Fluoridgehalt und Lagerungsdauer in der 0,1 %-igen Thymollösung des Zahnes waren unbekannt. Es wurden zur Mikroabrasionsbehandlung willkürlich folgende Zähne in drei Versuchsgruppen aufgeteilt:

- für 5 Sekunden (Sek): 2x 12 (a, b), 13, 21, 22, 34, 42;
- für 50 Sekunden (Sek): 3x 11 (a-c), 12, 13, 21, 44;
- für 100 Sekunden (Sek): 24, 2x 31 (a, b), 32, 2x 41 (a, b), 42.

2.2 Vorbereitung der Zähne

Die 21 extrahierten Zähne wurden in einer 0,1 %-igen Thymollösung aufbewahrt, bevor sie einer Mikroabrasionsbehandlung unterzogen wurden. Auf der labialen Fläche der Zähne wurde mittig von inzisal nach zervikal eine 37 %-ige Phosphorsäure (Ultraetch, Fa. Ultradent Products, USA) in einer Breite von ca. 2,5 mm für 30 Sekunden aufgetragen, anschließend 20 Sekunden mit Wasser abgesprayt und 20 Sekunden mit dem Luftbläser getrocknet. Folgend wurde eine ca. 2,5 mm breite und 0,5 mm dicke Schicht Kompositmalfarbe (Enamel Plus HFO, stain brown, Micerium, Avegno, Italien) im Verhältnis 1:1 gemischt mit Optibond™ FL (Fa. Kerr Hawe, USA), mittig von inzisal nach zervikal aufgetragen und mit einer Polymerisationslampe (Translux CL, Fa. Kulzer, Wehrheim) 30 Sekunden polymerisiert (siehe Abb. 1). Die Kompositmalfarbe diente dazu die Bondingschicht später wieder leichter entfernen zu können und dabei die Sicherheit zu haben, dass die gesamte Schicht wieder abgelöst ist.

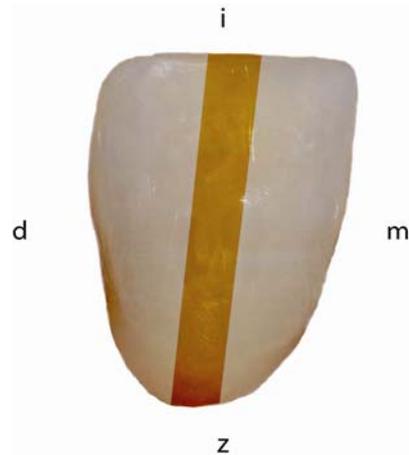


Abb. 1. Ansicht der Zahnkrone. - Die Zahnkrone mit der mittig aufgetragenen eingefärbten Bondingschicht, nachdem die Wurzel abgetrennt wurde. *i*=inzisal, *m*=mesial, *z*=zervikal, *d*=distal.

Durch die aufgetragene und nach den Versuchen wieder entfernte Bondingschicht wurde eine für die Zähne vergleichbare Referenzfläche geschaffen, von der aus die Messung des Schmelzabriebs vorgenommen wurde. Ein Vergleich der jeweiligen mesial und distal behandelten Flächen des Zahnes wurde so möglich (DALZELL et al. 1995). Folglich wurden 42 zu bearbeitende labiale Flächen hergestellt.

2.3 Versuchsanordnung zur Mikroabrasion

Die labialen Flächen der Zähne, jeweils mesial und distal gleichzeitig, wurden flächig mit einem Polierkelch mit innerem Bürstchen (Ø 6 mm OpalCups-Bristle™, Fa. Ultradent Products, USA) und einer ca. 1 mm dicken Schicht der Mikroabrasionspaste von Opalustre® (Fa. Ultradent Products, USA) bei etwa 135 U/min (Fa. Kavo, Leutkirch, Reduzierwinkelstück, Doppelring grün 7,4:1 bei 1000 U/min) und „leichtem Druck“ jeweils 5 Sekunden, 50 Sekunden und 100 Sekunden mikroabradiert und danach 10 Sekunden mit Wasser abgesprayt (CROLL 1990, TONG et al. 1993, SCHMIDLIN et al. 2003) (siehe Abb. 2). Der Druck sollte ca. bei 200 g liegen und wurde gemessen, indem der Polierkelch (OpalCups-Bristle™, Fa. Ultradent Products, USA) gerade

eine Abflachung der Kelchlippe auf der Zahnoberfläche zeigen sollte (SCHMIDLIN & SCHUG 2001) (siehe Abb. 2). Der Druckwert wurde vorher nachempfunden, indem das Winkelstück mit einem Polierkelch (OpalCups-Bristle™, Fa. Ultradent Products, USA) auf eine Waage gedrückt und der jeweilige Wert des Grenzdruckes registriert wurde, bei welchem sich die Kelchlippe des Polierkelches (OpalCups-Bristle™, Fa. Ultradent Products, USA) auf der Waage leicht abzuflachen begann.

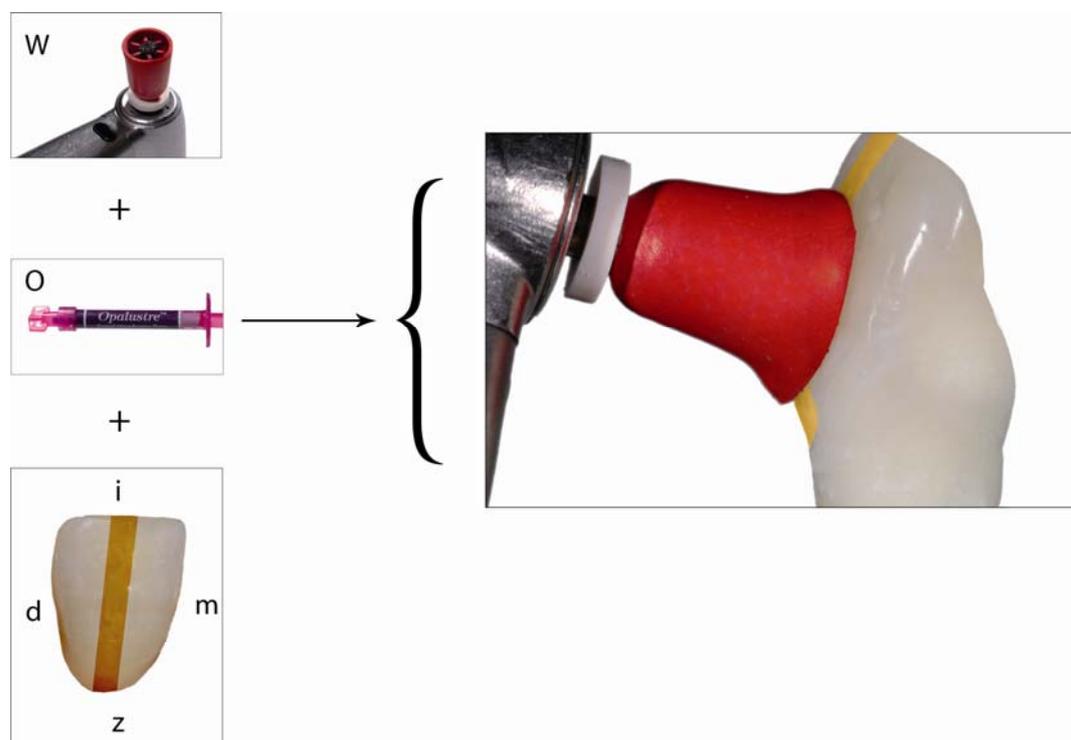


Abb. 2. Darstellung der Mikroabrasion. - Mikroabradieren der gesamten labialen Fläche der jeweiligen Zahnkronen mit der Mikroabrasionspaste Opalustre® = O und dem Polierkelch OpalCup-Bristle™ bei etwa 135 U/min (Motor: 1000 U/min) in einem 7,4:1 Winkelstück = W (Reduzierwinkelstück, Doppelring grün), jeweils für 5-, 50- und 100-Sek. Die Kelchlippe zeigt eine Abflachung auf der Zahnoberfläche.

Die nach der Behandlung noch unversehrte, gefärbte Bondingschicht löste sich, während die Zähne nach der Behandlung wieder in der Thymollösung aufbewahrt wurden, von selbst ab oder wurde durch leichten Exkavatordruck entfernt, was trotz vorherigem Anätzen mit der Phosphorsäure möglich war.

2.4 Einbetten der Zähne und Herstellung der Schnitte

2.4.1 Dehydratation der Zähne vor dem Einbetten

Bevor die Zähne zur Untersuchung weiterbehandelt wurden, wurden sie sieben Tage in ein Glasgefäß mit 10 %-iger, gepufferter Formaldehyd-Lösung (Fa. Merck, Darmstadt) zur Dehydratation gelegt. Danach sind die behandelten Zähne wie folgt weiterverarbeitet worden:

- 1.Tag: Einlegen in Glykol-Methacrylat (GMA) (Fa. PSI Grünewald, Laudenbach) und dest. Wasser im Mischungsverhältnis von 50/50,
- 2.Tag: Einlegen in Glykol-Methacrylat (GMA) (Fa. PSI Grünewald, Laudenbach) und dest. Wasser im Mischungsverhältnis von 70/30,
- 3.Tag: Einlegen in Glykol-Methacrylat (GMA) (Fa. PSI Grünewald, Laudenbach) und dest. Wasser im Mischungsverhältnis von 90/10,
- 4.Tag: Einlegen in 100 %-igem Glykol-Methacrylat (GMA) (Fa. PSI Grünewald, Laudenbach).
- 5.Tag: Einlegen in Glykol-Methacrylat (GMA) (Fa. PSI Grünewald, Laudenbach) und Technovit 7200 VLC (Klebermasse, Fa. Kulzer, Wehrheim) im Mischungsverhältnis von 50/50 (Durch das jetzt beginnende Einlegen in Technovit konnte der spätere, bessere Verbund des Einbettkunststoffes mit der Zahnkrone sichergestellt werden),
 - Hiernach wurden die Proben dunkel aufbewahrt.
- 6.-10. Tag: Einlegen in 100 %-igem Technovit 7200 VLC (Kleber, Fa. Kulzer, Wehrheim).

2.4.2 Einbetten der mikroabradierten Zahnkronen

Nun wurde die Zahnkrone von der Wurzel auf Höhe der Schmelz-Zement-Grenze mit einer Trennscheibe 20000 U/min (Nr. 806104354524200, Fa. Komet, Brasseler, Lemgo) abgetrennt (siehe Abb. 3).



Abb. 3. Darstellung zur Kronenabtrennung. - Abtrennen der Krone von der Wurzel auf Höhe der Schmelz-Zement-Grenze mit einer Trennscheibe von Komet[®] (Fa. Komet, Lemgo) bei 20000 U/min.

Anschließend wurden die Zähne eingebettet. Dazu wurden die Zahnkronen mit beschnittener zervikaler Fläche nach unten in eine Einbettmulde (Fa. Kulzer-EXAKT, Norderstedt) mit Technovit 7230 VLC (Kleber, Fa. Kulzer, Norderstedt) geklebt. Diese Technovit-Klebmasse wurde zehn Minuten mit UV-Licht in der EXAKT-Vakuum-Klebpresse (Fa. Kulzer-EXAKT, Norderstedt) gehärtet. Die Einbettmulden wurden danach in den EXAKT-HISTOLUX-Lichtpolymerisator (Fa. Kulzer-EXAKT, Norderstedt) gestellt. Darin wurden sie mit einer Einmalpipette (Fa. Costar, Bodenheim) bis zum Rand mit Technovit 7200 VLC aufgefüllt (Fa. Kulzer, Wehrheim). Auf der Zeitstufe eins wurden die Einbettmulden zwei Stunden vorpolymerisiert und folglich acht Stunden auf Zeitstufe zwei polymerisiert.

Nachdem die Kunststoffblöcke aus den Einbettmulden genommen waren, wurde die auf der Oberseite befindliche, nicht durchpolymerisierte Schicht mit

einem Skalpell entfernt. Zusätzlich wurde die Oberseite der Kunststoffblöcke noch unter fließendem Wasser bis zu einer harten Schicht mit Schleifpapier der Körnung 800 (Fa. PSI Grünewald, Laudenbach) abgeschliffen. Letztlich wurde die Oberseite mit einem Polierpapier der Körnung 2400 (Fa. Struers, Erkrath) manuell poliert. Jetzt trockneten die Proben fünf Minuten bei 37 °C. So erhielt man eine in einen Kunststoffblock eingebettete Zahnkrone, wie sie in Abbildung 4 zu erkennen ist.

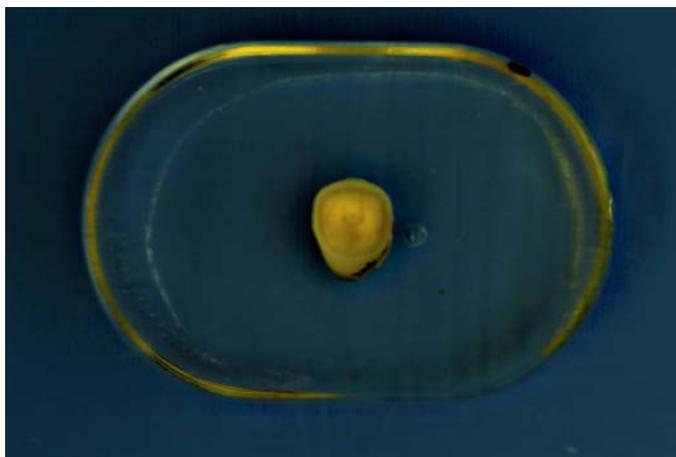


Abb. 4. Kunststoffblock mit Zahnkrone. - Die Zahnkrone eingebettet in einem Kunststoffblock aus Technovit 7200 VLC. Aufsicht auf die polierte Oberfläche (von inzisal).

2.4.3 Herstellung der Präparate

Zuerst wurden die Objektträger (Plexiglas 50x100 mm, Fa. PSI Grünewald, Laudenbach) mit einem wasserfesten Stift in einer Ecke der Plexiglasplatte gekennzeichnet. Die Oberfläche der Objektträger wurde mit 96 %-igem Ethanol und einem Zelfanpapier gereinigt, um den Kunststoffblock, in welchem die Zahnkrone eingebettet war, darauf mit zwei bis drei Tropfen Technovit 7210 (Klebmasse, Fa. Kulzer, Wehrheim) befestigen zu können. Mit der zervikalen Schnittfläche nach unten wurde der Kunststoffblock nun auf den Objektträger geklebt (siehe Abb. 5).

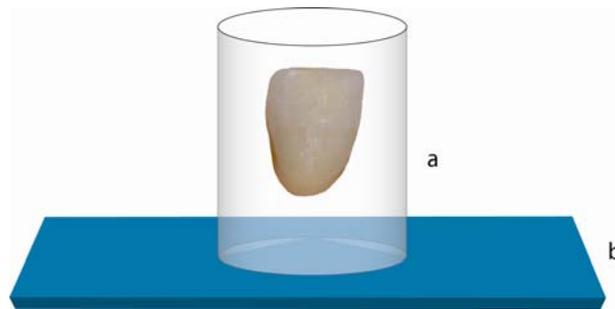


Abb. 5. Darstellung eines Präparates. - Die Kunststoffblöcke wurden mit 2-3 Tropfen Technovit 7210 auf einer gereinigten Plexiglasplatte fixiert; a=Kunststoffblock mit Zahnkrone; b=Plexiglasplatte (Objekträger).

Nun wurden die Präparate (jeweils Objekträger+Kunststoffblock) nacheinander auf die bewegliche Bodenplatte der EXAKT-Vakuumpreibepresse (Fa. Kulzer-EXAKT, Norderstedt) gelegt und jedes einzelne Präparat wurde zehn Minuten polymerisiert. Um eine plane Oberseite der Kunststoffblöcke zu erhalten wurden die Präparate mit dem EXAKT-Mikroschleifsystem (EMS) (Fa. Kulzer-EXAKT, Norderstedt) geschliffen. Dazu wurde das Gerät auf "Oscillation Speed Control 70, Grinding Speed Control 70" eingestellt und mit einem Schleifpapier der Körnung 800 (Fa. PSI Grünewald, Laudenbach), welches auf den EMS-Schleifteller gelegt wurde, wurden die Präparate einzeln auf der inzisalen Seite geschliffen.

Dabei wurden die Präparate unter dem Vakuumkopf angebracht, fest angedrückt und bis zu den Stoppnern rechts nach hinten geschoben, wobei der Führungsschlitten festgehalten wurde. Die Vakuumpumpe wurde angeschaltet (800 mbar) und der Führungsschlitten wurde mit einem Gewicht von 400 Gramm beschwert. Nun wurde Grinding und Oszillation auf „ON“ gestellt und der Grinding Führungsschlitten in der Mitte des Schleiftellers wurde langsam auf das Schleifpapier (Fa. PSI Grünewald, Laudenbach) abgesetzt. Hierbei wurden die Präparate einzeln auf der Oberfläche der inzisalen Seite so lange geschliffen, bis die inzisale Kante des eingebetteten Zahnes im Kunststoffblock zu sehen war. Darauf folgend wurden zwei bis drei Oszillationsbewegungen mit einem Schleifpapier der Körnung 1200 (Fa. PSI Grünewald, Laudenbach) geschliffen. Zuletzt wurden die Präparate nacheinander zehn Minuten mit Polierpapier der Körnung 2400 (Fa. Struers,

Erkrath) poliert und zehn Minuten mit Polierpapier der Körnung 4000 (Fa. Struers, Erkrath).

Die nun fertig hergestellten Präparate sind in Abbildung 6 zu sehen.



Abb. 6. Gekennzeichnete Präparate. - Die fertig gestellten Präparate, nachdem sie auf der Oberfläche poliert wurden und gekennzeichnet wurden.

2.4.4 Herstellung der Dünnschnitte

Zur Herstellung der drei Dünnschnitte (Proben) des jeweiligen Zahnes wurde die EXAKT-Trennbandsäge (Fa. Kulzer-EXAKT, Norderstedt) verwendet. Dazu mussten erst ca. 7,5 ml destilliertes Wasser in die Auffangschale der EXAKT-Trennbandsäge (Fa. Kulzer-EXAKT, Norderstedt) gefüllt werden (das Ansaugloch in der Auffangschale musste mit Wasser bedeckt sein).

Die Unterseite des Objektträgers wurde an der Vakuumplatte der Trennbandsäge fixiert und die Vakuumpumpe eingeschaltet. Mit der Mikrometerschraube wurde das Präparat in Höhe des ersten inzisalen Drittels des im Kunststoffblock eingebetteten Zahnes an das Sägeband (Diamantsägeblatt 0,1 mm) gedreht, bis Kontakt vorhanden war. Die Trennbandsäge wurde auf Stufe 7 angestellt. Der erste Schnitt (a) wurde etwa 1 mm unterhalb der vorher freigelegten Inzisalkante des jeweiligen im Kunststoffblock eingebetteten Zahnes (siehe Abb. 7) durchgeführt, um Inkongruenzen der Schneidekante auszugleichen.

Die drei darauf folgenden Schnitte (b=inzisal, c=mittlerer, d=zervikal) wurden in einer Breite von ca. 0,7 mm ($\pm 0,1$ mm), Richtung zervikal der Zahnkrone schneidend, mit der Trennbandsäge getätigt. Dabei musste beachtet werden, das Sägeband nicht zu schnell laufen zu lassen, um nicht Gefahr zu laufen, dass der Schnitt bricht. So erhielt man die drei für die Untersuchung relevanten Proben (Schnitte). Eine von diesen ist in Abbildung 8 zu sehen.

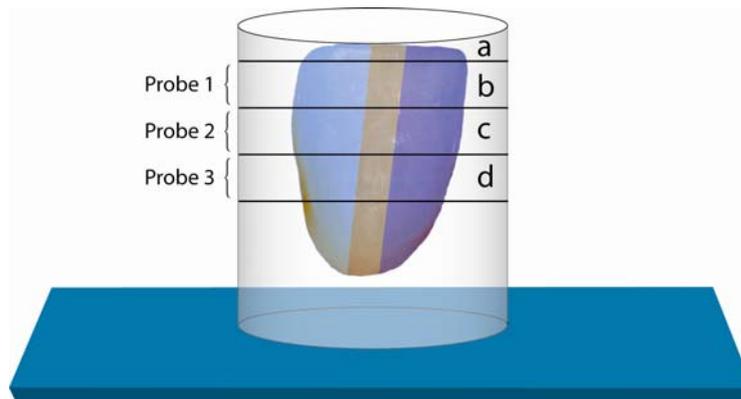


Abb. 7. Vergrößerte Darstellung zur Schnittführung. - Es wurden vier Schnitte gemacht: der erste in einer Größe von etwa 1 mm (a), der zweite (b=inzisal), dritte (c=mittlerer) und vierte (d=zervikal) nach ca. 0,7 mm ($\pm 0,1$ mm). So erhielt man drei für die Untersuchung relevante Proben (Schnitte).

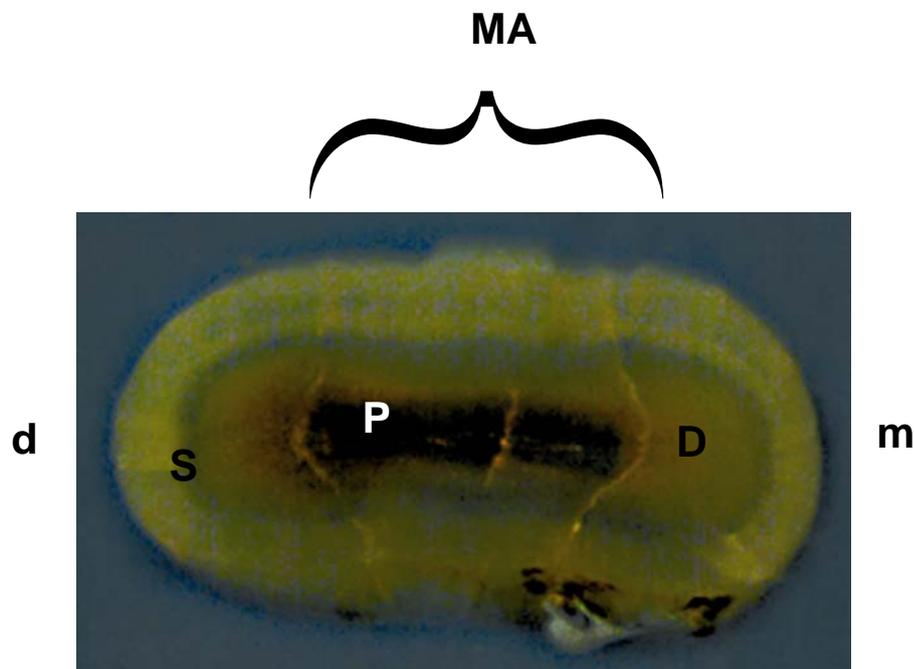


Abb. 8. Vergrößerte Ansicht eines Schnitts. - Der Schnitt ist von zervikal betrachtet. MA=mikroabradierte, labiale Fläche, m=mesial, d=distal, S=Schmelz, D=Dentin, P=Pulpakavum.

2.5 Mikroskopische Photoanalyse

2.5.1 Darstellung der Messanordnung

Die hergestellten Schnitte wurden nun einzeln unter dem Lichtmikroskop (LEICA DM/LM, Fa. Leica Camera, Solms) mit 50-facher Vergrößerung betrachtet. Am Lichtmikroskop war eine Kamera angeschlossen, die mit einem Computer (Fa. Hewlett-Packard, Böblingen) verbunden war, auf dessen Bildschirm man die Photos betrachten konnte. Mit einem in diesem Computer installierten Computerprogramm (Wire Video Viewer, Renishaw-Wire-Instrument, Fa. Renishaw, Pliezhausen), in welchem das Objektiv auch auf 50-fache Vergrößerung eingestellt werden musste, um keine gravierenden Messfehler zu erhalten, wurden die Proben (Schnitte) untersucht. Das Mikroskop war an ein RAMAN-Spektrometer (Fa. Renishaw, Pliezhausen) und eine RAMAN-Kamera (Fa. Renishaw, Pliezhausen) gekoppelt, so dass von den unter dem Lichtmikroskop vergrößerten, fokussierten Proben (Schnitten) Photos gemacht werden konnten. Diese Photoaufnahmen wurden im Computer gespeichert und die Datenanalyse wurde im Graphic Relational Array Management System (GRAMS: Data analysisic Programm, in μm) vorgenommen.

2.5.2 Bilder der mikroskopischen Untersuchung

Während der mikroskopischen Untersuchung wurden die jeweiligen Proben (Schnitte) auf einem Objektträger unter das Mikroskop gelegt und fokussiert. Jeweils die rechte (mesial) und die linke (distal) Kante der Schmelzoberfläche, welche sich auf der labialen Fläche der mikroabradierten Zahnkrone zur Referenzfläche gebildet hatte, wurden aufgesucht. Direkt auf der Kante wurde eine X-Y-Achse angelegt, wobei die Y-Achse hochkant an der Stufe und die X-Achse an eine Gerade der höchsten Punkte der unbehandelten Schmelzfläche (Referenzfläche) angelegt wurde. Nun wurde

ebenfalls eine angelegte Gerade durch die tiefsten Punkte der mikroabradierten Schmelzoberfläche gezogen und der Abstand dieser zwei Geraden gemessen (in μm) (siehe Abb. 9). So erhielt man die Höhe der nach der Mikroabstrahlungsbehandlung gebildeten Stufe zwischen Referenzfläche (unbehandelter Schmelz) und mikroabradierter Schmelzfläche in Mikrometer. Dies wurde mit den jeweiligen drei Proben (Schnitten) aller Zähne durchgeführt (siehe Abb. 10 mesial/ 11 distal).

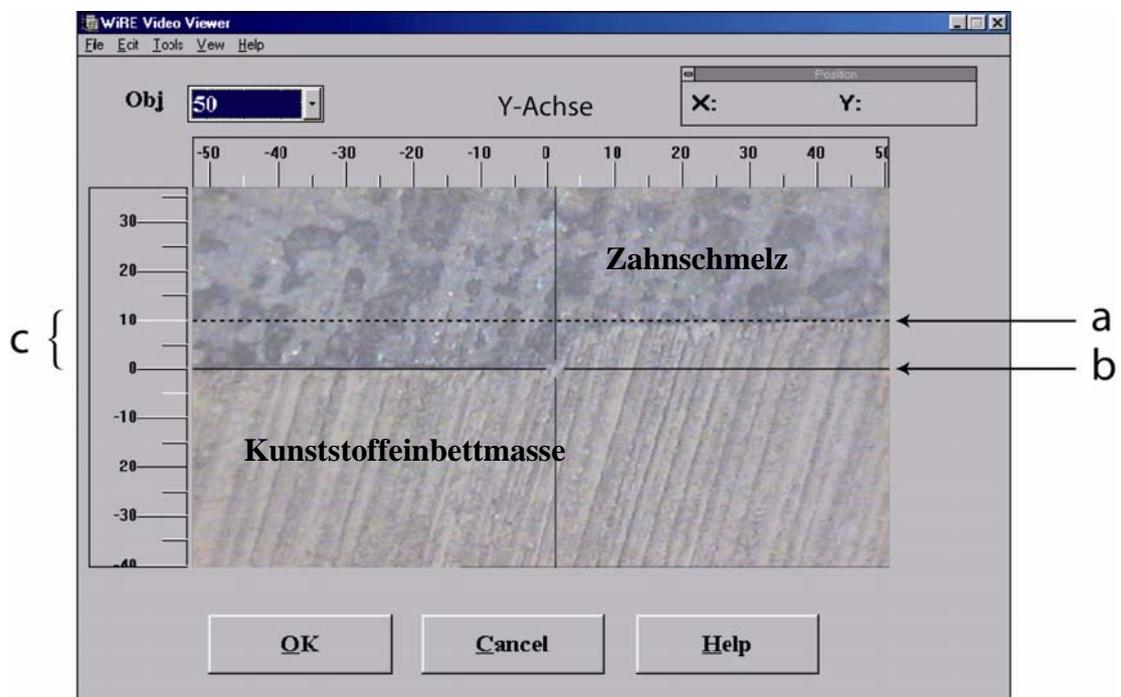


Abb. 9. Ansicht des Computerbildschirmes. - Darstellung zur Messung des Schmelzabtrages mit dem Graphic Relational Array Management System im Wire Video Viewer (50- fache Vergrößerung); a=angelegte Gerade, b=X-Achse, c=Schmelzabtrag, welcher in μm gemessen wurde.

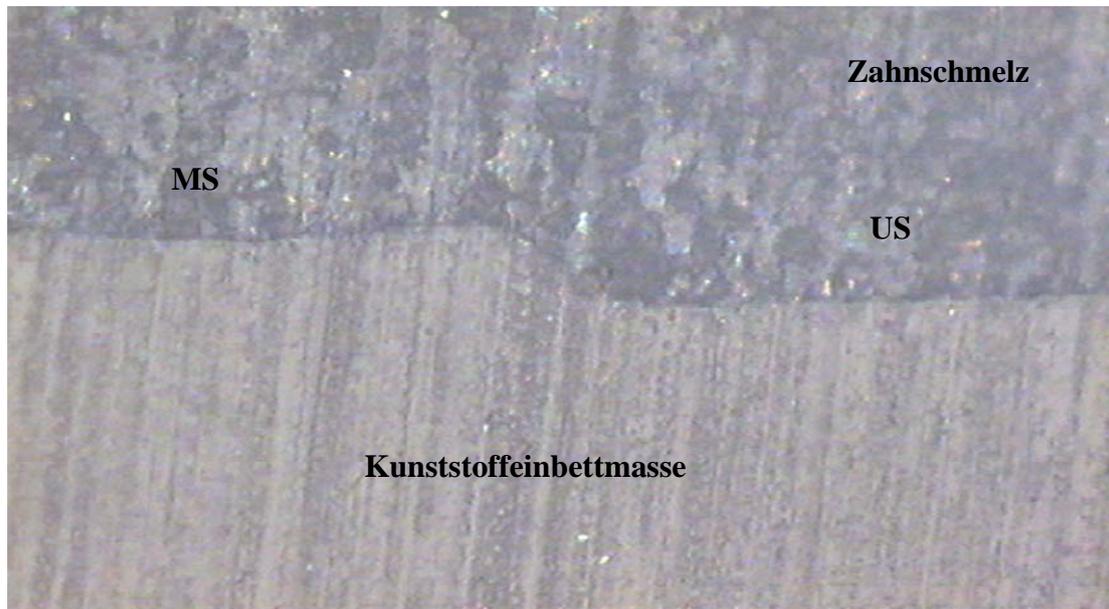


Abb. 10. Zahn 31 Schnitt 1 mesial, 100 Sekunden behandelt mit Opalustre® (50-fache Vergrößerung). - US=unbehandelter Schmelz=Referenzfläche; MS=mikroabradierter Schmelz. Zwischen den abradierten und nicht abraderten Schmelzflächen ist eine deutliche Stufenbildung zu erkennen.

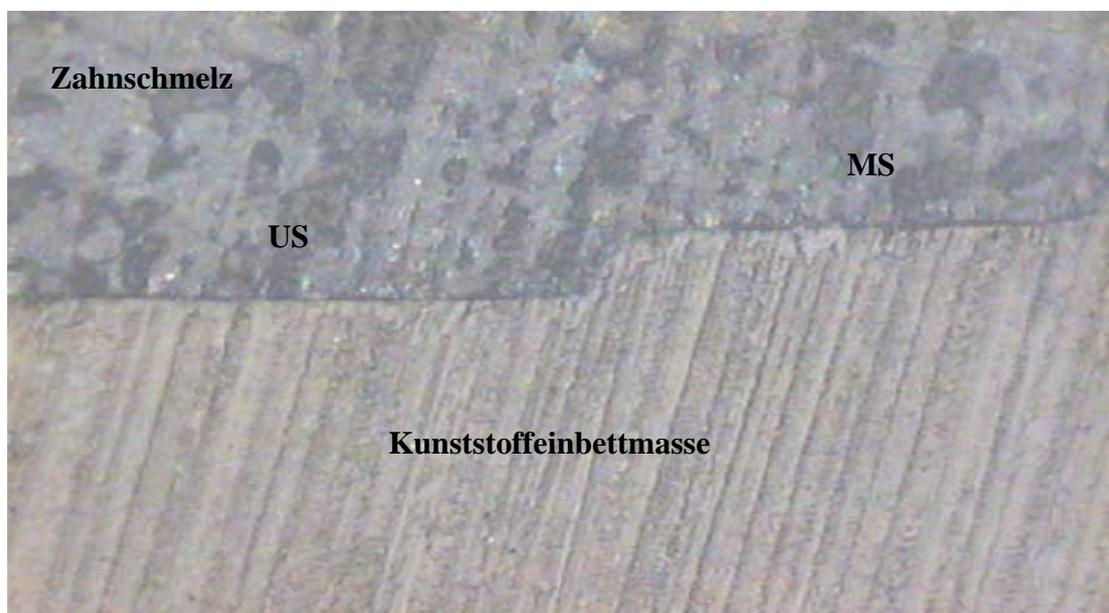


Abb. 11. Zahn 31 Schnitt 1 distal, 100 Sekunden behandelt mit Opalustre® (50-fache Vergrößerung). - US=unbehandelter Schmelz=Referenzfläche; MS=mikroabradierter Schmelz. Zwischen den abraderten und nicht abraderten Schmelzflächen ist eine deutliche Stufenbildung zu erkennen.

2.6 Statistische Auswertung

Für jeden abradierten Zahn erfolgte die Bestimmung des arithmetischen Mittelwertes der Einzelprüfergebnisse sowie der Standardabweichung. Die statistische Auswertung der aus der Untersuchung gewonnenen Werte erfolgte mit dem Statistikprogramm „SPSS 14.0 für Windows“ (SPSS GmbH Software, München) und zur Herstellung von Tabellen und Grafiken wurde mit „Windows^{XP} Excel 2003“ (Microsoft GmbH, Unterschleißheim) gearbeitet. Für alle Tests wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit (α -Niveau) von 5 % gewählt ($p \leq 0,05$).

Mit Hilfe eines Mittelwertvergleiches zwischen den Abrasionswerten der mesialen und distalen Fläche eines Zahnes (T-Tests) wurde ermittelt, welche Serien sich in der Abrasion signifikant voneinander unterscheiden.

Um einen Vergleich des zeitgleichen Substanzabtrages an den unterschiedlichen Regionen der Zähne (inzisaler, mittlerer, zervikaler Schnitt) der Versuchsreihen (5, 50, 100 Sekunden) und somit den p-Wert zu erhalten, wurde jeweils eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) erstellt, welcher jeweils ein *POST-HOC*-Test nach *Tukey* zum Vergleich der Schnitte (inzisal, mittel, zervikal) untereinander folgte.

Um einen genauen Wert über den Substanzabtrag und den dazugehörigen Mittelwert pro Sekunde der jeweiligen 5-, 50- und 100-Sekunden-Intervalle zu erhalten, wurde ebenfalls eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA/Univariat) durchgeführt. Zum Anschluss dieser Varianzanalyse wurde ein *POST-HOC*-Test nach *Tukey* zum Einzelvergleich der Versuchsreihen pro Sekunde Mikroabrasion untereinander und den dazugehörigen p-Werten nachgeschaltet.

3 Ergebnisse

3.1 Quantität des Schmelzabtrages

In den nun folgenden Diagrammen (siehe Abb. 12-15, 17-19) und Tabellen (siehe Anhang Tab. 3-5) sind die Abrasionswerte der mikroabradierten Zähne für die jeweiligen Zeiten (5-, 50-, 100-Sek.) dargestellt. Die Reihenfolge der Säulen in den Diagrammen entspricht der Reihenfolge der Schnitte von inzisal nach zervikal, wobei die mesialen Seiten der Zähne in einem dunkleren und die distalen in einem helleren Farbton gekennzeichnet sind. Diese Farbeinteilung wurde in den Säulendiagrammen, wie auch in den Zahlentabellen gleichermaßen eingehalten (siehe Anhang Tab. 3-5). Die Zähne der gleichen Zahnziffer, welche mehrfach in einer Versuchsreihe vorkommen, sind zur Unterscheidung mit „a“, „b“ oder „c“ gekennzeichnet (siehe Abb. 13-15, 17-19 und Anhang Tab. 3-5). Die Höhe der Abrasionswerte ist in den Diagrammen in Mikrometer (μm) wiedergegeben.

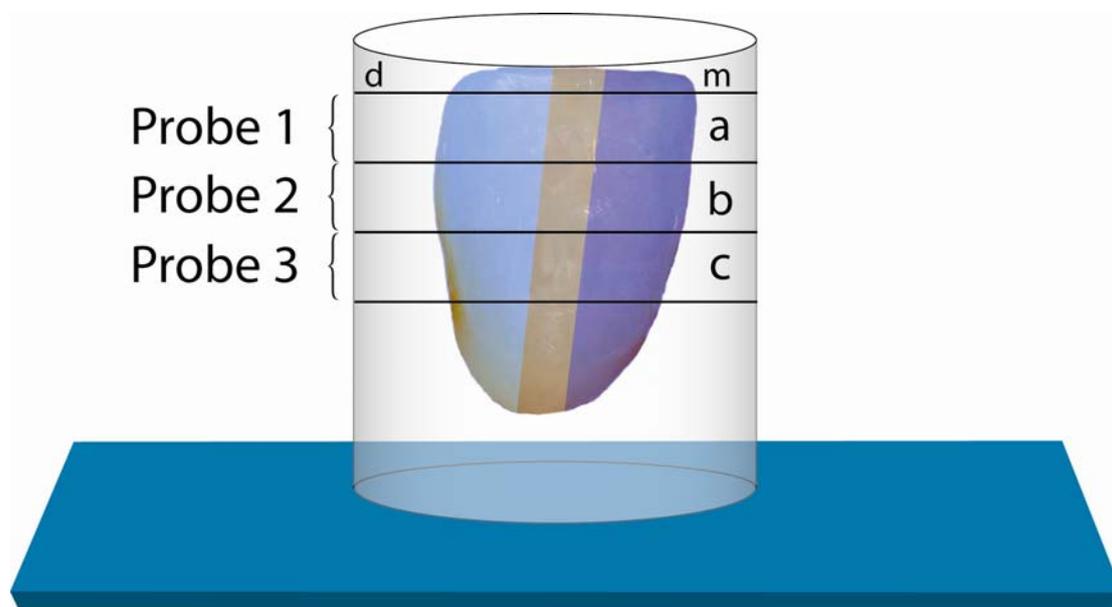


Abb. 12. Veranschaulichung der Farbkodierung am Zahn 21 der 5 Sekunden Versuchsreihe. - d=distale Fläche in hellerem Farbton, m=mesiale Fläche in dunklerem Farbton; a=koronaler Schnitt (Probe 1), b=mittlerer Schnitt (Probe 2), c=zervikaler Schnitt (Probe 3).

In Abbildung 13 ist zu erkennen, dass der Mittelwert des Abriebes bei einer festen Bearbeitungszeit von 5 Sekunden mit Opalustre® (Fa. Ultradent Products, USA) bei $14,80 \pm 1,94 \mu\text{m}$ liegt. Die Maxima und Minima sind $20,4 \mu\text{m}$ und $11,7 \mu\text{m}$.

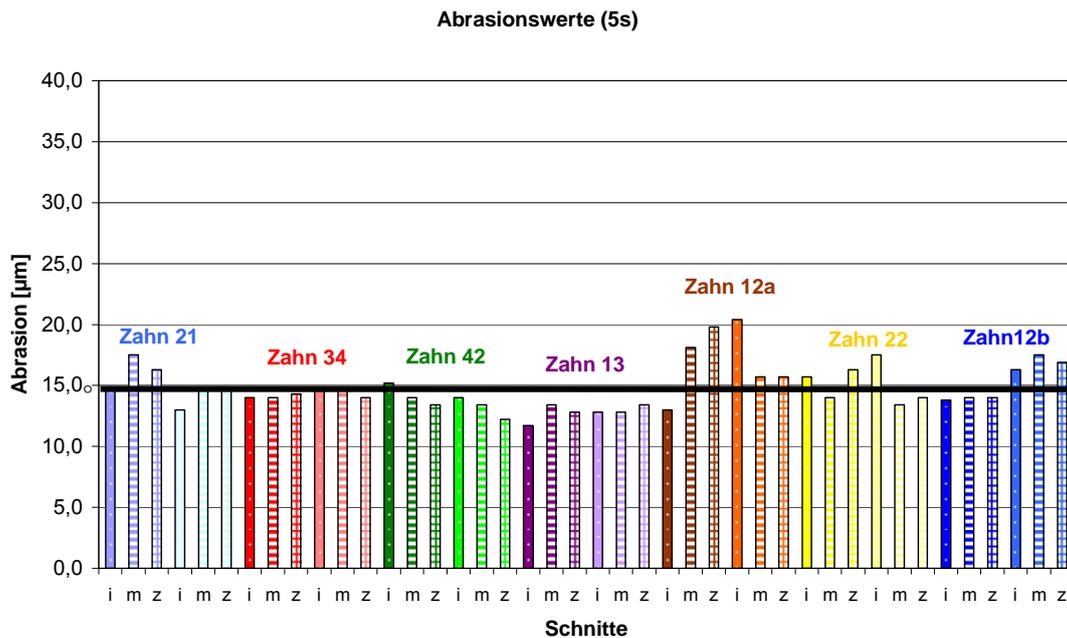


Abb. 13. Diagramm der Abrasionswerte von allen Schnitten der für 5 Sek. behandelten Zähne. - °Der Mittelwert (MW) liegt bei $14,80 (\pm 1,94) \mu\text{m}$; i=inzisaler, m=mittlerer, z=zervikaler Schnitt; mesial=dunklerer Farbton, distal=hellerer Farbton.

Abbildung 14 zeigt, dass der Mittelwert des Abriebes bei einer konstanten Bearbeitungszeit von 50 Sekunden mit Opalustre® (Fa. Ultradent Products, USA) bei $20,86 \pm 2,88 \mu\text{m}$ liegt. Die Maxima und Minima sind $26,7 \mu\text{m}$ und $17,3 \mu\text{m}$.

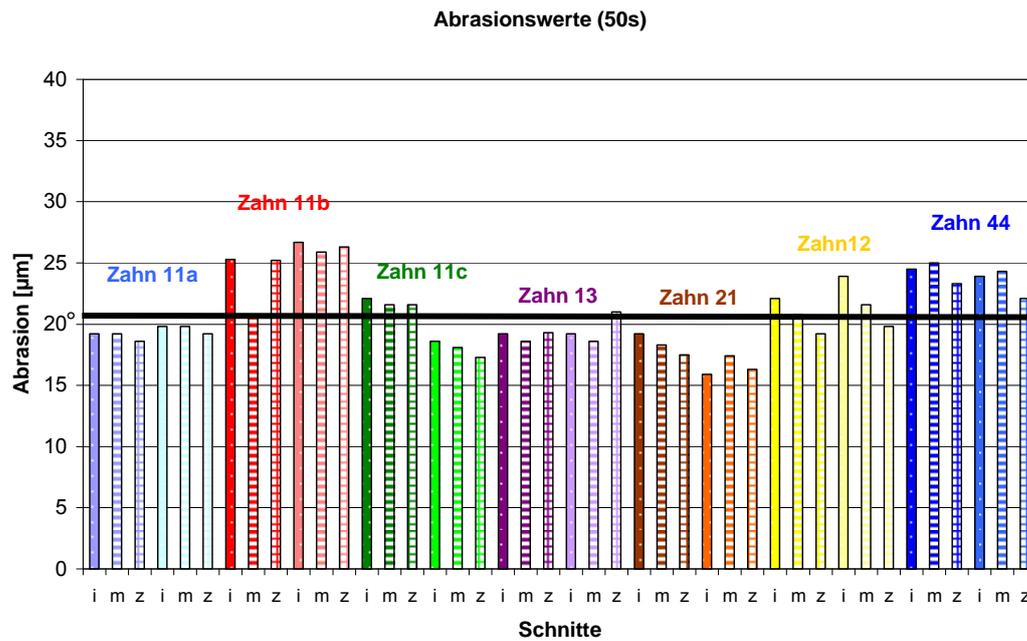


Abb. 14. Diagramm der Abrasionswerte von allen Schnitten der für 50 Sek. behandelten Zähne. - °Der Mittelwert (MW) liegt bei $20,86 (\pm 2,88) \mu\text{m}$; i=inzisaler, m=mittlerer, z=zervikaler Schnitt; mesial=dunklerer Farbton, distal=hellerer Farbton.

In Abbildung 15 zeigt sich, dass der Mittelwert des Abriebes bei einer festen Bearbeitungszeit von 100 Sekunden mit Opalustre® (Fa. Ultradent Products, USA) bei $23,74 \pm 6,15 \mu\text{m}$ liegt. Die Maxima und Minima sind $36,9 \mu\text{m}$ und $11,1 \mu\text{m}$.

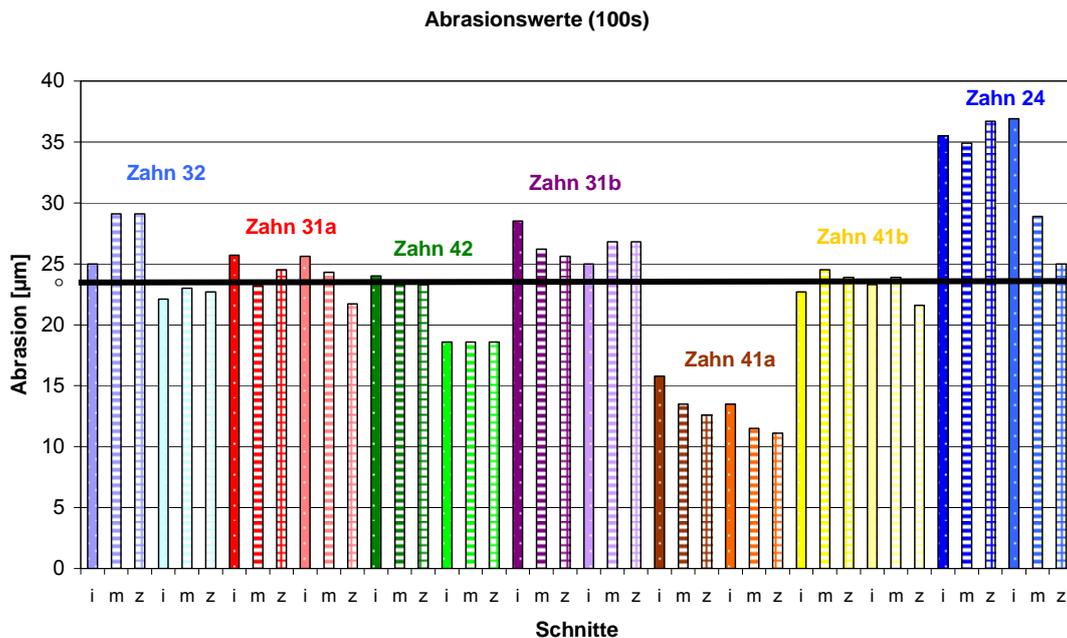


Abb. 15. Diagramm der Abrasionswerte von allen Schnitten der für 100 Sek. behandelten Zähne. - °Der Mittelwert (MW) liegt bei $23,74 (\pm 6,15) \mu\text{m}$; i=inzisaler, m=mittlerer, z=zervikaler Schnitt; mesial=dunklerer Farbton, distal=hellerer Farbton:

3.2 Vergleich des Oberflächenabriebes der Zähne

3.2.1 Vergleich des Oberflächenabriebes aller Versuchsreihen

Die Tabellen 3-5 im Anhang zeigen eine sortierte Aufstellung der jeweiligen Versuchsreihe mit den dazugehörigen behandelten Zähnen, dem vollzogenen Schmelzabtrag (Abrasion), der Differenz des Abtrages mesial und distal, dessen Mittelwert (jeweils mesial und distal) und dessen Standardabweichung.

Die Zahlen des Mittelwertes insgesamt zeigen einen höheren Anstieg von 5 (14,80 μm) zu 50 Sekunden (20,86 μm) als von 50 (20,86 μm) zu 100 Sekunden (23,74).

In Abbildung 16 ist der Abtrag der einzelnen Versuchsreihen in einem Säulendiagramm mit Standardabweichungen dargestellt, wobei auf einen Blick die Differenz im Schmelzabtrag der einzelnen Versuchsreihen erkenntlich ist. Die Standardabweichungen zeigen mit aufsteigender Versuchsreihe einen ebenfalls steigenden Wert (5-Sek: 1,94; 50-Sek: 2,89; 100-Sek: 6,15). (Die Steigerung des Schmelzabtrages verlangsamt sich im Verhältnis mit dem Zeitintervall.)

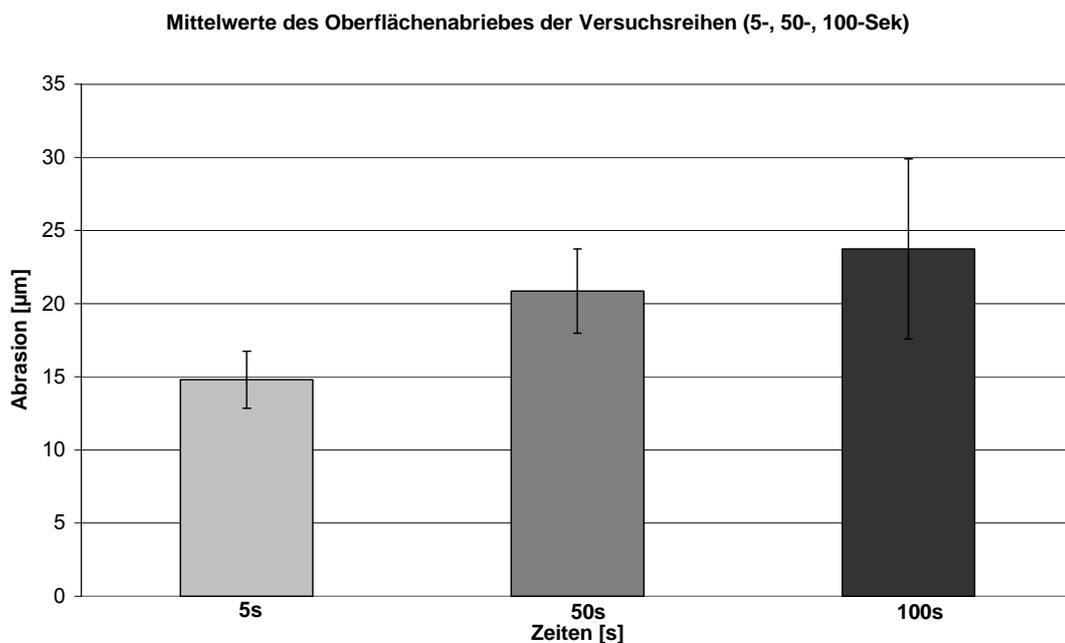


Abb. 16. Diagramm zum Vergleich der Mittelwerte des Oberflächenabriebes von allen Versuchsreihen (5-, 50-, 100-Sekunden).

- I = Standardabweichungen (5-Sek.: 1,94; 50-Sek.: 2,89; 100-Sek.: 6,15).

3.2.2 Vergleich des Oberflächenabriebs mesial und distal bei allen Versuchsreihen

Die Mittelwerte des Substanzabtragvergleiches mesial und distal der Versuchsreihen (5-, 50-, 100-Sek.) sind bis auf jeweils einen Zahn pro Versuchsreihe nicht signifikant unterschiedlich. In der Versuchsreihe von 5 Sekunden am Zahn 12b ($p \leq 0,001$), in der Versuchsreihe vom 50 Sekunden am Zahn 11c ($p \leq 0,001$) und in der von 100 Sekunden am Zahn 42 ($p \leq 0,002$). Die Abbildungen 17-19 veranschaulichen den Schmelzabtrag (mesial und distal) an jedem einzelnen Zahn der Versuchsreihen (5-, 50-, 100-Sek.).

Die Ergebnisse des Mittelwertvergleichs (T-Test) des Schmelzabtrages mesial und distal an sieben Zähnen (also 42 Messstellen) der jeweiligen Versuchsreihe (5-, 50-, 100-Sek.) sind im Anhang in Tabelle 6 zusammengefasst. Mit diesem Test wurde ermittelt welche Werte sich hoch signifikant unterscheiden.

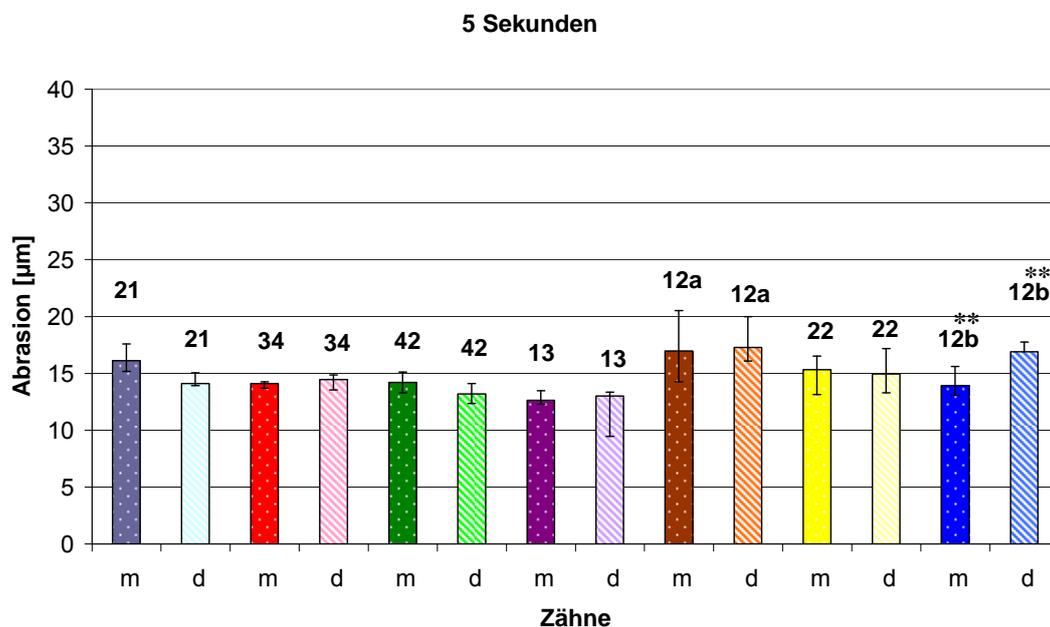


Abb. 17. Diagramm zum Vergleich des Mittelwertes des Oberflächenabriebs der drei Schnitte mesial und distal an den einzelnen Zähnen der 5-Sek-Versuchsreihe. - I=Standardabweichungen, m=mesial, d=distal; ** = hohe Signifikanz.

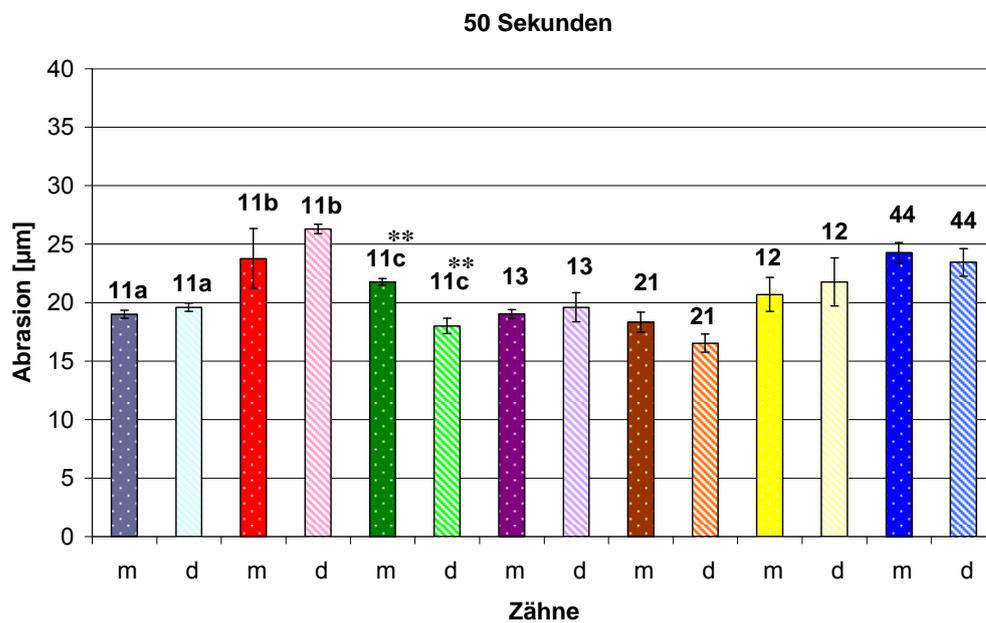


Abb. 18. Diagramm zum Vergleich des Mittelwertes des Oberflächenabriebs der drei Schnitte mesial und distal an den einzelnen Zähnen der 50-Sek-Versuchsreihe. - I=Standardabweichungen, m=mesial, d=distal; ** = **hohe Signifikanz**.

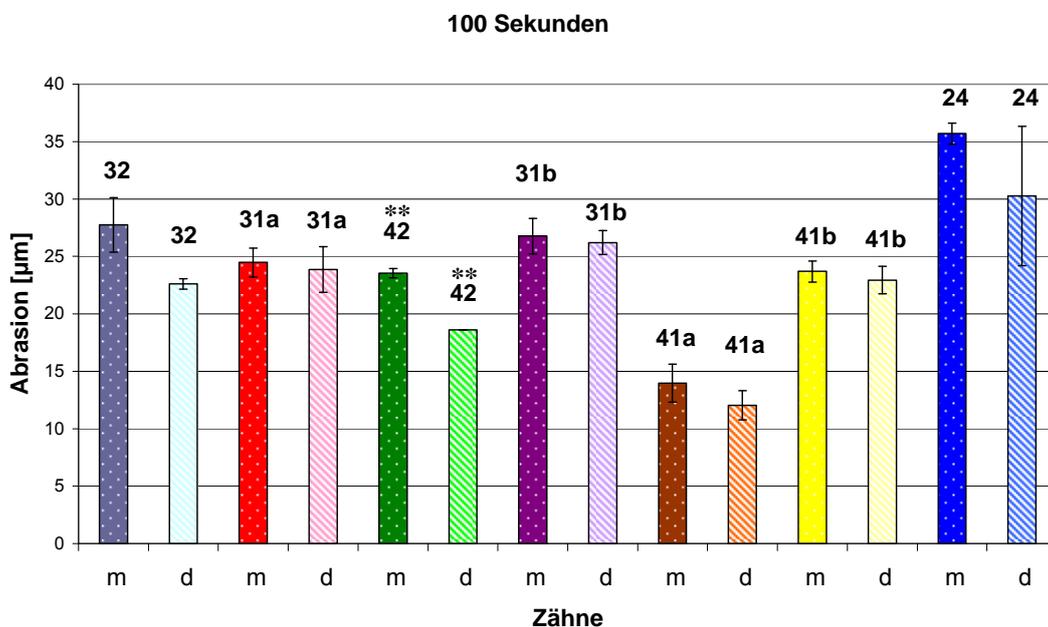


Abb. 19. Diagramm zum Vergleich des Mittelwertes des Oberflächenabriebs der drei Schnitte mesial und distal an den einzelnen Zähnen der 100-Sek-Versuchsreihe. - I=Standardabweichungen, m=mesial, d=distal; ** = **hohe Signifikanz**.

3.2.3 Vergleich des zeitgleichen Oberflächenabriebes an unterschiedlichen Regionen aller Zähne

In den Abbildungen 20 (5-Sek), 22 (50-Sek) und 24 (100-Sek) wird der Vergleich des Mittelwertes des Oberflächenabriebes an unterschiedlichen Regionen (inzisaler, mittlerer und zervikaler Schnitt) aller Zähne einer Versuchsreihe in Diagrammen dargestellt. Dies wurde anhand einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) ermittelt. Folgend ist zum Einzelvergleich der drei Proben (Schnitte) pro jeweilige Versuchsreihe mit einem *Post-Hoc*-Test (nach *Tukey*) der jeweilige p-Wert ermittelt, verglichen und ebenfalls in einem Diagramm dargestellt (siehe Abb. 21/23/25). Die Mittelwerte des Oberflächenabriebes an unterschiedlichen Regionen (inzisal, mittel, zervikal) aller Zähne innerhalb der jeweiligen Versuchsreihe und innerhalb der einzelnen Proben (Schnitte) untereinander unterscheiden sich nicht signifikant ($p < 0,05$) in allen drei Versuchsreihen (5-, 50-, 100-Sek.; siehe Abb. 20-25).

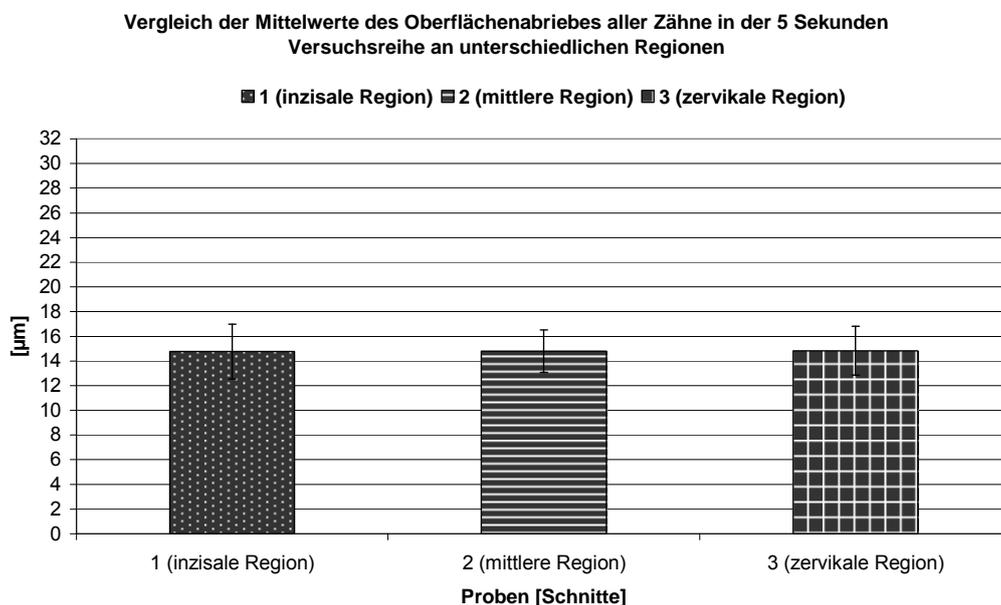


Abb. 20. Diagramm zum Vergleich der Mittelwerte des Oberflächenabriebes aller Zähne in der 5-Sek-Versuchsreihe an unterschiedlichen Regionen (einfaktorielle Varianzanalyse/ ANOVA).

- Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem α -Niveau .05 **nicht** signifikant (ANOVA, $p < 0,05$); I=Standardabweichungen (1: 2,22; 2: 1,73; 3: 1,99).

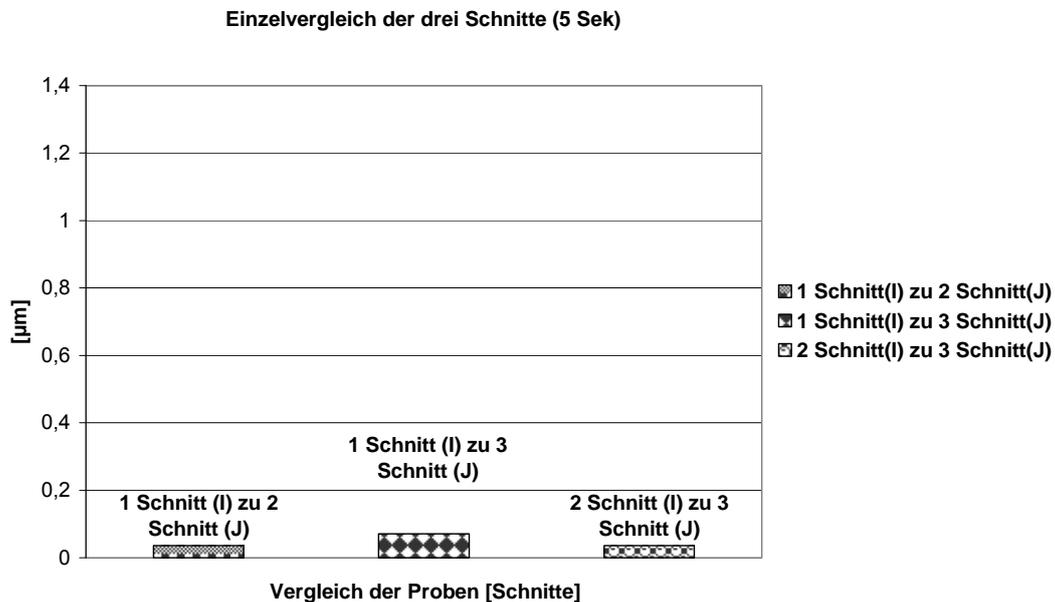


Abb. 21. Diagramm zu den Ergebnisse des **Post-Hoc-Testes** nach **Tukey** zum Einzelvergleich der drei Schnitte (inzisaler, mittlerer, zervikaler; 5-Sekunden). - Die Differenz der Mittelwerte (I-J) ist auf dem α -Niveau .05 **nicht** signifikant (Tukey, $p < 0,05$).

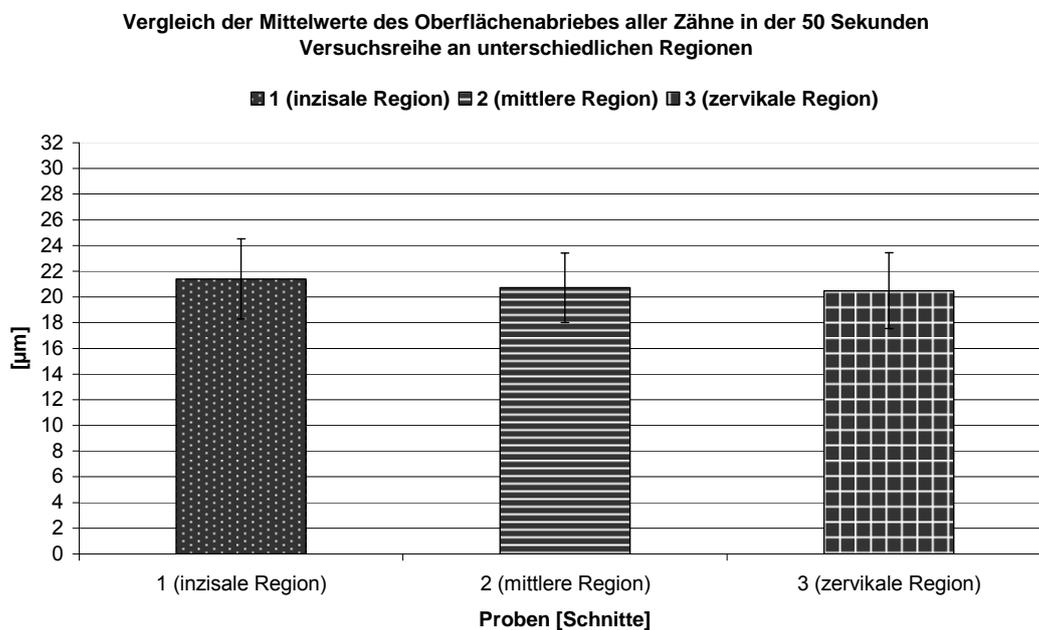


Abb. 22. Diagramm zum Vergleich der Mittelwerte des Oberflächenabriebes aller Zähne in der 50-Sek-Versuchsreihe an unterschiedlichen Regionen (einfaktorielle Varianzanalyse/ ANOVA). - Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem α -Niveau .05 **nicht** signifikant (ANOVA, $p < 0,05$); I=Standardabweichungen (1: 3,12; 2: 2,71; 3: 2,95).

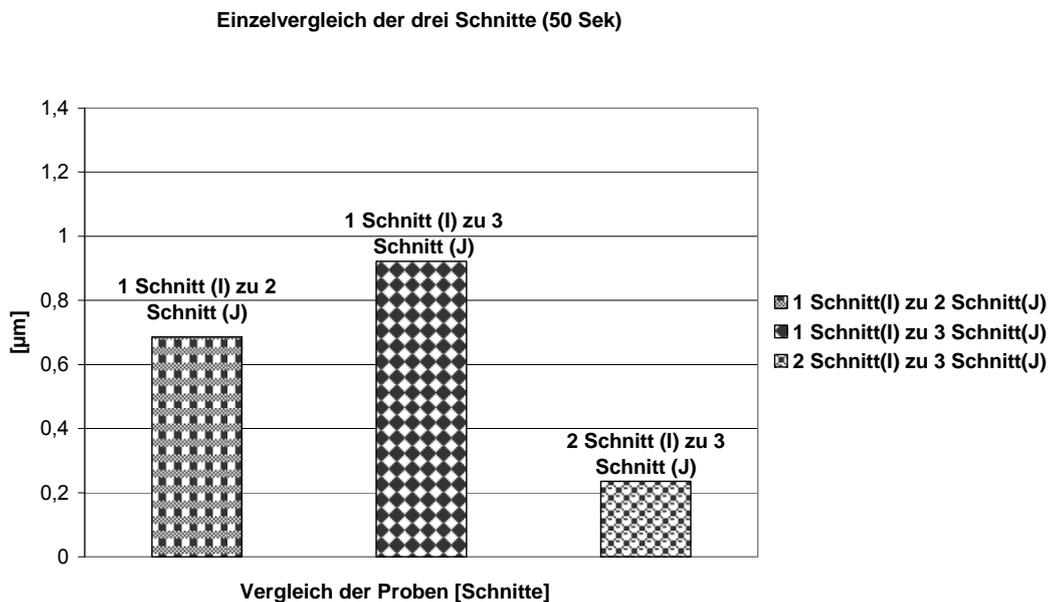


Abb. 23. Diagramm zu den Ergebnisse des **Post-Hoc-Testes** nach **Tukey** zum Einzelvergleich der drei Schnitte (inzisaler, mittlerer, zervikaler; 50-Sekunden). - Die Differenz der Mittelwerte (I-J) ist auf dem α -Niveau .05 **nicht** signifikant (Tukey, $p < 0,05$).

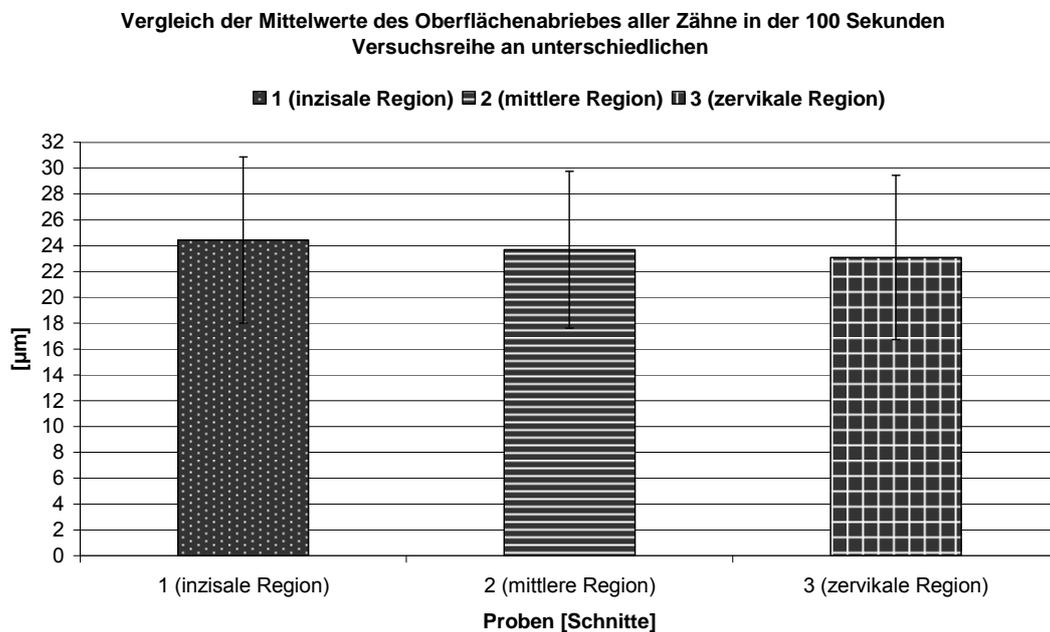


Abb. 24. Diagramm zum Vergleich der Mittelwerte des Oberflächenabriebes aller Zähne in der 100-Sek-Versuchsreihe an unterschiedlichen Regionen (einfaktorielle Varianzanalyse/ ANOVA).

- Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem α -Niveau .05 **nicht** signifikant (ANOVA, $p < 0,05$). I=Standardabweichungen (1: 6,42; 2: 6,06; 3: 6,36).

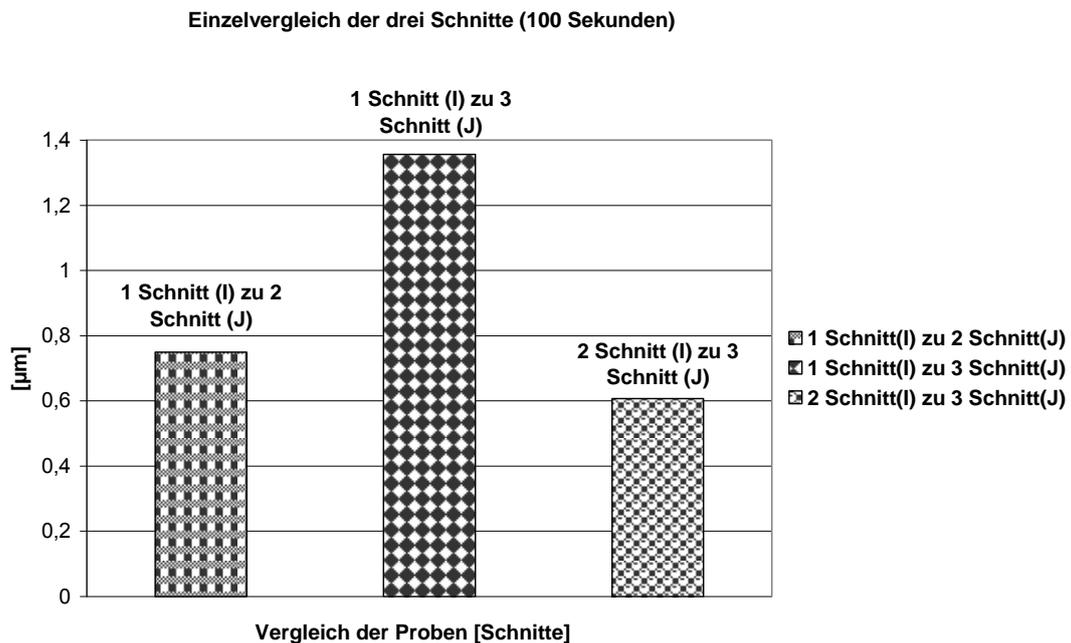


Abb. 25. Diagramm zu den Ergebnisse des **Post-Hoc-Testes** nach **Tukey** zum Einzelvergleich der drei Schnitte (inzisaler, mittlerer, zervikaler; 100-Sekunden). - Die Differenz der Mittelwerte (I-J) ist auf dem α -Niveau .05 **nicht** signifikant (Tukey, $p < 0,05$).

3.2.4 Vergleich des Oberflächenabriebes pro Sekunde Mikroabrasion

Durch die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA), zur Darstellung des Schmelzabtrages pro Sekunde der Versuchsintervalle von 5-, 50- und 100-Sekunden, wurde ein Mittelwert des Schmelzabtrages von $2,9 \mu\text{m}$ ($\pm 0,39 \mu\text{m}$; 5-Sekunden), $0,42 \mu\text{m}$ ($\pm 0,06 \mu\text{m}$; 50-Sekunden) und $0,24 \mu\text{m}$ ($\pm 0,06 \mu\text{m}$; 100-Sekunden) ermittelt und wird im Diagramm ersichtlich (siehe Abb. 26). Die Versuchsgruppe des 5-Sekunden-Mikroabrasionintervalls zeigt den im Verhältnis höchsten Schmelzabtrag pro Sekunde, dieser verringert sich nach den 50- und 100-Sekunden-Intervallen so stark, dass er nahezu gegen Null läuft.

Anhand des *Post-Hoc-Testes* (nach *Tukey*) zum Vergleich des Abtrages der jeweiligen Versuchsreihen (5-, 50-, 100-Sek.) pro Sekunde untereinander, erwies sich eine hohe Signifikanz bei allen Werten ($p \leq 0,001$) (siehe Abb. 27).

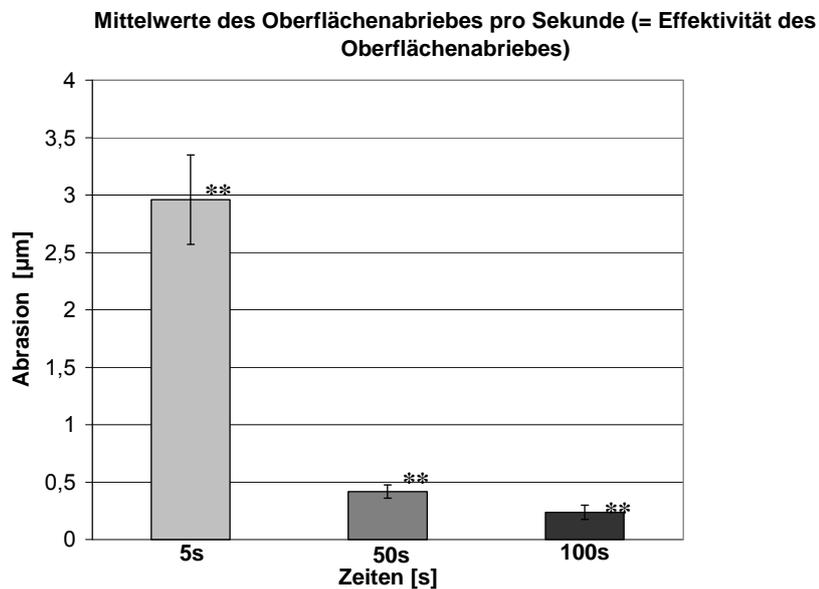


Abb. 26. Diagramm zum Mittelwert des Oberflächenabriebes pro Sekunde Mikroabrasion der 5-, 50-, 100-Sekunden-Intervalle (einfaktorielle Varianzanalyse/ ANOVA). - ** Die Unterschiede der Mittelwerte sind **hoch signifikant** ($p \leq 0,001$); I=Standardabweichungen (5-Sek: 0,39; 50-Sek: 0,06; 100-Sek: 0,06).

Einzelvergleich der Versuchsreihen (5-, 50-, 100- Sek)

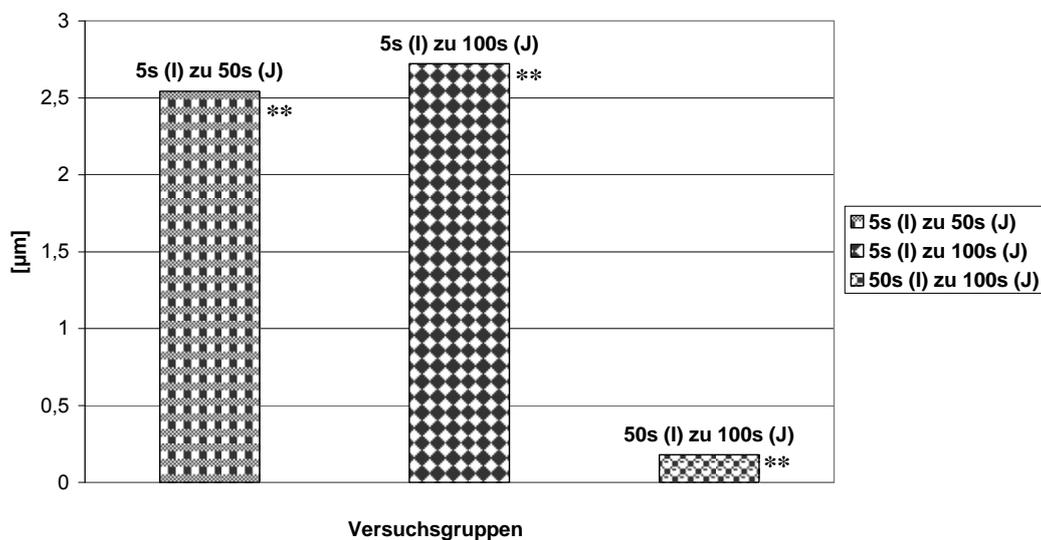


Abb. 27. Diagramm zu den Ergebnisse des **Post-Hoc-Testes** nach **Tukey** zum Einzelvergleich der Versuchsreihen (5, 50, 100) pro Sekunde Mikroabrasion. - ** Die Differenz der Mittelwerte (I-J) ist **hoch signifikant** ($p \leq 0,001$).

4 Diskussion

4.1 Bewertung der Methode

4.1.1 Auswahl der Zähne

Zur Herstellung der Prüfkörper wurden Schneidezähne und Prämolaren unbekannter Herkunft verwendet. Alter und Fluoridgehalt wurden nicht ermittelt, so dass eine möglicherweise vorhandene, individuelle Säureresistenz der Schmelzproben unbekannt war.

4.1.2 Zur Messgenauigkeit des Verfahrens

Die Aufrechterhaltung eines konstanten Druckes während der Anwendung der Mikroabrasionspaste war nur visuell über die Kontrolle der umgebogenen Kelchlippe gegeben, entsprechend der Angaben von TONG et al. (1993) und SCHMIDLIN et al. (2003). Dies wurde jedoch in der vorliegenden In-vitro-Untersuchung durch eine Kontrollmessung auf einer Goldwaage mehrmals vorher kontrolliert. Tatsächlich konnte hierbei ein Anpressdruck entsprechend etwa 200 g gefunden werden. Nach Abschluss der Serie wurde es nochmals überprüft, um eine Ermüdung der Gummikelchlippen (niedrigerer Anpressdruck) auszuschließen. Eine genaue Kontrolle des Drucks mit einer elektrischen Messeinheit während der Mikroabrasion ist nicht vorgenommen worden. Dieses Vorgehen wurde bewusst anstelle einer aufwändigen Apparatur gewählt, da es der praktizierbaren Messgröße unter klinischen Bedingungen am ehesten entsprach.

Die Umdrehungszahl (ca. 135 U/min) wurde mit einem üblichen 7,4:1 Winkelstück (Kavo-Reduzierwinkelstück, Dopplering grün, 1000 U/min) (CROLL 1989 A/B, DONLY et al. 1992, SUNDFELD et al. 2007B). Auch hier wurde bewusst auf eine noch genaue, schwankungsresistente Überwachung

der Umdrehungszahl verzichtet, um den klinischen Bedingungen gerecht zu werden.

Die Zeitdauer wurde mit einer handelsüblichen, analogen Armbanduhr gemessen und durch Zuruf einer Kontrollperson begrenzt.

Nicht ausgeschlossen werden konnte, dass die unterschiedliche Rundung der Oberflächen zwischen Prämolaren und Schneidezähnen zu geringfügigen Änderungen im Abrieb führen können, da der plane, rotierende Kelch den Rundungen nicht mit überall gleichmäßigem Anpressdruck folgen kann.

Da es Ziel der Arbeit war, die Versuchsbedingungen den klinischen Kriterien eines zahnärztlichen Behandlers so realistisch wie möglich nachzuempfinden, wurden die Zähne vor der Behandlung nicht plan geschliffen (Scheibenschliff), wie bei DALZELL et al. (1995) oder poliert, wie bei WELBURY & SHAW (1990), TONG et al. (1993), WELBURY et al. (1993) und SEGURA et al. (1997b). So wäre schon vorab eine glatte bzw. plane Oberfläche gegeben und somit der Substanzabtrag leichter zu messen gewesen. Um bessere Versuchsbedingungen zu schaffen und eine möglichst plane Oberfläche als Ausgangssituation zu haben, hätte man nur obere, mittlere Frontzähne verwenden müssen. Doch erwies es sich als sehr schwierig eine hohe Anzahl dieser zu beschaffen.

Die Messung der entstandenen Stufen des Schmelzsubstanzabtrages auf dem Computerbildschirm war durch die 50-fache Vergrößerung des Lichtmikroskops klar dargestellt. Jedoch mussten insbesondere auf der abgetragenen Fläche leichte Unregelmäßigkeiten durch eine visuelle Korrektur, in Form einer interpolierten Linie mit ausreichender Genauigkeit durch das Anlegen eines Lineals auf dem Bildschirm, ermittelt werden.

Die Standardabweichungen in der Versuchsreihe von 5 Sekunden liegen bei 1,94 μm und in der von 50 Sekunden bei 2,88 μm . In der von 100 Sekunden stieg sie auf 6,15 μm , was aber im Verhältnis zum Abrieb so gering ist, dass eine höhere Messgenauigkeit für die klinische Fragestellung nicht von großer Bedeutung ist.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

4.2.1 Anwendungsgebiet des Mikroabstrationsverfahren

Die verschiedenen Schmelzdicken in den unterschiedlichen Regionen der Zahnkrone (Frontzähne im inzisalen Drittel: 1,12 mm, im mittleren labialen Drittel: 0,93 mm und im zervikalen Drittel: 0,49 mm) (DALZELL et al. 1995) sind bekannt. Relativ wenig Kenntnis hat der Behandler im Voraus von der Eindringtiefe sichtbarer Schmelzflecken. Unter dem Aspekt möglichst wenig zu schaden, im Sinne des medizinischen Grundsatzes „nihil nil nocere“, sollte das weniger invasive Verfahren dem invasiven in der Therapie vorangestellt werden, was auch das Resümee vieler Autoren ist (CROLL & CAVANAUGH 1986A/C, KILIAN & CROLL 1990, SCHERER et al. 1991, WILLIS & ARBUCKLE 1992, KILPATRICK & WELBURY 1993, CROLL & BULLOCK 1994, CROLL 1990/1997, DA SILVA et al. 2002, ELKHAZINDAR & WELBURY 2000, NIXON et al. 2007B). Dazu bedarf es aber durchaus der Kenntnis über die Eindringtiefe unterschiedlicher Verfahren mit verschiedenen Säure- und Schleifmedien, Umdrehungszahlen und Auflagegewichten, sowie Zeitintervallen und Applikationshäufigkeit. Leider finden sich hierzu in der Literatur neben zahlreichen Erfahrungsberichten nur spärlich normierte Angaben.

4.2.2 Besprechung der Ergebnisse

Die Vielfalt der Versuchsbedingungen anderer Studien macht es schwierig, sie mit dieser In-vitro-Untersuchung genau zu vergleichen. So gibt es zahlreiche Berichte in der Literatur darüber, wie die Mikroabstrationsbehandlung mit den verschiedensten Pasten und Säure-Abrasiv-Gemischen durchgeführt wurde, welche jedoch keine oder nicht reproduzierbare Angaben zur Art und Größe des Schmelzabtrages oder

anderen wichtigen Variablen (Druck, Zeitintervalle, Umdrehungszahl) während der Behandlung.

KENDELL (1989) erhielt in seiner Studie mit 18 %-igem Hydrochloridsäure (HCl)-Bimsstein-Gemisch bei einer 5-Sekunden-Applikation einen Oberflächenabtrag von durchschnittlich 12 μm , wie auch WAGGONER et al. (1989) und SEGURA et al. (1997B). Dieser Abtrag wird trotz manuellem Arbeiten im 5-Sekunden-Abrieb von dieser Studie (14,80 μm) bestätigt. Bei einer Applikation von fünf mal 5-Sekunden, mit jeweils neuem Auftragen der Paste, hatte KENDELL (1989) durchschnittlich einen Abtrag von 46 μm gefunden. WAGGONER et al. (1989) erbrachte bei jedem weiteren 5 Sekunden-Intervall einen Abtrag von durchschnittlich 26 μm . In dieser Studie wurde im Vergleich bei einer Anwendungsdauer von 50 Sekunden ein Abrieb von durchschnittlich 20,86 μm und bei 100 Sekunden ein Abrieb von durchschnittlich 23,74 μm gefunden, was trotz der doppelten bzw. vierfachen Anwendungszeit keinen höheren Abtrag erbracht hat. Dieses Ergebnis wird durch SUNDFELD et al. (2007b) bestätigt, die bei maschineller 60-Sekunden-Applikation von Opalustre einen Oberflächenabtrag von 25 μm gemessen haben. In einer weiteren Studie arbeitete WAGGONER et al. (1990) manuell mit 18 %-igem HCl-Bimsstein-Gemisch 10 mal in 5-Sekunden-Intervallen und unterschied dabei in einer Gruppe mit der Bimssteinkorngröße und in einer anderen Gruppe mit der Konzentration der Säure. Bei feinem Bimsstein lag der Abtrag bei 24 μm , bei Bimsstein medium lag er bei 26 μm , und bei grobem betrug er 19 μm . Ein HCl-Bimsstein-Gemisch mit einer stärkeren Säure (36 %: 24 μm), erzeugte, wie zu erwarten, einen stärkeren Abtrag als mit einer schwachen (4,5 %: 13 μm).

Die Ergebnisse der Studie von WELBURY & SHAW (1990) unterscheiden sich ebenfalls sehr im Abtrag von den vorliegenden (5 mal 5 Sek=45,4 μm , 10 mal 5 Sek=73,9 μm , 15 mal 5 Sek=100,1 μm), da auch hier die Paste immer wieder neu aufgetragen wurde.

DALZELL et al. stellten 1995 fest, dass es bei fünf mal 20-Sekunden maschinellen Applikationen des 18 %-igem HCl-Feinbimsstein-Gemisches, zu

einem Abtrag von 206 μm bei angewandtem Druck von 10 g, von 216 μm bei einem Druck von 20 g und von 308 μm bei einem Druck von 30 g kam. Diese Werte, verglichen mit dem Substanzabtrag bei einer 100 Sekunden Applikation und höherem Druck (200 g) von Opalustre[®] (Mittelwert: 23,74 μm) der vorliegenden Studie, weichen stark ab.

CHAN et al. erfassten 1995 maschinell einen Substanzabtrag von 104 μm bei fünf mal 5-Sekunden-Applikationen der PREMA[®] Compound Paste, 140 μm bei zehn mal 5-Sekunden-Applikationen, 221 μm bei 15 mal 5-Sekunden-Applikationen und 308 μm bei 20 mal 5-Sekunden-Applikationen. Einen Abrieb von bis zu 250 μm zeigt die Studie von WELBURY et al. (1993) bei einer maschinellen Mikroabrasion mit 18 %-igem HCl-Bimsstein-Gemisch bei maximal zehn 5-Sekunden-Applikationen. Diese Werte übertreffen die Ergebnisse der vorliegenden Studie.

Die Differenzen der Werte dieser Studien (KENDELL 1989, WELBURY & SHAW 1990, WELBURY et al. 1993, CHAN et al. 1995, DALZELL et al. 1995) zu dieser Untersuchung, beruhen vermutlich aus der Anwendung einer stärkeren Säure, gröberem Schleifmaterial und dem stetigen Neuauftragen der Paste nach jeder Applikation.

So lag der Substanzabtrag bei NIXON et al. (2007b), bei 10 Sekunden Intervallen, maschinell mit Opalustre[®] ebenfalls höher als in dieser In-vitro-Untersuchung (etwa 50 μm).

Durch die nicht signifikanten Unterschiede im Substanzabtrag der verschiedenen Proben (Schnitte: inzisal, mittlerer, zervikal) kann im Widerspruch zur Aussage von WAGGONER et al. (1989) gemutmaßt werden, dass ein unterschiedlicher Fluoridgehalt den Substanzabtrag nicht beeinflusst. Der Fluoridgehalt wird naturell von zervikal nach inzisal in der Literatur abfallend beschrieben (WEATHERELL et al. 1972). Dieses Versuchsergebnis untermauert so die Befunde von BAILEY & CHRISTEN (1969), sowie von PEARIASAMY et al. (2001). PEARIASAMY et al. (2001) stellten nebenbei auch keinen Unterschied im Substanzabtrag von Zähnen mit und ohne Opazitäten fest.

WAGGONER et al. (1989) finden für die manuelle Mikroabrasion mit einem HCl-Bimsstein-Gemisch, verrieben mit einem Holzkeil, einen geringeren Substanzabtrag bei der ersten 5-Sekunden-Applikation (12 μm) heraus, im Gegensatz zu jeder weiteren Applikation (26 μm), ähnlich wie bei SEGURA et al. (1997B) (12-25 μm pro Applikation, PREMA[®] Compound Paste). Die Ergebnisse stimmen für das erste 5-Sekunden-Intervall mit dieser In-vitro-Untersuchung überein, obwohl auch er manuell vorgegangen ist (WAGGONER et al. 1989). Daraus lässt sich schlussfolgern, dass beide Methoden, ob manuelles oder maschinelles Vorgehen, ähnlich effektiv sind.

Der von TONG et al. (1993) festgestellte Substanzabtrag von 100 μm (± 47 μm) bei einer Applikationszeit von 100 Sekunden mit 18 %-iger Hydrochloridsäure korreliert sehr gut mit den Ergebnissen dieser In-vitro-Untersuchung und zeigt, dass eine längere Anwendung der Opalustre[®] Paste kaum einen größeren Abrieb als in der 5-Sekunden-Applikation bringt.

OLIN et al. (1988) postulierten auf Grund der Untersuchung zur Oberflächenbeschaffenheit nach der Mikroabrasion mit einem Säure-Abrasiv-Gemisch aus 18 %-iger HCl und feinem Bimsstein eine Abwägung zwischen einer stark ätzenden Technik und der weniger ätzenden Technik mit einem Diamantfinierer vor der Behandlung. Sie kritisierten die stärkere Plaqueakkumulation auf der erzeugten, rauen Oberfläche und die ansteigende thermale Sensitivität.

DALZELL et al. (1995), SCHMIDLIN & SCHUG (2001), sowie SCHMIDLIN et al. (2003) waren die einzigen, welche einen definierten Druck von 10 g, 20 g, 30 g bei manueller und 200 g bei maschineller Mikroabrasion angaben. Obwohl mittlerweile einige Studien über Opalustre[®] in der Literatur genannt werden (siehe Anhang Tab. 2), sind lediglich genaue Angaben der Versuchsvariablen bei der In-vivo-Studie von SCHMIDLIN & SCHUG (2001) und der In-vitro-Studie von SCHMIDLIN et al. (2003) mit der vorliegenden In-vitro-Untersuchung einigermaßen vergleichbar. Sie berichten 2003 bei einer einmaligen 20 Sekunden Applikation über einen Schmelzverlust von 4,5 \pm 1,2 μm bei 1000 rpm und 200 g Druckaufwendung. Andererseits

beobachteten SCHMIDLIN & SCHUG (2001) mit der Opalustre® Paste einen Schmelzabtrag von 16,89 µm, 28,94 µm, 39,94 µm und 75,46 µm an vier verschiedenen Zähnen, bei einer einmaligen Applikationszeit von 20 Sekunden und festgesetzten Versuchsparametern (Druck: 200 g, Umdrehungszahl: 300 rpm, maschinell mit OpalCups-Bristle™) (siehe Anhang Tab. 2). Diese In-vivo-Untersuchung kommt im Ergebnis der vorliegenden In-vitro-Untersuchung am nächsten. Jedoch sind die in dieser Arbeit gezeigten Ergebnisse im Abrieb an ebenfalls unterschiedlichen Zähnen wesentlich konstanter. Die Untersuchung zeigt, dass wesentlich spezifischere Anwendungsangaben seitens des Herstellers zur schadfreien Verwendung notwendig sind.

4.3 Schlussfolgerung

Aufgrund der Zusammensetzung der Opalustre®-Paste kommt es durch die abrasiven Partikel zu einem anfänglich hohen Abrieb, der sich aber durch eine längere Anwendung nicht fortsetzen lässt.

In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass durch eine Verlängerung der Einwirkzeit über 5 Sekunden hinaus, keine signifikante und adäquate Verbesserung des Schmelzabriebes erzielt werden konnte. Daraus kann gefolgert werden, dass es zu Beginn der Mikroabrasion mit der Mikroabrasionspaste Opalustre® an den Zähnen zu einer Ablösung der Schmelzkristalle der obersten Schmelzschicht durch die Hydrochloridsäure kommt und folgend durch die abrasiven Partikel der Paste eine Politur bzw. Einebnung der Schmelzoberfläche des Zahnes einhergeht. Die Paste ist letztlich selbstlimitierend und die Säure wird aufgebraucht. Eine Mikroabrasionszeit von 50 bzw. 100 Sekunden ist somit nicht effektiver. Mögliche Gründe dafür können sein:

- Die Säure wird durch die Menge des aufgelösten Minerals des Schmelzes neutralisiert und verliert so an Wirkung.

- Die Abrasivkörper können ihre volle Wirkung nur auf dem von Säure angelösten Schmelz entfalten, sie verstärken die Erosionswirkung der Säure (MCCLOSKEY 1984).
- Die Zahnoberflächenwölbung trägt ihren Teil zum unterschiedlichen Abrieb bei, da die gesamte Schmelzoberfläche durch die Wölbung nicht gleichmäßig mikroabradiert werden kann.
- Der Druck bei der Mikroabrasion sollte während der Anwendung konstant gehalten werden, damit es zu einem normierten Abtrag des Schmelzes kommt.
- Es besteht Unklarheit, ob ein unterschiedlicher Fluoridgehalt an der Schmelzoberfläche zu unterschiedlicher Mikroabrasion führt, da die vorliegenden Untersuchungen in dieser Frage keinen unterschiedlichen Abrieb von zervikal nach inzisal gezeigt haben (BAILEY & CHRISTEN 1969, WAGGONER et al. 1989).

Obwohl aus der Literatur bekannt ist, dass von zervikal nach inzisal unterschiedliche Fluoridkonzentrationen vorhanden sind, zeigen die Ergebnisse dieser In-vitro-Untersuchung, dass die Fluoridkonzentration offensichtlich keinen Einfluss auf den Schmelzabrieb hat.

Das häufigere Wiederholen kürzerer Intervalle (5 Sekunden) der Mikroabrasion, mit jeweils neu aufgetragener Paste, könnte die Effizienz im Vergleich zur Anwendung der gleichen Paste über längere Zeit deutlich erhöhen. Wenn man bedenkt, dass die Mikroabrasion bei kurzen, wenigen Anwendungen eine klinisch nicht sichtbare Schicht des oberflächlichen Schmelzes entfernt (CROLL 1989A/B/1990, CROLL & BULLOCK 1994, CROLL & HELPIN 2000) bzw. oberflächlich liegende Verfärbungen durch die neu geschaffene, glänzende, glattere und hellere Oberfläche („abrasion effect“) und durch die veränderte Lichtreflexion der Oberfläche maskiert werden (OLIN et al. 1988, CROLL 1989B/1993, DONLY et al. 1992, CHAN et al. 1995, MILLER 1997, SEGURA et al. 1997A/B, OTTO 1999, ELKHAZINDAR & WELBURY 2000, PEARISIAMY et al. 2001, DA SILVA et

al. 2002, SUNDFELD et al. 2007 A/B), so sollte die Mikroabrasion doch die erste Wahl der Behandlung sein, bevor invasiv gegen Verfärbungen vorgegangen wird (CROLL & CAVANAUGH 1986A/B/C, SARRETT 2002). Der Vorteil an dieser Behandlung, nämlich die anschließend gute Remineralisation und geringere Plaqueakkumulation (CROLL 1989A/1990, SEGURA et al. 1997A, DA SILVA et al. 2002) sollte zu dieser Entscheidung beitragen. Dabei muss immer beachtet werden, dass die meisten Verfärbungen zwischen 50 und 500 µm (durchschnittlich 300 µm) tief im Schmelz liegen (CROLL 1990, WELBRUY & SHAW 1990, OTTO 1990, SCHMIDLIN & SCHUG 2001), doch mit bloßem Auge die Tiefe und meist auch die Art der Verfärbungen nicht voraussagbar sind und der Schmelz verschiedene Dicken an der labialen Oberfläche (zervikal sehr dünn) (KENDELL 1989, DALZELL et al. 1995) aufweist. Folglich kann nicht jede Verfärbung mit der Mikroabrasionsbehandlung entfernt werden. Nach jeder Behandlung sollte die Wölbung des labialen Schmelzes auf ihre beibehaltene Natürlichkeit überprüft werden.

5 Zusammenfassung

Die vorliegende Studie diente der Untersuchung des Schmelzsubstanzabtrages durch Mikroabrasion mit der Mikroabrasionspaste Opalustre® in den Bearbeitungszeiten von 5, 50 und 100 Sekunden, mit gleich bleibendem Anpressdruck und Umdrehungszahl.

Die Analyse des Schmelzabtrages erfolgte an Dünnschnitten der behandelten Zähne unter einem Lichtmikroskop bei 50-facher Vergrößerung. Auf die Labialflächen von 21 extrahierten und in 0,1 %-iger Thymollösung gelegten Zähnen wurde eine eingefärbte Bondingschicht mittig als Referenzfläche aufgetragen. Die in drei Versuchsgruppen aufgeteilten Zähne wurden dann mit der Mikroabrasionspaste Opalustre® für 5, 50 und 100 Sekunden bei einem Druck von etwa 200 g, bei etwa 135 U/min (Kavo-Reduzierwinkelstück, Doppelring grün 7,4:1 bei 1000 U/min) mit der Paste und dem dazugehörigen Polierkelch (OpalCups-Bristle™) mikroabradiert. Nach Einbetten der Zahnkronen in Kunststoffblöcke wurden sie in ca. 0,7 mm (\pm 0,1 mm) dicke Scheiben (Proben) geschnitten und unter dem Lichtmikroskop quantitativ nach dem Schmelzabtrag untersucht.

Der Mittelwert des Substanzabtrages bei 5 Sekunden Bearbeitungszeit lag bei 14,80 μ m, bei 50 Sekunden bei 20,86 μ m und bei 100 Sekunden bei 23,74 μ m. Die Ergebnisse sind signifikant.

Damit wurde gezeigt, dass eine Anwendungszeit von 50 oder 100 Sekunden nicht effektiver ist als 5 Sekunden. Ein häufiger 5 Sekunden Wechsel mit wiederholt neuem Auftragen frischer Mikroabrasionspaste, entgegen der Herstellerangaben, zeigt einen effizienteren Abtrag als eine Zeitverlängerung. Für Fluorose bedingte Verfärbungen 2. Grades kann somit in ca. 30 Sekunden mit Opalustre® (bei einer Umdrehungszahl von 135 rpm und einem Druck von 200 g) ein genügend tiefer Abtrag des betroffenen Schmelzareals (ca. 100 μ m) mit dem gelieferten Kelch (OpalCups-Bristle™) stattfinden, wenn alle 5 Sekunden die Paste neu aufgetragen wird. Dieser rechnerische Ansatz sollte in weiteren klinischen Studien verifiziert werden.

6 Literaturverzeichnis

Andreasen, J.O., Ravn, J.J.:

The effect of traumatic injuries to primary teeth on their permanent successors.

I. A clinical and histologic study of 117 injured permanent teeth.

Scand J Dent Res 79, 219-283 (1971a).

Andreasen, J.O., Ravn, J.J.:

The effect of traumatic injuries to primary teeth on their permanent successors.

II. A clinical and radiographic follow-up study of 213 teeth.

Scand J Dent Res 79, 284-294 (1971b).

Ardu, S., Stavridakis, M., Krejci, I.:

A minimally invasive treatment of severe dental fluorosis.

Quintess Int 38, 455-458 (2007a).

Ardu, S., Castioni, N.V., Benbachir, N., Krejci, I.:

Minimally invasive treatment of white spot enamel lesions.

Quintess Int 38, 633-666 (2007b).

Attin, T.:

Sicherheit und Anwendung von carbamid-peroxidhaltigen Gelen bei Bleichtherapien.

Dtsch Zahnärztl Z 53, 11-16 (1998).

Attin, T., Kielbassa, A.M.:

Die Bleichbehandlung – ein fester Bestandteil ästhetischer Zahnheilkunde.

Zahnärztl Mitt 85, 2674-2681 (1995).

Bailey, R.W., Christen, A.G:

Effects of a bleaching technic on the labial enamel of human teeth stained with endemic dental fluorosis.

Arch Oral Biol 16, 139-143 (1969).

Baur, P., Schärer, P.:

Mikroabrasion (MA) und Bleaching (BL).

Schweiz Monatsschr Zahnmed 107, 754-764 (1997).

Ben-Bassat, Y., Brin, I., Fuks, A., Zilberman, Y.:

Effect of trauma to the primary incisors on permanent successors in different developmental stages.

Pediatr Dent 7, 37-40 (1985).

Ben-Zur, E.D., Van Waes, H.J.M.:

Pathologie und konservierende Behandlung der bleibenden Zähne des Kindes und Jugendlichen.

In: Stöckli, P.W., Ben-Zur, E.D. (Hrsg.):

Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen.

3. Auflage Thieme Stuttgart 1994: 153-158.

Bezerra, A.C., Leal, S.C., Otero, S.A., Gravina, D.B., Cruvinel, V.R., Ayrton De Toledo, O.:

Enamel opacities removal using two different acids: an in vivo comparison.

J Clin Pediatr Dent 29, 147-150 (2005).

Brin I., Ben-Bassat Y., Fuks A., Zilberman, Y.:

Trauma to primary incisors and its effect on the permanent successors.

Pediatr Dent 6, 78-82 (1984).

Chan, D.C.N., Howell, M.L., Carraway, K.B., Garcia-Godoy, F.:
Polarized and transmitted light microscopic study of enamel after
microabrasion.

Quintess Int 26, 57-62 (1995).

Chandra, S., Chawla, T.N.:

Clinical evaluation of sandpaper disk method for removing fluorosis stains from
teeth.

J Am Dent Assoc 90, 1273-1276 (1975).

Coll, J.A., Jackson, P., Strassler, H.E.:

Comparison of enamel microabrasion techniques: Prema compound versus a
12-fluted finishing bur.

J Esthet Dent 3, 180-186 (1991).

Croll, T.P.:

Enamel colour improvement: all things considered.

Quintess Int 17, 271-275 (1986).

Croll, T.P.:

Enamel microabrasion: the technique.

Quintess Int 20, 395-400 (1989a).

Croll, T.P.:

Enamel microabrasion for removal of superficial discoloration.

J Esthet Dent 1, 14-20 (1989b).

Croll, T.P.:

Enamel microabrasion for removal of superficial dysmineralisation and
decalcification defects.

J Am Dent Assoc 120, 411-415 (1990).

Croll, T.P.:

Behandlung des Zahnschmelzes mit Mikroabrasion.

1. Aufl. Quintessenz Berlin 1993: 8-79.

Croll, T.P.:

Enamel microabrasion: observations after 10 years.

J Am Dent Assoc (Suppl) 128, 45S-50S (1997).

Croll, T.P., Cavanaugh, R.R.:

Enamel color modification by controlled hydrochloric acid-pumice abrasion.

(I) Technique and examples.

Quintess Int 17, 81-87 (1986a).

Croll, T.P., Cavanaugh, R.R.:

Enamel color modification by controlled hydrochloric acid-pumice abrasion.

(II) Further examples.

Quintess Int 17, 157-164 (1986b).

Croll, T.P., Cavanaugh, R.R.:

Hydrochloric acid-pumice enamel surface abrasion for color modification:
results after six months.

Quintess Int 17, 335-341 (1986c).

Croll, T.P., Bullock, G.A.:

Enamel microabrasion for removal of smooth surface decalcification lesions.

J Clin Orthod 28, 365-370 (1994).

Croll, T.P., Helpin, M.L.:

Enamel microabrasion: a new approach.

J Esthet Dent 12, 64-71 (2000).

Da Silva, S.M., De Oliveira, F.S., Lanza, C.R., Machado, M.A.:
Esthetic improvement following enamel microabrasion on fluorotic teeth: a case report.

Quintess Int 33, 366-369 (2002).

Dalzell, D.P., Howes, R.I., Hubler, P.M.:

Microabrasion: effect of time, number of applications, and pressure on enamel loss.

Pediatr Dent 17, 207-211 (1995).

Donly, K.J., O'Neill, M., Croll, T.P.:

Enamel microabrasion: a microscopic evaluation of the „abrosion effect“.

Quintess Int 23, 175-179 (1992).

Douki Zbidi, N., Zouiten, S., Hajjami, H., Baccouche, C.:

Le traitement de la fluorose dentaire.

Odontostomatol Trop 26, 28-32 (2003).

Ehrenfeld, M., Hickel, R.:

Traumatologie der Zähne und des Zahnhalteapparates.

In: Schwenger, N., Ehrenfeld, M. (Hrsg.):

Zahnärztliche Chirurgie.

Bd.3, 3. Aufl. Thieme Stuttgart 2000: 61-74.

Eisenberg, E., Bernick, S.M.:

Anomalies of the teeth with stains and discolorations.

J Prev Dent 2, 7-20 (1975).

Elkhazindar, M.M., Welbury, R.R.:

Enamel microabrasion.

Dent Update 27, 194 -196 (2000).

Erdogan, G.:

The effectiveness of a modified hydrochloric acid-quartz-pumice abrasion technique on fluorosis stains: a case report.

Quintess Int 29, 119-122 (1998).

Eriksen, H.M., Nordbø, H.:

Extrinsic discoloration of teeth.

J Clin Periodontol 5, 229-236 (1978).

FDI Commission on Oral Health, Research and Epidemiology:

A review of the developmental defects of enamel index (DDE index).

Int Dent J 42, 411-426 (1992).

Goldstein, R.E.:

In-office bleaching: where we came from, where we are today.

J Am Dent Assoc 128 (Suppl), 11S-15S (1997).

Guldener, P.H.A.:

Bleichen von Zähnen.

In: Guldener, P.H.A., Langeland, K. (Hrsg.):

Endodontologie.

3. Aufl. Thieme Stuttgart 1993: 441-447.

Hellwig, E., Klimek, J., Attin, Th.:

Einführung in die Zahnerhaltung.

3. Aufl. Urban-Fischer München 2003: 3-48, 212-216, 352.

Jacobsson-Hunt, U., Harrison, M.R.:

The effect of hydrochloric acid pumice abrasion on fluorosed teeth.

J Dent Res 68 (Spec Iss), 982, Abstr No 984 (1989).

Jordan, R.E., Boksman, L.:

Conservative vital bleaching treatment of discoloured dentition.

Compend Contin Educ Dent 5, 803-807 (1984).

Kellerhoff, N.M., Lussi, A.:

Die „Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation“.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 114, 243-253 (2004).

Kendell, R.L.:

Hydrochloric acid removal of brown fluorosis stains:

Clinical and scanning micrographic observations.

Quintess Int 20, 837-839 (1989).

Kilian, C.M., Croll, T.P.:

Enamel microabrasion to improve enamel surface texture

J Esthet Dent 2, 125-128 (1990).

Kilpatrick, N.M., Welbury, R.R.:

Hydrochloric acid/pumice microabrasion technique for the removal of enamel pigmentation.

Dent Update 20, 105-107 (1993).

Klimek, J., Hellwig, E.:

Kariesätiologie und -diagnose.

In: Heidemann, D. (Hrsg.):

Kariologie und Füllungstherapie

4. Aufl. Urban & Schwarzenberg München-Wien-Baltimore 1999: 3-18.

Koch, G., Hallonsten, A.-L., Ludvigsson, N., Hansson, B.O., Holst, A., Ullbro, C.:
Epidemiologic study of idiopathic enamel hypomineralization in permanent teeth of Swedish children.

Community Dent Oral Epidemiol 15, 279-285 (1987).

Koch, M.J.:

Zähne und Ernährung.

In: Biesalski, H.-K., et al.:

Ernährungsmedizin.

Thieme Stuttgart 1995.

Koch, C.A., Auschill, T.M.:

Minimalinvasive Rehabilitation der Ästhetik bei Fluorose und frontalen Abrasion.

Quintessenz 59, 17-24 (2008)

Lehmann, K.M., Hellwig, E. (Hrsg.):

Einführung in die restaurative Zahnheilkunde

8. Aufl. Urban & Schwarzenberg München-Wien-Baltimore 1998: 30-33.

Lex, C.:

Fluoridgehalt von Zähnen und Trinkwasser bei endemischer Fluorose.

Med Diss, Erlangen-Nürnberg 1973.

Lutz, F., Schlug, J., Besek, M.:

Gesunde weiße Zähne, „Bleaching“ and „Microabrasion“ – Eine Übersicht.

Eigenverlag PPK Zürich 2000.

Lynch, C.D., McConnell, R.J.:

The Use of microabrasion to remove discoloured enamel: a clinical report.

J Prosthet Dent 90, 417-419 (2003).

McCloskey, R.:

A Technique for removal of fluorosis stains.

J Am Dent Assoc 109, 63-64 (1984).

McEvoy, S.A.:

Chemical agents for removing intrinsic stains from vital teeth.

I. Technique development.

Quintess Int 20, 323-328 (1989a).

McEvoy, S.A.:

Chemical agents for removing intrinsic stains from vital teeth.

II. Current techniques and their clinical application.

Quintess Int 20, 379-384 (1989b).

McEvoy, S.A.:

Removing intrinsic stains from vital teeth by microabrasion and bleaching.

J Esthet Dent 7, 104-109 (1995).

McInnes, J.:

Removing brown stain from teeth.

Ariz Dent J 12, 13-15 (1966).

McKay, F.S.:

Mottled Enamel

In: Black, G.V.:

Pathology of the hard tissue of the teeth-oral Diagnosis (Revision by A.D. Black)

Chicago Medico-Dental Publishing Co 1936: 221, 225-227.

Mellander, M., Norén, J.G., Fredén, H., Kjellmer, I.:

Mineralization defects in deciduous teeth of low birthweight infants.

Acta Paediatr Scand 71, 727-733 (1982).

Murphy, T.C., Willmot, D.R., Roddi, H.D.:

Management of postorthodontic demineralized white lesions with microabrasion: a quantitative assessment.

Am J Orthod Dentofacial Orthop 131, 27-33 (2007).

Murrin, J.R., Barkmeier, W.W.:

Chemical treatment of endemic dental fluorosis.

Quintess Int 1, 81-87 (1986).

Nash, R.W., Radz, G.M.:

Microabrasion- a conservative approach to removing surface staining.

Dent Econ 85, 70-71 (1995).

Nikiforuk, G.:

Understanding dental Caries.

Kapitel 4: The nature of tooth surface.

Bd.1 Karger Basel 1985: 83-118.

Nixon, P.J., Gahan, M., Robinson, S., Chan, M.F.:

Conservative aesthetic techniques for discoloured teeth:

1. The use of bleaching.

Dent Update 34, 98-100, 103-104, 107 (2007a).

Nixon, P.J., Gahan, M., Robinson, S., Chan, M.F.:

Conservative aesthetic techniques for discoloured teeth:

2. Microabrasion and composite.

Dent Update 34, 160-166 (2007b).

Olin, P.S., Lehner, C.R., Hilton, J.A.:

Enamel surface modification in vitro using hydrochloric acid pumice: an SEM investigation.

Quintess Int 19, 733-736 (1988).

Oliviera, F.S., Silva, S.M.B., Lanza, C.R.M., Machado, M.A.A.M., Marta, S.N.:

Clinical comparison of effectiveness of two enamel microabrasion techniques.

J Dent Res 79, 1080 A-1092 A (2000).

Otto, T.:

Gezielte Schmelzerosion/-abrasion: Behandlungen von Schmelzdysplasien mittels Mikroabrasionstechnik.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 109, 489-492 (1999).

Peariasamy, K., Anderson, P., Brook, A.H.:

A quantitative study of the effect of pumicing and etching on the remineralization of enamel opacities.

Intern J Pediatr Dent 11, 193-200 (2001).

Pourghadiri, M., Longhurst, P., Watson, T.F.:

A new technique for the controlled removal of mottled enamel:

Measurement of enamel loss.

Br Dent J 184, 239-241 (1998).

Sarrett, D.C.:

Tooth whitening today.

J Am Dent Assoc 133, 1535-1542 (2002).

Scherer, W., Quattrone, J., Chang, J., David, S., Vijayaraghavan, T.:

Removal of intrinsic enamel stains with vital bleaching and modified microabrasion.

Am J Dent 4, 99-102 (1991).

Schmidlin, P.R., Schug, J.:

Profilometrische Bestimmung des Substanzabtrages und

Oberflächenmorphologie nach Mikroabrasion in vivo.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 111, 1425-1435 (2001).

Schmidlin, P.R., Göhring, T.N., Schug, J., Lutz, F.:
Histological, morphological, profilometric and optical changes of human tooth
enamel after microabrasion.

Am J Dent 16 (Spec Iss), 4A-8A (2003).

Schroeder, H.E.:

Orale Strukturbiologie.

4. Aufl. Thieme Stuttgart 1992: 37-51, 71-85.

Schroeder, H.E.:

Pathobiologie oraler Strukturen.

3. Aufl. Karger Basel 1997: 17-51, 72-78.

Schumacher, G.H., Schmidt, H.:

Anatomie und Biochemie der Zähne.

4. Aufl. Fischer Stuttgart 1990: 156-178.

Schulze, C.:

Anomalien, Missbildungen und Krankheiten der Zähne, des Mundes und der
Kiefer.

In: Becker, P.E. (Hrsg.):

Humangenetik.

Bd. 2 Thieme Stuttgart 1987: 345-351.

Segura, A., Donly, K.J., Wefel, J.S.:

The effects of microabrasion on bacterial colonization.

Am J Dent 10, 272-274 (1997a).

Segura, A., Donly, K.J., Wefel, J.S.:

The effects of microabrasion on demineralization inhibition of enamel surfaces.

Quintess Int 28, 463-466 (1997b).

Speer, C.P., Gehr, H.:

Pädiatrie.

2. Aufl. Springer 2005: 1100-1104 (Kap. 38.1-38.3).

Strampe, W.E., Brome, J.C., Murchinson, D.F., Rutledge, R.C., Snell, G.M.:

Rate of enamel loss with varied enamel microabrasion techniques.

J Dent Res 72 (Spec issue), 384, Abstr No 2245 (1993).

Sundfeld, R.H., Croll, T.P., Briso, A.L., De Alexandre, R.S., Sundfeld, D.N.:

Considerations about enamel microabrasion after 18 years.

Am J Dent 20, 67-72 (2007a).

Sundfeld, R.H., Rahal, V., Croll, T.P., De Alexandre, R.S., Briso, A.L.:

Enamel microabrasion followed by dental bleaching for patients after orthodontic treatment-case report.

J Esthet Restor Dent 19, 71-77 (2007b).

Thylstrup, A., Fejerskov, O.:

Clinical Appearance of dental fluorosis in permanent teeth in relation to histologic changes.

Community Dent Oral Epidemiol 6, 315-328 (1978).

Tong, L.S.M., Pang, M.K.M., Mok, N.Y.C., King, N.M., Wei, S.H.Y.:

The effects of etching, microabrasion and bleaching on surface enamel.

J Dent Res 72, 67-71 (1993).

Ulukapi, H.:

Effect of different bleaching techniques on enamel surfaces microhardness.

Quintess Int 38, 201-205 (2007).

Von Arx, T.:

Traumatologie im Milchgebiss (II): Langzeitergebnisse sowie Auswirkungen auf das Milchgebiss und die bleibende Dentition.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 101, 57-69 (1991).

Von Arx, T.:

Milchzahnintrusionen und Odontogenese der bleibenden Zähne.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 105, 11-17 (1995).

Waggoner, W.F., Johnston, W.M., Schuman, S., Schikowski, E.:

Microabrasion of human enamel in vitro using hydrochloric acid and pumice.

Pediatr Dent 11, 319-323 (1989).

Waggoner, W.F., Johnston, W.M., Cieslak, J.H., Coffey, A.M.:

Effects of abrasive grits and acid concentration on enamel microabrasion.

J Dent Res (Spec Iss), 174, Abstr No 527 (1990).

Weatherell, J.A., Hallsworth, A.S., Robsinson, C.:

Fluoride in the labial surface of permanent anterior teeth.

Caries Res 6, 67-68 (1972).

Weerheijm, K.L., Groen, H.J., Beentjes, V.E.V.M., Poorterman, J.H.G.:

Prevalence of cheese molars in eleven-year-old Dutch children.

J Dent Child 68, 259-262 (2001a).

Weerheijm, K.L., Jälevik, B., Alaluusua, S.:

Molar-Incisor Hypomineralisation (MIH).

Caries Res 35, 390-391 (2001b).

Welbury, R.R., Shaw, L.:

A simple technique for removal of mottling, opacities and pigmentation from enamel.

Dent Update 17, 161-163 (1990).

Welbury, R.R., Carter, N.E., Orth, M.:

The hydrochloric acid-pumice microabrasion technique in the treatment of postorthodontic decalcification.

Br J Orthod 20, 181-185 (1993).

Wetzel, W.E.:

Ursachen bräunlicher Schmelzverfärbungen an bleibenden Frontzähnen.

Pädiat Prax 46, 119-123 (1993/94).

Willis, G.P., Arbuckle, G.R.:

Orthodontic decalcification management with microabrasion.

IDA-Journal 71, 16-19 (1992).

Wong, F.S.L., Winter, G.B.:

Effectiveness of microabrasion technique for improvement of dental aesthetics.

Br Dent J 193, 155-158 (2002).

Pospiech, P., 3 M ESPE:

Keramik-Vollkeramik.

3 M ESPE Dental Medizin (2004).

7 Anhang

7.1 Tabellen und Diagramme

Tabelle 2. Historie der Mikroabrasionsbehandlungen.

Autor	Methodik	Verwendetes Mittel	Schmelzabtrag
MCINNES 1966 (IN VIVO)	- Applikation des Säure-Abrasiv-Gemisches mit einem Handapplikator auf einem Wattepellet - nach 15-30 min abwaschen	- 5 Teile 36 %-ige Hydrochloridsäure und 5 Teile 30 %-iges Hydrogenperoxid und 1 Teil Ether gemischt	„kaum erkennbarer Schmelzverlust!“ (Zitat)
BAILEY & CHRISTEN 1969 (IN VIVO)	- 54 bleibende Frontzähne wurden behandelt (27 gesunde und 27 unter Fluorose erkrankte) - 1x20-Min-Behandlung - das Säure-Gemisch wurde mit einer feinen Separierscheibe aufgetragen	- 5 Teile 36 %-ige Hydrochloridsäure und 5 Teile 30 %-iges Hydrogenperoxid und 1 Teil Ether gemischt	- 0,1 mm
CHANDRA & CHAWLA 1975 (IN VIVO)	- 93 Zähne wurden behandelt - Alkohol wurde auf die labialen Flächen appliziert - das Säure-Gemisch wurde mit rotierenden Sandpapierscheiben aufgetragen - bei 1000-2000 rpm mit Wasserspray abradert -> folgend Auftragen von Natriumhypochlorit und Polieren mit einer Glycerin-Bimsstein-Mischung	- 5 Teile 36 %-ige Hydrochloridsäure und 5 Teile 30 %-iges Hydrogenperoxid und 1 Teil Ether gemischt - 5,25 %-iges Natriumhypochlorit, Alkohol und Glycerin beigemischt	"vernachlässigbar!" (Zitat)
MCCLOSKEY 1984 (IN VIVO)	- die zu behandelnden Flächen der Zähne wurden mit einem Instrument, welches am Ende mit einer in Säure getränkten Watte umwickelt war, eingerieben - danach Behandlung mit dem Säure-Abrasiv-Gemisch in einem Polierkelch bei weniger als 2000 rpm für ein paar Sekunden	- 18 %-ige Hydrochloridsäure - danach: 18 %-ige Hydrochloridsäure und Bimsstein	Keine Angaben.

<p>MCCLOSKEY ÜBER KANE 1984</p>	<ul style="list-style-type: none"> - die labialen Flächen der Zähne wurden mit einem Instrument, welches am Ende mit einer in Säure getränkten Watte umwickelt war, eingerieben - folgend die Flamme eines Alkoholtorches draufgehalten - später dann ein heißes Instrument draufgedrückt -> oder: Säure-Abrasiv (feiner Bimsstein)-Gemisch aufgetragen mit einem Prophylaxe-Kelch in einem Winkelstück bei weniger als 2000 rpm 	<ul style="list-style-type: none"> - 18 %-ige Hydrochloridsäure mit oder ohne einem heißen Instrument 	<p>Keine Angaben.</p>
<p>CROLL & CAVANAUGH 1986A/B (IN VIVO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 7x5-Sek-Applikationen des Säure-Abrasiv-Gemisches - Säure-Abrasiv-Gemisch mit einem Holzkeil aufgetragen und mit leichtem Druck verrieben - danach jeweils 10 Sek absprayen - max. 10-12 Applikationen - am Ende 30 Sek Wasserspray und trocknen mit Luft - bis zu 6/7 Applikationen, insgesamt max. 12 Applikationen 	<ul style="list-style-type: none"> - 36 %-ige USP Hydrochloridsäure gemischt mit einer gleichen Menge an destilliertem Wasser zu 18 %-iger Hydrochloridsäure und danach gemischt mit feinem Bimsstein 	<p>Keine Angaben.</p>
<p>MURRIN & BARKMEIER 1986 (IN VIVO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Säure-Abrasiv-Gemisch wurde auf die Schmelzoberfläche eingerieben - für 5-10 Min, mit langsam rotierendem Winkelstück und einem Polierkelch bearbeitet - darauf folgend Bleichen mit Hydrogenperoxid und Hitze 	<ul style="list-style-type: none"> - 36 %-ige Hydrochloridsäure gemischt mit Bimsstein - Bleichen: 30 %-iges Hydrogenperoxid 	<p>Keine Angaben.</p>

<p>OLIN et al. 1988 (IN VITRO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Behandlung von extrahierten Frontzähnen - die mesiale Hälfte der bukkalen Flächen wurde mit klebendem Wachs abgedeckt, um eine Referenzfläche zu erhalten - die distale Hälfte wurde behandelt - 5-Sek-Intervalle - Säure-Abrasiv-Gemisch mit einem Prophylaxekelch in einem langsam rotierendem Winkelstück aufgetragen - bei leichtem Fingerdruck - nach jeder Applikation 10 Sek Wasserspray - Gruppe 1: 10x5 Sek - Gruppe 2: 20x5 Sek - Gruppe 3: ohne Bimsstein - Gruppe 4: mit Bimsstein -> am Ende 30 Sek Wasserspray 	<ul style="list-style-type: none"> - 10 Tropfen destilliertes Wasser - 10 Tropfen 37 %-ige Hydrochloridsäure ->18 %-ige Hydrochloridsäure gemischt mit Bimsstein 	<p>„Die Menge des Schmelzabriebes scheint von der Zeit, Stärke der Säure und dem Druck abhängig zu sein.“ (Zitat)</p>
<p>JACOBSSON-HUNT & HARRISON 1989 (IN VIVO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Behandlung von 14 Zähnen an fünf Patienten - 10x30-Sek-Applikationen mit rotierendem Instrument - dazwischen 10 Sek Wasserspray 	<ul style="list-style-type: none"> - 18 %-ige Hydrochloridsäure gemischt mit Bimsstein 	<p>- 2,5 μ</p>

CROLL ÜBER JACOBSSON- HUNT 1989A (IN VIVO)	- 10x30-Sek- Applikationen der PREMA® Compound- Paste mit dem PREMA Prototypmandrell™ - in einem 10:1 Winkelstück	- PREMA® Compound-Paste: 1,4 %-iges Hydrochloridsäuregel aus Salzsäure, Carborundum und Siliciumgel (ph-Wert: 3,2-3,5)	- weniger als 200 µm
CROLL 1989A/B (IN VIVO)	- 10x20-Sek- Applikationen der PREMA® Compound- Paste mit dem PREMA Prototypmandrell™ - in einem 10:1 Winkelstück	- PREMA® Compound-Paste: 1,4 %-iges Hydrochloridsäuregel aus Salzsäure, Carborundum und Siliciumgel (ph-Wert: 3,2-3,5)	Keine Angaben.
KENDELL 1989 (IN VITRO)	- Behandlung von 6 bleibenden extrahierten Frontzähnen - inzisingival wurde ein Klebeband zum Schutz der Referenzfläche aufgeklebt -> so wurde der Zahn in drei Flächen eingeteilt (zwei zu behandelnde und eine Fläche als Referenz) - Säure-Abrasiv- Gemisch wurde mit einem Holzkeil aufgetragen und mit leichtem Druck verrieben - Gruppe 1: 1x5-Sek-Applikation - Gruppe 2: 5x5-Sek-Applikation	- 18 %-ige Hydrochloridsäure gemischt mit feinem Bimsstein	- Gruppe 1: 7-22 µm - Gruppe 2: 36-62 µm
WAGGONER et al. 1989 (IN VITRO)	- Behandlung von drei extrahierten Molaren - 10x5-Sek- Applikationen des Säure-Abrasiv- Gemisches - Säure-Abrasiv- Gemisch wurde auf der Zahnoberfläche mit einem Holzkeil verrieben - nach jeder Applikation 10 Sek Wasserspray und trocknen	- 1 ml 18 %-ige Hydrochloridsäure gemischt mit 1 g Bimsstein (Medium)	- durchschnittlich 12 µm nach der ersten Applikation (5 Sek) - durchschnittlich 26 µm nach jeder folgenden Applikation von 5 Sek (25 % der labialen Schmelzdicke)

KILIAN & CROLL 1990 (IN VIVO)	<ul style="list-style-type: none"> - Mikroabrasion mit einem PREMA Prototypmandrell™ in einem 10:1 Winkelstück - 5-Min-Applikation mit Unterbrechungen 	<ul style="list-style-type: none"> - PREMA® Compound-Paste: 1,4 %-iges Hydrochloridsäuregel aus Salzsäure, Carborundum und Siliciumgel (ph-Wert: 3,2-3,5) 	Keine Angaben.
WAGGONER et al. 1990 (IN VITRO)	<ul style="list-style-type: none"> - Behandlung von 24 bleibenden, extrahierten Frontzähnen - Gruppe 1-7: 10x5-Sek-Applikationen des Säure-Abrasiv-Gemisches - Säure-Abrasiv-Gemisch wurde mit einem Holzkeil aufgetragen - nach jeder Applikation 10 Sek Wasserspray und trocknen 	<ul style="list-style-type: none"> - Gruppe 1-4: 18 %-ige Hydrochloridsäure gemischt mit Mehl oder Bimsstein: jeweils fein, medium, grobkörnig - Gruppe 5-7: 36 %-ige, 9 %-ige oder 4,5 %-ige Hydrochloridsäure gemischt mit Bimsstein medium 	<ul style="list-style-type: none"> - für Mehl/feinem Bims-Säure-Gemisch: 24 µm - für das medium Bims-Säure-Gemisch: 26 µm - für das grobkörnige Bims-Säure-Gemisch: 19 µm - die Durchschnittsrate für die verschiedenen Säurekonzentrationen: 24 µm -> 36 %-ige HCl 20 µm -> 9 %-ige HCl 13 µm -> 4,5 %-ige HCl
WELBURY & SHAW 1990 (IN VIVO)	<ul style="list-style-type: none"> - es wurden pro Gruppe 6 Zähne mikroabradiert - das Säure-Abrasiv-Gemisch wurde mit einem Holzkeil auf der labialen Schmelzoberfläche hin- und hergerieben - Gruppe 1: 5x5-Sek-Applikationen - Gruppe 2: 10x5-Sek-Applikationen - Gruppe 3: 15x5-Sek-Applikationen - nach jeder Applikation absprayen mit destilliertem Wasser 	<ul style="list-style-type: none"> - 18 %-ige Hydrochloridsäure gemischt mit feinem Bimsstein 	<ul style="list-style-type: none"> - 5 Applikationen: 45,4 µm - 10 Applikationen: 73,9 µm - 15 Applikationen: 100,1 µm
DONLY et al. 1992 (IN VITRO)	<ul style="list-style-type: none"> - Behandlung von 15 extrahierten Frontzähnen - 10x20-Sek-Applikationen der PREMA® Compound-Paste - in einem PREMA Prototypmandrell™ und langsam rotierendem 10:1 Winkelstück - mit leichtem Druck - Wasserspray nach jeder Applikation 	<ul style="list-style-type: none"> - PREMA® Compound-Paste: 1,4 %-iges Hydrochloridsäuregel aus Salzsäure, Carborundum und Siliciumgel (ph-Wert: 3,2-3,5) 	Keine Angaben.

WILLIS & ARBUCKLE 1992 (IN VIVO)	- Behandlung von 6 Frontzähnen - das Säure-Abrasiv- Gemisch wurde mit einem Holzkeil auf die labialen Flächen der zu behandelnden Zähne aufgetragen - mit leichtem Fingerdruck für 5 Sek engerieben - 10 Sek Wasserspray	- 18 %-ige Hydrochloridsäure gemischt mit feinem Bimsstein	Keine Angaben.
KILPATRICK & WELBURY 1993 (IN VIVO)	- Behandlung von 31 Patienten - das Säure-Abrasiv- Gemisch wurde mit einem Holzkeil auf die labialen Flächen der zu behandelnden Zähne aufgetragen - für 5 Sek ingerieben - maximal 10 Applikationen - am Ende 30 Sek Wasserspray	- 18 %-ige Hydrochloridsäure gemischt mit feinem Bimsstein	Keine Angaben.

<p>STRAMPE et al. 1993 (IN VITRO)</p>	<p>- 60 extrahierte Zähne wurden behandelt (jeweils 10 Zähne)</p> <p>- Zeit der Behandlung in Total: 15 Min</p> <p>- Applikationen mit Prophylaxekelch oder mit dem PREMA Prototypmandrell™</p> <p>- in einem langsam rotierendem Winkelstück</p>	<p>- Gruppe 1: Bimsstein-Wasser-Gemisch</p> <p>- Gruppe 2: Bimsstein-37 %-iges Phosphorsäuregel-Gemisch</p> <p>- Gruppe 3: Bimsstein-18 %-ige Hydrochloridsäure-Gemisch</p> <p>- Gruppe 4: PREMA® Compound-Paste (1,4 %-iges Hydrochloridsäuregel aus Salzsäure, Carborundum und Siliciumgel)-Wasser-Gemisch (ph-Wert: 3,2-3,5)</p> <p>- Gruppe 5: PREMA® Compound-Paste (1,4 %-iges Hydrochloridsäuregel aus Salzsäure, Carborundum und Siliciumgel)-37 %-ige Phosphorsäure (flüssig)-Gemisch</p> <p>- Gruppe 6: PREMA® Compound-Paste (1,4 %-iges Hydrochloridsäuregel aus Salzsäure, Carborundum und Siliciumgel)-18 %-ige Hydrochloridsäure-Gemisch</p>	<p>- Durchschnittsrate:</p> <p>- Gruppe 1: 3 µm/min</p> <p>- Gruppe 2: 41 µm/min</p> <p>- Gruppe 3: 88 µm/min</p> <p>- Gruppe 4: 15 µm/min</p> <p>- Gruppe 5: 37 µm/min</p> <p>- Gruppe 6: 64 µm/min</p>
---------------------------------------	---	---	--

<p>TONG et al. 1993 (IN VITRO)</p>	<p>- 24 extrahierte Zähne (18 Prämolaren und sechs Frontzähne)</p> <p>- Reinigung der Zähne mit Bimsstein und Polierkelch für 10 Sek</p> <p>- Gruppe 1: 10x5-Sek-Applikationen des Säure-Abrasiv-Gemisches in einem Prophylaxekelch (Ø: 6 mm) und langsam rotierendem Winkelstück mit leichtem Fingerdruck</p> <p>- Gruppe 2: 20x5 Sek, s.o.</p> <p>- Gruppe 3: 100 Sek -> aufgetragen mit einem Mullbindenstück</p> <p>- Gruppe 4: 30 Sek ätzen</p> <p>- Gruppe 5: 30 Sek ätzen, folgend 30 Min mit einem Mullbindenstück</p> <p>- am Ende 60 Sek Wasserspray</p>	<p>- Gruppe 1-2: 18 %-ige Hydrochloridsäure gemischt mit feinem Bimsstein</p> <p>- Gruppe 3: 18 %-ige Hydrochloridsäure alleine</p> <p>- Gruppe 4: 37 %-ige Phosphorsäure</p> <p>- Gruppe 5: 37 %-ige Phosphorsäure und folgend 30 Min mit 30 %-igem Hydrogenperoxid und Bleichlampe</p>	<p>- Gruppe 1: 160 +/- 33µm</p> <p>- Gruppe 2: 360 +/- 130 µm</p> <p>- Gruppe 3: 100 +/- 47 µm</p> <p>- Gruppe 4: 5,7 +/- 1,8 µm</p> <p>- Gruppe 5: 5,3 +/- 1,6 µm</p> <p>-> zeitabhängig</p>
<p>WELBURY et al. 1993 (IN VIVO)</p>	<p>- 5-Sek-Applikation des Säure-Abrasiv-Gemisches in einem Polierkelch</p> <p>- bei unterster Drehzahl mit Wasserspray</p> <p>- max.10 Applikationen</p> <p>- am Ende 30 Sek Wasserspray</p>	<p>- 18 %-ige Hydrochloridsäure gemischt mit feinem Bimsstein</p>	<p>- bis zu 250 µm</p>
<p>CROLL & BULLOCK 1994 (N VIVO)</p>	<p>- Mikroabrasion mit einem PREMA Prototypmandrell™ in einem 10:1 Winkelstück</p> <p>- mit leichtem Fingerdruck</p> <p>- 30-40-Sek-Applikationen</p> <p>- ca. 6 Applikationen</p>	<p>- PREMA® Compound-Paste: 1,4 %-iges Hydrochloridsäuregel aus Salzsäure, Carborundum und Siliciumgel (ph-Wert: 3,2-3,5)</p>	<p>Keine Angaben.</p>

ATTIN & KIELBASSA 1995 (IN VIVO)	- Mikroabrasion der Zahnoberfläche mit dem Säure-Abrasiv-Gemisch in einem langsam rotierenden Polierkelch	- 10-18 %-ige Hydrochloridsäure gemischt mit Bimsstein	- bis zu 75 µm
CHAN et al. 1995 (IN VITRO)	<p>- Behandlung von 24 OK-Frontzähnen</p> <p>- Gruppe 1: 5x5-Sek-Applikationen</p> <p>- Gruppe 2: 10x5-Sek-Applikationen</p> <p>- Gruppe 3: 15x5-Sek-Applikationen</p> <p>- Gruppe 4: 20x5-Sek-Applikationen</p> <p>- nach jeder Applikation 10 Sek Wasserspray und trocken blasen</p> <p>- Applikation der PREMA® Compound-Paste in einem PREMA Prototypmandrell™ und langsam rotierendem Winkelstück (10:1) mechanisch oder mit PREMA Handapplikator™ manuell</p>	- PREMA® Compound-Paste: 1,4 %-iges Hydrochloridsäuregel aus Salzsäure, Carborundum und Siliciumgel (ph-Wert: 3,2-3,5)	<p>- Mechanisch:</p> <p>Gruppe 1: 104 µm</p> <p>Gruppe 2: 140 µm</p> <p>Gruppe 3: 221 µm</p> <p>Gruppe 4: 308 µm</p> <p>- Manuell:</p> <p>Gruppe 1: 108 µm</p> <p>Gruppe 2: 143 µm</p> <p>Gruppe 3: 209 µm</p> <p>Gruppe 4: 293 µm</p>

<p>DALZELL et al. 1995 (IN VITRO)</p>	<p>- 27 extrahierte Prämolaren - die Kontrollfläche wurde bukkal am Scheitelpunkt mit Nagellack und Wachs vor Abrasion geschützt und so die Oberfläche in 2 Flächen (re und li) geteilt -> 54 zu abradierende Flächen wurden so hergestellt ->27 verschiedene Behandlungskombinationen</p> <p>- Gruppe 1: 5x5-Sek-Applikationen bei einem Druck von 10 g, 20 g und 30 g - Gruppe 2: 10x5-Sek-Applikationen bei einem Druck s.o. - Gruppe 3: 15x5-Sek-Applikationen bei einem Druck s.o. - Gruppe 4: 5x10-Sek-Applikationen bei einem Druck s.o. - Gruppe 5: 10x10-Sek-Applikationen bei einem Druck s.o. - Gruppe 6: 15x10-Sek-Applikationen bei einem Druck s.o. - Gruppe 7: 5x20-Sek-Applikationen bei einem Druck s.o. - Gruppe 8: 10x20-Sek-Applikationen bei einem Druck s.o. - Gruppe 9: 15x20-Sek-Applikationen bei einem Druck s.o. -> das Säure-Abrasive-Gemisch wurde mit einem PREMA™ Plastik Applikator (Ø: 3,0 mm) Aufgetragen</p> <p>- nach jeder Applikation 10 Sek Wasserspray und trocknen</p>	<p>- 1 ml 18 %-iger Hydrochloridsäure gemischt mit 1 g feinem Bimsstein</p>	<p>- Gruppe 1: 10 g: 103 µm 20 g: 111 µm 30 g: 159 µm</p> <p>-Gruppe 2: 10 g: 127 µm 20 g: 178 µm 30 g: 213 µm</p> <p>-Gruppe 3: 10 g: 170 µm 20 g: 204 µm 30 g: 266 µm</p> <p>- Gruppe 4: 10 g: 87 µm 20 g: 108 µm 30 g: 196 µm</p> <p>- Gruppe 5: 10 g: 107 µm 20 g: 229 µm 30 g: 260 µm</p> <p>- Gruppe 6 : 10 g: 127 µm 20 g: 261 µm 30 g: 319 µm</p> <p>- Gruppe 7: 10 g: 206 µm 20 g: 216 µm 30 g: 308 µm</p> <p>-Gruppe 8: 10 g: 244 µm 20 g: 352 µm 30 g: 381 µm</p> <p>- Gruppe 9: 10 g: 292 µm 20 g: 420 µm 30 g: 588 µm</p> <p>-> der Schmelzverlust steigt mit Zunahme der einzelnen Variablen (Applikationen, Druck, Zeit) separat</p> <p>-> wenn zwei oder mehr der Variablen steigen, steigt der Schmelzverlust gleichzeitig</p>
---------------------------------------	--	---	---

<p>NASH & RADZ 1995 (IN VIVO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mikroabrasion mit der PREMA[®] Compound-Paste im PREMA Prototypmandrell[™] - in einem langsam rotierenden Winkelstück - 30-Sek-Applikation - nach jeder Applikation Wasserspray - 2 Applikationen in Total 	<ul style="list-style-type: none"> - PREMA[®] Compound-Paste: 1,4 %-iges Hydrochloridsäuregel aus Salzsäure, Carborundum und Siliciumgel (ph-Wert: 3,2-3,5) 	<p>Keine Angaben.</p>
<p>BAUR & SCHÄRER 1997 (IN VIVO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 5-Sek-Applikation des Säure-Abrasiv-Gemisches auf die Zahnoberfläche - mit grünem oder blauem langsam rotierendem Winkelstück - zwischen den Applikationen Wasserspray - max. 3-5 Applikationen pro Sitzung - am Ende Wasserspray 	<ul style="list-style-type: none"> - 17 %-ige Hydrochloridsäure gemischt mit feinem Bimsstein 	<p>- 250 µm pro Behandlung</p>
<p>SEGURA et al. 1997B (IN VITRO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 20 extrahierte OK-Frontzähne wurden mikroabradiert - Gruppe 1: Mikroabrasion mit 5 Applikationen PREMA[®] Paste - Gruppe 2: nur 1 % Natrium-Fluoridbehandlung - Gruppe 3: nur Mikroabrasion - Gruppe 4: keine Behandlung 	<ul style="list-style-type: none"> - PREMA[®] Compound-Paste: 1,4 %-iges Hydrochloridsäuregel aus Salzsäure, Carborundum u. Siliciumgel (ph-Wert: 3,2-3,5) 	<p>- 12-25 µm pro Applikation</p>

ERDOGAN 1998 (IN VIVO)	<ul style="list-style-type: none"> - Zähne wurden mit Luft getrocknet - das Säure-Abrasiv-Gemisch wurde mit einem Wattestäbchen aufgetragen - 5 Sek darauf gelassen und folgend 10 Sek unter Druck mikroabradiert - am Ende Wasserspray 	- Mischung aus 18 %-iger Hydrochloridsäure und Quartspulver	Keine Angaben.
POURGHADIRI et al. 1998 (IN VIVO)	<ul style="list-style-type: none"> - 22 Frontzähne wurden behandelt - 30-Sek-Applikationen der Säure -> folgend Bearbeitung der Schmelzoberfläche mit einem Finierer (12-Blatt) 	- 35 %-ige Phosphorsäure und anschließender Schmelzabtrag mit einem 12- Blatt Hartstahlfinierer	- 164 µm
CROLL & HELPIN 2000 (IN VIVO)	<ul style="list-style-type: none"> - bei 500 rpm und 10:1 Winkelstück Mikroabrasion mit der Opalustre® Paste im OpalCups-Bristle™ Applikator - leicht in die Zahnoberfläche gerieben - die 2er 90-Sek-Applikationen - die 1er 3-4-Min-Applikationen - nach jeder Applikation 30-40 Sek Wasserspray 	- 6,6 %-ige Opalustre®-Paste aus 9-12 %-iger Hydrochloridsäure und Siliciumcarbid (ph-Wert: 0,2)	<ul style="list-style-type: none"> - "bedeutungslos und klinisch nicht erkennbar" - weniger als 150 µm (persönliches Gespräch mit Sundfeld R.H.)
ELKHAZINDAR & WELBURY 2000 (IN VIVO)	<ul style="list-style-type: none"> - Mikroabrasion mit dem Säure-Abrasiv-Gemisch in einem Polierkelch, im 10:1 Winkelstück - oder mit einem Holzkeil über die Zahnfläche verrieben - 5-Sek-Applikation - 5 Sek Wasserspray - max. 10 Applikationen 	- 18 %-ige Hydrochloridsäure gemischt mit feinem Bimsstein	Keine Angaben.

<p>OLIVIERA et al. 2000 (IN VIVO)</p>	<p>- Gruppe 1 (47 Zähne) + 2 (47 Zähne) Behandlung mit jeweiliger Paste:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5-12-Applikationen - jeweils 10-15 Sek - nach jeden 20 Sek Wasserspray 	<p>- Gruppe 1: PREMA® Compound- Paste: 1,4 %-iges Hydrochloridsäuregel aus Salzsäure, Carborundum und Siliciumgel (ph-Wert: 3,2-3,5)</p> <p>- Gruppe 2: 37 %-ige Phosphorsäure gemischt mit feinem Bimsstein</p>	<p>Keine Angaben.</p>
<p>PEARIASAMY et al. 2001 (IN VITRO)</p>	<p>- Behandlung von 32 extrahierten, bleibenden Molaren</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gruppe 1: 20 Zähne mit Opazitäten - Gruppe 2: 12 Zähne ohne Opazitäten <p>jeweils 15 extrahierte Molaren mit diffusen Opazitäten</p> <ul style="list-style-type: none"> - die Referenzfläche wurde mit säurefestem Lack auf der bukkalen Fläche abgedeckt - alle Zähne wurden folgender Behandlung unterzogen: <p>1.:</p> <p>Abrasion für 30-35 Sek mit jeweiliger Paste und einem Borstenbürstchen in einem herkömmlichen Winkelstück</p> <p>(-> für jeden Zahn wurde eine neue Bürste verwendet)</p> <p>2.:</p> <p>Ätzen mit 37,5 %-iger Phosphorsäure für 2 Min mit einem soften Bürstchen</p> <p>3.:</p> <p>Abrasion für 30-35 Sek</p> <p>4.:</p> <p>Ätzen für 1 Min</p> <ul style="list-style-type: none"> - nach dem Ätzen 30 Sek Wasserspray und 10 Sek Trocknen 	<p>- Gruppe 1+2: feine Polierpaste</p>	<p>- Gruppe 1+2: 34 ± 4 µm (30-40 µm)</p> <p>→ kein Unterschied in der Tiefe der Abrasion bei normalen Zähnen und Zähnen mit Opazitäten</p>

<p>SCHMIDLIN & SCHUG 2001 (IN VIVO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Zähne wurden trocken geblasen - 20-Sek-Applikation der Opalustre[®]-Paste - bei 300 rpm in dem OpalCups-Bristle[™] - bei Druck 200 g - nach der Applikation 40 Sek Wasserspray 	<ul style="list-style-type: none"> - 6,6 %-ige Opalustre[®] Paste aus 9-12 %-iger Hydrochloridsäure und Siliciumcarbid (ph-Wert: 0,2) 	<ul style="list-style-type: none"> - Zahn 21: 75,46 µm - Zahn 22: 39,49 µm - Zahn 11: 16,89 µm - Zahn 12: 28,94 µm
<p>DA SILVA et al. 2002 (IN VIVO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 5-12 mal 10-Sek-Abrasion mit der PREMA[®] Compound-Paste - mit langsam rotierendem Winkelstück - in einem PREMA Prototypmandrell[™] - nach jeder Applikation 20 Sek Wasserspray -> 5 Applikationen waren für die Phosphorsäurepaste notwendig und 10 Applikationen für die PREMA[®] Compound-Paste 	<ul style="list-style-type: none"> - 37 %-ige Phosphorsäure gemischt mit feinem Bimsstein im Vergleich zu - PREMA[®] Compound-Paste: 1,4 %-iges Hydrochloridsäuregel aus Salzsäure, Carborundum und Siliciumgel (ph-Wert: 3,2-3,5) 	<ul style="list-style-type: none"> - 87,5 µm für die Phosphorsäurepaste - 36,58 µm für PREMA[®] Compound
<p>LYNCH & MCCONNEL 2003 (IN VIVO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 30-Sek-Applikation von 37 %-iger Phosphorsäure - folgend Mikroabrasion mit dem Säure-Abrasiv-Gemisch in einem Polierkelch für 10 Sek - 10 Applikationen 	<ul style="list-style-type: none"> - 18 %-ige Hydrochloridsäure gemischt mit feinem Bimsstein 	<p>Keine Angaben.</p>

<p>SCHMIDLIN et al. 2003 (IN VITRO)</p>	<p>- Behandlung an 16 extrahierten Molaren</p> <p>- Gruppe 1:</p> <p>1 mal 20-Sek-Applikation mit Nylonreinigungsbürstchen und einer Reinigungspaste (Pell-Ex[®]) bei 1000 rpm und langsam rotierendem Handstück bei einem Druck von 200 g</p> <p>- am Ende 20 Sek Wasserspray</p> <p>- Gruppe 2:</p> <p>1 mal 20-Sek-Applikation mit OpalCups-Bristle[™] bei 1000 rpm und langsam rotierendem Handstück bei einem Druck von 200 g</p> <p>- am Ende 20 Sek Wasserspray</p>	<p>- Gruppe 1: Pell-Ex[®]</p> <p>- Gruppe 2: 6,6 %-ige Opalustre[®] - Paste aus 9-12 %-iger Hydrochloridsäure und Siliciumcarbid (ph-Wert: 0,2)</p>	<p>- Gruppe 1: 134,8 +/- 35,5 µm</p> <p>- Gruppe 2: 4,5 +/- 1,2 µm</p>
<p>BEZERRA et al. 2005 (IN VIVO)</p>	<p>- Behandlung von bleibenden Frontzähnen von 15 Patienten</p> <p>- Gruppe 1:</p> <p>Mikroabrasion mit einem Polierkelch und dem Säure-Abrasiv-Gemisch, langsam rotierend für 10 Sek</p> <p>- 6 Applikationen</p> <p>- nach jeder Applikation 20 Sek Wasserspray</p> <p>- Gruppe 2:</p> <p>Mikroabrasion mit einem Polierkelch und dem Säure-Abrasiv-Gemisch, langsam rotierend für 5 Sek</p> <p>- 4 Applikationen</p> <p>- nach jeder Applikation 5 Sek Wasserspray</p>	<p>- Gruppe 1: 37 %-ige Phosphorsäure gemischt mit feinem Bimsstein</p> <p>- Gruppe 2: 18 %-ige Hydrochloridsäure gemischt mit feinem Bimsstein</p>	<p>Keine Angaben.</p>

<p>ARDU et al. 2007A/B (IN VIVO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aufbringen einer Schicht, von 2-3 mm Dicke, Opalustre®-Paste auf die zu behandelnde Zahnoberfläche - Mikroabrasion mit Opalustre®-Paste und OpalCups-Bristle™ in einem langsam rotierenden Winkelstück - 2 Applikationen a 60-120 Sek mit leichtem Druck 	<ul style="list-style-type: none"> - 6,6 %-ige Opalustre®-Paste aus 9-12 %-iger Hydrochloridsäure und Siliciumcarbid (ph-Wert: 0,2) 	<p>Keine Angaben.</p>
<p>MURPHY et al. 2007 (IN VIVO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 22 Patienten wurden behandelt, jeweils 2 Frontzähne oder Kanini - Säure-Abrasiv-Gemisch wurde mit einem Holzkeil auf die labialen Flächen der zu behandelnden Zähne aufgetragen - für 10 Sek eingerieben - Wasserspray - 10 Applikationen - am Ende 30 Sek Wasserspray 	<ul style="list-style-type: none"> -18 %-ige Hydrochloridsäure gemischt mit feinem Bimsstein 	<p>Keine Angaben.</p>
<p>NIXON et al. 2007B (IN VIVO)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aufbringen der Opalustre®-Paste auf die zu behandelnden Zähne - Mikroabrasion mit langsam rotierendem Winkelstück - 10-Sek-Intervalle - nach jeder Applikation Wasserspray - bis zu 10 Applikationen 	<ul style="list-style-type: none"> - 6,6 %-ige Opalustre® - Paste aus 9-12 %-iger Hydrochloridsäure und Siliciumcarbid (ph-Wert: 0,2) 	<ul style="list-style-type: none"> - 50-200 µm Schmelzreduktion durch diese Technik

SUNDFELD et al. 2007A (IN VIVO)	<ul style="list-style-type: none"> - eine kleine Menge der Mikroabrasionspaste wurde auf die zu behandelnden Schmelzverfärbungen oder -defekte aufgetragen - in OpalCups-Bristle™ und einem 10:1 Winkelstück - 1-Min-Intervalle - nach jeder Applikation Wasserspray - am Ende Wasserspray und trocknen 	<ul style="list-style-type: none"> - 6,6 %-ige Opalustre® -Paste aus 9-12 %-iger Hydrochloridsäure und Siliciumcarbid (ph-Wert: 0,2) 	<ul style="list-style-type: none"> - Opalustre® -Paste: 25 µm pro einminütiger Applikation 200 µm nach 10 x einminütiger Applikation
SUNDFELD et al. 2007B (IN VIVO)	<ul style="list-style-type: none"> - 1. Fallbericht: <ul style="list-style-type: none"> - Mikroabrasion mit Opalustre® in OpalCups-Bristle™ - 6-Sek-Intervalle - nach jeder Applikation Wasserspray - 2. Fallbericht: <ul style="list-style-type: none"> - Mikroabrasion mit PREMA® Compound im PREMA Prototypmandrell™ - 3-30-Sek-Applikationen 	<ul style="list-style-type: none"> - 1. Fallbericht: 6,6 %-ige Opalustre® -Paste aus 9-12 %-iger Hydrochloridsäure und Siliciumcarbid (ph-Wert: 0,2) - 2. Fallbericht: PREMA® Compound-Paste: 1,4 %-iges Hydrochloridsäuregel aus Salzsäure, Carborundum und Siliciumgel (ph-Wert: 3,2-3,5) 	Keine Angaben.
ULUKAPI 2007 (IN VITRO)	<ul style="list-style-type: none"> - Mikroabrasion an 30 extrahierten Zähnen - der Schmelz erweichte in den ersten 24 Stunden nach der Behandlung, aber erhärtete wieder nach 72 Stunden 	<ul style="list-style-type: none"> - 18 %-ige Hydrochloridsäure 	Keine Angaben.
KOCH & AUSCHILL 2008 (IN VIVO)	<ul style="list-style-type: none"> - Mikroabrasion an 11 und 21 (milde Fluorose) - Aufbringen einer ca. 1 mm dünnen Schicht der Opalustre®-Paste - Mikroabrasion mit OpalCups-Bristle™ bei geringer Umdrehungszahl für ca. 60 Sek, unter stetigem Druck - jeweils anschließend Wasserspray und Kontrolle der bukkalen Zahnkontur - 3x60-Sek-Applikationen 	<ul style="list-style-type: none"> - 6,6 %-ige Opalustre® -Paste aus 9-12 %-iger Hydrochloridsäure und Siliciumcarbid (ph-Wert: 0,2) 	Keine Angaben. (Herstellerangabe: Entfernung von Verfärbungen bis 0,2 mm Tiefe möglich)

Tabelle 3. Abrasionswerte zu 5-Sekunden Bearbeitungszeit (in μm).

	Zahn	Zeit	Probe	Schnitte	Abrasion	Differenz Abrasionswerte m/d	Mittelwert insgesamt m/d	Standardabweichung
Zahn 21	21 m	5	1	1	14,6	1,60	16,133	1,4572
	21 m	5	1	2	17,5	2,80		
	21 m	5	1	3	16,3	1,70		
	21 d	5	2	1	13		14,1	0,9539
	21 d	5	2	2	14,7			
	21 d	5	2	3	14,6			
insg. Zahn 21							15,117	1,5664
Zahn 34	34 m	5	3	1	14	-0,70	14,1	0,1732
	34 m	5	3	2	14	-0,70		
	34 m	5	3	3	14,3	0,30		
	34 d	5	4	1	14,7		14,467	0,4041
	34 d	5	4	2	14,7			
	34 d	5	4	3	14			
insg. Zahn 34							14,283	0,343
Zahn 42	42 m	5	5	1	15,2	1,20	14,2	0,9165
	42 m	5	5	2	14	0,60		
	42 m	5	5	3	13,4	1,20		
	42 d	5	6	1	14		13,2	0,9165
	42 d	5	6	2	13,4			
	42 d	5	6	3	12,2			
insg. Zahn 42							13,7	0,9859
Zahn 13	13 m	5	7	1	11,7	-1,10	12,633	0,8622
	13 m	5	7	2	13,4	0,60		
	13 m	5	7	3	12,8	-0,60		
	13 d	5	8	1	12,8		13	0,3464
	13 d	5	8	2	12,8			
	13 d	5	8	3	13,4			
insg. Zahn 13							12,817	0,621
Zahn 12a	12 m	5	9	1	13	-7,40	16,967	3,5388
	12 m	5	9	2	18,1	2,40		
	12 m	5	9	3	19,8	4,10		
	12 d	5	10	1	20,4		17,267	2,7135
	12 d	5	10	2	15,7			
	12 d	5	10	3	15,7			
insg. Zahn 12a							17,117	2,8252
Zahn 22	22 m	5	11	1	15,7	-1,80	15,333	1,193
	22 m	5	11	2	14	0,60		
	22 m	5	11	3	16,3	2,30		
	22 d	5	12	1	17,5		14,967	2,2143
	22 d	5	12	2	13,4			
	22 d	5	12	3	14			
insg. Zahn 22							15,15	1,6034
Zahn 12b	12b m	5	13	1	13,8	-2,50	13,933	1,6702
	12b m	5	13	2	14	-3,50		
	12b m	5	13	3	14,0	-2,90		
	12b d	5	14	1	16,3		16,9	0,8622
	12b d	5	14	2	17,5			
	12b d	5	14	3	16,9			
insg. Zahn 12b							15,417	0,3464
insgesamt	mesial						14,757	1,9302
	distal						14,843	2,0006
	insgesamt						14,8	1,9421

Tabelle 4. Abrasionswerte zu 50-Sekunden Bearbeitungszeit (in μm).

	Zahn	Zeit	Probe	Schnitte	Abrasion	Differenz Abrasionswerte m/d	Mittelwert insgesamt m/d	Standardabweichung
Zahn 11a	11a m	50	15	1	19,2	-0,60	19	0,3464
	11a m	50	15	2	19,2	-0,60		
	11a m	50	15	3	18,6	-0,60		
	11a d	50	16	1	19,8		19,6	0,3464
	11a d	50	16	2	19,8			
	11a d	50	16	3	19,2			
insg.Zahn11a							19,3	0,4517
Zahn 11b	11b m	50	17	1	25,3	-1,40	23,767	2,5697
	11b m	50	17	2	20,8	-5,10		
	11b m	50	17	3	25,2	-1,10		
	11b d	50	18	1	26,7		26,3	0,4
	11b d	50	18	2	25,9			
	11b d	50	18	3	26,3			
insg.Zahn11b							25,033	2,1519
Zahn 11c	11c m	50	19	1	22,1	3,50	21,767	0,2887
	11c m	50	19	2	21,6	3,50		
	11c m	50	19	3	21,6	4,30		
	11c d	50	20	1	18,6		18	0,6557
	11c d	50	20	2	18,1			
	11c d	50	20	3	17,3			
insg.Zahn11c							19,883	2,1123
Zahn 13	13 m	50	21	1	19,2	0,00	19,033	0,3786
	13 m	50	21	2	18,6	0,00		
	13 m	50	21	3	19,3	-1,70		
	13 d	50	22	1	19,2		19,6	1,249
	13 d	50	22	2	18,6			
	13 d	50	22	3	21			
insg. Zahn 13							19,317	0,8819
Zahn 21	21 m	50	23	1	19,2	3,30	18,333	0,8505
	21 m	50	23	2	18,3	0,90		
	21 m	50	23	3	17,5	1,20		
	21 d	50	24	1	15,9		16,533	0,7767
	21 d	50	24	2	17,4			
	21 d	50	24	3	16,3			
insg. Zahn 21							17,433	1,2258
Zahn 12	12 m	50	25	1	22,1	-1,80	20,7	1,4526
	12 m	50	25	2	20,8	-0,80		
	12 m	50	25	3	19,2	-0,60		
	12 d	50	26	1	23,9		21,767	2,0551
	12 d	50	26	2	21,6			
	12 d	50	26	3	19,8			
insg. Zahn 12							21,233	1,6955
Zahn 44	44 m	50	27	1	24,5	0,60	24,267	0,8737
	44 m	50	27	2	25,0	0,70		
	44 m	50	27	3	23,3	1,20		
	44 d	50	28	1	23,9		23,433	1,1719
	44 d	50	28	2	24,3			
	44 d	50	28	3	22,1			
insg. Zahn 44							23,85	1,031
insgesamt	mesial						20,981	2,4802
	distal						20,748	3,3016
	insgesamt						20,864	2,8865

Tabelle 5. Abrasionswerte zu 100-Sekunden Bearbeitungszeit (in μm).

	Zahn	Zeit	Probe	Schnitte	Abrasion	Differenz Abrasionswerte m/d	Mittelwert insgesamt m/d	Standardabweichung
Zahn 32	32 m	100	29	1	25	2,90	27,733	2,3671
	32 m	100	29	2	29,1	6,10		
	32 m	100	29	3	29,1	6,40		
	32 d	100	30	1	22,1		22,6	0,4583
	32 d	100	30	2	23			
	32 d	100	30	3	22,7			
insg. Zahn 32							25,167	3,1985
Zahn 31a	31a m	100	31	1	25,7	0,10	24,467	1,2503
	31a m	100	31	2	23,2	-1,10		
	31a m	100	31	3	24,5	2,80		
	31a d	100	32	1	25,6		23,867	1,9858
	31a d	100	32	2	24,3			
	31a d	100	32	3	21,7			
insg. Zahn 31a							24,167	1,5201
Zahn 42	42 m	100	33	1	24	5,40	23,533	0,4041
	42 m	100	33	2	23,3	4,70		
	42 m	100	33	3	23,3	4,70		
	42 d	100	34	1	18,6		18,6	0
	42 d	100	34	2	18,6			
	42 d	100	34	3	18,6			
insg. Zahn 42							21,067	2,7142
Zahn 31b	31b m	100	35	1	28,5	3,50	26,767	1,5308
	31b m	100	35	2	26,2	-0,80		
	31b m	100	35	3	25,6	-1,20		
	31b d	100	36	1	25		26,2	1,0392
	31b d	100	36	2	26,8			
	31b d	100	36	3	26,8			
insg. Zahn 31b							26,483	1,2106
Zahn 41a	41a m	100	37	1	15,8	2,30	13,967	1,6503
	41a m	100	37	2	13,5	2,00		
	41a m	100	37	3	12,6	1,50		
	41a d	100	38	1	13,5		12,033	1,2858
	41a d	100	38	2	11,5			
	41a d	100	38	3	11,1			
insg. Zahn 41a							13	1,6947
Zahn 41b	41b m	100	39	1	22,7	-0,60	23,7	0,9165
	41b m	100	39	2	24,5	0,60		
	41b m	100	39	3	23,9	2,30		
	41b d	100	40	1	23,3		22,933	1,193
	41b d	100	40	2	23,9			
	41b d	100	40	3	21,6			
insg. Zahn 41b							23,317	1,04
Zahn 24	24 m	100	41	1	35,5	-1,40	35,7	0,9165
	24 m	100	41	2	34,9	6,00		
	24 m	100	41	3	36,7	11,70		
	24 d	100	42	1	36,9		30,267	6,0666
	24 d	100	42	2	28,9			
	24 d	100	42	3	25			
insg. Zahn 24							32,983	4,8902
insgesamt	mesial						25,124	6,2476
	distal						22,357	5,8835
	insgesamt						23,74	6,1562

Tabelle 6. Mittelwertsvergleich (T-Test) zwischen der mesialen und distalen abradierten Zahnfläche der Versuchsreihen (jeweils sieben Zähne, 5-, 50-, 100-Sekunden). - ** Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem α -Niveau .05 hoch signifikant ($p \leq 0,001$).

Zeit (sec)	Zahn	Mittelwert (μm)		Standardabweichung (μm)		p-Wert	N ^{&}
		mesial	distal	mesial	distal		
5	21	16,133	14,100	1,457	0,954	0,113	3
5	34	14,100	14,467	0,173	0,404	0,222	3
5	42	14,200	13,200	0,917	0,917	0,252	3
5	13	12,633	13,000	0,862	0,346	0,532	3
5	12a	16,967	17,267	3,539	2,714	0,913	3
5	22	15,333	14,967	1,193	2,214	0,813	3
5	12b	13,933	16,900	0,116	0,600	0,001**	3
50	11a	19,000	19,600	0,346	0,346	0,101	3
50	11b	23,767	26,300	2,570	0,400	0,228	3
50	11c	21,767	18,000	0,289	0,656	0,001**	3
50	13	19,033	19,600	0,379	1,249	0,494	3
50	21	18,333	16,533	0,851	0,777	0,054	3
50	12	20,700	21,767	1,453	2,055	0,504	3
50	44	24,267	23,433	0,874	1,172	0,379	3
100	32	27,733	22,600	2,367	0,458	0,059	3
100	31a	24,467	23,867	1,250	1,986	0,681	3
100	42	23,533	18,600	0,404	0,000	0,002**	3
100	31b	26,767	26,200	1,531	1,039	0,624	3
100	41a	13,967	12,033	1,650	1,286	0,185	3
100	41b	23,700	22,933	0,917	1,193	0,427	3
100	24	35,700	30,267	0,917	6,067	0,200	3

[&]Anzahl der Schnitte pro Zahn, jeweils mesial und distal.

7.2 Legende der Abkürzungen

AI:	Amelogenesis imperfecta
d:	distal
EMS:	EXAKT-Mikroschleif-System
GMA:	Glykol-Methacrylat
HCl:	Hydrochloridsäure
KHN:	Knoop-Härtenummer
MIH:	Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation
MS:	mikroabradierter Schmelz
m:	mesial
PCB:	polychloriertes Biphenyl
US:	unbehandelter Schmelz (Referenzfläche)

7.3 Herstellerverzeichnis

Brüggemann GmbH und Co. KG	D-74076 Heilbronn
CASIO Europe GmbH	D-22848 Norderstedt
Costar GmbH	D-55294 Bodenheim
EXAKT Apparatebau GmbH und Co. KG	D-22851 Norderstedt
Hewlett-Packard GmbH	D-71034 Böblingen
Kerr Hawe	USA-84016 Salt Lake City
KaVo	D-88299 Leutkirch
Kulzer-EXAKT GmbH und Co. KG	D-22851 Norderstedt
Komet	D-32657 Lemgo
Kulzer GmbH und Co. KG	D-61273 Wehrheim
Leica Camera AG	D-35606 Solms
Merck KGaA	D-64293 Darmstadt
Micerium	Avegno-Italien
Microsoft GmbH	D-85716 Unterschleißheim
PSI Grünewald GmbH und Co. KG	D-69514 Laudenbach
Premier Dental Produkts Co. KG	USA-19404 Norristown
Renishaw GmbH	D-72124 Pliezhausen
Struers GmbH	D-40699 Erkrath
Ultradent Products Inc.	USA-84095 Utah(South Jordan)
SPSS GmbH Software	D-80339 München

Danksagung

Herrn Prof. Dr. med. dent. Bernd Klaiber danke ich besonders für die freundliche Überlassung des Themas und die Übernahme des Referates.

Herrn Prof. Dr. med. dent. Alfred Renk danke ich für die Übernahme des Koreferats.

Mein Dank gilt Frau Dr. med. dent. Carmen Anding, nicht nur für die Anregung zu diesem Thema, sondern auch für die stets freundliche Unterstützung in Planung und Beratung des Versuchsaufbaus.

Herrn Alois Spahn danke ich für die äußerst hilfreiche Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Untersuchungsergebnisse, die Ratschläge und die Bereitschaft sich mit dem Thema zu beschäftigen.

Zu großem Dank bin ich Frau R. Martin aus der Bibliothek der ZMK-Klinik Würzburg verpflichtet, die mir bei der Suche jeglicher Literaturangaben und Artikel, auch aus der Ferne stets geholfen hat.

Dank auch allen Mitarbeitern der Abteilung für Funktionswerkstoffe der Medizin und der Zahnheilkunde der Zahnklinik Würzburg, insbesondere bei Frau Isabell Biermann für ihre stetige, freundliche Unterstützung bei Fragen und Problemen.

Bei allen Familienmitgliedern und Freunden, die mir bei der Anfertigung dieser Arbeit große Geduld zeigten, möchte ich mich bedanken, ganz besonders bei Matthijs Mathlener.

Danken möchte ich auch Dustin Trigli-Weidenhiller und Sebastian Steffen für die geduldige, tatkräftige Unterstützung beim Überwinden mancher Computerprobleme.

