

Aus der Abteilung für Kieferorthopädie,
Orthodontie und Kinderzahnmedizin
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Demineralisation des Bracketumfeldes nach Anwendung
konventioneller und selbstkonditionierender
Schmelzadhäsivsysteme**

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Dominik Visel

aus Heidelberg

Datum der Promotion: 14.09.2018

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
Eidesstattliche Versicherung und ausführliche Anteilserklärung	25
Druckexemplare	28
Lebenslauf	66
Publikationsliste	67
Danksagung	69

Zusammenfassung

Kurzdarstellung

Jede kieferorthopädische Therapie mit festsitzenden Apparaturen birgt das Risiko der Entstehung von White-Spot-Läsionen im Bracketumfeld. Ziel dieser Untersuchung war es, in situ den Mineralverlust zweier selbstkonditionierender Systeme im Vergleich zu konventioneller Schmelzätzung zu untersuchen. Da die Tragedauer festsitzender Apparaturen ein entscheidender Faktor für die Entstehung von Schmelzläsionen ist, wurde in einem Literaturreview untersucht, ob minimalinvasive Maßnahmen wie piezochirurgische Verfahren oder Osteoperforation die kieferorthopädische Zahnbewegung beschleunigen können.

15 Versuchspersonen trugen für 28 Tage eine herausnehmbare Drahtbogen-Kunststoff-Schiene, in die jeweils humane Schmelzproben von extrahierten Weisheitszähnen eingearbeitet waren. Zwei selbstkonditionierende Adhäsivsysteme und ein konventionelles Schmelzätzverfahren wurden verwendet, um Brackets auf den Schmelzproben zu befestigen. Außerdem wurde auf jeder Seite je eine unbehandelte Schmelzprobe als Kontrollgruppe mitgeführt. Mittels quantitativer Lichtfluoreszenz (Inspektor Pro Intraoral Fluorescence Camera, Inspektor Research Systems BV) wurde der Mineralverlust als Fluoreszenzverlust (ΔF) in % bestimmt. Weiterhin wurde mittels Fokusvariation (Infinite Focus Mikroskop, Alicona Imaging) die Rauheit als S_a -Wert in nm bestimmt. Die Ausgangsmessung (T_0) erfolgte nach Bracketbefestigung und vor Eingliederung der Schiene. Jeweils nach 3 (T_1), 7 (T_2), 14 (T_3) und 28 (T_4) Tagen wurden der prozentuale Fluoreszenzabfall sowie die S_a -Werte der verwendeten Systeme mit den Ausgangswerten quantitativ verglichen.

Die Literatursuche für das Review erfolgte bis einschließlich Mai 2016 in den Datenbanken Pubmed und Google Scholar mit den Suchbegriffen „piezo“ AND „tooth movement“ sowie „osteoperforation“ und „piezopuncture“. Einschlusskriterien waren eine Beschränkung auf die Spezies Mensch sowie die transmukosale Chirurgie ohne Lappenbildung.

Die Untersuchung mittels QLF ergab für alle Adhäsivsysteme insgesamt eine Abnahme des Fluoreszenzverlustes, also eine Remineralisation. Diese war beim selbstkonditionierenden Transbond™ Plus am größten. Es gab jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Gruppen. Lediglich bei der Abschlussmessung nach vier Wochen war der Fluoreszenzverlust bei den mit

Transbond™ Plus befestigten Proben signifikant geringer als bei den Proben, die mit konventioneller Schmelzätztechnik vorbehandelt wurden. Die unbehandelten Schmelzproben wiesen während des gesamten Beobachtungszeitraumes einen zunehmenden Fluoreszenzverlust auf.

Die Literatursuche lieferte 576 Studien, davon erfüllten nur 13 Publikationen die Einschlusskriterien, 12 untersuchten die piezochirurgische Kortikozision und eine die Osteoperforation. Neun Artikel waren Patientenbeschreibungen, vier klinische Studien. Die beobachtete Beschleunigung in den vier Studien war inkonsistent und verschwand bei einer Studie bei Beurteilung der Gesamtbehandlungsdauer.

Die Demineralisation des Zahnschmelzes bei den untersuchten selbstkonditionierenden Adhäsiven unterscheidet sich nicht von der der konventionellen Konditionierung mittels Phosphorsäure.

Eine evidenzbasierte Aussage zum Einfluss minimalinvasiver Methoden auf die Geschwindigkeit der Zahnbewegung ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht möglich.

Abstract

Every treatment with fixed orthodontic appliances bears the risk of developing white spots adjacent to the bracket. The aim of this in-situ-study was to determine the mineral loss after using two self-etching primers and compare it to the traditional acid-etch technique.

Since the wearing period of fixed appliances is a decisive factor for the development of enamel lesions, it was analyzed in a systematic review, if piezosurgical procedures or osteoperforation could accelerate orthodontic tooth movement.

15 probands wore a removable orthodontic appliance for 28 days. In this appliance enamel specimens from extracted third molars were embedded. Two self-etching primers and a conventional acid-etch technique were used to fix brackets. On each side, one untreated specimen was integrated, which served as a control group. Mineral loss expressed in percentage fluorescence loss (ΔF in %) was assessed quantitatively with light-induced fluorescence (Inspektor Pro Intraoral Fluorescence Camera, Inspektor Research Systems BV). Furthermore the surface roughness (S_a -value in nm) was evaluated by means of a 3D scanning microscope (Focus variation scanning microscope, Alicona Imaging). The baseline measurement (T_0) was taken after fixing the brackets and before the appliance was incorporated. Further measurements were

taken after 3 (T1), 7 (T2), 14 (T3) and 28 (T4) days. The loss of fluorescence and the S_a -values of all used bonding agents were quantitatively compared.

The literature search in the databases Pubmed and Google Scholar was performed until May 2016 with the key words “piezo*” AND “tooth movement”, “osteoperforation” and “piezopuncture”. Inclusion criteria were a restriction on human species and a transmucosally surgical procedure without elevation of a mucoperiosteal flap.

The investigation using light induced fluorescence revealed for all three bonding agents a decrease of fluorescence loss, thus they received a remineralization. The greatest remineralization was detected for the self-etching system Transbond™ Plus. There were no significant differences between the three groups. Only at the final measurement after four weeks the specimens which were prepared with Transbond™ Plus showed significant lower values for fluorescence loss than the specimens which were prepared with conventional acid-etch technique. The untreated specimens revealed increasing ΔF -values during the whole observation period.

The literature search delivered 576 references. Only 13 publications fulfilled the inclusion criteria, 12 of them reported on piezosurgical corticocision and one on osteoperforation. Nine articles represented case series and only four were clinical trials. The reported acceleration in the four trials was inconsistent and in one article it disappeared when assessing the entire treatment.

There was no difference in demineralization by using the self-etching primer and the conventional acid-etch technique.

An evidence-based statement about the impact of minimally invasive methods on the tooth movement is at present not possible.

Einführung

Trotz Weiterentwicklung der kieferorthopädischen Materialien und Präventionsmaßnahmen ist jede Behandlung mit festsitzenden Apparaturen mit einem erhöhten Risiko der Kariesentstehung im Bracketumfeld verbunden. ¹⁻³

Kieferorthopädische Geräte erschweren nicht nur die Mundhygienemaßnahmen, sie erhöhen auch die Anzahl der Retentionsnischen. Bei unzureichender Mundhygiene entstehen zunächst oberflächliche Schmelzdemineralisationen, so genannte „White Spots“, welche bei fortbestehendem Ausbleiben prophylaktischer Maßnahmen schließlich zu profunden kariösen Läsionen werden können. ⁴⁻⁶

Die Zunahme oder Neubildung von Demineralisationen im Bracketumfeld während der kieferorthopädischen Therapie kann zu unbefriedigenden ästhetischen Ergebnissen führen und restaurative Maßnahmen erforderlich machen. ⁷

Welchen Einfluss dabei das zur Bracketbefestigung verwendete Adhäsivsystem auf den umliegenden Zahnschmelz hat, sollte in der vorliegenden Studie untersucht werden. Dabei wurden zwei selbstkonditionierende Adhäsivsysteme mit der konventionellen Schmelzätztechnik im Hinblick auf Demineralisationen im Bracketumfeld verglichen.

Zum Nachweis von Mineralverlusten im Bracketumfeld diene die quantitative Lichtfluoreszenz (QLF), eine nicht invasive, optische Methode zur Kariesdiagnostik, die auf der natürlichen Fluoreszenz des Zahnes basiert. ^{8,9}

Um die Schmelzdemineralisationen zu bewerten, wurde die Progredienz der Läsionstiefe anhand des prozentualen Fluoreszenzabfalls (ΔF in %) im Vergleich zur Ausgangsmessung gemessen. Die Fluoreszenz von Zahnschmelz steht in direktem Verhältnis zu seinem Mineralgehalt, wobei abnehmende Fluoreszenz höheren Mineralverlust bedeutet. ^{10,11} In der zweiten Arbeit wurde mittels Fokusvariation die Rauheit der Schmelzoberfläche nach Anwendung der verschiedenen Adhäsivsysteme untersucht.

Da auch die Behandlungsdauer ein wichtiger Faktor für die Entstehung von Demineralisationen im Bracketumfeld ist, sollte außerdem mittels eines systematischen Reviews untersucht werden, ob durch Piezotomie und Osteoperforation des Alveolarfortsatzes die orthodontische Zahnbewegung beschleunigt, die Behandlungsdauer verkürzt und somit die Gefährdung des Zahnschmelzes reduziert werden kann.

Material und Methodik

Versuchspersonen und Herstellung der Schiene

Für die ersten beiden Studien wurden 15 allgemeinmedizinisch gesunde Probandinnen und Probanden ausgewählt und mit einer intraoralen Apparatur ausgestattet, welche zur Aufnahme von humanen Schmelzproben diente.

In Bezug auf eine Typ I Fehlerwahrscheinlichkeit für einen zweiseitigen Test mit $\alpha=0,05$ und einer Power von 0,80 wurden 12 Versuchspersonen benötigt. Unter Berücksichtigung eines möglichen Probandenverlustes von 15 % wurde die Anzahl der Studienteilnehmerinnen und Studienteilnehmer auf 15 festgelegt.

Es lag ein positives Votum der Ethikkommission vor.

Für die Abformung wurde das Alginate Palgat Plus (3M ESPE™, Seefeld, Deutschland) verwendet. Auf Gipsmodellen aus Moldano®-Hartgips der Klasse 3 (Heraeus Kulzer, Hanau, Deutschland) wurden die Drahtbogen-Kunststoff-Schienen für den Unterkiefer angefertigt. Lingual der Zahnreihe verlief eine passive Haltevorrichtung aus federhartem Stahldraht (Durchmesser 0,9 mm, Dentaurum, Ispringen, Deutschland), die vestibulär der Molaren beidseits in je ein Kunststoffschild aus transparentem Kunststoff (Orthocryl®, Dentaurum, Ispringen, Deutschland) mündete. In die Kunststoffschilder wurden je vier Vertiefungen zur Aufnahme der Schmelzproben eingelassen (Abb. 1 und Abb. 4). Der Verlauf der Haltevorrichtung und das Ausmaß des Befestigungsanteils wurden so angepasst, dass Störkontakte beim Zusammenbeißen, Sprechen oder Schlucken ausgeschlossen werden konnten. Der Halt der Schienen im Unterkiefer erwies sich als ausreichend.



Abb. 1: Schiene auf Modell: In die Kunststoffschilder wurden anschließend je vier Vertiefungen für die Schmelzproben eingelassen.

Gewinnung und Bearbeitung der Proben

Zur Herstellung der Schmelzproben wurden 120 retinierte menschliche Weisheitszähne herangezogen. Aus der Bukkalfläche jedes Zahnes wurde je eine Probe gewonnen, welche eine annähernd rechteckige Form aufwies (Abb. 2).

Zur Abtötung von Mikroorganismen wurden die Proben plasmasterilisiert.¹² Dazu wurden sie 75 Minuten bei 50 °C Wasserstoff und Niedrigtemperaturplasma ausgesetzt.

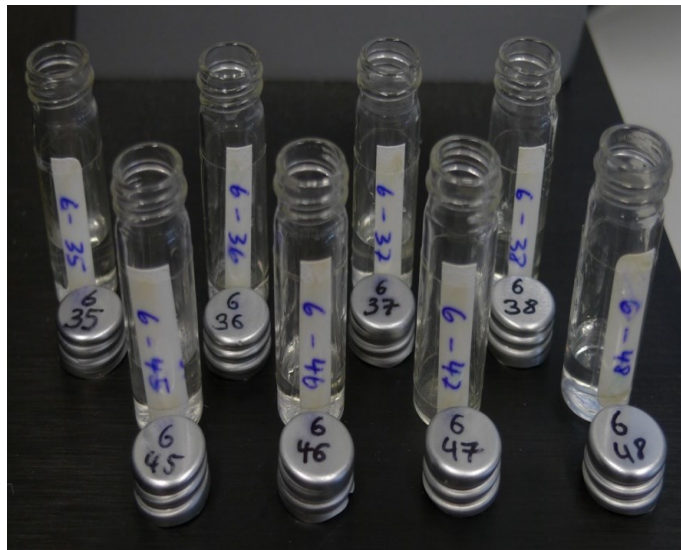


Abb. 2: Sterilisierte Schmelzproben. Abb. 3: Lagerung der Proben in destilliertem Wasser.

Eine Voruntersuchung mittels quantitativer Lichtfluoreszenz (QLF) sollte sicherstellen, dass die Proben noch keine Demineralisationen aufwiesen.

Zwischen den einzelnen Arbeitsschritten wurden die Proben in destilliertem Wasser aufbewahrt (Abb. 3).

Gruppeneinteilung und verwendete Adhäsivsysteme

Aus der Anzahl der zu untersuchenden Materialien und der vorgegebenen Zielstellung ergab sich folgende Versuchsgruppeneinteilung mit je 30 Proben in einer Gruppe:

- Gruppe A Kontrollgruppe (unbehandelt)
- Gruppe B **iBond™ Gluma® inside** (Heraeus Kulzer, Hanau, Deutschland)
- Gruppe C **Transbond™ Plus Self Etching Primer** (3M Unitek™, Seefeld, Deutschland)
- Gruppe D klassische Schmelzätzung mit 35%iger Phosphorsäure (**Etching Gel**, 3M Unitek™, Seefeld, Deutschland) und anschließendem Auftrag von **Transbond™ XT Primer** (3M Unitek™, Seefeld, Deutschland)

Jede Schiene enthielt acht Proben, je zwei aus jeder Gruppe, auf jeder Seite je eine. Es wurden zwei selbstkonditionierende Adhäsivsysteme (Gruppe B und C), sowie ein konventionelles Schmelzätztechnikverfahren (Gruppe D) angewendet.

Tabelle 1 zeigt die verwendeten Adhäsivsysteme, deren Anwendungsgebiete und die Bestandteile gemäß Herstellerangaben.

Produkt	Einsatz	Bestandteile
Transbond™ Plus Self Etching Primer (3M Unitek™)	selbstätzender Primer, Blister-Einmalapplikator-System	Wasser, methacrylierte Phosphorsäureester, Phosphinoxid, Stabilisator, Kampferchinon, Fluoridkomplex, Parabene
iBond™ Gluma® inside (Heraeus Kulzer)	selbstätzender Primer, Fläschchen	UDMA, 4-META, Glutaraldehyd, Azeton, Wasser, Stabilisatoren, Photoinitiatoren
Unitek™ Etching Gel (3M Unitek™)	Ätzelgel, Spritze	35%ige Phosphorsäure
Transbond™ XT Light Cure Orthodontic Adhesive Primer (3M Unitek™)	Primer für lichterhärtende Adhäsive, Fläschchen	Bis-GMA-TEGDMA

Tabelle 1: verwendete Adhäsivsysteme, Anwendungsgebiete und Bestandteile.

Kleben der Brackets

Die Proben der Gruppen B, C und D wurden mit vorbeschichteten Brackets (APC™ II Victory Series Brackets für untere Inzisivi mit 0.018 Slot, 3M Unitek™) versehen, wobei jeweils das entsprechend der Gruppeneinteilung vorgesehene Adhäsivsystem zum Einsatz kam. Anschließend wurden die Proben mit Klebewachs (Supradent Wachs, Oppermann, Bonn, Deutschland) in den Vertiefungen der Schiene fixiert (Abb. 4)



Abb. 4: Schiene mit bukkal eingearbeiteten Schmelzproben.

Prinzip der quantitativen Lichtfluoreszenz (QLF)

QLF ist eine nicht invasive optische Methode zur Kariesdiagnostik, welche sich die unterschiedlichen Fluoreszenzeigenschaften von gesundem und kariösem Schmelz zunutze macht.^{8,9} In sichtbarem Licht stellt sich eine typische initial kariöse Glattflächenläsion als weißlich opake Verfärbung (White Spot) dar. Die gleiche Läsion erscheint im Fluoreszenzlicht als dunkle Fläche auf der grünlich fluoreszierenden gesunden Schmelzoberfläche und kann dadurch besser wahrgenommen werden.^{8,13} Innerhalb der kariösen Läsion ändern sich die Streuungseigenschaften, der Streukoeffizient in einem White Spot ist im Vergleich zum umgebenden, gesunden Schmelz um den Faktor 5 bis 10 erhöht.^{14,15} Dies kommt durch die Auflösung der kristallinen Struktur und der damit verbundenen Zunahme an inneren Reflexionsflächen zustande.^{14,15} Dadurch erscheint die White-Spot-Läsion im Fluoreszenzlicht dunkel (Abb. 5 und 6).

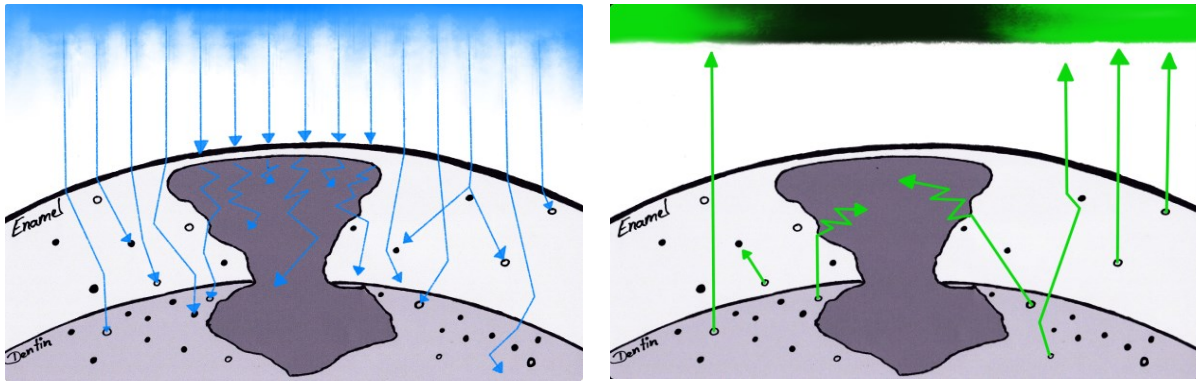


Abb. 5 und 6: Schema Funktionsweise der QLF:

Links: Das einfallende Licht wird innerhalb des Schmelzes und Dentins gestreut, es kommt zu Richtungsänderungen. Innerhalb der kariösen Läsion wird das Licht deutlich stärker gestreut und zusätzlich absorbiert, sodass die Intensität des eingestrahlt Lichts unterhalb der Läsion geringer ist als im benachbarten gesunden Gewebe.

Rechts: Nach Anregung durch eingestrahlt energiereiches Licht kommt es zur Fluoreszenz, wobei das emittierte Licht den gleichen optischen Gesetzen folgt wie das eingestrahlt Licht. Es kommt zur Lichtstreuung und –brechung sowie zur Absorption. Die kariöse Läsion erscheint im Vergleich zum umgebenden gesunden Gewebe als dunkle Fläche im ansonsten grün fluoreszierenden Bild.

Mithilfe einer CCD-Kamera (Charge-coupled Device) wird das Fluoreszenzbild aufgenommen und gespeichert, wodurch eine quantitative Analyse der Läsion ermöglicht wird. Eine softwareunterstützte Kalibrierung der Proben anhand von vorgegebenen Graustufen gewährleistet die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse. Mit der QLF-Analyse-Software erfolgt die Quantifizierung der Läsionen.

Vorversuche

Da die Auswertung der QLF-Bilder von der subjektiven Analyse des Untersuchers abhängt, kann es zu Ungenauigkeiten kommen. Um die Zuverlässigkeit der QLF-Analyse zu prüfen und den Einfluss verschiedener Untersucher auf die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu untersuchen, wurden Vorversuche durchgeführt. Außerdem sollten exakte Vorgaben für die praktische Durchführung ermittelt werden.

Ablauf des Hauptversuchs

Der gesamte Versuch erstreckte sich über 28 Tage, wobei eine tägliche Tragezeit der Apparatur von mindestens 20 h eingehalten werden sollte. Zur Dokumentation der Tragezeiten bekamen alle Versuchspersonen ein Tagebuch. Die Schiene wurde einmal täglich manuell mit einer Zahnbürste für eine Minute unter fließendem Wasser gereinigt.

Vor Eingliederung der Schiene wurde eine Ausgangsmessung (Baseline) vorgenommen. Zwischenmessungen fanden jeweils nach 3, 7 und 14 Tagen statt. Durch Erwärmen des Klebewachses konnten die Proben mit einem zahntechnischen Instrument aus der Schiene entfernt werden. Dann erfolgte die jeweilige Messung mittels quantitativer Lichtfluoreszenz und Fokusvariation. Nach Wiederbefestigung in der Schiene und anschließender Desinfektion in 70%igem Alkohol wurde die Schiene wieder eingegliedert. Die Abschlussmessung erfolgte nach 28 Tagen.

Die erhobenen Daten wurden mithilfe des Tabellenkalkulationsprogrammes Microsoft® Excel 2010 (Microsoft, Redmond, USA) erfasst und anschließend statistisch ausgewertet. Das Signifikanzniveau wurde mit $p < 0,05$ festgelegt.

QLF-Messung

Die praktische Durchführung der Aufnahme und Analyse der QLF-Bilder wurde zuvor hinreichend erprobt. Eigene Vorversuche konnten bestätigen, dass die QLF-Analyse zuverlässige und reproduzierbare Ergebnisse liefert, sowohl bei wiederholten Messungen eines Untersuchers, als auch bei verschiedenen Untersuchern.

Zur Aufnahme der Fluoreszenzbilder wurde die Probe mit der Schmelzoberfläche nach oben, orthogonal zur Achse des Lichtstrahls, auf dem Tisch positioniert. Eine zuvor gefertigte Haltevorrichtung aus Silikon und Kunststoff gewährleistete einen gleich bleibenden Abstand der Kamera zur Probe, sodass keine weitere vertikale Adjustierung nötig war (Abb. 7).

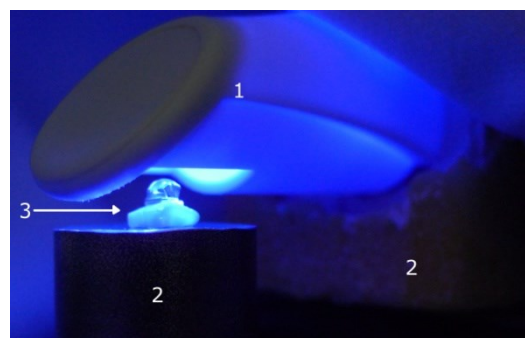


Abb. 7: Nahaufnahme des Versuchsaufbaus mit (1) dem QLF-Handstück, (2) Haltevorrichtungen, um identische Messpositionen zu gewährleisten, und (3) einer Schmelzprobe mit Bracket.

Mit der QLF-Analyse-Software (Inspektor™ Dental Care BV, Amsterdam, Niederlande) erfolgte die Quantifizierung der Läsionen. Grundlage für die Berechnungen stellt der nachgewiesene Zusammenhang zwischen Mineralverlust und Fluoreszenzverlust dar. ^{8,11} Abnehmende Fluoreszenz bedeutet dabei höherer Mineralverlust. ^{10,16} Die Software berechnet den Unterschied (ΔF) zwischen der Intensität der grünen Fluoreszenz an einem Punkt des Bildes und der Intensität einer virtuellen Rekonstruktion von gesundem Schmelz an demselben Punkt. Jeder Punkt im Bild, dessen Fluoreszenzverlust einen bestimmten Schwellenwert überschreitet, wird mit einer Farbe markiert, die von dunkelblau (geringer Fluoreszenzverlust) bis gelb (hoher Fluoreszenzverlust) reicht (Abb. 8).

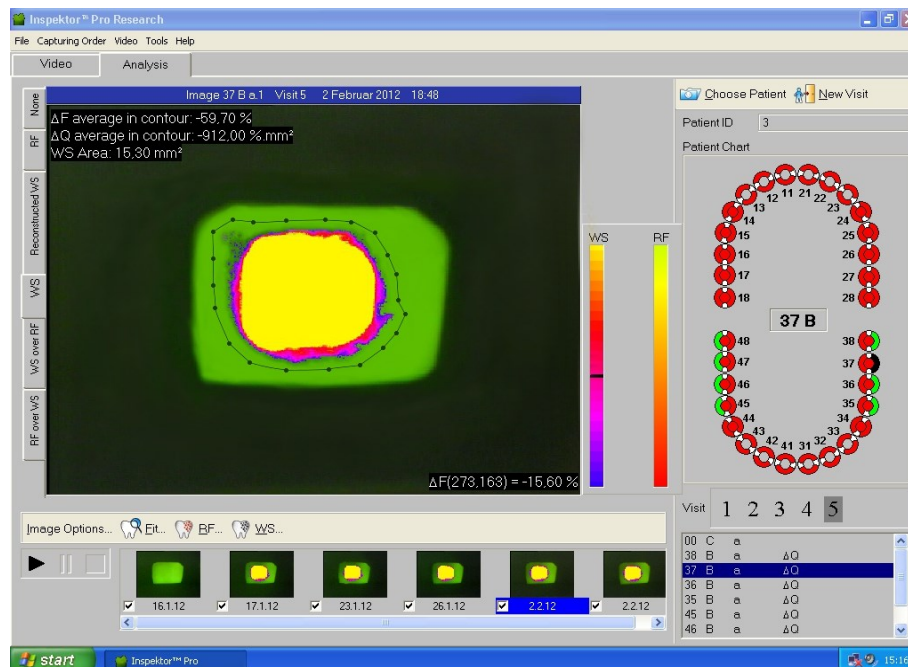


Abb. 8: QLF-Analyse: der Prozess wird manuell initiiert, indem der zu untersuchende Bereich per Mausklick festgelegt wird, wobei sich die Umrisslinie im gesunden Schmelz befindet. Der unterschiedliche Fluoreszenzverlust wird in verschiedenen Farben dargestellt.

Fokusvariation

Mithilfe des 3D-Oberflächenmesssystems **Infinite Focus** (IFM, Alicona Imaging, Grambach/Graz, Österreich), welches auf der Technologie der Fokusvariation basiert, wurde die Oberflächenbeschaffenheit des Zahnschmelzes im Bracketumfeld untersucht. Dazu wurde jeweils der S_a -Wert (arithmetischer Mittelwert der Höhen der

ausgewählten Flächen) bestimmt. Das Prinzip der Fokusvariation sowie die mittels Fokusvariation ermittelten Ergebnisse werden in der zweiten Publikation ausführlich erläutert.

Review zum Einfluss minimalinvasiver Verfahren auf die Zahnbewegung

Für die dritte Studie wurden zwei verschiedene wissenschaftliche Datenbanken (Pubmed und Google Scholar) nach den Suchbegriffen „piezo**“ AND „tooth movement“ sowie den Schlüsselwörtern „osteoperforation“ und „piezopuncture“ durchsucht. Die Suche ergab 576 Treffer und wurde dann anhand zuvor festgelegter Kriterien weiter eingeschränkt, sodass letztendlich 13 Studien übrig blieben, welche von zwei Untersuchern unabhängig nach einem 3-Punkte-Bewertungssystem beurteilt wurden.

Ergebnisse

Ergebnisse der Vorversuche

Es wurden keine signifikanten Unterschiede der ersten und zweiten Messung eines Untersuchers festgestellt. Der errechnete Methodenfehler erstreckte sich bei 10 Messungen von 0,05 bis 0,30 %.

Die Abweichungen bei verschiedenen Untersuchern sind zwar größer als bei zwei Analysen eines Untersuchers, aber dennoch nicht signifikant. Der errechnete Methodenfehler erstreckte sich von 0,12 bis 0,76 %.

Ergebnisse des Hauptversuchs

Die unbehandelten Proben wiesen als einzige steigende Werte für die Fluoreszenzverluste auf, was bedeutet, dass eine Demineralisation stattgefunden hat. Die Proben mit Brackets (Gruppe B, C und D) wiesen Remineralisationvorgänge auf. Sowohl zum Zeitpunkt T0 (Baseline), als auch zu allen anderen Zeitpunkten zeigte Gruppe C (Transbond™ Plus) die geringsten Fluoreszenzverluste. Die Unterschiede zu Gruppe B (iBond™) waren jedoch zu keinem Zeitpunkt signifikant. Verglichen mit Gruppe D (konventionelle Schmelzätztechnik) wies Gruppe C lediglich zum Zeitpunkt T4 signifikant geringere Fluoreszenzverluste auf (Mann-Whitney-U-Test). Abbildung 9 zeigt den Fluoreszenzverlust der Gruppen B, C und D über den zeitlichen Verlauf von vier Wochen. Hier wird deutlich, dass ein signifikanter Unterschied lediglich zum

Zeitpunkt T4 zwischen den Gruppen C und D besteht ($p=0,03$).

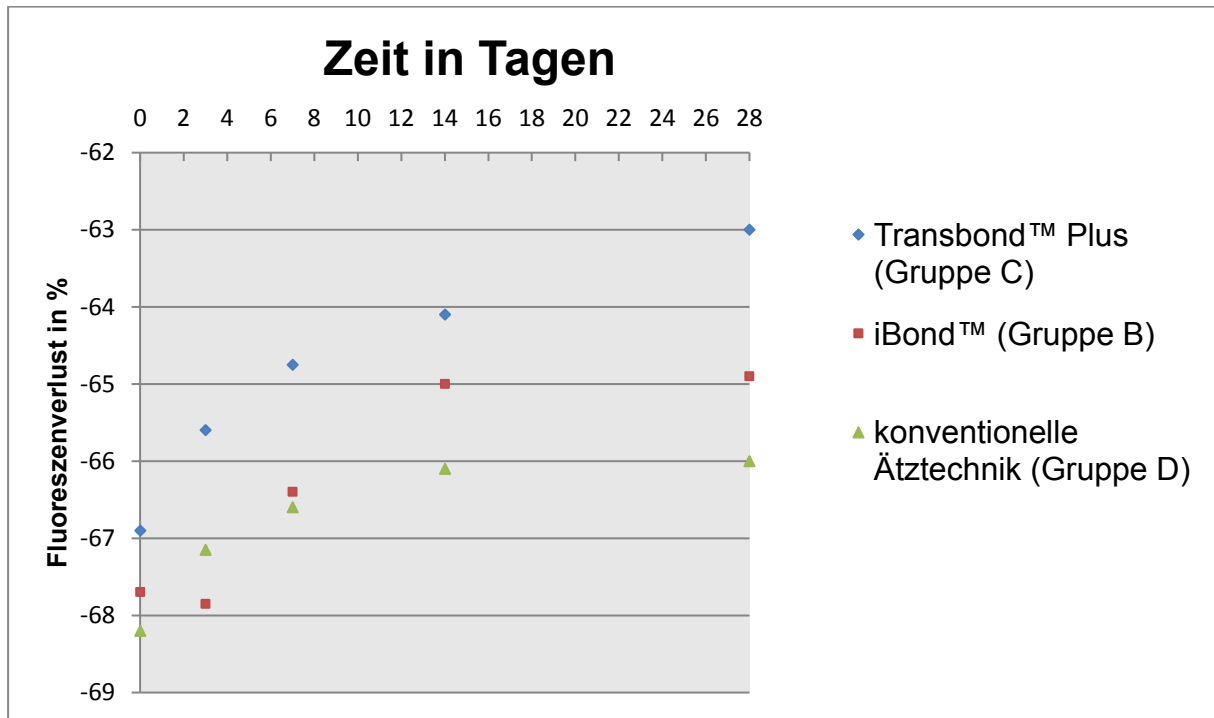


Abb. 9: Änderung des Fluoreszenzverlustes über die Zeit für die 3 Versuchsgruppen, die mit Brackets versehen waren (Gruppe B,C,D). Die Abbildung zeigt die Medianwerte.

Anschließend wurde der zeitliche Verlauf des Fluoreszenzverlustes für jede Gruppe einzeln betrachtet. Mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests wurde jeweils der Fluoreszenzabfall zu den einzelnen Messzeitpunkten (T1 bis T4) mit dem der Baseline-Messung (T0) verglichen. Bei allen Gruppen unterschied sich der Fluoreszenzverlust nach 14 Tagen signifikant von der Baseline-Messung (B: $p=0,02$, C: $p=0,01$, D: $p=0,01$).

Das heißt, ab einer Tragedauer von zwei Wochen kam es sowohl bei den Proben, die mittels konventioneller Schmelzätzung beklebt wurden, als auch bei denjenigen, bei denen selbstkonditionierende Adhäsivsysteme zum Einsatz kamen, zu signifikanten Remineralisationsprozessen im Bracketumfeld.

Mittels Fokusvariation wurden die S_a -Werte im Bracketumfeld verglichen. Hier zeigten alle Adhäsivsysteme über den Beobachtungszeitraum von 28 Tagen eine signifikante Abnahme der S_a -Werte. Die Fokusvariation erwies sich als geeignete Methode, um die Schmelzoberfläche zu untersuchen.

Die Literaturrecherche kam zu dem Ergebnis, dass es zwar Hinweise auf eine

Beschleunigung der Zahnbewegung durch minimalinvasive Maßnahmen wie Piezochirurgie und Osteoperforation des Alveolarkammes gibt, eine evidenzbasierte Aussage aber zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht möglich ist. In allen der vier klinischen Studien, die hier bewertet wurden, konnte ein zeitlich begrenzter beschleunigender Effekt auf die kieferorthopädische Zahnbewegung nachgewiesen werden. In den übrigen Arbeiten konnte eine Beschleunigung nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Diskussion

Versuchspersonen

Acht der insgesamt 15 Versuchspersonen waren männlich, sieben weiblich. Eine Untersuchung auf Abweichungen ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Die im Rahmen der Voruntersuchung erhobenen Indizes (PBI und API) belegen eine sehr gute Mundhygiene der Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Da es größtenteils Zahnmedizinstudierende waren, muss berücksichtigt werden, dass sie über eine besondere Vorbildung und Sensibilität hinsichtlich der Mundhygiene verfügen. Dennoch stellt diese Gruppe eine geeignete Stichprobe dar, um die unterschiedlich strukturierte Grundgesamtheit zu repräsentieren. Auch *Curson et al.* kamen in einer Untersuchung an Zahnmedizinstudierenden zu dem Schluss, die Gruppe als repräsentativ für die Grundgesamtheit der Bevölkerung einzustufen.¹⁷

Apparatur und Schmelzproben

Da die Schiene herausnehmbar war, konnten störende Faktoren, wie Ernährungs- und Mundhygienegewohnheiten reduziert werden. In Vorversuchen hat sich 1 Minute als die Zeit herausgestellt, in der die Schiene mit den darin befindlichen Proben suffizient gereinigt werden konnte. Deshalb wurde eine Frequenz und Intensität von einmal täglich 1 Minute festgelegt. Alle Versuchspersonen erhielten ausführliche Instruktionen zu Tragedauer und Reinigung der Schiene sowie ein Tagebuch, um die exakten Zeiten zu dokumentieren. Objektiver hätten die Tragezeiten jedoch mit temperaturabhängigen Systemen wie TheraMon® oder Smart Retainer® überprüft werden können.

Die Proben wurden jeweils vestibulär der Unterkiefermolaren in der Apparatur fixiert, um eine Plaqueakkumulation zu ermöglichen, die der bei Multibracketapparaturen ähnelt. ¹⁸⁻²⁰

Da kein Kontakt mit Zunge oder Wangeninnenseite bestand, konnte sich Plaque ungestört ansammeln. Die Schmelzproben wurden aus retinierten Weisheitszähnen gewonnen. Das „Alter“ der Zähne betrug nicht mehr als 25 Jahre, um altersbedingte Strukturunterschiede auszuschließen. Es wurde sichergestellt, dass die Zähne keine sichtbaren Schäden an den Bukkalflächen aufwiesen. Außerdem diente eine Kontrollaufnahme mit QLF dazu, diejenigen Proben, die bereits leichte, klinisch nicht sichtbare Demineralisationen aufwiesen, auszusortieren. Allerdings könnten interindividuelle Unterschiede in der Struktur der Zahnhartsubstanz zu unterschiedlich stark ausgeprägten Läsionen geführt haben.

Außerdem waren die Ethnien der Personen, deren Weisheitszähne für die Gewinnung der Proben verwendet wurden, unbekannt. Da die Schmelzbeschaffenheit jedoch vermutlich ethnienabhängig ist, könnten auch hier Unterschiede in der Struktur des Zahnschmelzes begründet sein.

Lagerung und Sterilisation der Proben

Die verwendeten Zähne wurden unmittelbar nach Extraktion und bis zur Herstellung der Proben in Chloramin-T-Lösung gelagert. ²¹⁻²³ Diese Aufbewahrungslösung verhindert die Dehydratation und ein bakterielles Wachstum. Zur Abtötung der klinikrelevanten Mikroorganismen wurden die Proben plasmasterilisiert. Die Plasmasterilisation stellt eine geeignete Methode dar, weil sie zu einem guten Ergebnis führt, niedrige Konzentrationen der sterilisierenden Agenzien verwendet werden, und außerdem eine geringe Toxizität und eine hohe Kompatibilität mit anderen Medizinprodukten gegeben ist.²⁴ Zwischen allen Arbeitsschritten wurden die Proben in destilliertem Wasser aufbewahrt, da sich die chemische Zusammensetzung und Struktur der Proben in dieser sich neutral verhaltenden Lösung nicht verändern. ²⁵

Adhäsivsysteme

Die in dieser Arbeit verwendeten Materialien beinhalten zwei selbstkonditionierende Primer (Transbond™ Plus und iBond™ gluma®) sowie ein konventionelles Adhäsivsystem bestehend aus Ätzelgel (Unitek™ Etching Gel) und Primer

(Transbond™XT). Um mögliche Fehlerquellen bei der Anwendung zu reduzieren, wurde sehr präzise auf die Ausführung geachtet. Alle Vorgänge wurden von einem einzigen Behandler durchgeführt. So konnten Fehlerquellen minimiert werden.

Quantitative Lichtfluoreszenz

QLF ermöglicht eine quantifizierbare Verlaufsbeobachtung von De- und Remineralisationsprozessen.^{8,26} Verschiedene Studien konnten eine positive Korrelation zwischen dem durch QLF ermittelten Fluoreszenzverlust und dem durch transversale Mikroradiographie (TMR) ermittelten Mineralverlust einer Läsion nachweisen.^{27,28}

TMR ist die am häufigsten angewendete Methode zur Quantifizierung von Mineralverlust in kariösen Läsionen. Sie gilt als Goldstandard bei der Bestimmung von Demineralisationen.²⁹ Anders als bei der TMR ermöglicht die Analyse mittels QLF aber auch eine longitudinale Beobachtung der Proben.^{8,9}

Auch eigene Vorversuche konnten zeigen, dass die QLF-Analyse sowohl bei verschiedenen Untersuchern, als auch bei mehreren Versuchen eines Untersuchers zuverlässige und reproduzierbare Ergebnisse liefert. Für die vorliegende Studie kann QLF daher als geeignete Methode zur Quantifizierung von Demineralisationen angesehen werden. Die Ergebnisse der Vorversuche werden auch in der Literatur bestätigt. Pretty et al. haben in einer Untersuchung zur Intra- und Interuntersuchervarianz festgestellt, dass QLF eine benutzerfreundliche und zuverlässige Methode ist, um Mineralverluste quantitativ zu erfassen.³⁰

Dennoch hängt die Methode von subjektiven Entscheidungen des Untersuchers ab, der Entscheidung ob demineralisierte Areale vorliegen oder nicht und der Festlegung der Grenze einer Läsion. Auch spielt die Morphologie der Läsion sowie die Anwesenheit von zusätzlichen Störfaktoren wie Zahnstein, Plaque, Feuchtigkeit, Schatten oder Schmelzdefekten eine Rolle.

Eine valide Auswertung erfordert daher die strenge Kontrolle von störenden Einflüssen. Vor jeder QLF-Messung wurden die Proben mit einer weichen Zahnbürste unter fließendem Wasser gereinigt, um Plaque und extrinsische Verfärbungen zu entfernen. Anschließend wurden die Proben für mindestens eine Stunde in destilliertem Wasser gelagert, um eine Dehydratation zu vermeiden, welche eine Vergrößerung der Fluoreszenz zur Folge hat.³¹

Um störende Einflüsse durch das Umgebungslicht zu vermeiden, fanden die

Aufnahmen der QLF-Bilder in einem abgedunkelten Raum statt. Außerdem sorgte ein lichtundurchlässiges Tuch, das über Schmelzprobe und Kamera gespannt wurde, für gleichbleibende Lichtverhältnisse bei den Aufnahmen. Auf diese Weise konnten weitgehend konstante Aufnahmebedingungen geschaffen werden.

Außerdem diente das integrierte Video-Repositionierungs-System der automatischen Wiedererkennung der Ausgangssituation und gewährleistete so die Aufnahme möglichst identischer Bilder der jeweiligen Zahnfläche. Diese Funktion vereinfacht bei Verlaufsbeobachtungen die Positionierung der Kamera. Winkelabweichungen, welche die Läsionsparameter negativ beeinflussen, können so vermieden werden.³²

Fokusvariation

Da keine Präparation der Proben notwendig ist und dadurch auch longitudinale Beobachtungen möglich sind, erschien die Fokusvariation als geeignete Methode zur Analyse von Oberflächenveränderungen im Zahnschmelz. Dennoch weist die Methodik spezifische Limitationen auf. Bei stark glänzenden oder spiegelnden Oberflächen kann es zu Reflexionsproblemen kommen.

Ergebnisse

Nur die unbehandelten Proben zeigten bereits nach drei Tagen steigende ΔF -Werte. Hier fanden also Demineralisationsprozesse statt, die sich in der Verlaufskontrolle weiter steigerten. Eine mögliche Erklärung hierfür könnten die durch das Vorbehandeln der anderen Proben vergrößerten Poren sein, die in den ersten Wochen mehr Fluorid und Mineralien aus dem Speichel aufnehmen können und dadurch zunächst remineralisieren.

Die stärker remineralisierende Wirkung von Transbond™ Plus könnte auf das Fluorid zurückzuführen sein, das von diesem Adhäsivsystem freigesetzt wird.

Dass fluoridhaltige Adhäsive prinzipiell im Stande sind, über lange Zeit Fluorid in kleinen Mengen abzugeben, konnte bereits mehrfach gezeigt werden.^{33,34} Allerdings gibt es keine Angaben dazu, welche Menge an Fluorid mindestens benötigt wird, um einen präventiven Effekt im Hinblick auf Demineralisationen im Bracketumfeld zu erzielen.^{35,36}

Es bleibt also fraglich, ob die hier gemessene stärker remineralisierende Wirkung auch über einen längeren Zeitraum aufrecht erhalten bliebe.

Zur Entstehung von White Spots während der Multibracketbehandlung gibt es in der

Literatur zahlreiche Untersuchungen. Verschiedene Autoren bestätigen die Zunahme der White-Spot-Läsionen während der Therapie mit festsitzenden Apparaturen.^{7,37,38}

Die sehr unterschiedliche Prävalenz von White-Spot-Läsionen nach kieferorthopädischer Therapie kommt durch verschiedene Ausgangsbefunde und Unterschiede in den Ernährungs- und Mundhygienegewohnheiten sowie der Fluoridversorgung zustande. Auch erklärt die Anwendung verschiedener Erhebungsverfahren die unterschiedlichen Ergebnisse in den wissenschaftlichen Studien zu dieser Thematik.¹

Unterschiede zu den hier vorliegenden Ergebnissen lassen sich wie folgt erklären:

Zum Einen betrug der Untersuchungszeitraum nur vier Wochen, während die durchschnittliche Behandlungsdauer mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen 20 Monate beträgt.³⁹ Zum Anderen war die hier verwendete Apparatur herausnehmbar und bot dadurch bessere Reinigungsmöglichkeiten als eine festsitzende Multibracketapparatur. Alle Proben wurden vor jeder Messung mit QLF gründlich von Plaque und anderen Auflagerungen befreit, um eine Verfälschung der Messergebnisse zu vermeiden. Eine zusätzliche bakterizide Wirkung kam durch das Desinfizieren der Schienen mit den darin befindlichen Proben mit 70%igem Alkohol zustande.

Schlussendlich spielt sicher die Ernährung und die sehr gute Mundhygiene der Probandinnen und Probanden (Zahnmedizinstudierende) sowie die Positionierung der Proben (vestibulär, nahe am Parotisausgang, wo die Speichelfließrate größer ist) eine nicht zu unterschätzende Rolle bei der Entstehung einer weniger kariogenen Umgebung.

Review zum Einfluss minimalinvasiver Verfahren auf die Zahnbewegung

Die dritte Arbeit war eine systematische Literaturübersicht. Sowohl die Suche in den wissenschaftlichen Datenbanken als auch die Qualitätsbewertung wurde von zwei Untersuchern unabhängig vorgenommen. Um den methodischen Ansatz zu beurteilen, wurde ein 3-Punkte-Bewertungssystem verwendet. Alle verwendeten Publikationen wurden mithilfe des Risk-of-bias-tool der Cochrane Collaboration bewertet.

Es konnten nur sehr wenige Anhaltspunkte für eine beschleunigende Wirkung der Kortikozision und der Osteoperforation auf die Zahnbewegung gefunden werden. Die Studien, die man gegenwärtig in der Literatur findet, sind sehr heterogen im

Studiendesign und nur begrenzt aussagekräftig, da oftmals nur wenig Patienten untersucht wurden oder ein nur kurzer Beobachtungszeitraum gewählt wurde.

Literatur

1. Lovrov S, Hertrich K, Hirschfelder U. Enamel demineralization during fixed orthodontic treatment - incidence and correlation to various oral-hygiene parameters. *J Orofac Orthop* 2007;68:353-363.
2. Nalbantgil D, Oztoprak MO, Cakan DG, Bozkurt K, Arun T. Prevention of demineralization around orthodontic brackets using two different fluoride varnishes. *Eur J Dent* 2013;7:41-47.
3. Watted N, Gerá S. Effektives White-Spot-Management in der kieferorthopädischen Therapie. *ZMK* 2011;27:1-7.
4. Diedrich P. Bracket-Adhäsivtechnik. In: Diedrich P (ed). In: Praxis der Zahnheilkunde, Kieferorthopädie I-III. München, Jena: Urban & Fischer, 2000:169-188.
5. Gorton J, Featherstone JD. In vivo inhibition of demineralization around orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:10-14.
6. Øgaard B, Rolla G, Arends J. Orthodontic appliances and enamel demineralization. Part 1. Lesion development. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;94:68-73.
7. Tufekci E, Dixon JS, Gunsolley JC, Lindauer SJ. Prevalence of white spot lesions during orthodontic treatment with fixed appliances. *Angle Orthod* 2011;81:206-210.
8. Kühnisch J, Heinrich-Weltzien R. Quantitative light-induced fluorescence (QLF) - A literature review. *Int J Comput Dent* 2004;7:325-338.
9. Pretty IA, Ingram GS, Agalamanyi EA, Edgar WM, Higham SM. The use of fluorescein-enhanced quantitative light-induced fluorescence to monitor de- and re-mineralization of in vitro root caries. *J Oral Rehabil* 2003;30:1151-1156.
10. Emami Z, Al-Khateeb S, de Josselin de Jong E, Sundstrom F, Trollsas K, Angmar-Mansson B. Mineral loss in incipient caries lesions quantified with laser fluorescence and longitudinal microradiography. A methodologic study. *Acta Odontol Scand* 1996;54:8-13.
11. Gmur R, Giertsen E, van der Veen MH, de Josselin de Jong E, ten Cate JM, Guggenheim B. In vitro quantitative light-induced fluorescence to measure changes in enamel mineralization. *Clin Oral Investig* 2006;10:187-195.
12. Haro Divin XP. Evaluation der quantitativen lichtinduzierten Fluoreszenz (QLF) zur Diagnostik der Karies im frühen Stadium. Freiburg: Zahnmed Diss, 2005.

13. De Josselin de Jong E, Sundstrom F, Westerling H, Tranaeus S, Ten Bosch JJ, Angmar-Mansson B. A new method for in vivo quantification of changes in initial enamel caries with laser fluorescence. *Caries Res* 1995;29:2-7.
14. De Josselin de Jong E, Hall AF, Van der Veen MH. Quantitative light-induced fluorescence detection method: a Monte Carlo simulation model. In: Stookey GK (ed). In: Early detection of dental caries: Proceedings of the 1st annual Indiana conference. Indianapolis: Indiana University, 1996:91-104.
15. Ten Bosch JJ. Light scattering and related methods in caries diagnosis. In: Stookey GK (ed). In: Early detection of dental caries II: Proceedings of the 4th annual Indiana conference. Indianapolis: Indiana University, 1996:81-90.
16. Al-Khateeb S, Exterkate R, Angmar-Mansson B, ten Cate JM. Effect of acid-etching on remineralization of enamel white spot lesions. *Acta Odontol Scand* 2000;58:31-36.
17. Curson I, Manson JD. A study of a group of dental students, including their diet and dental health. *Br Dent J* 1965;119:197-205.
18. Arends J, ten Bosch JJ. Demineralization and remineralization evaluation techniques. *J Dent Res* 1992;71:924-928.
19. Sonju Clasen AB, Øgaard B, Duschner H, Ruben J, Arends J, Sönju T. Caries development in fluoridated and non-fluoridated deciduous and permanent enamel in situ examined by microradiography and confocal laser scanning microscopy. *Adv Dent Res* 1997;11:442-447.
20. Zero DT. In situ caries models. *Adv Dent Res* 1995;9:214-230.
21. Klocke A, Shi J, Kahl-Nieke B, Bismayer U. Bond strength with custom base indirect bonding techniques. *Angle Orthod* 2003;73:176-180.
22. Millett DT, Doubleday B, Alatsaris M, Love J, Wood D, Luther F, Devine D. Chlorhexidine-modified glass ionomer for band cementation? An in vitro study. *J Orthod* 2005;32:36-42.
23. Yi GK, Dunn WJ, Taloumis LJ. Shear bond strength comparison between direct and indirect bonded orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124:577-581.
24. Viana PS, Orlandi MO, Pavarina AC, Machado AL, Vergani CE. Chemical composition and morphology study of bovine enamel submitted to different sterilization methods. *Clin Oral Investig* 2018;22:733-744.
25. Strawn SE, White JM, Marshall GW, Gee L, Goodis HE, Marshall SJ.

Spectroscopic changes in human dentine exposed to various storage solutions - short term. *J Dent* 1996;24:417-423.

26. Knösel M, Forslund L, Jung K, Ziebolz D. Efficacy of different strategies in protecting enamel against demineralization during fixed orthodontic treatment. *J Orofac Orthop* 2012;73:194-203.
27. Al-Khateeb S, Forsberg CM, de Josselin de Jong E, Angmar-Mansson B. A longitudinal laser fluorescence study of white spot lesions in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;113:595-602.
28. Shi XQ, Tranaeus S, Angmar-Mansson B. Comparison of QLF and DIAGNOdent for quantification of smooth surface caries. *Caries Res* 2001;35:21-26.
29. Årtun J, Brobakken BO. Prevalence of carious white spots after orthodontic treatment with multibonded appliances. *Eur J Orthod* 1986;8:229-234.
30. Pretty IA, Hall AF, Smith PW, Edgar WM, Higham SM. The intra- and inter-examiner reliability of quantitative light-induced fluorescence (QLF) analyses. *Br Dent J* 2002;193:105-109.
31. Tranaeus S, Shi XQ, Lindgren LE, Trollsas K, Angmar-Mansson B. In vivo repeatability and reproducibility of the quantitative light-induced fluorescence method. *Caries Res* 2002;36:3-9.
32. Ando M, Eckert GJ, Stookey GK, Zero DT. Effect of imaging geometry on evaluating natural white-spot lesions using quantitative light-induced fluorescence. *Caries Res* 2004;38:39-44.
33. Amaechi BT, Higham SM, Edgar WM. Efficacy of sterilisation methods and their effect on enamel demineralisation. *Caries Res* 1998;32:441-446.
34. Cain K, Hicks J, English J, Flaitz C, Powers JM, Rives T. In vitro enamel caries formation and orthodontic bonding agents. *Am J Dent* 2006;19:187-192.
35. Hellwig E, Lussi A. What is the optimum fluoride concentration needed for the remineralization process? *Caries Res* 2001;35(Suppl 1):57-59.
36. Rix D, Foley TF, Banting D, Mamandras A. A comparison of fluoride release by resin-modified GIC and polyacid-modified composite resin. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;120:398-405.
37. Bergstrand F, Twetman S. Evidence for the efficacy of various methods of treating white-spot lesions after debonding of fixed orthodontic appliances. *J Clin Orthod* 2003;37:19-21.
38. Øgaard B. Prevalence of white spot lesions in 19-year-olds: a study on

untreated and orthodontically treated persons 5 years after treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;96:423-427.

39. Tsihlaki A, Chin SY, Pandis N, Fleming PS. How long does treatment with fixed orthodontic appliances last? A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016;149:308-318.

Eidesstattliche Versicherung und ausführliche Anteilserklärung

„Ich, Dominik Visel, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Demineralisation des Bracketumfeldes nach Anwendung konventioneller und selbstkonditionierender Schmelzadhäsivsysteme“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an den ausgewählten Publikationen entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

Anteilerklärung an den erfolgten Publikationen

Ich, Dominik Visel hatte folgenden Anteil an den folgenden Publikationen:

Publikation 1

Autoren: **Dominik Visel**, Theresa Jäcker, Paul-Georg Jost-Brinkmann, Thomas-Michael Präger

Titel: Demineralization adjacent to orthodontic brackets after application of conventional and self-etching primer systems

Zeitschrift: Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie, 2014

Beitrag im Einzelnen: Zusammen mit Theresa Visel, geb. Jäcker habe ich das Studiendesign entwickelt und den erforderlichen Ethikantrag erstellt. In verschiedenen Zahnarztpraxen habe ich Zähne gesammelt und daraus die Proben zur Aufnahme in die Schiene hergestellt. Ich habe die Probanden voruntersucht, über den Ablauf des Experiments aufgeklärt, Alginat-Abformungen genommen und Gipsmodelle angefertigt. Anhand der Gipsmodelle habe ich die Schienen hergestellt und zur Aufnahme der Schmelzproben vorbereitet. Ich habe den Ablauf für die Messung mittels quantitativer Lichtfluoreszenz erprobt und Vorversuche durchgeführt. Ich habe die QLF-Aufnahmen erstellt und gespeichert, sowie anschließend die Analyse der Bilder vorgenommen. Die gesammelten Daten wurden von mir ausgewertet. Ich habe das Manuskript für die Veröffentlichung verfasst.

Publikation 2

Autoren: Theresa Visel, **Dominik Visel**, Paul-Georg Jost-Brinkmann, Ralf Müller-Hartwich, Thomas-Michael Präger

Titel: Oberflächenbeschaffenheit des Zahnschmelzes im Bracketumfeld nach Schmelzkonditionierung über vier Wochen. Eine In-situ-Studie

Zeitschrift: Quintessenz Kieferorthopädie, 2016

Beitrag im Einzelnen: Ich habe bei der Rekrutierung der Probanden geholfen, die Proben besorgt und aufbereitet und die Schienen hergestellt. Die initiale Messung aller Schmelzproben mittels QLF habe ich durchgeführt. Ich habe Anregungen zur Diskussion gegeben, mich an der Literaturrecherche beteiligt und das von Theresa Visel verfasste Manuskript ins Englische übersetzt.

Publikation 3

Autoren: Stefan Hoffmann, Nikolaos Papadopoulos, **Dominik Visel**, Theresa Visel, Paul-Georg Jost-Brinkmann, Thomas-Michael Präger

Titel: Influence of piezotomy and osteoperforation of the alveolar process on the rate of orthodontic tooth movement: a systematic review.

Zeitschrift: Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie, 2017

Beitrag im Einzelnen: Ich habe das vom Erst- und Letztautor auf Englisch verfasste Manuskript überarbeitet, insbesondere in sprachlicher Hinsicht. Weiterhin habe ich Anregungen gegeben, das Manuskript verständlicher zu gestalten.

Unterschrift, Datum und Stempel des betreuenden Hochschullehrers/der betreuenden Hochschullehrerin

Unterschrift des Doktoranden/der Doktorandin

Druckexemplare

Publikation 1

Visel D, Jäcker T, Jost-Brinkmann P-G, Präger TM. Demineralization adjacent to orthodontic brackets after application of conventional and self-etching primer systems. Journal of Orofacial Orthopedics, 2014;75(5):358-373. doi:10.1007/s00056-014-0233-9

<http://dx.doi.org/10.1007/s00056-014-0233-9>

Publikation 2

Visel T, **Visel D**, Jost-Brinkmann P-G, Müller-Hartwich R, Präger TM

Oberflächenbeschaffenheit des Zahnschmelzes im Bracketumfeld nach Schmelzkonditionierung über vier Wochen. Eine In-situ-Studie. Quintessenz Kieferorthopädie, 2016; 30(1):1-11.

<https://kfo.quintessenz.de/index.php?doc=abstract&abstractID=35671>

Publikation 3

Hoffmann S, Papadopoulos N, **Visel D**, Visel T, Jost-Brinkmann P-G, Präger TM. Influence of piezotomy and osteoperforation of the alveolar process on the rate of orthodontic tooth movement: a systematic review. Journal of Orofacial Orthopedics, 2017;78(4):301-311. doi: 10.1007/s00056-017-0085-1

<http://dx.doi.org/10.1007/s00056-017-0085-1>

Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Publikationsliste

Posterpräsentationen

- Jäcker T, Visel D, Jost-Brinkmann P-G, Präger TM
Evaluation of the surface roughness of enamel adjacent to orthodontic brackets
90th Congress of the European Orthodontic Society, Warschau 2014
- Jäcker T, Visel D, Jost-Brinkmann P-G, Präger TM
Evaluation der Oberflächenbeschaffenheit des Zahnschmelzes im Bracketumfeld mittels Fokusvariation
87. Jahrestagung der DGKFO, München 2014
Preis für das beste Poster des Themengebietes klinische Forschung
- Visel D, Jäcker T, Jost-Brinkmann P-G, Präger TM
Demineralisation des Bracketumfeldes nach Anwendung konventioneller und selbstkonditionierender Schmelzadhäsivsysteme
86. Jahrestagung der DGKFO, Saarbrücken 2013
Preis für das beste Poster des Themengebietes klinische Forschung

Veröffentlichungen

- Visel D, Jäcker T, Jost-Brinkmann P-G, Präger TM
Demineralization adjacent to orthodontic brackets after application of conventional and self-etching primer systems
Journal of Orofacial Orthopedics, 2014;75(5):358-373
Jahresbestpreis für eine Arbeit aus der Hochschule, verliehen von der DGKFO anlässlich der 88. Wissenschaftlichen Jahrestagung in Mannheim 2015
Impact Factor: 0.819

- Visel T, Visel D, Jost-Brinkmann P-G, Müller-Hartwich R, Präger TM
Oberflächenbeschaffenheit des Zahnschmelzes im Bracketumfeld nach
Schmelzkonditionierung über vier Wochen. Eine In-situ-Studie
Quintessenz Kieferorthopädie, 2016;30(1):1-11
- Hoffmann S, Papadopoulos N, Visel D, Visel T, Jost-Brinkmann P-G, Präger TM
Influence of piezotomy and osteoperforation of the alveolar process on the rate
of orthodontic tooth movement: a systematic review.
Journal of Orofacial Orthopedics, 2017;78(4):301-311
Impact Factor: 0.819
- Coordes SL, Jost-Brinkmann P-G, Präger TM, Bartzela T, Visel D, Jäcker T,
Müller-Hartwich R
A comparison of different sealants preventing demineralization around
brackets.
Journal of Orofacial Orthopedics, 2018 [Epub ahead of print]
Impact Factor: 0.819

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich bei der Durchführung und Fertigstellung der Arbeit unterstützt haben.

Ich danke Professor Dr. Jost-Brinkmann für die Möglichkeit der Durchführung dieser Promotionsarbeit.

Meinem Betreuer, Privatdozent Dr. Dr. Thomas-Michael Präger, danke ich für viele fruchtbare Gespräche und Anregungen sowie die rege Unterstützung besonders in schwierigen Arbeitsphasen.

Weiterhin gilt mein Dank den Mitarbeitern der kieferorthopädischen Abteilung der Charité für die freundliche Unterstützung und die konstruktive Zusammenarbeit.

Besonders herzlich möchte ich mich bei allen Probanden bedanken, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Meiner Familie und meinen Freunden danke ich für die fortwährende Motivation und das rege Interesse am Fortgang meiner Arbeit.

Mein größter Dank gebührt jedoch meinen Eltern, die stets an mich geglaubt haben.