

Aus der Universitätsklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Tübingen
Abteilung Poliklinik für Kieferorthopädie
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. G. Göz

Untersuchung zur Effektivität eines Sealers (*Light Bond*[®]) als Schutz vor
Entkalkungen während Multibrackettherapie

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von
Amely Gundula Hartmann
aus Pforzheim

2008

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. Dr. G. Göz

2. Berichterstatter: Professor Dr. C. Löst

Für meine Eltern, die mir meinen Traum ermöglicht haben.

I	Einleitung	6
II	Grundlagen	9
1	Entkalkungen	9
1.1	Ätiologie und Histopathologie der Schmelzentkalkungen	9
1.1.1	Verstärkte Retention der Bakterien	9
1.1.2	Erschwerte Mundhygiene	9
1.1.3	Veränderte Ernährung durch Tragen des Multiband	10
1.1.4	Verändertes Keimspektrum („bacterial shift“)	10
1.1.5	Karies als multifaktorielle Erkrankung	12
1.1.6	Bezug zur vorliegenden Studie	14
1.2	Zonen der Initiailläsion	15
1.2.1	Erscheinungsformen der initialen Karies	16
1.2.2	Subjektive Wahrnehmung der Läsionen	17
1.3	Differentialdiagnosen	18
1.3.1	Zahndysplasien	18
1.3.1.1	Rötelnembryopathie	19
1.3.1.2	Hypokalzämie	19
1.3.1.3	Alkoholembryopathie	19
1.3.1.4	Medikamente	20
1.3.1.5	Lokale Traumata	21
1.3.2	Andere Schmelzveränderungen	22
1.3.2.1	Erosionen	22
1.3.2.2	Keilförmige Defekte	22
1.3.3	Ausschlussmöglichkeiten	23
1.3.3.1	Klinischer Bezug	23
2	Möglicher Schutz vor Entkalkungen	24
2.1	Allgemeines	24
2.1.1	Befestigung von Bändern	25
2.1.2	Befestigung von Brackets	25
2.1.3	Analogie zur Fissuren- und Grübchenversiegelung	25
2.2	Versiegelung im Rahmen einer Multibrackettherapie	26
2.2.1	Entwicklung der Glattflächenversiegelung	26
2.2.2	Prinzip und mögliche Vorteile	27
2.2.3	Typen von Versiegelnern	28
2.2.4	Gesundheitsrisiken	29
2.3	Remineralisationsprozesse der White Spots	29
3	Selbstligierende Brackets	30
III	Material und Methoden	31
1	Methodik	31
1.1	Allgemeine Methodik der Untersuchungen	31
1.2	Befunderhebung	32
1.3	Prophylaxeprogramme	33
1.4	Klinischer Teil	34
1.5	Indexsystem	34

1.6	Fotografien	36
1.7	Lampenarten	36
1.8	Selbsteinschätzung der Patienten	36
1.9	Selbstligierende Brackets	37
2	Statistik	38
2.1	Dauer	38
2.2	Compliance	38
2.3	Geschlecht	38
2.4	Prophylaxe	39
2.5	Entkalkungen	39
2.6	Selbsteinschätzung	39
2.7	Sealing	39
2.8	Ausblicke	40
2.9	Software	40
IV	Ergebnisse	41
1	Dauer	41
1.1	Dauer der kieferorthopädischen Behandlung	41
1.2	Demineralisationen und Behandlungsdauer	41
2	Compliance	41
2.1	Compliance in den Gruppen ohne (A) und mit (B) Sealing	41
2.2	Compliance bei den Geschlechtern	42
2.3	Abhängigkeit der Compliance vom Alter	42
2.4	Demineralisationen in Zusammenhang mit der Compliance	42
2.4.1	Ausmaß der Entkalkungen	42
2.4.2	Schweregrad der Entkalkungen	42
3	Geschlecht	43
3.1	Geschlechterverteilung in den Gruppen	43
3.2	Demineralisationen in Zusammenhang mit den Geschlechtern	43
3.2.1	Ausmaß der Entkalkungen	43
3.2.2	Schweregrad der Entkalkungen	43
4	Prophylaxe	44
4.1	Prophylaxeprogramm in den beiden Gruppen	44
4.2	Prophylaxeprogramm und Demineralisationen	44
4.2.1	Ausmaß der Entkalkungen	44
4.2.2	Schweregrad der Entkalkungen	44
5	Entkalkungen	45
5.1	Bestimmung der klinischen Werte	45
5.1.1	Übereinstimmung der beiden ersten Untersucher	45
5.1.2	Kontrolle durch einen dritten Untersucher bei Unstimmigkeiten	45
5.2	Beschreibung und Lokalisation der Demineralisationen	45
5.2.1	Rechte – linke Gesichtshälfte	45
5.2.2	Ober- und Unterkiefer	45
5.2.3	Einzelne Zähne	46
5.2.3.1	Flächen der Demineralisationen einzelner Zähne	46
5.2.3.2	Schweregrad der Demineralisationen einzelner Zähne	46
5.2.4	Regionen der Labialfläche	46
6	Selbsteinschätzung	47

6.1	Klinik in Zusammenhang mit eingeschätzter Mundhygiene	47
7	Sealing	47
7.1	Demineralisationen in den beiden Gruppen	47
7.1.1	Ausmaß der Entkalkungen bei den einzelnen Patienten	47
7.1.2	Schweregrad der Entkalkungen bei den einzelnen Patienten	48
7.1.3	Demineralisierte Flächen in den Gruppen	48
7.1.4	Schweregrad der Demineralisationen dieser Flächen	48
7.2	Fotografien	48
7.2.1	Vergleich Foto vorher – Foto nachher bezogen auf die Gruppe	48
7.2.2	Veränderungen der oralen Situation in den Gruppen	49
7.2.3	Übereinstimmung der Betrachter	49
7.2.3.1	Bei Bewertung der Fotografien	49
7.2.3.2	Bei Vergleich klinisch mit fotografisch ermittelter Werte	49
7.3	Bracketverluste in den Gruppen	49
8	Ausblicke	49
8.1	Selbstligierende Brackets und Sealing	49
8.1.1	Ausmaß der Demineralisationen	49
8.1.2	Schweregrad der Entkalkungen	50
8.2	Selbstligierende Brackets, Sealing und Prophylaxeprogramm	50
8.2.1	Ausmaß und Schweregrad der Entkalkungen	50
V	Diskussion	51
1	Diskussion der Methoden	51
1.1	Planung der Studie	51
1.1.1	Indexsystem	52
1.2	Untersuchungsmethodik	53
1.3	Diagnosefehler	55
1.4	Kontrollgruppe	55
1.5	Sicherung der Ergebnisse	55
1.6	Compliance: Auswirkung auf die Behandlungsdauer?	56
1.7	Fotografien	57
1.8	Fluoride	59
1.9	Übertragungsfehler	59
1.10	Selbstligierende Brackets	59
2	Diskussion der Ergebnisse	60
2.1	Dauer	60
2.1.1	Dauer der kieferorthopädischen Behandlung	60
2.1.2	Demineralisationen und Behandlungsdauer	64
2.2	Compliance	65
2.2.1	Compliance in den Gruppen ohne (A) und mit (B) Sealing	66
2.2.2	Compliance bei den Geschlechtern	67
2.2.3	Abhängigkeit der Compliance vom Alter	68
2.2.4	Demineralisationen in Zusammenhang mit der Compliance	68
2.2.4.1	Ausmaß und Schweregrad der Entkalkungen	68
2.3	Geschlecht	71
2.3.1	Geschlechterverteilung in den Gruppen	71
2.3.2	Demineralisationen in Zusammenhang mit den Geschlechtern	72
2.3.2.1	Ausmaß der Entkalkungen	72
2.3.2.2	Schweregrad der Entkalkungen	72

2.4	Prophylaxe	74
2.4.1	Prophylaxeprogramm in beiden Gruppen	74
2.4.2	Prophylaxeprogramm und Demineralisationen	75
2.4.2.1	Ausmaß der Entkalkungen.....	77
2.4.2.2	Schweregrad der Entkalkungen	78
2.5	Entkalkungen	79
2.5.1	Bestimmung der klinischen Werte.....	80
2.5.1.1	Übereinstimmung der beiden ersten Untersucher.....	80
2.5.1.2	Kontrolle durch einen dritten Untersucher bei Unstimmigkeiten...	83
2.5.2	Beschreibung und Lokalisation der Demineralisationen.....	83
2.5.2.1	Rechte – linke Gesichtshälfte.....	83
2.5.2.2	Ober- und Unterkiefer	84
2.5.2.3	Einzelne Zähne	86
2.6	Selbsteinschätzung der Patienten.....	91
2.6.1	Klinik im Zusammenhang mit eingeschätzter Mundhygiene	91
2.7	Sealing.....	93
2.7.1	Demineralisationen in den beiden Gruppen	94
2.7.1.1	Ausmaß der Entkalkungen bei den einzelnen Patienten.....	94
2.7.1.2	Schweregrad der Entkalkungen bei den einzelnen Patienten	94
2.7.1.3	Demineralisierte Flächen in den Gruppen.....	95
2.7.1.4	Schweregrad der Demineralisationen dieser Flächen.....	97
2.7.2	Fotografien	98
2.7.2.1	Vergleich Foto vorher – Foto nachher bezogen auf die Gruppe ..	98
2.7.3	Bracketverluste in den Gruppen.....	98
2.7.4	Erleichtertes Debonding.....	101
2.7.5	Forderungen an Versiegeler	102
2.7.5.1	Fluoridhaltig	102
2.7.5.2	Lichthärtend	105
2.7.5.3	Viskosität und Füller.....	105
2.7.5.4	Schmelzätztechnik	106
2.7.5.5	Ausdehnung bis zum marginalen Gingivarand.....	108
2.7.6	Ausblicke für Sealer	111
2.7.6.1	Selbstligierende Brackets und Sealing mit Light Bond®	111
2.7.6.2	Selbstligierende Brackets, Sealing mit Light Bond® und Prophylaxeprogramm.....	112
2.7.6.3	Anmerkungen zur neuen Honorarordnung für Zahnärzte	113
2.7.6.4	Interdisziplinäre Möglichkeiten	114
VI	Zusammenfassung.....	116
VII	Anlagen	120
1	Abbildungen	120
2	Statistische Schaubilder	129
3	Abbildungsverzeichnis.....	139
4	Statistikverzeichnis.....	141
VIII	Literaturverzeichnis	142
IX	Danksagung.....	151
X	Lebenslauf	152

Abkürzungen

- FOTI = Faseroptische Transillumination
PZR = Professionelle Zahnreinigung
PSI = Parodontaler Screening Index
ECC = Early Childhood Caries
API = Approximalraum-Plaque-Index
BOP = bleeding on probing, syn. : Gingiva-Index simplified
PBI = Papillen-Blutungs-Index
PSI = Parodontaler Screening Index
CHX = Chlorhexidin
HOZ = Honorarordnung für Zahnärzte
S. (mutans/sobrinus) = Streptococcus (mutans/sobrinus)
Aa = Actinobacillus actinomycetemcomitans
pH = Potenz (p) und Maß für Wasserstoffionenkonzentration (H)
N = Newton (Einheit)
LED-Lampe = Light Emitting Dioden - Lampen
01 = Eingehende Untersuchung zur Feststellung von Zahn-, Mund-
und Kieferkrankheiten
OK = Oberkiefer
UK = Unterkiefer
Gl. = Glandula

I Einleitung

Trotz wissenschaftlicher Fortschritte in der Kieferorthopädie bleiben Probleme im Praxisalltag bestehen. Wurzelresorptionen, gingivale Inflammationsprozesse und Schmelzentkalkungen im Zusammenhang mit einer Multibrackettherapie zeigen den Bedarf an weiteren Untersuchungen auf^{1,2,3}.

Durch kieferorthopädische Bänder, Brackets oder Bögen wird die Akkumulation von Nahrungsbestandteilen und Plaque begünstigt. Während der Therapie muss deswegen von den Patienten eine gute Mitarbeit und adäquate Mundhygiene eingefordert werden. Leider ist es oft Realität, dass hierfür nicht die nötige Zeit aufgebracht werden will; fehlende Selbstmotivation und durch die Multibracketapparatur gesteigerte Plaqueanlagerungen - gepaart mit erhöhten Streptococcus mutans- und Laktobazillen-Werten - können zu ungewollten Nebenerscheinungen wie Entkalkungen führen. Motivationen und zusätzliche professionelle Prophylaxemaßnahmen helfen dies zu verhindern oder zu minimieren.

Demineralisationen entstehen dann, wenn bakterielle Plaque über einen bestimmten Zeitraum auf der Schmelzoberfläche verbleibt^{4,5}. Durch die in der Kariestheorie beschriebene Säureproduktion und Absenkung des pH-Wertes in der Plaque, bedingt durch Mikroorganismen, entsteht eine Initiailläsion – die Schmelzentkalkung^{6,7}.

Untersuchungen seit Beginn des letzten Jahrhunderts^{8,9} berichten über ein beachtliches Vorkommen an „White Spots“ und Entkalkungen im Zusammenhang mit Multibandapparaturen. Als ästhetisch störend wurden die hauptsächlich gingival auftretenden Läsionen beschrieben¹⁰⁻¹². Bei heutigen festsitzenden Apparaturen fokussiert sich die Problematik auf durch Brackets hervorgerufene labiale Schmelzschädigungen (Abbildung 1). Das Vorkommen dieser und die Möglichkeit, solche Entkalkungen zu

vermeiden, wurden bereits vielfältig untersucht¹²⁻¹⁷. Die unterschiedlichen Methoden der Untersuchungen und die daraus resultierenden Ergebnisse sowie die mangelhafte Prävention der Demineralisationen im Vorfeld lassen einen Bedarf an weiteren Untersuchungen erkennen.

Die vorliegende retrospektive klinische Untersuchung beschäftigt sich mit dem Vorkommen und der Verteilung der Schmelzentkalkungen unter verschiedenen Einflussfaktoren, sowie der möglichen Reduktion der Demineralisationen durch die Verwendung eines im Vorfeld aufgetragenen fluoridfreisetzenden, viskösen Versiegelaers (Light Bond[®], Reliance Orthodontic Products, Inc., Itasca, EL, 60143).

Verschiedene Hypothesen sollen in dieser Promotionsarbeit überprüft werden:

1.) Dauer

Die Entstehung und der Schweregrad der Entkalkungen stehen in keinem Zusammenhang mit der Dauer der Multibrackettherapie.

2.) Compliance

2.1. Patienten mit einer Glattflächenversiegelung sind durch die Inanspruchnahme derselbigen mundhygienebewusster und arbeiten deshalb bei der Behandlung auch besser mit.

2.2. Es existiert ein Zusammenhang zwischen dem Mundhygieneverhalten beziehungsweise der Compliance und den beiden Geschlechtern.

2.3. Die Compliance der Patienten hat Auswirkungen auf das Auftreten und den Schweregrad der Demineralisationen.

3.) Geschlecht

Das weibliche Geschlecht ist für Schmelzentkalkungen weniger anfälliger als das Männliche.

4.) Prophylaxe

4.1. Patienten mit einem Sealing durch Light Bond[®] nehmen auch eher ein zusätzliches Prophylaxeprogramm in Anspruch.

4.2. Ein regelmäßiges Prophylaxeprogramm hat Einfluss auf das Vorkommen von Initialläsionen.

5.) Entkalkungen

- 5.1. Durch ein die Dreidimensionalität der Läsionen beschreibendes Indexsystem ist es möglich, eine weitgehend objektive Beurteilung der Demineralisationszonen und übereinstimmende Ergebnisse der Betrachter zu erzielen.
- 5.2. Es existieren prädisponierte Stellen für Entkalkungen.

6.) Selbsteinschätzung

Die Patienten können ihr eigenes Mundhygieneverhalten in einen Zusammenhang mit den entstandenen Läsionen bringen und sich selbst bezüglich des eigenen Putzverhaltens einschätzen.

7.) Sealing

- 7.1. Eine Glattflächenversiegelung mit Light Bond[®] vor der Multibrackettherapie reduziert die Zahl der Schmelzentkalkungen gegenüber einer Kontrollgruppe ohne Sealer.
In der Gruppe mit Versiegelung sind Unterschiede sowohl in der Verteilung als auch dem Schweregrad der Entkalkungen gegenüber der unversiegelten Kontrollgruppe erkennbar.
- 7.2. Diese Aussage kann durch den Einsatz von Fotodokumentationen bestätigt werden.
- 7.3. Durch eine Versiegelung wird die Haftfestigkeit der Brackets verringert und es kommt zu mehr Bracketverlusten.
- 7.4. Das Debonding ist erleichtert.
- 7.5. Selbstligierende Brackets (smart clip[®]) wirken einer Plaqueakkumulation und somit Entkalkungen entgegen.

II Grundlagen

1 Entkalkungen

1.1 Ätiologie und Histopathologie der Schmelzentkalkungen

Oft steht der Kieferorthopäde in der Kritik durch korrektive Apparaturen ein erhöhtes Entkalkungsrisiko zu verursachen. Manche Zahnärzte entschieden sich in der Vergangenheit gegen eine Überweisung zum Kieferorthopäden – aus Angst vor möglichen Läsionen^{18,19}. Somit wurde bewusst eine Progression der dentalen und skelettalen Problematik in Kauf genommen.

1.1.1 Verstärkte Retention der Bakterien

Eine Multibracketapparatur beeinflusst die Plaqueretention und erhöht somit das Kariesrisiko um bis zu 50 %¹², indem eine künstliche Kariesprädispositionsstelle beim Einsetzen der Brackets, Bögen oder Bändern geschaffen wird^{5,18-22}.

Grundlage für vermehrte Plaqueanlagerungen und somit für kariöse Läsionen können inadäquat entfernte Kunststoffreste in der Peripherie der Brackets nach dem Bonding sein, da die Oberfläche von Kunststoff das schnelle Anheften und Wachstum der oralen Mikroorganismen^{5,21} ebenso begünstigt wie die nun vergrößerte Anzahl an Oberflächen. In gleichem Maße können angeätzte Schmelzareale, welche nur unvollständig mit Kunststoff bedeckt sind, Mikroorganismen regelrecht „sammeln“²³.

1.1.2 Erschwerte Mundhygiene

Durch die Applikation einer festen Apparatur wird der Zugang zu manchen Bereichen der Mundhöhle und der Zähne erschwert¹⁰. Die nötige Zahnpflege wird lästig und schwieriger für die jungen Patienten^{4,24-26}. Nahrungsbestandteile und Plaque können somit länger auf der Zahnoberfläche verweilen²⁷⁻³³.

Da bei Patienten, welche eine kieferorthopädische Therapie erhielten, ein annähernd linearer Zusammenhang zwischen Plaqueakkumulation und der Entstehung von Kariesläsionen gefunden wurde¹⁹, kann daraus geschlossen werden, dass aus den beschriebenen Plaqueablagerungen innerhalb weniger Wochen Demineralisationen resultieren^{31,32,34}. Diese Zeitspanne ist meist geringer als die von den meisten Kieferorthopäden bevorzugten Behandlungsintervalle^{30,35,36}.

1.1.3 Veränderte Ernährung durch Tragen des Multiband

Durch das Tragen einer Multibracketapparatur verändert sich das Ernährungsmuster der meisten Patienten. Vermehrt werden weichere Speisen konsumiert, um den Halt der Brackets nicht zu gefährden oder um einem „unangenehmen Spannungs- oder Druckgefühl“ beim Essen auszuweichen. Dadurch kommt die mechanische Reinigungswirkung einiger Lebensmittel (zum Beispiel Äpfel) nicht zum Tragen und weniger Speichel wird produziert³⁷.

Heutzutage ist in vielen Fällen die Qualität der Nahrung durch Unkenntnis oder fehlendes Gesundheitsbewusstsein vermindert. Die potentielle Kariogenität kohlenhydratreicher Ernährung und die Bedeutung der Ernährung im Allgemeinen für die Mundgesundheit während einer kieferorthopädischen Therapie werden als bekannt vorausgesetzt³⁸.

1.1.4 Verändertes Keimspektrum („bacterial shift“)

Eine Multibracketapparatur bewirkt nicht nur die beschriebene vermehrte Anlagerung von Bakterien durch die Bildung von Retentionsnischen⁴, sondern auch eine Änderung des Keimspektrums²².

Extraktionen, Parodontalschäden oder Karies verursachen eine Veränderung des physiologischen Keimschemas. Abhängig vom Ausmaß dieser Einbrüche, zu denen man auch das Einsetzen einer festen Apparatur zählen kann, reagiert der Organismus und schafft ein neues mikrobielles Gleichgewicht. Gelingt ihm dies nicht, so können pathologische Prozesse aufflammen.

Jedoch muss die Anwesenheit dieses veränderten Keimspektrums nicht zwangsläufig zu einer pathologischen Reaktion führen und

inflammatorische Reaktionen liegen meist eher in einer inadäquaten Mundhygiene begründet. Dies geht einher mit Erkenntnissen von diversen Studien^{37,39,40} die bestätigen, dass die Anwesenheit von kieferorthopädischen Bändern, Brackets und Drähten per se nicht zu parodontalen Schäden und Attachmentverlust führt. Kontroverse Berichte liegen gleichermaßen in der Literatur vor^{41,42}.

Während einer kieferorthopädischen Therapie mit festsitzenden Geräten sind unter anderem die Werte von Streptokokken oder Laktobazillen^{4,37,43-46} erhöht. Ebenfalls steigt der Anteil der Anaerobier, gefolgt von den Aerobiern und Veillonellen. Ein Grund für den Anstieg der Laktobazillenzahl liegt in den zusätzlich geschaffenen Fermentationsbereichen. Ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der eingegliederten Bänder mit der Zahl der Bakterien lässt sich darüber hinaus nachweisen.

Karies wird zwar durch die gesamte säurebildende Flora verursacht; entscheidend kariesprogredierend wirken jedoch vor allem Mutans Streptokokken⁴⁶ (*S. mutans* und *S. sobrinus*) sowie Laktobazillen. Somit sind diejenigen Patienten, welche bedingt durch eine Multibracketapparatur eine erhöhte Keimzahl sowie ein verändertes Keimspektrum aufweisen, einem erhöhten Kariesrisiko ausgesetzt.

Nach der vollendeten Behandlung sinkt jedoch die Anzahl der Bakterien wieder auf ein Level, das mit unbehandelten Gleichaltrigen vergleichbar ist²⁰ und auch das Keimspektrum kehrt zur Ausgangssituation zurück.

Veränderungen der subgingivalen Flora wurden bei Paolantonio et al.⁴⁷ untersucht, die ein verstärktes Auftreten von *Actinobacillus actinomycetemcomitans* (Aa), einem gram-negativen, fakultativ anaeroben Kokken bei parodontal gesunden, jungen Patienten mit kieferorthopädischen Geräten im Vergleich zu Kontrollpersonen ohne Apparatur vermerkten. Das Wachstum von Aa, beziehungsweise der qualitative „shift“ im subgingivalen Bereich kann auch durch eine lokale Modifikation der supragingivalen Flora in Folge der Applikation einer Multibracketapparatur entstehen. Andererseits möglich ist ein durch eine

feststehende kieferorthopädische Apparatur und durch Nickelionen der verwendeten Stahlbögen bei parodontal vorgeschädigten Erwachsenen bedingter protektiver Effekt.

1.1.5 Karies als multifaktorielle Erkrankung

Karies gilt per definitionem als lokalisierte Erkrankung – beziehungsweise Entmineralisation – der Zahnhartsubstanz und ist ein dynamischer Prozess zwischen De- und Remineralisation⁴⁸, wobei der Verlust an Mineralien einem Gewinn überwiegt. Betrachtungen eines White Spots zeigen, dass selbst in der gleichen Läsion manche Gebiete im Begriff sind zu remineralisieren und andere zu demineralisieren. Die oberflächliche Schicht kann mehr Mineralien akkumulieren, während in der sich unter der Oberfläche befindlichen Schicht weitere Demineralisationsvorgänge geschehen.

Heute weiß man, dass die primären Faktoren

- Zahn
- Plaque und
- Substrat

zur Kariesentstehung notwendig sind⁴⁹ (Abbildung 2).

Der Bildung der Plaque geht das acquired pellicle voraus, das sich als azellulärer, bakterienfreier Film aus Speichelglykoproteinen und Proteinen zusammensetzt und am Zahn nach der Reinigung sofort anlagert. Orale Biofilme wie beschriebenes Pellicel finden sich nicht nur an künstlichen Oberflächen, sondern auch natürlicherweise auf den Weichgewebsoberflächen wie Zunge, Tonsillen oder der oralen Mukosa sowie auf Hartgewebe wie den Zähnen. Hierauf können sich in einem weiteren Schritt Plaque und darin befindliche Bakterien mitsamt deren Stoffwechselprodukte anlagern.

Mikrobiologisch betrachtet ist die dentale Plaque eine komplexe Einheit von über 300 Bakterienarten, Speichelbestandteilen, bakteriellen Stoffwechselprodukten und Nahrungsresten. Diese Bakterien tolerieren auch wechselnde Umgebungsbedingungen wie zum Beispiel die

vermehrte Anhäufung von Stoffwechselprodukten bedingt durch eine Multibracketapparatur.

Verbleibt Plaque für einen längeren Zeitraum auf bestimmten Schmelzarealen, so dringen die von den Bakterien aus fermentierbaren Kohlenhydraten verstoffwechselten organischen Säuren⁵⁰ in den Zahn ein und lösen Hydroxylapatitkristalle aus dem Mineralgefüge des Schmelzes heraus. Dieser Prozess wird Demineralisation genannt und lässt Karies ätiologisch somit als eine durch Bakterien verursachte Krankheit erkennen^{6,7}.

Der allgemein gebräuchliche Begriff „Entkalkung“ ist demzufolge prinzipiell irreführend, da Apatit chemisch betrachtet kein Kalk, sondern Kalziumphosphat ist und somit eine „Demineralisation“ nomenklatorisch korrekt wäre. Trotzdem wird dieser Ausdruck in Anlehnung an profundere, ältere Studien auch in dieser Arbeit verwendet.

Manche pathologisch wirksamen Faktoren wie eine verminderte Speichelrate oder verminderte Pufferkapazität des Speichels, säurebildende Bakterien (*S. mutans*, *S. sobrinus*, Laktobazillen) und eine kohlenhydratreiche Ernährung verstärken diesen Kariesprozess³⁸. Physiologisch protektive Faktoren wie die im Speichel gelösten Mineralien (Fluorid, Phosphat oder Calcium), der Speichelfluss oder antibakterielle Agentien wirken entgegen⁵¹.

Somit wird die Kariesentstehung normalerweise durch das Gleichgewicht zwischen den protektiven und pathologischen Faktoren verhindert.

Bei Trägern einer festen Spange sind jedoch viele dieser protektiven Einflüsse wie zum Beispiel die Fähigkeit zur Selbstreinigung durch Zunge, Speichel und Muskulatur vermindert. Gingivale Inflammationen können gleichermaßen wie Entkalkungen die Folge hiervon sein.

Bezüglich der genau stattfindenden, pH-abhängigen Zyklen in der Mundhöhle und der Prozesse bei der Entstehung von Karies sei auf entsprechende Fachliteratur verwiesen^{14,49}.

1.1.6 Bezug zur vorliegenden Studie

Karies als multifaktorielle Erkrankung zu betrachten würde den Rahmen der Studie sprengen – somit bleiben hier unter anderem die Sozialschicht oder der Bildungsgrad der Eltern unberücksichtigt. Ebenfalls ignoriert werden genetische Prädispositionen für die Kariesentstehung²⁸, die Unterscheidung in verschiedene kariesauslösende Keime und die Pufferkapazität des Speichels.

Dass Karies nicht in allen Fällen – schon gar nicht im Anfangsstadium – mit einer Kavität einhergehen muss, ist inzwischen bewiesen; allerdings sollten White Spots als Handlungsbedarf aufzeigendes Zeichen der Kariesaktivität angesehen werden⁴⁹.

Das klinische Erscheinungsbild eines White Spots ist durch einen Verlust der typischen Transluzenz des Schmelzes, bedingt durch eine Lyse der unter der Oberfläche befindlichen Zahnhartsubstanz, geprägt³⁰⁻³². Somit erscheint die Karies im frühen Stadium als matte weiße Streifen oder größere grau-weißliche Flecken^{10-12,14,15}.

Das Fortschreiten eines White Spots muss nicht zwangsweise eine etablierte, offene Läsion bedingen und kann in manchen Fällen sogar das Erscheinungsbild gesunden Schmelzes annehmen⁵².

Mit der Entfernung der kieferorthopädischen Apparatur wird ebenfalls die potentiell davon ausgehende kariogene Bedrohung beseitigt. Es gilt als wahrscheinlich, dass sich dann keine weitere Karies – deren Ursache bei der festen Spange und resultierender erhöhter Plaqueakkumulation lag – entwickelt^{14,53,54} und es ist eher mit einer Remineralisation betroffener Regionen zu rechnen¹⁴. Mögliche Mechanismen hierzu können neben den physiologischen Abrasivvorgängen des Schmelzes durch Mastikation oder Okklusion¹⁴ Ablagerungen von Mineralien im entkalkten Schmelz sein. Diese erscheinen jedoch unrealistischer, da die Mineralien erst in die tieferen Schichten passieren müssten^{48,55}.

1.2 Zonen der Initialläsion

Studien schildern detailliert die Strukturbeschaffenheiten der beginnenden kariösen Läsionen. Lichtmikroskopische und polarisationsmikroskopische Untersuchungen an Dünnschliffen von Zahnschmelz ließen vier verschiedene Zonen erkennen⁵⁶. Diese unterscheiden sich in Porengröße und Mineralverlust, sind aber histologisch nie gleichzeitig erkennbar durch die Doppelbrechungseigenschaften des Schmelzes und die zur Darstellung der Zonen benötigten unterschiedlichen Medien.

Beschrieben wurden eine pseudointakte Oberfläche über dem darunter befindlichen Körper der Läsion, eine transluzente sowie eine dunkle Zone.

Als Zone der progredierenden Demineralisation wird die transluzente Zone angesehen, welche die Läsion nach innen und außen umfasst. Hier entstehen oder vergrößern sich die Poren des Zahnschmelzes (Porenvolumen von 1 %) im Vergleich zu physiologischen Gegebenheiten (Porenvolumen von 0,1 %). Initiale Ursache kann das Herauslösen von Carbonat aus dem Apatitgitter bedingt durch organische Säuren sein. Demineralisationsvorgänge als treibender Faktor bewirken ein Herauslösen der Minerale aus der Kristalloberfläche oder dem Zentrum der Schmelzkristalle. Somit erscheinen auch die interkristallinen Räume des Gefüges im Vergleich zu physiologischen Verhältnissen vergrößert⁵⁷.

Die sich an die transluzente Zone nach innen anschließende dunkle Zone besitzt ein nochmals vergrößertes Porenvolumen von 2 bis 4 %.

Von diesen zwei Zonen wird der Läsionskörper eingeschlossen. Dieser stellt mit den im Vergleich zum physiologischen Schmelz insgesamt verkleinerten Kristallen eine Schwachstelle dar (Porenvolumen auf 5-25 % erhöht) und toleriert sogar das Eindringen von Speichelbestandteilen.

Histologisch betrachtet zeichnet sich die pseudointakte Oberfläche⁵⁸⁻⁶², welche früher auf ein fotografisches Artefakt zurückgeführt wurde, durch Repräzipitation der Kalzium- und Phosphationen aus, die entweder aus der gesättigten Plaque ausfallen oder von der Auflösung der unmittelbar

darunter befindlichen Schicht stammen. Sie ist gut mineralisiert und befindet sich über dem darunter befindlichen Körper der Läsion⁵⁶. Untersuchungen mit höher auflösenden Methoden sprechen jedoch auch schon von einer Auflösung der äußeren Schicht⁵⁷. Ein Mineralienverlust von 1-10% auf submikroskopischer Ebene im molekularen Bereich mag trotz der mikroskopischen Intaktheit als realistisch angesehen werden.

Diese Studien zeigen, dass bereits zum Zeitpunkt des White Spots beträchtlicher Schmelzverlust an der Oberfläche anzutreffen ist und diese Läsionen nicht mehr eine intakte, sondern nur noch eine „pseudointakte“ Oberfläche aufweisen.

1.2.1 Erscheinungsformen der initialen Karies

Der Begriff der „initialen Karies“ umfasst in der Praxis sowohl die meist plaquebedeckte, aktive Karies als auch die inaktive, arretierte und ruhende Schmelzkaries.

Die aktive Karies im Schmelz ist durch eine kreidig weiße Verfärbung der Schmelzoberfläche gekennzeichnet; Ergebnis des aus dem Gleichgewicht geratenen Wechselspiels zwischen De- und Remineralisation. Daraus leitet sich der Begriff „White Spot“ der Initialläsion ab (siehe Abbildung 1). Oberflächenrauigkeiten des Schmelzes sind, wenn feststellbar, ein gutes Indiz einer aktiven und voranschreitenden Läsion.

Die Einschätzung der Initialläsion ist visuell gut möglich. Als Diagnostikmethode zur lokalen Kariesfeststellung hat die Inspektion noch immer den größten Stellenwert¹⁵. Sie erlaubt auch eine orientierende Graduierung des Ausmaßes kariöser Läsionen. Bei fortgeschrittener Karies ist eine Abschätzung des Fortschreitens der Entkalkung möglich (zum Beispiel gelb-braune, gleichbedeutend mit aktiven, progredierenden Läsionen).

Das klinische Bild einer arretierten Läsion ist glänzend, glatt, sehr hart und oft bräunlich verfärbt („Brown Spot“). Diese Verfärbungen können während Remineralisationsvorgängen durch die Einlagerung von beispielsweise Tee oder Tabak entstehen.

1.2.2 Subjektive Wahrnehmung der Läsionen

Was in kieferorthopädischen oder allgemein Zahnärztlichen Praxen noch immer ein großes Problem darstellt ist die subjektive Wahrnehmung und die dem gemäße Interpretation der Befunde. Auch Fehlermöglichkeiten durch uneinheitliche Richtlinien bei der Dokumentation können Ergebnisse verfälschen. Verbesserungen sind in den letzten Jahren durch hochauflösende intraorale oder zusätzlich digitale Bilder zur Diagnostikfindung erreicht worden.

Die Sondierung hat bei der Diagnostik der Entkalkungen in den Fissuren und Grübchen der Zähne in den letzten Jahren an Bedeutung eingebüßt^{63,64}. Eine Übertragung der Bakterien⁶⁵ sowie die ungünstige anatomische Situation der Fissuren⁶⁶ lassen die Validität dieser Methode bezüglich der Sensitivität der Diagnose in Frage stellen.

Oft unsicher durch unterschiedliches taktiles Empfinden kann die Sondierung bei unsachgemäßer Handhabung sogar oberflächenverletzend wirken: durch kraftvolles Sondieren können Kräfte von nahezu 10 N aufgebracht werden – ein Einbruch der pseudointakten Oberflächenschicht (nur 30 µm stark über dem Zentrum der Läsion) und das Überführen einer initialen in eine etablierte Läsion kann die Folge sein^{67,68}. Unverzichtbar ist die Sondierung jedoch momentan immer noch bei der Feststellung von unterschiedlichen Oberflächenbeschaffenheiten. Porositäten zum Beispiel lassen die Sonde haken.

Deswegen muss diese Methode sehr vorsichtig und drucklos bei der Diagnostik der Glattflächendemineralisationen zum Einsatz gebracht werden^{18,19}.

Über die Entwicklung neuer Methoden zur frühzeitigen Entdeckung von Karies soll nicht weiter berichtet werden, da in manchen Gebieten noch Mängel erkennbar sind⁶⁹. Andere, erfolgreichere, wie das für die Entdeckung von Approximalkaries gut geeignete Diagnodent[®], können bei der durch eine Multibracketapparatur bedingten Glattflächenkaries nicht effizient zum Einsatz gebracht werden.

Die Anfertigung von zusätzlichen, diagnostischen Röntgenaufnahmen (Bissflügelaufnahmen, Mundfilme) ist ethisch nicht vertretbar und eher für andere Bereiche der Zahnheilkunde indiziert.

1.3 Differentialdiagnosen

Ursachen von Schmelzhypoplasien können Schädigungen oder Beeinträchtigungen der metabolischen Aktivitäten der Ameloblasten während der Schmelzentwicklung sein.

1.3.1 Zahndysplasien

Zahndysplasien sind unterteilbar in Störungen der Zellproliferation während des Leisten-Knospen-Kappen-Stadiums, der Zelldifferenzierung während des Glockenstadiums und der Mineralisation. Zellproliferationsstörungen sind hereditär bedingt und wirken sich auf die Zahnzahl (Hypo- und Hyperdontien), sowie auf die Zahnform (Zwillingsbildungen, Verschmelzungen) aus. Mineralisationsstörungen hingegen beruhen auf exogenen Umwelteinflüssen (durch Medikamente oder Infekte) (Abbildung 3). Störungen der Zelldifferenzierung sind gleichermaßen auf exogene und genetische (Amelogenesis imperfecta (Abbildung 4) und aplastica, Dentinogenesis imperfecta und aplastica, Dentindysplasie) Störungen zurückzuführen.

Genetisch bedingte Zahndysplasien zeichnen sich durch ihr Auftreten sowohl in der ersten als auch in der zweiten Dentition aus. Die meist familiär gehäuft auftretenden Störungen können den Schmelz oder das Dentin betreffen und sind meist über den ganzen Zahn in vertikaler Richtung diffus verteilt.

Differentialdiagnostisch betrachtet sind exogene Dysplasien auf die erste oder zweite Dentition beschränkt und gleichermaßen im Schmelz und Dentin lokalisiert. Ebenfalls spricht das Auftreten einer fleckenförmigen und eher horizontalen Läsion im Individuum für eine derartige Störung.

Während der unterschiedlichen Mineralisationsphasen der Zähne sollten deshalb exogene Störungen vermieden werden. Die Zahnhartsubstanzbildung der Milchzähne beginnt in utero (3.-4. Schwangerschaftsmonat bei den Inzisiven); die Mineralisation des Permanentgebisses bei den ersten Molaren zum Zeitpunkt der Geburt.

Theoretisch können von Beginn bis zum Abschluss der Mineralisation der bleibenden Zähne Zahndysplasien durch exogene Einflüsse entstehen.

Durch frühere Mineralisation der bleibenden mittleren Inzisiven und ersten Molaren sind diese Zähne manchmal weniger von Schmelzveränderungen betroffen wie die Prämolaren oder Caninen der zweiten Dentition.

Allgemein unterschieden werden Auslöser wie Magen-Darm-Infektionen mit nachfolgenden Resorptionsstörungen (wie Salmonelleninfektionen), allgemeine Infektionskrankheiten (Röteln oder Lues) sowie Stoffwechselstörungen wie Hypovitaminosen A, C und D. Aber auch hormonelle Störungen (beispielsweise Hypoparathyreoidismus, mütterliche Diabetes), andere schwerwiegende Allgemeinerkrankungen (Nephrosen, Down-Syndrom) und Pharmaka (typischerweise Tetrazyklin oder Fluorid) können Schmelzhypoplasien hervorrufen.

1.3.1.1 Rötelnembryopathie

Kommt es in den ersten Schwangerschaftswochen zu einer Rötelninfektion der Mutter, so kann es zu einem intrauterinen Infekt des Embryos kommen (Embryopathia rubeolosa). Neben einer Prädisposition für bestimmte Krankheiten wie Innenohrschwerhörigkeit, Lippen-Kiefer-Gaumenspalten oder Mikrophthalmie, werden beim Kind unter anderem unterschiedlich stark ausgeprägte Schmelzhypoplasien und Veränderungen der Zahnmorphologie gefunden.

1.3.1.2 Hypokalzämie

Auslöser einer Hypokalzämie können u.a. chronische Diarrhöen im Säuglings- und Kleinkindalter, chronischer Vitamin – D – Mangel der Mutter oder des Kindes sowie Rachitis sein. Das klinische Bild zeigt isolierte Schmelzflecken, bei schwerer Verlaufsform jedoch auch symmetrisch verteilte Formdefekte.

1.3.1.3 Alkoholembryopathie

Bei Alkoholabusus schwangerer Frauen werden Kinder mit verkleinerter Kopfgröße, einem „long face“ und einer verzögerten Gebissentwicklung geboren. Mit Mineralisationsstörungen ist ebenfalls zu rechnen.

1.3.1.4 Medikamente

1.3.1.4.1 *Tetrazykline*

Bei der Verabreichung von Tetrazyklinen während der Schwangerschaft und bei Kindern bis zum achten Lebensjahr entstehen bei Milchzähnen und im permanenten Gebiss braun-rote oder gelbe Verfärbungen – in Folge hoher Dosierungen sogar hypoplastische Veränderungen im Zahnschmelz (Abbildung 5). Von der Verfärbung können einzelne Bereiche von Zähnen betroffen sein, die sich während der Applikation gerade in der Entwicklung befanden, oder die gesamte Zahnkrone. Tetrazykline werden durch die Bildung komplexer Verbindungen mit dem Kalzium des Schmelzes oder Dentins während der Zahnhartsubstanzbildung irreversibel eingelagert.

1.3.1.4.2 *Fluorid*

Entstehung der Fluorosen

Wirken chronisch toxische Fluoridmengen (über 0,5 mg/kg Körpergewicht pro Tag) oder einmalig eine sehr hohe Fluoridkonzentration (10 µmol/ml Fluorid im Blutplasma) systemisch auf die Ameloblasten des Schmelzes ein, so werden während der Entwicklungszeit der Zahnkronen (bis zum 8. Lebensjahr) die Schmelzbildung und die Schmelzreifung beeinträchtigt. Die daraus resultierenden Schmelzveränderungen werden als „Fluorosen“ bezeichnet und nehmen mit steigender Konzentration der chronisch erhöhten Fluoridzufuhr an Anzahl und Schweregrad zu. Die Ursachen dieser Schmelzveränderungen können vielfältig sein – bei relativer Überdosierung können fluoridiertes Trinkwasser (nicht in Deutschland üblich), Fluoridtabletten, verschluckte fluoridhaltige Zahnpasta oder ähnliches zu Fluorosen führen. Histologisch sind diese Veränderungen mehr oder weniger stark ausgeprägte Porositäten und Strukturdefekte unterhalb der Schmelzoberfläche.

Klinik der Fluorosen

Klinisch können Fluorosen leicht mit White Spots verwechselt werden, denn auch hier findet man weiße, opake Flecken und Streifen (Abbildung 6), die sich bei stärkeren Porositäten durch exogene Einlagerungen von Farbstoffen braun verfärben können.

Generell sind diese Schmelzveränderungen vermehrt posterior im Gebiss anzutreffen. Weiterhin sind sie im Unterkiefer bukkal häufiger als lingual zu finden. Liegt nur eine leichte chronische Fluoridüberdosierung mit geringen fluorotischen Veränderungen des Schmelzes vor, so sind die mittleren Schneidezähne und die ersten Molaren weniger betroffen als die Prämolaren und zweiten Molaren. Somit scheinen Zähne, die zuerst mineralisieren, weniger fluorotische Veränderungen aufzuweisen .

1.3.1.5 Lokale Traumata

Durch lokale Traumata während der Zahnentwicklung beziehungsweise Zahnmineralisation können – an einem oder mehreren Zähnen – Hypoplasien und Formveränderungen auftreten (Abbildung 7). Bei einem Unfall der Milchzähne (Intrusion, Kontusion, Avulsion, Luxation) kann es zu einem lokalen mechanischen Trauma des Keims der Zuwachszähne kommen, wobei hauptsächlich die mittleren oberen Inzisiven betroffen sind. Je nach Schweregrad des Traumatias und Entwicklungszustands des Zahnkeimes resultieren unterschiedlich stark ausgeprägte Schmelzveränderungen oder Zahndeformitäten wie Einkerbungen im Schmelz oder Dilatationen. Die Schmelzveränderungen können weißlich, gelb oder braun sein und sind beschränkt auf den einzelnen, jeweils betroffenen Zahn.

Ebenfalls können chirurgische Eingriffe die am Ort der Einwirkung befindlichen Ameloblasten zerstören. Der betroffene Zahn bleibt an dieser Stelle in der Entwicklung zurück. Bei einem Unfall mit entstehenden Geweblungen in der unmittelbaren Nähe des Zahnkeims können sich Blutfarbstoffe in den unreifen, noch relativ weichen Zahnschmelz einlagern und ihn gelbbraun verfärben (als „traumatischer Fleck“ bezeichnet).

Auch ionisierende Strahlung kann (zum Beispiel im Rahmen einer Tumorbehandlung) als lokales Trauma wirken. Je nach Strahlendosis und Entwicklungszustand der Zahnkeime resultieren unterschiedliche Defekte wie Hypoplasien oder Mikrodontien.

1.3.2 Andere Schmelzveränderungen

1.3.2.1 Erosionen

Erosionsbedingte Zahnschäden entstehen chemisch durch Säureeinwirkung und erweichen die Zahnhartsubstanz, bevor diese ausreichend durch die im Speichel vorhandenen Mineralien remineralisiert werden kann. Diese Säureeinwirkungen werden gerade auf den Labialflächen von Kinderzähnen durch Fruchtsäfte, Tees oder säurehaltige Nahrungsmittel verursacht. Erosionen entstehen also im Gegensatz zu kariösen Läsionen nicht durch die Stoffwechselfähigkeit oraler Mikroorganismen. Qualitative und quantitative Speichelfezite begünstigen das Entstehen einer Erosion. Vermutlich sind neben den Säureeinwirkungen auch noch andere interne und externe Faktoren an der Entstehung beteiligt.

Frühe erosive Läsionen können gerade im Glattflächenbereich mit initialen Entkalkungen verwechselt werden. Nach Eccles⁷⁰ kann man klinisch in drei Kategorien einteilen; Klasse 1 ist hierbei eine oberflächliche Läsion, welche ausschließlich auf den Schmelz beschränkt ist, und die es zur kariösen Initialläsion differentialdiagnostisch zu betrachten gilt.

Abzugrenzen gilt es die durch Bulimia nervosa, chronischen Alkoholismus oder Reflux verursachten Erosionen auf den Palatinalflächen vor allem der oberen Inzisiven, aber auch die schüsselförmig ausgehöhlten Läsionen auf den vestibulären Flächen der Front- und Schneidezähne⁷¹.

1.3.2.2 Keilförmige Defekte

Auch der keilförmige Hartsubstanzdefekt ist primär im Schmelz lokalisiert – vor allem im bukkalen, cervikalen Bereich der Inzisiven, Caninen und Prämolaren. Diese Läsion entsteht vor allem in unmittelbarer Nähe zur Schmelz-Zementgrenze. Sie hat eine im Zahnlängsschnitt dreieckig erscheinende Form mit einer kurzen Fläche im koronalen Bereich. Die Einkerbung, die manchmal bis ins Dentin reichen kann, lässt sich von initialen Entkalkungen durch die meist glänzende, glatte Oberfläche beim Fehlen einer weißlichen Verfärbung unterscheiden. Somit sind keine

makroskopischen Zeichen einer Karies erkennbar, aber durch die vermehrte Plaqueakkumulation in dieser „Schmutznische“ kann sich potentiell ein kariöser Prozess entwickeln. Obwohl die Ätiologie noch nicht ganz geklärt ist, geht man von einem mechanisch – abrasiven Vorgang aus, bedingt durch zum Beispiel eine falsche Zahnputztechnik oder den Gebrauch von hochabrasiver Zahnpasta als Ursache des keilförmigen Defektes.

1.3.3 Ausschlussmöglichkeiten

1.3.3.1 Klinischer Bezug

Klinisch erkennt man weiße, gelblich-braun verfärbte Flecken, oft mit Opazitäts- und Formveränderungen einhergehend. Diese Flecken deuten meist auf eine Schädigung während der Schmelzreifung hin. Wenn Formdefekte vorhanden sind, so spricht dies für eine Störung der Schmelzbildung. Wirken Noxen länger ein, so entstehen große und flächenförmige Defekte. Kurzfristige Einflüsse bewirken horizontale Furchen, Rillen oder Bänder, die von jenen Läsionen, welche durch eine Multibracketapparatur hervorgerufen werden können, abgegrenzt werden müssen.

Heute unterscheidet man Schmelzflecken (Opazitätsveränderungen), die durch Fluorideinwirkung entstanden sind, und Hypoplasien mit anderer Ursache. Diese Differenzierung ist schwierig und kann neben anamnestischen Hinweisen nur aufgrund der Lokalisation der Veränderungen getätigt werden: Idiopathische Schmelzhypoplasien (unterschiedlich große, weißlich-opake, flächenförmige Schmelzveränderungen) sind oft nur auf einzelne Zähne begrenzt, während allgemeine Mineralstoffwechselstörungen symmetrisch verteilte Hypoplasien zur Folge haben.

2 Möglicher Schutz vor Entkalkungen

Eine Initialkaries kann sich theoretisch zu beiden Extremen entwickeln: sie kann zu einer tiefen Läsion werden oder vollständig remineralisieren⁵⁷. Das Risiko einer versorgungsbedürftigen Karies darf im Praxisalltag nicht negiert werden.

2.1 Allgemeines

Eine Anzahl an Studien^{2,9,72-77} berichtete in der Vergangenheit über mehr oder minder effiziente Möglichkeiten, den Zahn vor den von den Mikroorganismen produzierten Säuren und resultierender Demineralisation zu schützen. Fluoridhaltige Mundspüllösungen oder „hochdosierte“ Zahnpasten versprechen guten Erfolg^{8,78} – allerdings nur, wenn die Patienten gut mitarbeiten. Dies ist jedoch selten der Fall (13 % bei Geiger et al.⁷⁹) und macht den Bedarf an von der Mitarbeit unabhängigen Möglichkeiten im Bereich der zahnmedizinischen Prophylaxe zum Schutz vor Demineralisationen deutlich^{35,80}.

Um ein konstantes, fluoridhaltiges Milieu im Mund unabhängig von der Mitarbeit der Patienten zu erhalten, wurde nach professionell applizierbaren Mitteln gesucht. Diese fluoridhaltigen Gele, Lacke, Bonding agents sowie Glasionomerezemente sollten zum Einen die Behandlungszeit durch die Prävention von Entkalkungen sowie nötigen Prophylaxemaßnahmen minimieren und zum Anderen nicht auf die Compliance des Patienten angewiesen sein^{73,81,82}. In vitro und in vivo zeigten Bonding agents auf Glasionomer - Basis eine karieshemmende und remineralisierende Wirkung^{35,73,74,83}. Allerdings ließen die Haftwerte im Vergleich zu den Bonding agents auf Kunststoffbasis zu wünschen übrig⁸⁴.

Die auf besondere Indikationen beschränkte Einsatzfähigkeit der diversen Produkte und zum Teil vorhandene Mängel zeigen die Notwendigkeit für weitere Untersuchungen auf.

2.1.1 Befestigung von Bändern

Heute gelten fluoridfreisetzende und kunststoffmodifizierte Glasionomerezemente (zum Beispiel Ketac[®]) zur Befestigung von Bändern als Mittel der Wahl^{73,83}. Obwohl die freigesetzte Fluoridmenge geringer ist als bei den konventionellen Glasionomeren⁸⁵, können sie laut Herstellerangaben ihr „Depot“ über exogene Fluoridquellen wieder auffüllen⁸⁶ und haben somit einen guten Langzeiteffekt. Die Haftwerte sind im Vergleich zu denen der Konventionellen deutlich verbessert.

Beim Befestigen von Bändern entsteht in der Mundhöhle ein saures Milieu. Dieses wiederum hat Auswirkungen auf die Zusammensetzung der Bakterien in der Plaque und ein vergrößertes Kariesrisiko ist die Folge⁸⁷. Vor allem unter losen Bändern ist hier ein Schutz durch das anliegende, die Oberfläche bedeckende und in gewissem Sinne abdichtende Band nicht mehr gegeben³⁷.

2.1.2 Befestigung von Brackets

Das indirekte oder direkte Kleben von kieferorthopädischen Brackets auf dem angeätzten Schmelz mit polymerisierendem Kunststoff wird seit Mitte der 60er Jahre als gängige und hygienischere Alternative zu der Vollbebänderung gesehen^{41,88-91}. Eine deutliche Verminderung der Anzahl der Entkalkungen war die Folge^{13,92} gleichwohl labial immer noch auftraten^{11,12}.

Der Vorteil der Brackets war zum einen die erleichterte Mundhygiene und die daraus resultierenden verminderten gingivalen Irritationen, zum anderen das nach dem Befestigen noch nachträglich mögliche Slicen der Zähne oder das erleichterte Einbeziehen von teilweise durchgebrochenen Zähnen. Ein eventuell nötiger Lückenschluss nach dem Debonding wie bei den platzintensiveren Bändern konnte entfallen.

2.1.3 Analogie zur Fissuren- und Grübchenversiegelung

Die Inauguration der adhäsiven Verbundtechnologie von Methacrylat-Kunststoffen am Zahnschmelz erfolgte 1955 durch Buonocore⁹³.

Heute weiß man, dass adäquates Befestigen von Kunststoff auf dem Zahn und ein sicherer Verbund zwischen Schmelzoberfläche und Kunststoff erst

durch vorhergehendes Konditionieren der Schmelzoberfläche möglich wird^{94,95}. Die geschaffene mechanische Retention, die durch das oberflächenaktive Reagenz hervorgerufen wurde, trägt zur (Ab-) Scherbständigkeit des Adhäsivs bei. Kunststoffe begründen ihren Halt dementsprechend durch einen geometrischen und rheologischen Effekt.

Um bei Heranwachsenden die größte natürliche Prädilektionsstelle (Füllungen auf der Okklusalfäche im Bereich der Fissuren stellen den größten Prozentsatz dar³⁶) vor größeren kariösen Läsionen zu bewahren, wurden Fissurenversiegeler entwickelt⁹⁶. Diese zeigten sich äußerst erfolgreich in der Vermeidung von Entkalkungen^{64,97}: bis zu 90 % aller versiegelter Molaren lassen sich vor kariösem Befall schützen.

Seit Mitte der 90er wurden bis zu 40 % der Kinder und Jugendlichen mit mindestens einer Fissurenversiegelung versehen. Ziel war die „Umgestaltung eines plaqueretentiven Fissurenreliefs in eine prophylaxefähige Oberfläche“⁶⁴. Eine regelmäßige Nachkontrolle und gegebenenfalls eine Erneuerung darf nicht in Vergessenheit geraten.

Auf die aktuelle Leitlinie zum Thema Fissuren- und Grübchenversiegelung sei an dieser Stelle verwiesen⁶⁴. Diese stellt einen Konsens mehrerer Experten aus verschiedenen Fachbereichen und Arbeitsgruppen über dieses Sujet dar. 2008 soll eine überarbeitete Version dieser Leitlinie erscheinen, was die Brisanz des Themas und das Entwicklungspotential der Materialien und Anwendungsweisen zeigt.

2.2 Versiegelung im Rahmen einer Multibrackettherapie

2.2.1 Entwicklung der Glattflächenversiegelung

Die Meinungen sind immer noch kontrovers, wenn es um die Versiegelung im Rahmen einer Multibracketapparatur geht.

In ihren Anfängen wurden hierfür Materialien verwendet, die ursprünglich für die Fissuren- und Grübchenversiegelung gängig waren wie Maximum Cure[®], Concise white[®] oder Delton[®]. Diese hatten sich in ihrem Indikationsgebiet als kariesprotektiv wirksam erwiesen^{94,95,97,98}.

1976 beschrieben Reynolds et al.⁹⁹ die Schmelzversiegeler allgemein und zählten zu diesen Kunststoffe, Silane und Coupling agents. Die beiden Letztgenannten wurden ursprünglich für verbesserte Haftwerte zwischen Schmelz und Composit eingesetzt und gelten heute als obsolet.

Erste klinische Eindrücke^{75,90-92} beim Einsatz von Kunststoffversiegeleren berichteten über eine signifikante Reduktion der Entkalkungen. Materialmängel wie die unvollständige Polymerisation des Kunststoffes durch die Sauerstoffinhibitionsschicht ließen allerdings Ceen et al.⁸⁸ Versiegeleren (bis auf Nuva Seal[®]) die Fähigkeit zum Schutz vor Entkalkungen absprechen. Auch Artun et al.¹⁵ diskutierten die noch unsichere Möglichkeit des Sealings zum Schutz vor Entkalkungen.

2.2.2 Prinzip und mögliche Vorteile

Das Prinzip des Sealings ist die luft- und wasserdichte „Versiegelung“ und somit in gewissem Sinne „Abdichtung“ einer Fläche. Die meist niedrigviskösen Versiegeler dringen in den mit Säure angeätzten Schmelz ein, polymerisieren, und stärken damit den Schmelz gegen bakterielle Angriffe. Selbst wenn die oberflächliche Schicht des Versiegeler abgetragen wird, bietet die Retention der im Schmelz verbleibenden Tags beträchtlichen Schutz vor Entkalkungen.

Kritiker der auch bei Light Bond[®] angewandten Schmelz-Ätz-Technik seien auf die Ergebnisse von Fitzpatrick et al.¹⁰⁰ verwiesen, die die Rückkehr der Schmelzoberfläche klinisch und mikroskopisch in ihren Ursprungszustand (mit ungefähr 55,6 µm Schmelzverlust) trotz Ätzen, Adhäsivauftrag, Bracketbefestigung und wieder –entfernung, sowie Polieren aufzeigten. Selbst nach Entfernung des applizierten Versiegeler ist die zurückbleibende Schmelzoberfläche weniger löslich als der normale, harte Schmelz^{94,95}.

Deswegen scheint der Bedarf an einer Versiegelung der Labialfläche indiziert, um in Zukunft gute Behandlungsergebnisse – ohne unerwünschte Nebenwirkungen wie Entkalkungen – zu gewährleisten.

Die Aktualität dieses Themas und der Bedarf an zusätzlichen Untersuchungen wird deutlich, wenn man die wenigen aktuellen Veröffentlichungen in Betracht zieht^{75,83}. Ein ideales Produkt für den kieferorthopädischen Gebrauch scheint bis dato noch nicht gefunden zu sein.

Diese Promotionsarbeit dient zur Beurteilung eines neuen, lichthärtenden Produktes (Light Bond[®], Reliance Orthodontic Products, Inc., Itasca, EL, 60143), das zur Vermeidung oder zur Reduktion von Entkalkungen während der Multibrackettherapie eingesetzt werden kann (Abbildung 8).

2.2.3 Typen von Versiegelern

Generell lassen sich die verschiedenen Typen von Versiegelern vor dem Bonding des Brackets applizieren (Light Bond[®]), oder danach (unter anderem Protecto[®] one-step-seal, BonaDent). Des Weiteren muss strikt zwischen der Glattflächenversiegelung, welche die Labialfläche des Zahnes vollständig bedeckt, und der Bracketumfeldversiegelung unterschieden werden. Bei der Letzteren wird nach bereits erfolgtem Kleben der Brackets ohne oder mit anschließender Lichthärtung die direkte Peripherie des Brackets versiegelt.

In der Art der Anwendung und Verarbeitung der einzelnen Produkte existiert somit eine große Vielfalt. In diesem Abschnitt soll nur ein kurzer Überblick über die mögliche Produktpalette geschaffen werden. In der Diskussion wird dann begründet, warum die Entscheidung der Praxis Dr. Heinig auf den fluoridhaltigen und viskösen Glattflächenversiegeler Light Bond[®] mit den entsprechenden Eigenschaften fiel.

Produkte können sein:

- A) gefüllt oder nicht gefüllt
- B) mit fluoreszierenden Ingredienzien versetzt
- C) lichthärtend oder autopolymerisierend
- D) in Zusammenhang mit der Schmelzätztechnik anzuwenden
- E) fluoridfreisetzend oder nicht fluoridfreisetzend

2.2.4 Gesundheitsrisiken

Für kunststoffhaltige Versiegeler mag vom werkstoffkundlichen Aspekt prinzipiell das Gleiche gelten wie für die konventionelle Kunststofffüllung.

Seltene Fälle von anaphylaktischen Reaktionen (Typ I Allergie) wurden bei Fissurenversiegelern festgestellt; nachdem nun aber andere Materialien für die Versiegelung der Labialflächen verwendet werden, müssen neue Untersuchungen zum Thema „Glatflächenversiegelung“ durchgeführt werden.

Ein Östrogenitätsrisiko wurde wiederlegt; weitaus häufiger wurde über eine Kontaktdermatitis (Typ IV) berichtet. Hiervon war vor allem die Berufsgruppe betroffen, die in ständigem Kontakt zu dem Material stand¹⁰¹.

2.3 Remineralisationsprozesse der White Spots

Kieferorthopädische Apparaturen und verwendetes Bonding – Material führen wie bereits erläutert zu einer verstärkten Plaqueanhäufung²¹ und können Demineralisationen hervorrufen. Diese haben, unabhängig vom Alter des Patienten, das Potential nach Entfernung der kariesauslösenden Faktoren vollständig zu verschwinden^{14,15}. Als Ursache kann man hier natürliche Remineralisationsprozesse¹⁰² – unterstützt durch die Mineralien im Speichel – in Betracht ziehen. Eine andere Theorie beschreibt den Abtrag der obersten Schmelzschicht durch Attrition und Abrasion^{15,100} nach dem Entfernen der Brackets innerhalb von zwei Monaten. Eine Oberfläche vergleichbar mit dem gesunden Schmelz vor der Multibrackettherapie bleibt zurück. Dies stellt jedoch keine Remineralisation im klassischen Sinne dar.

Um eine möglichst vollständige Remineralisationswirkung der physiologischen Faktoren der Mundhöhle zu erreichen, müssen beim Debonding Fehler vermieden werden¹⁰³. Um Plaques und Farbveränderungen vorzubeugen, sind der Einsatz eines mit geringer Geschwindigkeit rotierenden flachen Hartmetallfinierers zur Entfernung verbleibenden Bondingmaterials auf der Zahnoberfläche sowie eine gründliche Politur notwendig^{41,92,104}.

Eine Remineralisation von Schmelzläsionen kann immer dann stattfinden, wenn der pH-Wert der Plaque durch eine Sättigung mit Calcium- und Phosphationen neutral oder leicht basisch wird. Das Hydroxylapatit des Schmelzes löst sich dann nicht auf und es findet eine Rücklagerung der Mineralien aus der Plaque in den Schmelz statt. Geringe Fluoridlevel im Speichel und in der Plaque erschweren hingegen die Remineralisation¹⁰⁵. Die Wirkung der Fluoride bei der Remineralisation der Schmelzoberfläche wird als bekannt vorausgesetzt^{15,48,55}.

3 Selbstligierende Brackets

Gwinnet et al.^{5,106} stellten ausgedehnte Plaquegebiete in Zusammenhang mit den am Bracket befestigten Gummiligaturen fest.

Im Gegensatz zu den konventionellen Brackets arbeiten selbstligierende Brackets (in dieser Studie verwendete smart clip[®], 3M Unitek) ohne Gummi- oder Drahtligaturen. Deshalb entfallen Retentionsnischen für Nahrungsbestandteile und Bakterien der Plaque^{45,107}; eine effiziente Mundhygiene wird den Patienten deutlich erleichtert.

Laut Herstellerangaben wird durch einen Clipmechanismus die Reibung der Drähte reduziert und somit die Gleitmechanik verbessert. Der Drahtbogen ist durch den Clipmechanismus schneller einzusetzen beziehungsweise auszutauschen.

Bei der Effizienz kieferorthopädischer Behandlungen muss beim Einsatz von selbstligierenden im Vergleich zu konventionellen Brackets kein Abstrich gemacht werden^{108,109}.

Ein Überblick wurde bei Rinchuse et al.¹¹⁰ geschaffen.

III Material und Methoden

1 Methodik

1.1 Allgemeine Methodik der Untersuchungen

Zwei Patientengruppen wurden in diese Studie eingeschlossen; alle waren seit Beginn der kieferorthopädischen Therapie vom selben Arzt in der gleichen Praxis (Praxis Dr. Nina Heinig, Wendlingen, Olgastr.55) behandelt worden.

Ausgewählt wurden Patienten, die folgende Kriterien erfüllten:

- Abgeschlossene Multibracketbehandlung
- Vollständige Patientenakte mit Eintragungen über den gesamten Behandlungszeitraum
- Patienten, die bereits zu Anbeginn der Multibrackettherapie digital fotografiert worden waren
- Klinische Nachuntersuchung durch mindestens zwei Untersucher; bei Unstimmigkeiten durch einen Dritten
- Eine Anfertigung von Digitalfotos zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung möglich
- Keine kieferorthopädische Therapie mit lingualem Multibracketapparat oder herausnehmbaren Geräten

Gruppe A, die Kontrollgruppe, umfasste 40 Patienten im Alter von 11,6 bis 39,5 Jahren (durchschnittlich 15,4 Jahre). Bei den Patienten in Gruppe B wurden die Labialflächen der Zähne 1 bis 5 jedes Quadranten (insgesamt 5788 Teilflächen) mit einem lichthärtenden Versiegeler (Light Bond[®], fluoridfreisetzender und visköser Typ) vor der Multibrackettherapie versehen. Diese Gruppe B bestand aus 38 Patienten im Alter von 13,2 bis 36,4 Jahren (durchschnittlich 15,3 Jahre).

Die Einteilung in die beiden Gruppen erfolgte geschlechterunabhängig; das Geschlecht wird in die Auswertung miteinbezogen.

Nur diejenigen Patienten, deren Apparatur vor weniger als sechs Monaten entfernt worden war und die nun im Rahmen einer regulären Spangennachkontrolle die Praxis aufsuchten, wurden untersucht.

Die klinischen Nachuntersuchungen wurden von August 2005 bis einschließlich Dezember 2006 durchgeführt. Untersucht wurden nur die Zähne, die tatsächlich Brackets getragen hatten (meist von 5 bis 5 im Ober- und Unterkiefer). Ehemals behandelte Zähne fanden keine Berücksichtigung. Nur die Labialfläche der Zähne – somit der konventionelle Platzierungsort der Brackets – war Bestandteil der Untersuchung.

Zwischen der Entfernung der Multibracketapparatur und der schnellstmöglichen Untersuchung mussten mindestens zwei Wochen liegen, um die Rückbildung einer eventuell vorhandenen Gingivahyperplasie zu ermöglichen und Remineralisationsvorgängen Raum zu geben. Somit konnte eine gewisse Normierung der Ergebnisse erzielt werden.

Durch einen zweiten unabhängigen Untersucher wurden die Ergebnisse zu einem folgenden Untersuchungstermin überprüft und ebenfalls dokumentiert. Wurde bei einem späteren Vergleich der ermittelten Ergebnisse keine Übereinstimmung festgestellt, so überprüfte ein dritter, ebenfalls unabhängiger Untersucher gezielt nochmals am Patienten die unstimmgigen Werte.

1.2 Befunderhebung

Zum routinemäßigen, rasch anwendbaren und objektiven Erfassen der Daten am Patienten und aus der Karte wurde ein zweiseitiges Formblatt (Abbildung 9 (A) und (B)) entwickelt. Neben dem Patientennamen wird das Datum der Datenaufnahme zum Abgleich mit dem ebenfalls zu notierenden Datum der Multibracketentfernung, das Geschlecht und die Zuteilung zu der jeweiligen Studiengruppe (A – ohne Sealing, B – mit Sealing) erfasst. Aus der Karte wurde ebenfalls der Zeitpunkt des

Einsetzens der Multibracketapparatur sowie des Entfernens übernommen und daraus später die jeweilige Behandlungsdauer errechnet.

Um ein aussagekräftiges Ergebnis zu ermöglichen, wurde die „Compliance“ der Patienten anhand von während der gesamten Multibrackettherapie getätigten Karteneinträgen beurteilt.

Als schlechte Compliance galt das Versäumen von Terminen, mangelhafte Mundhygienebereitschaft und fehlende Motivation der Patient/-innen und wurde mit einem „m“ für „mangelhaft“ im Befundblatt vermerkt. Positivere Eindrücke waren in Anlehnung an Geiger et al.²⁸ (hier Einteilung in „poor“, „partial“, „excellent“) unterteilt in „t“ für eine „teilweise“ vorhandene und „e“ für eine „exzellente“ Mitarbeit.

Als weiterer Parameter zur Beurteilung der Mitarbeit wurde vor Beginn der Behandlung der Gingivazustand der einzelnen Patienten untersucht und bei während der Behandlung auftretender extremer Hyperplasie in der Karte als mangelhafte Mundhygienebereitschaft vermerkt. In besonderen Fällen erfolgte – auch vor einem juristischen Hintergrund – die Anfertigung von sogenannten „Mundhygienefotografien“ (Anfärben der nicht entfernten Plaque mittels eines Revelators) zur Motivation der Patienten. Waren solche Fotos im Laufe der Therapie entstanden und in der Karte vorhanden, so wurde die Compliance nie mit besser als „t“ vermerkt.

1.3 Prophylaxeprogramme

Das Vorsorgeprogramm in dieser Praxis umfasst unter anderem einen Kariesrisikotest (Clinpro[®] von Prompt-L-Pop), PZR durch eine zahnmedizinische Fachkraft, Airflow und den Einsatz von Fluorid- und Chlorhexidinlacken. Der Patient hat die Möglichkeit, gemäß dem evaluierten individuellen Risiko eine Therapieform zu wählen.

In vorliegender Doktorarbeit wurden drei Gruppen gemäß den von den Patienten gewählten Prophylaxeprogrammen unterschieden:

Gruppe 1: erhielt eine regelmäßige (vierteljährliche) spezielle kieferorthopädische Prophylaxe und wurde mit „J“ für „Ja“ vermerkt

Gruppe 2: eine spezielle kieferorthopädische Prophylaxe wurde nur bei dringender Notwendigkeit durchgeführt und in dem Befundblatt mit „t“ für „teilweise“ notiert

Gruppe 3: der Patient wünschte keine spezielle kieferorthopädische Prophylaxe; vermerkt mit „n“ für „nein“

Aus der Karte wurde die jeweils gewählte Therapieform des Patienten entnommen und im Befundblatt vermerkt.

1.4 Klinischer Teil

Vor Beginn der Multibrackettherapie erfolgt routinemäßig die Politur der Zähne mit einer fluorid- und ölfreien Reinigungspaste und einem Gummikelch. Nach anschließender relativer Trockenlegung wird mit 35%igem Säuregel die Schmelzoberfläche 30 Sekunden lang angeätzt (bei Milchzähnen 120 Sekunden), in Gruppe A nur die Stelle für die Bracketaufnahme, in Gruppe B die gesamte Labialfläche bis zum marginalen Gingivasaum (Abbildung 10 (A)). Daraufhin sprüht man 20 Sekunden lang mit konstantem Wasserstrahl die Schmelzoberfläche ab und bläst sie anschließend trocken, bis die Oberfläche kalkig weiß erscheint („white frosted“). In Gruppe A bondet man konventionell mit einem Pinsel. Mit einem Applizierstick wird der Sealer in Gruppe B auf den Zahn aufgebracht und anschließend 10 Sekunden lichtgehärtet (Abbildung 10 (B) und (C)). Das Kleben der Brackets erfolgt gemäß Herstellerangaben mit Transbond®. Anschließend erhalten alle Patienten Mundhygieneinstruktionen und Merkblätter zur Motivation.

Bei Entbänderung werden die Klebereste und auch das Sealing gründlich und vorsichtig mit einem Hartmetallfinierer und später einem rosa und weißen Diagloss-Polierer entfernt.

1.5 Indexsystem

Nach Entfernung der festen Apparatur erfolgte die Beurteilung der Labialflächen aller Zähne, die mit einem Bracket versehen waren (entsprechend Banks et al.¹⁶ im OK und UK von 5 auf 5) gemäß eines objektivierenden Indexsystems⁷⁸.

Per definitionem ist ein Index eine aus verschiedenen Messgrößen zusammengesetzte Messzahl zur Beschreibung eines – meist pathologischen – Zustandes, um diesen vergleichbar zu machen.

Das hier verwendete Indexsystem ist eine Kombination der Indices, die bei Artun et al.¹⁵ und in weiterentwickelter Form bei Banks et al.¹⁶, Zachrisson et al.^{18,19} und Gorelick et al.¹² zum Einsatz kamen. Diese Indices beinhalten neben der Diagnostik auch schon das weitere klinische Vorgehen (konservierend oder prothetisch).

Die Labialfläche der einzelnen Zähne wurde in vier Regionen eingeteilt: gingival, mesial, distal und inzisal.

Die Bewertung erfolgte nach

- a) der Fläche (Banks et al.¹⁶, Mizrahi¹⁰ – in der vorliegenden Studie ohne linguale beziehungsweise palatinale Fläche, dafür mit mesialer und distaler Aufteilung)
- b) dem Schweregrad der Läsion (Gorelick et al.¹²)

Die Werte wurden von jeweils 0 bis 3 unterteilt:

Fläche: (Abbildung 11)

Grad 0: keine sichtbare Entkalkung

Grad 1: klinisch sichtbare Läsion, die weniger als 50 % einer Region bedeckt

Grad 2: Läsion, die mehr als 50 % einer Region bedeckt

Grad 3: Entkalkung bedeckt die gesamte Region

Schweregrad:

Grad 0: intakte Oberfläche, keine Läsion

Grad 1: leichte, aber klinisch feststellbare Entkalkung

Grad 2: mittelmäßige bis starke Entkalkung

Grad 3: Läsion verursacht einen Oberflächeneinbruch oder sichtbare Kavität oder Karies

1.6 Fotografien

Die Patienten wurden zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung mit einer Canon IXUS 30 (3.2 Mega Pixel) unter immer gleichen Bedingungen fotografiert. Randomisiert und anonymisiert wurden die Fotos von zwei unabhängigen Betrachtern nach den vollständig abgeschlossenen klinischen Nachuntersuchungen im Oktober 2006 beurteilt. Um einen direkten Vergleich der einzelnen Patientensituationen zu erzielen, wurden alle fotografierten Patienten am selben Tag beurteilt. Ermüdungserscheinungen konnten durch Pausen vermieden werden. Anhand der Fotografien war nur eine Beurteilung der Flächen möglich, da sich der Schweregrad aufgrund seiner Dreidimensionalität nicht von Fotografien diagnostizieren lässt.

Durch die vor dem Beginn der Therapie angefertigten Fotografien, speziellen Karteneinträgen und den in der Karte befindlichen 01 wurde ausgeschlossen, dass schon im Vorfeld Entkalkungen vorhanden waren. Bei Zähnen, die hier Entkalkungen aufwiesen, wurde mit der Differenz zwischen „Foto nachher und Foto vorher“ sowie den klinischen Funden und den „Fotos vorher“ gerechnet, um den tatsächlichen Zuwachs an Entkalkungen bedingt durch eine Multibracketapparatur darzustellen.

1.7 Lampenarten

Für die Aushärtung des lichthärtenden Versiegeler Light Bond[®] sind nach Herstellerangaben 10 Sekunden notwendig. Ebenso ist bei lichthärtenden Kunststoffen die genaue Abstimmung des Fotoinitiators auf die Wellenlänge der Lichtquelle zu berücksichtigen. Der Einsatz sowohl einer Plasma- oder Halogenlampe ist hierbei möglich; in dieser Studie wurde eine LED-Lampe gemäß den erläuterten Respektiven verwendet.

1.8 Selbsteinschätzung der Patienten

Zufällig ausgewählten Patienten wurden einfache, standardisierte Fragen bezüglich des selbst eingeschätzten Mundhygiene- und Putzverhaltens gestellt, sowie die Beurteilung der neuen Zahnsituation bezüglich Entkalkungen und Ästhetik („Wie gefallen Dir Deine Zähne, nachdem die

festen Spange rausgekommen ist?“, „Ist Dir dann an Deinen Zähnen etwas aufgefallen?“ und „Hast Du während der ganzen Zeit gut geputzt?“).

Spalten für eventuell vorhandene „Besondere Befunde“ ermöglichten den Vermerk von beispielsweise bereits vor der Therapie vorhandenen Fluorosen, im Zuge der Therapie extrahierten Zähnen oder Auffälligkeiten im Behandlungsverlauf.

1.9 Selbstligierende Brackets

Bei Patienten, die sich für den Einsatz von selbstligierenden Brackets (Abbildung 12) entschieden hatten, wurde immer zusätzlich eine Versiegelung mit Light Bond[®] durchgeführt. Jedoch wurden auch Patienten ohne selbstligierende Brackets versiegelt.

2 Statistik

Zuerst wurden die Behandlungsgruppen auf Vergleichbarkeit hin beschrieben nach Behandlungsdauer, Compliance, Geschlecht, Prophylaxe sowie Mundhygiene und Alter. Dann wurden die Unterschiede der Entkalkungsfläche und –tiefe dargestellt. Schließlich die Reproduzierbarkeit dieser Bewertungen belegt.

2.1 Dauer

Untersucht wurde die Dauer der Multibrackettherapie in den beiden Behandlungsgruppen. Eine Beschreibung erfolgte mittels eines Student t-Tests.

Der mögliche Zusammenhang zwischen der Entkalkungsfläche und dem Schweregrad der Entkalkungen einerseits und der Behandlungsdauer andererseits wurde mit Hilfe logistischer Regressionen beschrieben.

2.2 Compliance

Ermittelt wurde die Compliance in den Gruppen A und B und eine mögliche Abhängigkeit der Compliance vom Geschlecht anhand der ermittelten Daten überprüft, ebenso wie ein möglicher Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der entkalkten Flächen sowie dem Schweregrad der Demineralisationen und der Mitarbeit der Patienten.

Die Darstellung der Abhängigkeit der Compliance vom Alter wurde durch eine logistische Regression beschrieben.

2.3 Geschlecht

Statistisch untersucht wurde die Aufteilung der beiden Geschlechter auf die Gruppen A und B sowie die Aufteilungen der Entkalkungen bezüglich der Fläche und Tiefe auf Mädchen und Jungen.

2.4 Prophylaxe

Geprüft wurde ein Zusammenhang der von Entkalkungen betroffenen Flächen und dem Schweregrad dieser Läsionen mit dem praxiseigenen Prophylaxesystem. Ebenfalls wurde die Verteilung der Gruppen auf die Prophylaxemöglichkeiten untersucht.

2.5 Entkalkungen

Ermittelt wurde die Übereinstimmung der beiden Untersucher bezüglich der Fläche und Tiefe, bei Bedarf die Übereinstimmung mit einem dritten Nachuntersucher. Beschrieben wurden diese Ergebnisse mit der kleineren der beiden Flächenangaben.

Bezüglich des Schweregrades und der betroffenen Fläche sollten die beiden Gesichtshälften, Ober- und Unterkiefer, sowie die einzelnen Zähne jedes Quadranten und die entsprechenden Regionen auf der Labialfläche verglichen werden. Um die Richtung der Ausprägung mit in die Darstellung der betroffenen Regionen einzubeziehen, wurde ein Sterndiagramm entworfen.

Durch den Vergleich der von zwei Untersuchern auf Fotografien festgestellten Demineralisationen sollte die Validität der Untersuchungsmethode geprüft und eine Kalibrierung der Ergebnisse erreicht werden.

2.6 Selbsteinschätzung

Geprüft wurde ein möglicher Zusammenhang zwischen dem Einschätzungsvermögen der Patienten hinsichtlich ihres eigenen Mundhygieneverhaltens.

2.7 Sealing

Untersucht wurde die Möglichkeit einer Wahrscheinlichkeit in den Gruppen A und B entkalkte Stellen zu finden. Diese Wahrscheinlichkeit wurde mit dem Fisher's Exact Test überprüft.

In einer kumulativen logistischen Regression vom Maximum über die Zahnflächen eines von 78 Patienten auf die Behandlungsgruppe wurde der Versiegelungseffekt getestet.

Die vor Beginn der Therapie angefertigten Fotografien wurden mit den Aufnahmen, die zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung angefertigt worden waren verglichen, und die Chance, eine Entkalkung in der jeweiligen Gruppe zu erhalten, errechnet.

Vergleichend zwischen den Gruppen A und B wurden die Bracketverluste untersucht und durch eine Poisson-Verteilung statistisch beschrieben.

2.8 Ausblicke

Ein möglicher Zusammenhang zwischen der Anwendung eines Sealings, dem gemeinschaftlichen Einsatz von selbstligierenden Brackets und Sealing, sowie der Verbindung von selbstligierenden Brackets, Sealing und Prophylaxeprogramm und der Reduktion von Entkalkungen bezüglich der Fläche und dem Schweregrad wurde überprüft.

2.9 Software

Die statistische Auswertung erfolgte mit JMP_IN 5.1 SAS (Inst. Coop. 2003).

IV Ergebnisse

1 Dauer

1.1 Dauer der kieferorthopädischen Behandlung

Die durchschnittlichen Werte rangierten in dieser Studie in der Gruppe ohne Sealing (Gruppe A) von minimal 6 bis maximal 45 Monaten. Der Medianwert betrug 26 Monate. Bei der Gruppe, welche ein Sealing mit Light Bond® (Gruppe B) erhalten hatte, waren der minimale Wert bei 8 Monaten und der maximale Wert bei 33 Monaten. Der Medianwert zeigte sich hier mit 22 Monaten geringer als in Gruppe A (Statistik 1).

1.2 Demineralisationen und Behandlungsdauer

Zwischen der Behandlungsdauer und den ermittelten entkalkten Flächen sowie dem Schweregrad der Entkalkungen wurde kein Zusammenhang festgestellt.

2 Compliance

2.1 Compliance in den Gruppen ohne (A) und mit (B) Sealing

Die Analyse der Mitarbeit erfolgte mit Hilfe der erwähnten Parameter und gemäß der Unterteilung in eine exzellente, eine teilweise vorhandene sowie eine mangelhafte Compliance. In Gruppe A arbeiteten 20 (50 %) von insgesamt 40 Personen dieser Gruppe exzellent mit, 15 Patienten (37,5 %) nur teilweise und 5 (12,5 %) brachten nur eine mangelhafte Motivation auf. In Gruppe B, die 38 Patienten umfasste, arbeiteten 15 (39,5 %) hervorragend mit, während sich der Hauptteil dieser Gruppe (19 Personen und 50 %) mit einer teilweisen Mitarbeit begnügte. In Gruppe B waren 4 Patienten (10,5 %) mit einer mangelhaften Bereitschaft zur Mitarbeit anzutreffen.

2.2 Compliance bei den Geschlechtern

Von den Frauen und Mädchen arbeiteten 56 % exzellent und 30 % teilweise mit. Bei 14 % ließ sich eine mangelhafte Mitarbeit feststellen. Die männlichen Patienten wiesen zu 31 % eine exzellente, zu 60 % eine teilweise und zu 9 % eine mangelhafte Compliance auf.

2.3 Abhängigkeit der Compliance vom Alter

Bei der Darstellung der Abhängigkeit der Compliance vom Alter wurde ein linearer Zusammenhang ermittelt. Je älter die Patienten waren, desto besser wurde bei der Therapie mitgearbeitet. Wurden die Ältesten aus dem Modell entfernt, so zeigte sich trotzdem ein ähnliches Bild.

2.4 Demineralisationen in Zusammenhang mit der Compliance

2.4.1 Ausmaß der Entkalkungen

Die Abhängigkeit der demineralisierten Flächen in Einteilung nach Graden von der Mitarbeit wird in Statistik 2 (A) dargestellt.

Von insgesamt 5788 untersuchten Flächen wiesen 5391 keine Entkalkungen auf. Davon waren 2390 in der Gruppe mit einer exzellenten Mitarbeit zu finden, 2374 in der mit einer teilweise vorhandenen und 627 in der Gruppe mit mangelhafter Mitarbeit. 202 Flächen wurden mit Grad 1 beurteilt; 96 waren in der Gruppe mit einer exzellenten Mitarbeit, 74 in der mit der zum Teil vorhandenen und 32 Flächen bei der Gruppe mit mangelhafter Mitarbeit. Die Grade 2 und 3 unterteilten sich wie folgt: 32 Flächen mit Grad 2 und 10 mit Grad 3 bei den Patienten mit einer exzellenten Mitarbeit, 71 Flächen Grad 2 und 29 Flächen Grad 3 der Patienten, die mit einer zum Teil vorhandenen Mitarbeit beurteilt wurden, sowie 31 Flächen Grad 2 und 22 mit Grad 3 bei den Patienten mit einer mangelhaften Compliance.

2.4.2 Schweregrad der Entkalkungen

Der dargestellte Zusammenhang zwischen dem Schweregrad der Entkalkungen und der Mitarbeit (Statistik 2 (B)) zeigt 2390 Flächen der exzellent mitarbeitenden Gruppe ohne Entkalkungen, 124 mit solchen der Stufe 1, 10 der Stufe 2 und 4 mit Schweregrad 3 vermerkte. Bei der Gruppe, die teilweise mitarbeitete, waren 2374 mit Grad 0 beurteilt worden, 144 mit Grad 1, 23 mit Grad 2 und 7 mit einer

Oberflächenkontinuitätsunterbrechung (Grad 3). Von insgesamt 712 untersuchten Flächen der Patienten mit einer mangelhaften Compliance wurden 627 ohne Entkalkungen befundet, 49 mit leichten (Grad 1), 23 mit Grad 2 und 13 mit schweren (Grad 3).

3 Geschlecht

3.1 Geschlechterverteilung in den Gruppen

Für eine kieferorthopädische Behandlung ohne Sealing entschieden sich 19 Personen (54 %) der 35 untersuchten männlichen Patienten, 22 von insgesamt 43 weiblichen Personen (51 %).

3.2 Demineralisationen in Zusammenhang mit den Geschlechtern

3.2.1 Ausmaß der Entkalkungen

Insgesamt wiesen 6,8 % der jungen Männer und 6,9 % der weiblichen Patienten Entkalkungen auf. Die Verteilung der Entkalkungen differierte: während bei den Frauen die Entkalkungen vor allem leichten Grades waren (4,4 % bei Grad 1, 1,67 % bei Grad 2 und 0,83 % bei Grad 3), fanden sich bei den männlichen Patienten ausgewogenere Verhältnisse (2,38 % bei Grad 1, 3,10 % bei Grad 2 und 1,32 % bei Grad 3).

3.2.2 Schweregrad der Entkalkungen

Dies gilt ebenso für den Schweregrad der Entkalkungen. 93,1 % der Frauen wiesen keine tiefen Entkalkungen auf. 5,41 % hatten nur leichte und 0,95 % mittlere Schmelzentkalkungen. Nur 0,54 % wurden mit Schweregrad 3 beurteilt. Bei den Männern waren es hier 0,26 %; 0,98 % hatten mittlere und 5,56 % leichte Entkalkungen.

4 Prophylaxe

4.1 Prophylaxeprogramm in den beiden Gruppen

Patienten mit Sealing tendierten gleichermaßen zum in Anspruchnehmen des praxiseigenen Prophylaxeprogramms (42,11 %) als auch zu keiner zusätzlichen Prophylaxe (ebenfalls 42, 11 %). Prophylaxe nur bei Bedarf wählten 25,79 % der Patienten.

In der Gruppe ohne Sealing entschied sich auch die Mehrzahl der Patienten gegen ein zusätzliches Prophylaxeprogramm (55 %). Bei Bedarf nahmen 12,5 % und quartalsweise 32,5 % in Gruppe A das Prophylaxesystem in Anspruch.

4.2 Prophylaxeprogramm und Demineralisationen

4.2.1 Ausmaß der Entkalkungen

Bezüglich der von Entkalkungen betroffenen Flächen wiesen 2057 von insgesamt 2164 untersuchten Flächen, welche mit einer vierteljährlich stattfindenden Prophylaxe behandelt wurden, keine solchen auf. Die übrigen 107 Teilflächen unterteilten sich in 51 ersten Grades, 40 zweiten und 16 dritten Grades. Bei einer im Bedarfsfall stattfindenden Prophylaxe wurden 751 Flächen von 816 ohne Entkalkungen befundet, die restlichen 25 mit leichten, 26 mit solchen zweiten Grades und 14 dritten Grades. Bei Patienten, die nie eine Prophylaxe erhielten, waren 2583 Flächen von 2808 dieser Kategorie nicht betroffen, 126 mit leichten Demineralisationen, 68 wurden mit Grad 2 und 31 mit Grad 3 vermerkt.

4.2.2 Schweregrad der Entkalkungen

Auf jenen Abschnitten des Zahnes, auf denen keine von Entkalkungen betroffenen Flächen festgestellt wurden, konnte auch kein Schweregrad ermittelt werden. Deshalb stimmen die 0-Werte bei der Fläche und Tiefe überein. In der Gruppe mit einmalig im Quartal stattfindender Prophylaxe wurden 87 Flächen mit Schweregrad 1 vermerkt, 15 mit Grad 2 und 5 Flächen von 2164 wiesen einen Oberflächeneinbruch auf. In den Gruppen mit einer bei Bedarf eingesetzten Prophylaxe (59 Flächen Grad 1, 4 mit Grad 2 und 2 mit Grad 3) und keiner solchen (171 Flächen mit Schweregrad 1, 37 mit Grad 2 und 17 dritten Grades) wurden 816 und 2808 Flächen untersucht.

5 Entkalkungen

5.1 Bestimmung der klinischen Werte

5.1.1 Übereinstimmung der beiden ersten Untersucher

Bis zum Ende dieser Untersuchungen wurden 5788 Teilflächen ohne Unterscheidung in Gruppe A und Gruppe B betrachtet. In 95,3 % aller Fälle stimmten die Angaben der beiden Untersucher bezüglich der Fläche überein und in 96,7 % den Schweregrad betreffend. Die überzufällige Übereinstimmung der beiden Untersucher bezüglich der Fläche (Kappa) lag bei 0,69 und bezüglich der Tiefe bei 0,73.

90,45 % aller Flächen wurden von beiden Untersuchern mit „0“, also keiner erkennbaren Entkalkung, bewertet. Die restlichen Anteile verteilten sich mit 2,01 % auf den Wert „1“, das heißt, dass weniger als 50 % der Fläche von Entkalkungen betroffen waren, 1,89 % fielen auf den Wert „2“ und 0,97 % auf „3“. Bei letzteren beiden waren dann mehr als 50 % einer Region des Zahnes betroffen oder bei „3“ sogar die gesamte Region.

4,42 % Übereinstimmung wurde beim Schweregrad 1 der Tiefe erzielt, 0,78 % bei Grad 2 und 0,35 % bei Grad 3.

5.1.2 Kontrolle durch einen dritten Untersucher bei Unstimmigkeiten

Stimmten die beiden Nachuntersucher nicht überein, so entschied ein dritter unabhängiger Betrachter über den endgültig zu wählenden Wert. In 85 % der Fälle den Schweregrad und 86 % die Fläche betreffend stimmten die Ergebnisse des dritten Untersuchers bei den unstimmgigen Funden mit jenen des ersten Untersuchers überein; eine genaue Beschreibung wurde über die min-Regel ermöglicht.

5.2 Beschreibung und Lokalisation der Demineralisationen

5.2.1 Rechte – linke Gesichtshälfte

Die rechte Gesichtshälfte war stärker als die Linke von Entkalkungen betroffen – sowohl bezüglich der Fläche (rechts 7,37 % und links 6,35 %) als auch der Tiefe.

5.2.2 Ober- und Unterkiefer

Die Maxilla war zu 7,67 % mit entkalkten Flächen betroffen – davon 4,16 % ersten Grades, 2,52 % zweiten und 0,99 % dritten Grades –, die

Mandibula nur zu 6,03 % (2,81 % Grad 1, 2,1 % Grad 2 und 1,12 % Grad 3). Bezüglich der Tiefe hatten 189 Flächen von 2936 (6,44 %) der Maxilla Grad 1, 26 (0,89 %) Grad 2 und 10 (0,34 %) Grad 3. Im Unterkiefer fanden sich bei 2852 Flächen 128 mit Schweregrad 1 (4,49 %), 30 mit Grad 2 (1,05 %) und 14 mit Schweregrad 3 (0,49 %).

5.2.3 Einzelne Zähne

5.2.3.1 Flächen der Demineralisationen einzelner Zähne

Dargestellt in Statistik 3 sind die unabhängig von Gruppe A oder Gruppe B errechneten Werte der von Entkalkungen betroffenen Flächen der Zähne 1 bis 5 jedes Quadrantens.

Die 1er im Unterkiefer waren mit 99 % 0 – Werte am wenigsten betroffen, gefolgt von den 2ern (97,67 %). Die Caninen des Unterkiefers hatten zu 93,83 %, die ersten Prämolaren zu 88,6 % und die zweiten Prämolaren zu 89,49 % keine Entkalkungen. Im Oberkiefer waren die lateralen Inzisiven (90,6 % der 0-Werte), zweiten Prämolaren (90,67 %) und ersten Prämolaren (91,91 %) am stärksten betroffen. Die mittleren Inzisiven (96,45 %) und Caninen (91,77 %) wiesen mehr mit 0 bewertete Flächen auf.

5.2.3.2 Schweregrad der Demineralisationen einzelner Zähne

Bezüglich des Schweregrades der Entkalkungen waren im Unterkiefer bei Zahn 33 1,33 %, Zahn 34 1,59 % und Zahn 43 1 % der Flächen mit Schweregrad 3 bewertet worden; 8,33 % wurden an Zahn 34 mit Schweregrad 1 befundet und 7,72 % an 35. Ebenfalls wurden verstärkt Entkalkungen des ersten Schweregrades an den Zähnen 44 (10,08 %) und 45 (9,29 %) befundet. Im Oberkiefer betroffen waren vor allem Zahn 12 (6,7 % Grad 1, 1,69 % Grad 2 und 1,35 % Grad 3), 13 (6,89 % Grad 1, 2,92 % Grad 2, 0,65 % Grad 3) und Zahn 22 (7 % Grad 1, 1,33 % Grad 2, 0,67 % Grad 3) (Statistik 4).

5.2.4 Regionen der Labialfläche

Wurden die Regionen der einzelnen Zähne betrachtet, so waren gingival 17mal mehr Entkalkungen als inzisal anzutreffen. Der Durchschnitt der

ermittelten Entkalkungswerte lag gingival bei 0,17, mesial bei 0,05, distal bei 0,04 und inzisal bei 0,01 (Statistik 5).

Gingival wurden 1207 Flächen von 1447 mit Grad 0 bezüglich der Fläche beurteilt, 114 mit Grad 1, 82 mit Grad 2 und 44 mit Grad 3. Im Vergleich hierzu waren bei Grad 3 mesial nur 9 entkalkte Flächen anzutreffen, distal 7 und inzisal eine. Gleiches galt für den Schweregrad: gingival wurden 13 Flächen mit Schweregrad 3 bewertet, 5 jeweils mesial und distal. Inzisal konnte nur eine Fläche mit Schweregrad 3 ermittelt werden.

6 Selbsteinschätzung

6.1 Klinik in Zusammenhang mit eingeschätzter Mundhygiene

Es wurde ein Zusammenhang zwischen dem Einschätzungsvermögen der Patienten und der tatsächlichen klinischen Situation festgestellt. Patienten, die sich selbst als gut mitarbeitend einschätzten, wiesen dann weniger entkalkte Flächen auf (zu 94,45 % richtig mit 0-Werten eingeschätzt). War eine – nach eigener Meinung – schlechte Mundhygiene vorhanden, so wurden vermehrt Entkalkungen (3,75 % Grad 1, 11,23 % Grad 2, 6,88 % Grad 3) im Vergleich zu guter (3,23 % Grad 1, 1,54 % Grad 2, 0,74 % Grad 2) und mittelmäßiger Mundhygiene (5,21 % Grad 1, 2,5 % Grad 2 und 1,67 % Grad 3) ermittelt. Gleiches galt für den Schweregrad der Läsionen.

7 Sealing

7.1 Demineralisationen in den beiden Gruppen

7.1.1 Ausmaß der Entkalkungen bei den einzelnen Patienten

Die Wahrscheinlichkeit, in Gruppe A ohne Versiegelung eine Entkalkung zu finden, war im Vergleich zur Gruppe B mit Versiegelung um 0,706 erhöht. Von 38 Patienten der Gruppe B hatten 12 (31,58 %) keine Entkalkungen, von Gruppe A 6 (15 %).

Die Patienten mit den restlichen Anteilen der gefundenen entkalkten Flächen von Gruppe B unterteilten sich wie folgt: 31,58 % der Patienten mit Grad 1, 18,42 % mit jeweils Grad 2 und 3. In Gruppe A waren 30 % mit Grad 1 befundet worden, 25 % mit Grad 2 und 30 % mit Grad 3.

7.1.2 Schweregrad der Entkalkungen bei den einzelnen Patienten

Die Entkalkungstiefen in Gruppe B wurden bei 47,37 % der Patienten mit Grad 1 beurteilt, bei 15,79 % mit Grad 2 und 5,26 % mit Grad 3. 60 % der Gruppe A hatten Entkalkungsstufe 1, 7,5 % Grad 2 und 17,5 % Grad 3.

7.1.3 Demineralisierte Flächen in den Gruppen

Die Betrachtung der demineralisierten Flächen in den beiden Gruppen ergab eine Betroffenheit von 9,18 % in Gruppe A bei hier insgesamt 2952 Untersuchten. Diese unterteilten sich in 3,9 % der Stufe 1, 3,52 % der Stufe 2 und 1,76 % mit einer die Fläche vollständig bedeckenden Entkalkung (Grad 3). In Gruppe B wurden insgesamt 4,44 % Demineralisationen auf 2836 Flächen festgestellt; davon waren 3,07 % ersten Grades, 1,06 % zweiten und 0,32 % dritten Grades (Statistik 6 (A)).

7.1.4 Schweregrad der Demineralisationen dieser Flächen

Die dazugehörige Tiefe der Läsionen war in Gruppe B bei 3,7 % (Grad 1), 0,67 % (Grad 2) und 0,07 % (Grad 3), sowie in Gruppe A bei 7,18 % (Grad 1), 1,25 % (Grad 2) und 0,75 % (Grad 3) (Statistik 6 (B)).

Zur Betroffenheit der einzelnen Zahnregionen der Zähne im Vergleich der Gruppen ohne und mit Versiegelung siehe Statistik 7.

7.2 Fotografien

7.2.1 Vergleich Foto vorher – Foto nachher bezogen auf die Gruppe

Beim Vergleich der vor Beginn der Behandlung aufgenommenen Fotografien mit den im Zuge der Nachuntersuchung Angefertigten blieb die Mehrheit der von 2952 in Gruppe A und von 2756 in Gruppe B untersuchten Flächen (2668 in Gruppe A und 2651 in Gruppe B) ohne Veränderung, während sich 10 (Gruppe A) und 12 (Gruppe B) Flächen verbesserten und 274 Flächen der Patienten ohne Sealing und 93 Flächen mit Sealing verschlechterten.

7.2.2 Veränderungen der oralen Situation in den Gruppen

Wurden auf den Fotografien ersichtliche Veränderungen auf die Patienten der Gruppe übertragen, so fand bei 7 Personen in Gruppe A keine Veränderung statt (Gruppe B 14) und bei 33 hingegen eine Verschlechterung (24 in Gruppe B). Die Chance einer Entkalkung war in Gruppe B demzufolge $OR=0,26$ (KI 0,097 bis 0,64) der Chance in Gruppe A, also nur ein $1/OR=1/3,8$ der Chance in Gruppe A.

7.2.3 Übereinstimmung der Betrachter

7.2.3.1 Bei Bewertung der Fotografien

Im Vergleich der von zwei Betrachtern untersuchten, auf Diapositiven festgehaltenen Entkalkungen wurde eine 94 %ige Übereinstimmung erzielt (Kappa = 0,51).

7.2.3.2 Bei Vergleich klinisch mit fotografisch ermittelter Werte

Der weitere Vergleich zwischen den klinisch ermittelten Entkalkungen und den auf Diapositiven Befundeten lieferte Kappa = 0,44 (Übereinstimmung in Prozent: 92,8).

7.3 Bracketverluste in den Gruppen

Im Durchschnitt verlor ein Patient ein Bracket pro Jahr. Wurden die Bracketverluste nach Gruppen unterschieden (Statistik 8), so lag der Median bei zwei (Gruppe A) und einem (Gruppe B) Bracketverlust während der durchgeführten Multibracketapparatur. Maximal wurden 12 in Gruppe A verloren, in Gruppe B sieben.

8 Ausblicke

8.1 Selbstligierende Brackets und Sealing

8.1.1 Ausmaß der Demineralisationen

Von 624 Flächen von Zähnen, welche ehemals mit selbstligierenden Brackets versorgt gewesen waren, wiesen 606 hiervon keine Entkalkung auf, 18 waren mit Grad 1 vermerkt worden, die Grade 2 und 3 waren nicht vorhanden. Im Gegensatz hierzu stehen die 4785 Flächen von insgesamt 5164 ohne selbstligierende Brackets versorgten Flächen mit einer 0-Wertung, 184 mit Grad 1, 134 mit Grad 2 und 61 dritten Grades.

8.1.2 Schweregrad der Entkalkungen

Beim Schweregrad wurden bei den selbstligierenden Brackets die gleichen Werte ermittelt, in der Gruppe ohne waren 229 Flächen erstgradig entkalkt, 56 mit zweitem Grad vermerkt und 24 mit drittem Grad.

Zu berücksichtigen gilt es hierbei, dass der Einsatz von selbstligierenden Brackets nur in Zusammenhang mit einer Versiegelung stattgefunden hat. Wurden bei dieser statistischen Betrachtungsweise keine selbstligierenden Brackets, sondern nur eine Versiegelung angewandt, so waren 69 Flächen (87 beim Schweregrad) Grad 1, 30 (19) Grad 2 und 9 (2) Grad 3. Ohne Applikation eines Sealers und ohne Brackets wiesen 115 (212 beim Schweregrad) eine Demineralisation ersten Grades auf, 104 (37) zweiten Grades und 52 (22) dritten Grades.

8.2 Selbstligierende Brackets, Sealing und Prophylaxeprogramm

8.2.1 Ausmaß und Schweregrad der Entkalkungen

Durch den Einsatz von sowohl selbstligierenden Brackets als auch von Sealing durch Light Bond® und einem Prophylaxeprogramm bei 304 Flächen konnte die Zahl der demineralisierten Flächen auf nahezu null reduziert werden (keine Schweregrade 2 und 3, drei Flächen mit Stufe 1 bezüglich der Fläche und des Schweregrades) (Statistik 9).

V **Diskussion**

1 **Diskussion der Methoden**

1.1 *Planung der Studie*

Um eine möglichst strukturgleiche Therapiestudie zu erhalten, wird meist eine Randomisierung eingesetzt, um im Zufallsverfahren die einzelnen Patienten einer Therapiegruppe zuzuteilen. Die entscheidenden Vorteile dieses Verfahrens bestehen in der zufälligen Zuteilung zu den Gruppen nach unbekanntem und bekannten Zielgrößen. Somit beeinflussen weder die subjektiven Einflüsse der Behandler sowie der Patienten oder eine bestimmte Systematik die Zuteilung zu den einzelnen Gruppen. Um Verzerrungen bei der Datenerhebung und später bei der Auswertung zu vermeiden wurde auf die Strukturgleichheit der untersuchten Gruppen – sei es beim Sealing, bei der Prophylaxe, Mitarbeit oder Anderem – Wert gelegt. Die Gruppen hinsichtlich des Sealings sind vom Alter (durchschnittlich 15,4 Jahre in Gruppe A und 15,3 Jahre in Gruppe B), Geschlecht (Frauen in Gruppe A: 22, Männer: 19, Frauen in Gruppe B: 21, Männer: 16) und der durchschnittlichen Behandlungsdauer (beide ungefähr zwei Jahre) vergleichbar. Deshalb erschien eine zusätzliche Randomisierung der Patienten unsinnig, da diese Strukturgleichheit durch Unterschiede im Patientengut (zum Beispiel mehr Frauen als Männer in Behandlung) möglicherweise gefährdet worden wäre. Randomisiert wurden jedoch die Fotografien betrachtet.

In vorliegender Promotionsarbeit wurde in vielen Fällen bei der statistischen Auswertung mit einer logistischen Regressionsanalyse gearbeitet, da sich hiermit Wahrscheinlichkeiten, die von mehreren Merkmalen abhängig sind, modellieren lassen. Dieses Verfahren schien beim Vergleich der zwei Therapiegruppen, auf die verschiedene Einflussfaktoren einwirken, besonders geeignet. Die einzelnen, die Zielgröße beeinflussenden Faktoren und Interaktionen zwischen den

Faktoren werden in Einzelpunkten in der Diskussion der Ergebnisse besprochen.

1.1.1 Indexsystem

Kritisch setzte man sich in vielen Studien mit der Interpretation der Initiailläsionen vor allem im Fissuren- und Grübchenbereich auseinander. Subjektives Wahrnehmen der Entkalkungen und mangelnde Reproduzierbarkeit ließen ein zufriedenstellendes Ergebnis missen und eine große Variabilität in der Erfassung der Entkalkungen erkennen. Unterschiedliche Zeitpunkte der Untersuchung^{12,36}, der teilweise stattfindende Einsatz von Diapositiven^{10,11} oder zusätzlichen Fluoridierungsprogrammen – also der unterschiedliche Einsatz von Methoden – erklärt diese Variabilität.

Bei vorliegenden Untersuchungen wurde gemäß den Empfehlungen von vorangegangenen Studien mit Parotisrollen relativ trockengelegt und die Schmelzoberfläche der Labialflächen der Zähne jeweils 1 bis 5 mit einem Luftbläser getrocknet. Das Erscheinen der kalkig weißen Oberfläche ließ dann eine gewisse Reproduzierbarkeit dieser Situation für weitere Untersuchungen zu.

Die Untersuchung und Bewertung der Entkalkungen mit Hilfe eines objektivierenden Indexsystems erwies sich als erfolgreich, da gute, meist übereinstimmende Ergebnisse erzielt wurden. Vorausgegangene Studien¹⁰⁻¹² dienten hier zur Orientierung. Allerdings ließen diese in älteren Studien verwendeten Indices die nötige Beurteilung der Dreidimensionalität der Läsionen vermissen. Deswegen wurde bei diesen Untersuchungen in die Fläche und den Schweregrad der Entkalkungen unterschieden.

Für eine zusätzliche Objektivierung wurden die behandelten Patienten von zwei unabhängigen Untersuchern betrachtet und bei Unstimmigkeiten durch einen Dritten überprüft.

Obwohl beim visuellen Scoring von frühen Kariesläsionen ein linearer Zusammenhang zwischen der Opazität der Läsionen und der Tiefe der Läsionen anzutreffen ist, ist die reine klinische Betrachtungsweise ohne

Anwendung eines Indexsystems oder Überprüfung durch Fotografien nicht aussagekräftig genug. Artun et al.¹⁵ erachteten diese proklamierte Methode als valide, aber eine Ungenauigkeit scheint vorprogrammiert, zum Beispiel durch die verschiedenen, individuell unterschiedlichen Farben der Zähne sowie den lichtabhängigen Schatteneinfall. Ebenfalls wichtig ist das genaue Betrachten der vor Beginn der Behandlung angefertigten Fotografien um Fluorosen oder ähnliches nicht in die Rechnung mit einzubeziehen. Artun et al.¹⁵ differenzierten hier nur nach subjektiven Kriterien wie dem Erscheinungsbild der Läsionen oder ihrer Symmetrie.

1.2 Untersuchungsmethodik

Obwohl diese Studie retrospektiv ist, konnten alle Klebevorgänge der Brackets durch den routinemäßigen Einsatz immer gleicher Methoden in diesem Arbeitsablauf rekonstruiert werden. Von einer Standardisierung der klinischen Ausgangsbedingungen ist daher auszugehen. Dies gilt ebenso für die Beurteilung der Fotografien und Patientenakten.

Untersucht wurde in Anlehnung an Benson et al.⁷⁸ klinisch und fotografisch. Beide Methoden, die in dieser Doktorarbeit einander ergänzend und überprüfend angewandt wurden, bergen prinzipiell unabhängig voneinander Risiken bei inadäquater Ausführung: Bevor die klinische Untersuchung beginnen kann, muss zur Absicherung zuerst eine Kalibrierung der Untersuchungsmethode und der Untersucher selbst erfolgen. Ständige Rekalibrierungen müssen Routine werden, um eine Kontinuität der Untersuchungen zu gewährleisten.

Eine die Gruppenzugehörigkeit der Patienten betreffende Blindheit der Untersucher zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung muss zur Reduktion der Bias gegeben sein. Diese dargelegten Punkte wurden in vorliegender Doktorarbeit berücksichtigt.

Eine aussagekräftige Art der Studienplanung ist die split-mouth-Technik. Hierbei ist später ein direkter Vergleich verschiedener Situationen im gleichen Individuum möglich; also bei gleichen Konditionen. Die Anwendung eines erfolgversprechenden Prophylaxeprogramms oder einer Versiegelung auf eine Kieferhälfte zu beschränken, ist ethisch zu

hinterfragen. Gleichmaßen kritisch ist ein solcher Einsatz bei nur einer bestimmten Patientengruppe. Da die Patienten jedoch in dieser Arbeit gemäß dem individuellen Kariesrisiko eine fachmännische Empfehlung ausgesprochen bekamen und dann nach freiem Willen entscheiden konnten, ist diese Kritik hier vernachlässigbar. Der Einsatz von FOTI (faseroptische Transillumination) zusätzlich zum klinischen, gemäß eines Indexsystems erhobenen Befunds erschien nicht angebracht, da die Indikation dieser Diagnostikmethode vor allem proximale Bereiche umfasst und diese Studie sich auf die Labialflächen der Zähne beschränkt.

In dieser Arbeit wird nur der klinisch erkennbaren initialen Karies Beachtung geschenkt, da eine derartige Feststellung der Karies größeren Praxisbezug aufweist. Obwohl dieses Stadium von vielen Klinikern als Frühform der Karies angesehen wird, ist es tatsächlich schon ein relativ weit fortgeschrittenes Stadium des Kariesprozesses: denn die Läsion muss mindestens 300 bis 500 µm tief sein, um klinisch feststellbar zu sein. Karies kann binnen eines Monats entstehen und klinisch feststellbar sein⁸.

Da in vivo minimale und somit im hier angewandten Indexschema nicht zu berücksichtigende Entkalkungen innerhalb zwei Wochen nach der Bracketentfernung fast vollständig remineralisieren^{31,32}, erfolgte die klinische Beurteilung der Patienten in dieser Studie mindestens zwei Wochen nach Spangenentnahme um diesen natürlichen Remineralisationsvorgängen Raum zu geben. Dies führte ebenfalls zu einem unverfälschten und kalibrierten Bild der untersuchten Entkalkungen, da sich innerhalb der ersten Wochen nach der Entfernung der Brackets die Entkalkungen verändern und von dem typischen kalkig weißen Erscheinungsbild zu einer eher diffusen Opazität transformiert werden. Auch die Mattigkeit wird eher scheinend. So konnte ein meist einheitliches Erscheinungsbild der Demineralisationen bewertet werden. Häufig wurde eine deutliche Grenze zwischen den White Spots und dem Bonding-Bereich der Brackets angetroffen.

Eine gründliche Untersuchung ist nicht nur für diese Studie wichtig, sondern sie entscheidet im kieferorthopädischen Praxisalltag über die weiterführende Therapie^{111,112} und gegebenenfalls über eine Überweisung in andere Sparten der Zahnmedizin (konservierende oder sogar prothetische Maßnahmen als Folge).

1.3 Diagnosefehler

Um Diagnosefehler durch Ermüdungserscheinungen zu reduzieren, wurden maximal drei Patienten pro Tag untersucht. Des Weiteren können unterschiedliche Sitzpositionen der Behandler oder der zu untersuchenden Patienten sowie verschiedene Lampeneinstellungen am Behandlungsstuhl und beim Fotografieren Fehler bei der Diagnose verursachen. Deshalb fand die Fotodokumentation immer im selben Raumabschnitt unter immer gleichen Lichtbedingungen durch dieselbe Fotografin statt. Das Gleiche galt für die klinischen Untersuchungen. Regelmäßige Kalibrierungen zwischen den Behandlern ermöglichten eine Standardisierung der Untersuchungen.

1.4 Kontrollgruppe

Kritisiert werden könnte der alleinige Vergleich zwischen den Gruppen A und B ohne das Hinzuziehen einer unbehandelten Kontrollgruppe mit keiner kieferorthopädische Therapie. Allerdings hätten diese Probanden über einen ähnlich langen Zeitraum wie die Patienten einer kieferorthopädischen Praxis in ebenfalls regelmäßigen Abständen (alle 3-4 Wochen) zur Kontrolle zu einem Zahnarzt oder ähnlichem kommen, einem auferlegten Prophylaxeprogramm zustimmen oder ablehnen müssen – zusammenfassend unrealistische Anforderungen mit unverhältnismäßigem Aufwand. Vergleichbare Zustände wären nicht kreierbar. Deshalb erschien der Vergleich zwischen zwei verschiedenen Gruppen einer kieferorthopädischen Praxis realistischer.

1.5 Sicherung der Ergebnisse

Bei retrospektiven Studien darf nicht in Vergessenheit geraten, dass nur eine Differenz der Situationen vor und nach einer Therapie aussagekräftig ist. Bei dieser Promotionsarbeit hätte ein zum Zeitpunkt der

Nachuntersuchung erhobener Mundhygienestatus gemäß PSI oder ähnlichem nur eine Momentsituation widergespiegelt⁷⁸. Auf Grund dessen wurde gemäß eines einheitlichen Indexsystems die Situation bezüglich der Demineralisationen vor Beginn der Multibrackettherapie anhand von vorher angefertigten Fotografien sowie die Situation nach der kieferorthopädischen Behandlung beurteilt. Gerechnet und in die statistische Auswertung miteinbezogen wurde nur die Differenz zwischen den beiden Situationen. So konnten bereits vor Beginn der Behandlung vorhandene Schmelzveränderungen statistisch ausgeschlossen werden.

Artun et al.¹⁵ berichteten über die Problematik „angeborene“ Schmelzveränderungen von den durch eine Therapie mit festsitzenden kieferorthopädischen Apparaturen hervorgerufenen Entkalkungen zu unterscheiden. Differenziert wurden die Läsionen in dieser älteren Studie nur aufgrund der Dimension, des Ortes, der Symmetrie, der Oberflächenbeschaffenheit und des Aussehens – eine ungenaue Methode. Geiger et al.²⁸ stellten angeborene Opazitäten bei 3,6 % ihrer Patienten fest – diese dürfen nicht zu den durch die feste Spange Entstandenen hinzugerechnet werden.

Um in dieser Studie Verwechslungen mit den unter I 1.3. genannten Läsionen auszuschließen, wurden hier die Fotos, die zu Beginn der kieferorthopädischen Behandlung angefertigt wurden, mit ausgewertet. Da eine Therapie frühestens im Alter von 11,6 begonnen wurde, kann davon ausgegangen werden, dass eventuelle interne Zahnverfärbungen schon vorhanden waren. Diese wurden von den zu untersuchenden Entkalkungen abgegrenzt.

1.6 Compliance: Auswirkung auf die Behandlungsdauer?

Die Unterteilung und Bewertung der Mitarbeit der Patienten erfolgte in exzellent, teilweise und mangelhaft. Kritisch zu betrachten ist hier jedoch das Zusammenspiel mehrerer Komponenten: durch schlechte Compliance kann die Behandlungsdauer verlängert sein, aber eben auch durch den unterschiedlichen kieferorthopädischen Korrekturbedarf. Nachdem in dieser Studie allerdings hauptsächlich die über den Behandlungszeitraum

angefertigten Notizen wie nichteingehaltene Termine, schlechtes Tragen der Gummizüge oder später der Retentionsgeräte aus der Karte Berücksichtigung fanden, kann dieser Punkt weitestgehend ausgeschlossen werden.

1.7 Fotografien

Fotografien sind heutzutage eine gängige Methode, um das Erscheinen des Schmelzes vor und nach einer kieferorthopädischen Behandlung zu dokumentieren¹¹³. Digitalfotos ermöglichen auf eine fortschrittliche Art und Weise, Bilder aufzubewahren und zu bearbeiten. Die Vorteile der Digitalfotografie wie geringere Kosten, geringere Übertragungsfehler oder bessere Aufbewahrungsmöglichkeiten, sind bekannt und sollen hier nicht Thema sein.

Ihre Zuverlässigkeit und Akkuratez gerade bei der Dokumentation von Entkalkungen nach kieferorthopädischer Behandlung wurde bereits belegt⁷⁸. Nicht nur die Ebenbürtigkeit der Digitalfotografie zur Konventionellen wurde aufgezeigt, auch ein Erkennen der Entkalkungen in einem früheren Stadium wurde nachgewiesen.

Ein Vortäuschen oder falsches Widerspiegeln von White Spots durch Lichtreflexionen kann zwar durch kalibrierte Einstellungen vermindert werden, lässt sich jedoch nicht vollständig ausschließen¹¹¹. Deshalb wurden in vorliegender Arbeit Digitalfotografien nur ergänzend zu klinischen Befunden eingesetzt um eine Überprüfung zusätzlich zu ermöglichen.

Befunde auf Fotografien können innerhalb einer Gruppe diskutiert werden. Ein Konsens mehrerer Untersucher zu einer Diagnose bei reproduzierbaren Verhältnissen ist möglich. Kritisch ist hier die potentielle Beeinflussbarkeit der Betrachter im Diskussionsrahmen zu betrachten. Deshalb fanden in dieser Promotionsarbeit die Bewertungen der Fotografien durch die gleichen Personen, die auch die Nachuntersuchung durchgeführt hatten, getrennt statt. Ohne Kenntnis der Gruppenzugehörigkeit wurden die im Rahmen der routinemäßigen Nachuntersuchung angefertigten Fotos in randomisierter Reihenfolge

betrachtet. Durch eine innerhalb eines kurzen Zeitraumes erfolgende Bewertung der Digitalfotografien und regelmäßige Kalibrierungen wurde eine Drift der Untersucher reduziert.

Erfolgte in dieser Arbeit die Bewertung der Demineralisationen anhand von nach der Behandlung aufgenommenen Diapositiven, so wurde zwischen den beiden Betrachtern eine 94 %ige Übereinstimmung erzielt (Kappa = 0,51).

Der weitere Vergleich zwischen den klinisch ermittelten Entkalkungen und den auf Diapositiven Befundeten lieferte Kappa = 0,44 (Übereinstimmung in Prozent: 92,8).

Dies bestätigt die Fotodokumentation als verlässliche und valide Methode. Bemerkenswert ist ebenfalls, dass die Fotografien mit einem in der Zahnmedizin nicht üblicherweise eingesetzten, digitalen Fotoapparat (Canon, IXUS 30) gemacht wurden. Über gängige Modelle wurde bei Bengel¹¹³ ein Überblick geschaffen. Trotzdem waren die erstellten Fotografien so gut, dass eine eindeutige Beurteilung ohne große Schwierigkeiten erfolgen konnte und das Ergebnis der Übereinstimmung sowohl zwischen den beiden Betrachtern als auch zwischen den tatsächlich klinisch vorhandenen Demineralisationen für sich spricht. Über eine noch bessere Übereinstimmung der Untersucher durch die Anfertigung der Fotografien mittels einer bei Bengel¹¹³ empfohlenen Kamera lässt sich spekulieren. Hierbei muss dann auch der Kostenfaktor dieser Kameras Berücksichtigung finden.

Das Ergebnis der Übereinstimmung zeigt jedoch auch, dass ein nur auf Diapositiven beruhender Befund nicht zu empfehlen ist. Dies wäre zum einen praxisfern und unrealistisch, und brächte zum anderen schlechtere Ergebnisse als die klinische Untersuchungsweise. Ebenfalls fehlt bei der Fotografie die Möglichkeit zur Beurteilung der dritten Dimension. Somit wurden die Fotografien nur als Kontrollmittel zusätzlich zum klinischen Befund gesehen und als adäquate Speichermöglichkeit der ermittelten klinischen Situation nach dem Debonding der Multibracketapparatur eingesetzt.

1.8 Fluoride

Nicht nur in der Kieferorthopädie sind die positiven Effekte von Fluoriden bei der Kariesprävention bekannt^{1,8,28,78,79,81}; sie sollen hier nicht weiter Thema sein, genauso wenig wie die Wirkungsweise der Fluoride .

Für diese Arbeit war jedoch von Bedeutung, dass für alle Patienten, die an dieser Studie teilnahmen, auch in diesem Punkt gleiche Bedingungen herrschten. Fluorid dem Grundwasser zugesetzt (1ppm) bewirkt markante Verbesserungen in der Zahngesundheit¹⁰⁻¹². Da in Wendlingen für alle Patienten der Fluoridgehalt des Wassers bei 0,14 mg/l Wasser lag, kann dieser Punkt vernachlässigt werden.

1.9 Übertragungsfehler

Übertragungsfehler wurden durch regelmäßige Überprüfungen und Nachkontrollen vermieden.

1.10 Selbstligierende Brackets

Der in allen Fällen an die Versiegelung mit Light Bond[®] gekoppelte Einsatz von selbstligierenden Brackets ermöglichte nicht die alleinige Beurteilung dieses Brackettyps unabhängig von dem Sealing. Eine unabhängige Beurteilung der Versiegelung und somit eine Aussage über mögliche zusätzliche Reduktionen der Entkalkungen, was Hauptthema dieser Untersuchungen ist, war jedoch möglich. Somit konnte indirekt eine Aussage im Sinne einer möglichen Steigerung der Effektivität getätigt werden.

2 **Diskussion der Ergebnisse**

Eine kieferorthopädische Apparatur ist nicht die Ursache von Karies, aber sie trägt zu verstärkten Mundhygieneproblemen der Patienten bei. Karies als multifaktorielle Erkrankung in Zusammenhang mit einer Multibrackettherapie und diverse Schutzmöglichkeiten vor den potentiell aus der Behandlung resultierenden Entkalkungen wurden vielfach beschrieben^{8,10,11}.

Die Problematik fokussiert sich durch den mittlerweile etablierten Gebrauch von Brackets in den ästhetisch sichtbaren Regionen auf die Labialfläche¹². Die hier leicht ins Auge fallenden Entkalkungen sollten vermieden werden, da eine mit Mängeln behaftete Ästhetik^{30,36,114} gerade bei jugendlichen Patienten zu weitreichenden Problemen psychischer Art für den Patienten mit möglichen rechtlichen Konsequenzen für den Behandler führen kann. Deswegen sollten heutzutage die medizinischen und zahnmedizinischen Forderungen um diesen Aspekt erweitert werden und eine kieferorthopädische Behandlung sollte sogar im Umkehrschluss kariesprophylaktisch wirken¹¹⁵.

Es darf also auf keinen Fall akzeptiert werden, dass eine Herstellung eugnather Bissverhältnisse nur unter Opferung eines kariesfreien Gebisses möglich ist.

2.1 Dauer

2.1.1 Dauer der kieferorthopädischen Behandlung

Die meisten jungen Patienten, die eine Multibracketapparatur erhalten sollen, interessiert vor allem die Frage nach der für die kieferorthopädische Korrektur benötigten Tragezeit derselbigen¹¹⁶.

Nach Eingliederung einer feststehenden Apparatur bewirken oft unangenehme Drähte, die Mundöffnung einschränkende Gummibänder und ein „metallisches Lächeln“ eine Abwehrhaltung gegenüber der Multibracketapparatur.

Die Patientenzufriedenheit steigt, wenn innerhalb des vorhergesagten Zeitrahmens eine Behandlung vollendet ist und somit auch für die Eltern

die Kosten einer kieferorthopädischen Korrektur nicht den Rahmen sprengen¹¹⁷⁻¹¹⁹.

Aber auch der Erfolg einer kieferorthopädischen Praxis ist mit abhängig von einer akkuraten Vorhersage des zu erwartenden Behandlungszeitraumes der jeweiligen Patienten¹²⁰. Eine genaue Prognose der benötigten Behandlungszeit ist wichtig, um über die weitere Aufnahme von Patienten zu entscheiden.

Dieses korrekte Management der Praxis ist notwendig, um finanzielle Einbußen zu verhindern.

Durchschnittlich trugen Patienten der Gruppe A (ohne Sealing) 26 Monate ihre feste Spange. Patienten der Gruppe B, die eine Glattflächenversiegelung mit Light Bond® erhalten hatten, nur 22 Monate. Der Unterschied zugunsten der Gruppe mit Versiegelung ist sowohl für die Patienten als auch für den Behandler nicht vernachlässigbar. Zusammenfassend lässt sich jedoch sagen, dass beide Patientengruppen dieser Studie im Schnitt etwa zwei Jahre ihre feste Spange trugen. Diese ermittelten Werte sind im Vergleich zu jenen von Zachrisson et al.^{18,19}, bei denen die durchschnittliche Behandlungsdauer 19 Monate betrug, leicht erhöht, sind aber vergleichbar mit jenen von Basdra et al.¹²¹ ermittelten aktuelleren Ergebnissen. Hier dauerte die Behandlung im Durchschnitt auch 2 Jahre. Ähnliches (durchschnittlich 23,1 Monate) wurde bei den Patienten von Fink et al.¹²⁰ festgestellt.

Trotz der mit vorliegender Untersuchung vergleichbaren durchschnittlichen Tragezeit wiesen bei Fink et al.¹²⁰ der Minimal- (19,4 Monaten) und der Maximalwert (27,9 Monaten) große Unterschiede zu den hier ermittelten Ergebnissen auf.

Die bei uns ermittelten Minimalwerte lagen bei 6 Monaten (Gruppe A) und 8 Monaten (Gruppe B) – im Schnitt 7 Monaten. Infolgedessen sind sie weitaus geringer als die bei Geiger et al.²⁸ (als Mindestwert 12 Monate) Festgestellten.

Als Maximalwert wurden in der Gruppe ohne Versiegelung 45 Monate errechnet und in der Gruppe, die eine solche erhalten hatte, ein Zeitrahmen von 33 Monaten. Dieses geringere Ergebnis lässt sich

vielleicht durch die unterschiedlichen Motivationen der Patienten und deren Interesse an einer kieferorthopädischen Therapie erklären. Möglicherweise brachten gerade die Patienten und deren Eltern, die sich im Vorfeld für eine Versiegelung entschieden hatten und somit den Wunsch nach einer schonenden Behandlung zeigten, ebenfalls besonderes Interesse am reibungslosen und kieferorthopädisch korrekten Ablauf der Behandlung auf. Weniger Bracketverluste durch sorgfältigere Pflege, Vermeiden von klebrigen Speisen und eine bessere Compliance bei der Therapie (beispielsweise konsequentes Einhängen von Gummis) können die Behandlungsdauer minimieren¹²²⁻¹²⁴. Über eine Wirkung der Versiegelung als Indikator für mögliche spätere Motivation der Patienten lässt sich somit spekulieren.

Weitere mögliche Ursache dieser in Gruppe B kürzeren Behandlungszeit könnte die vom Hersteller proklamierte verbesserte Haftfestigkeit sein, die somit auch dann für eine geringere Verlustrate der Brackets verantwortlich wäre. Allerdings scheint dies im Bereich des Spekulativen zu liegen und lässt den Bedarf an weiteren – möglicherweise in vitro – Untersuchungen zu diesem Thema erkennen.

Da in der Patientengruppe, welche die Glattflächenversiegelung mit Light Bond[®] erhalten hatte, sowohl die extrem minimalen wie auch maximalen Ergebnisse nicht anzutreffen sind, kann man hier von einem durchweg konstanten, begrenzten und relativ gut vorhersagbaren Zeitrahmen der Behandlung sprechen.

Trotzdem berichteten einige andere Studien in der Vergangenheit über einen noch geringeren Behandlungszeitraum. Zachrisson^{13,92} beispielsweise veröffentlichte Ergebnisse über eine im Vergleich zu dieser Studie reduzierten Therapiedauer von 9 bis 20 Monaten. Infolgedessen war auch die durchschnittliche Behandlungszeit mit 17 Monaten geringer als in vorliegenden untersuchten Fällen.

Andere Untersuchungen ermittelten sehr unterschiedliche Werte zur Behandlungsdauer in kieferorthopädischen Praxen. Zimmer¹²⁵ stellte eine kurze durchschnittliche Tragedauer von 18,27 Monaten mit einer Range von minimal 16,9 und maximal 20,45 Monaten fest, wohingegen Beckwith

et al.¹¹⁶ über eine durchschnittliche in fünf Praxen ermittelte Dauer der Behandlung von 28,6 Monaten (Minimal 23,4 Monate und maximal 33,4 Monate) berichteten. Im Vergleich zu vorliegender Arbeit ebenfalls erhöhte Werte (durchschnittliche 2,5 Jahre) wurden bei Dyer et al.¹²⁶, Vig et al.¹²⁷ (durchschnittliche 31 Monate) und Retief et al.¹²⁸ (Werte von 3 bis 48 Monaten) diskutiert.

Diverse Theorien über die Ursachen dieser zum Teil stark differierenden Zeiträume wurden in der Vergangenheit diskutiert.

Shia¹¹⁷⁻¹¹⁹ listete 18 Faktoren auf, die die Zeit der Behandlung nach seiner Meinung in die Höhe treiben. Eine mangelhafte Mitarbeit und versäumte Termine waren die wichtigsten Faktoren, wenn eine prognostizierte Tragedauer überschritten wurde. Allerdings fehlten aussagekräftige Belege dieser Ergebnisse.

Diese wurden dann durch Beckwith et al.¹¹⁶ erbracht, die begründen konnten, dass die Anzahl der versäumten Termine tatsächlich die wichtigste Variable war, um Unterschiede in der Dauer der Behandlung bei den einzelnen Patienten zu beschreiben. Jeder dieser Termine wurde mit einem Monat zusätzlicher Zeit gleichgesetzt. Bestätigt wurde dies von Fink et al.¹²⁰, die aber nur 0,8 Monate zum ursprünglich anfixierten Debondingzeitpunkt dazurechneten.

Dem widersprechen Alger¹²⁴ und Grewe et al.¹²⁹. Grewe et al.¹²⁹ vermerkten keinen Zusammenhang zwischen der Dauer einer Behandlung und der Mitarbeit der Patienten, wobei allerdings in dieser Studie die Mitarbeit nur anhand subjektiver Parameter betrachtet wurde und somit die Aussage dieser Studie kritisch zu hinterfragen ist.

Zu vermuten wäre ein besseres Mundhygienebewusstsein und daraus resultierend eine kürzere Therapiezeit bei älteren Patienten. Diese Abhängigkeit der Behandlungsdauer vom Alter wurde jedoch bei Dyer et al.¹²⁶ widerlegt.

Gut nachvollziehbar ist ebenfalls die Abhängigkeit der Dauer einer Multibrackettherapie vom Schwierigkeitsgrad der Fälle, also genauer vom Schweregrad der Malokklusion.

Trotzdem fanden manche Studien^{120,129} keinen Zusammenhang zwischen der Dauer der Behandlung und dem Schweregrad der zu korrigierenden kieferorthopädischen Problematik. Dieser wurde allerdings zwischen Fällen mit Extraktionen und einer steigenden Behandlungsdauer ermittelt^{120,124,127}. Entscheidend war selbsterklärend ebenfalls, ob beide Kiefer behandelt wurden oder nicht¹²⁷. Da in vorliegender Arbeit nur Patienten untersucht wurden, die eine kieferorthopädische Korrektur in beiden Kiefern erhalten hatten, fiel dieser Faktor nicht ins Gewicht.

2.1.2 Demineralisationen und Behandlungsdauer

Bei unseren Untersuchungen wurde kein Zusammenhang zwischen der Behandlungsdauer und der Entstehung oder dem Schweregrad von Entkalkungen nachgewiesen. Die Hypothese Nr. 1 aus der Einleitung konnte somit bestätigt werden.

Diese Erkenntnisse stimmen mit jenen von Gorelick et al.¹² überein; weder in der von ihm untersuchten beänderten, noch in der mit Brackets versehenen Gruppe, beeinträchtigte die Dauer der Behandlung das Vorkommen von White Spots. Die Autoren führen dies auf die niemals weniger als 12 Monate dauernde Behandlungszeit und die protektiven Lokalfaktoren der Mundflora, die sich über diesen Zeitraum voll entfalten konnten, zurück. Hierbei bleibt kritisch zu hinterfragen, ob protektive Faktoren die durch das Multiband hervorgerufenen verstärkten Plaqueretentionen, erschwerten Mundhygienegegebenheiten und ein verändertes, potentiell kariogeneres Keimspektrum vollständig ausgleichen und ein physiologisches Gleichgewicht zwischen De- und Remineralisation herstellen können. Die Gegebenheiten des stomatognathen Systems sind von Patient zu Patient unterschiedlich und dürfen nicht pauschalisiert werden. Auf ein individuell zugeschnittenes, das Kariesrisiko berücksichtigende Prophylaxesystem wird unter dem Punkt „Prophylaxe“ näher eingegangen.

Somit kann an dieser Stelle kritischen Stimmen Kontra gegeben werden, die ein zunehmendes Risiko für die Zähne durch eine überdurchschnittliche Tragezeit der festen Spange gegeben sahen^{18,19,28}. Hier waren sowohl das Vorkommen als auch der Schweregrad der Entkalkungen abhängig von der Behandlungsdauer. Bei Geiger et al.²⁸ traten alle leichten und schweren Demineralisationen (Werte 3 und 4 gemäß dem in dieser Studie verwendeten Indexsystem) erst dann auf, wenn das Multiband länger als 24 Monate getragen wurde.

2.2 Compliance

In der Vergangenheit waren schon viele Möglichkeiten zur erfolgreichen Reduktion von Entkalkungen untersucht und gefunden worden^{1,8,16,35,78,79,81}. Ein großer Teil von ihnen – sei es eine tägliche Anwendung von fluoridhaltiger Mundspüllösung oder eine regelmäßige professionelle Applikation von Fluoridlack – forderten auf die eine oder andere Weise die Mitarbeit des Patienten ein. Ein stetiges Aufsuchen der Praxis oder „Mitdenken“ zuhause ist vonnöten.

Benson et al.⁷⁸ empfehlen nach gründlichen Analysen diverser Studien über dieses Sujet ein tägliches Spülen mit 0,05 % Natrium – Fluoridlösung in Kombination mit fluoridierter Zahnpasta zur effektiven Vermeidung von Entkalkungen bei Kindern und Jugendlichen. Diese untersuchten Patienten erhielten zwar keine kieferorthopädische Behandlung, entsprachen aber vom Alter her der Hauptpatientengruppe der Kieferorthopäden. Eine derartige Motivation und Mitarbeit darf bei Heranwachsenden „im Trotzalter“ wohl mit Recht in Frage gestellt werden¹³⁰ (Abbildung 13). Dies beweist die Studie von Geiger et al.⁷⁹, die eine signifikante Reduktion der White Spots durch die Anwendung einer Mundspüllösung mit 0,05 % Natriumfluorid feststellen konnten. Trotzdem arbeiteten nur 13 % der mit in die Studie eingegliederten Patienten sehr gut mit. Der deutliche Zusammenhang ($p < 0,0001$) zwischen der Anwesenheit von White Spots und dem Mundhygienestandard lässt den Bedarf an protektiven Mitteln, die nicht auf die Mitarbeit der Patienten angewiesen sind, erkennen³⁵.

Die gleiche Problematik wurde in anderen Bereichen der Zahnmedizin und bei anderen Altersgruppen festgestellt: Benitez et al.¹³¹ untersuchten die Mitarbeit bei 17 von Early Childhood Caries (ECC) betroffenen Kindern und deren Eltern. Obwohl die Aufsichtspersonen über die Risiken und möglichen ausgelösten Schäden einer Non-Compliance mit dem auferlegten Fluoridprogramm aufgeklärt worden waren, wurde die Studie nach drei Monaten aufgrund unaufhaltsamen Fortschreitens der Karies (außer in zwei Fällen) und Mitarbeit bei nur zwei Aufsichtspersonen nicht fortgeführt.

Arbeiten Patienten und die verantwortlichen Eltern bei einer derart offensichtlichen Erkrankung nicht ausreichend mit, so stellt sich die Frage nach einer zufriedenstellenden Compliance bei Multibandträgern, die bei noch festsitzender Apparatur überhaupt keine Entkalkungen erkennen oder in den zum Teil unauffälligen White Spots auch aufgrund der pseudointakten Oberfläche nach Entfernung der Spange keine Bedrohung sehen.

Die Anwendung von Light Bond® erfordert keine besondere Mitarbeit der Patienten; zusätzliche Praxisaufenthalte oder zuhause durchzuführende Sonderpflegemaßnahmen (abgesehen von den sowieso bedingt durch die feste Spange zu intensivierenden Reinigungsmaßnahmen) sind nicht notwendig.

Ein direkter Vergleich mit anderen Studien scheint an dieser Stelle nicht möglich, da bisher noch nicht viele aussagekräftige Studien über Versiegeler existieren oder meist Versiegeler untereinander ohne Kontrollgruppe miteinander verglichen wurden. Eine wissenschaftliche Untersuchung zum Thema Mitarbeit der Patienten und dem Glatflächenversiegeler Light Bond® existiert bis dato noch nicht.

2.2.1 Compliance in den Gruppen ohne (A) und mit (B) Sealing

In der Gruppe mit Sealing arbeiteten 50% teilweise mit; genauso viel wie in der Gruppe ohne Sealing eine exzellente Compliance aufwiesen. In Gruppe B wurden jedoch nur 39,5 % mit einer exzellenten Mitarbeit vermerkt. Möglicherweise bremste die Applikation eines Sealers die hohe

Motivation der Patienten weil zu sehr auf die protektiven Eigenschaften vertraut wurde.

Andererseits signalisiert die geringe Ausprägung (10,5 %) der „Mangelhaft“ – Gruppe bei den Patienten mit Light Bond® - Applikation ein durchweg konstant bleibendes Interesse der Patienten an einem gesunden Gebiss und ist somit als positiv zu bewerten.

Die bessere Mitarbeit in der Gruppe ohne Sealing lässt sich vielleicht durch ein schlechtes Gewissen der Patienten beziehungsweise das Gefühl, etwas durch die Nichtinanspruchnahme der Versiegelung verpasst zu haben, erklären. Dies und andere mögliche Gründe liegen allerdings im Bereich des Spekultativen.

Auf der einen Seite wurde die Behauptung widerlegt, dass eine Glattflächenversiegelung mit Light Bond® gerade für non-compliant Patienten empfehlenswert wäre, da in der Gruppe mit Versiegelung weniger Patienten im Verhältnis zur Gruppe ohne eine solche exzellent mitarbeiteten. Andererseits muss man dann kritisch hinterfragen, ob eine exzellente Mitarbeit dann in Zukunft überhaupt nötig sein wird oder eine teilweise Compliance ausreicht, um Entkalkungen zu verhindern. Dies jedoch würde nun im Umkehrschluss eine Applikation des Versiegelerers bei wenig mitarbeitenden Patienten befürworten.

2.2.2 Compliance bei den Geschlechtern

Des Weiteren wurde die Mitarbeit der beiden Geschlechter untersucht. Wie bei Starnbach et al.¹³² arbeiteten bei unseren Untersuchungen die Patientinnen besser mit. Zurückführen kann man dies auf ein möglicherweise besseres Verhältnis der Mädchen zu ihrem Elternhaus und somit auf ein größeres Pflichtbewusstsein bei den einzuhaltenden Mundhygienemaßnahmen. Ebenfalls mag das heranreifende Bewusstsein um das Äußere, zu dem auch Speisereste in einer Multibracketapparatur zählen, bei den generell früher entwickelten Mädchen eine Rolle spielen. Insofern scheint dieses Ergebnisse gut nachvollziehbar; auch wenn in anderen Studien kein Zusammenhang¹²³ oder kein Unterschied²⁸ bezüglich der Mitarbeit zwischen den Geschlechtern gefunden wurde.

2.2.3 Abhängigkeit der Compliance vom Alter

Wurde die Mitarbeit der Patienten in Abhängigkeit vom Alter untersucht, so konnte ein linearer Zusammenhang ermittelt werden. Je älter die Patienten waren, desto besser wurde bei der Therapie mitgearbeitet. Vor allem die Erwachsenen schienen ein großes Interesse am baldigen und erfolgreichen Abschluss der Therapie zu haben, was sich in einer exzellenten Mitarbeit widerspiegelte. Dies kann man möglicherweise auf den besonderen Aufwand und die Belastung zurückführen, welche eine Therapie mit einer festsitzenden Apparatur in höherem Alter mit sich bringt. Die Entscheidung, eine Korrektur der Zahnstellung – oft verbunden mit operativen Eingriffen bei Dysgnathien – wird bewusst und aus eigenem Interesse gefällt. Somit ist der Wunsch nach einer erfolgreichen Behandlung größer als bei Kindern, deren Eltern oder der behandelnde Arzt die Vorgehensweise bestimmen.

Wurden die Ältesten (Erwachsenen) aus dem Modell entfernt, so zeigte sich trotzdem ein ähnliches Bild. Hier mögen die heranreifende Vernunft und in manchen Fällen frühere Hänseleien aufgrund der Zahnstellung („Hasenzahn“) im Kindesalter einen Motivationsschub bewirken.

2.2.4 Demineralisationen in Zusammenhang mit der Compliance

2.2.4.1 Ausmaß und Schweregrad der Entkalkungen

Unumstritten bleibt die Bedeutung der Mitarbeit durch den Patienten und dessen Eltern um gewünschte und geplante Resultate zu erhalten¹²³. Dass das Erzielen einer eugnathen Gebissituation und die mögliche Reduktion der Entkalkungen bei mitarbeitenden Patienten auf der Compliance der Patienten und deren Eltern^{133,134} basiert, wurde auch in dieser Arbeit deutlich. Arbeiteten die Patienten aus Wendlingen besser mit, so konnten weniger und weniger schwerwiegende Entkalkungen vermerkt werden. Insgesamt konnten wenig Patienten (712 Teilflächen) mit einer mangelhaften Compliance aufwarten; diese hatten jedoch auch die größte Zahl der Entkalkungen sowie die schwersten Demineralisationen im Vergleich zu den teilweise oder den exzellent mitarbeitenden Patienten. Dies mag ursächlich auf die versäumten Kontrolltermine zurückzuführen sein, da hier auch eine regelmäßige Untersuchung der Mundgesundheit stattgefunden hätte und bei Bedarf

Instruktionen und Verhaltensmaßregeln gefolgt wären. Ebenfalls lässt sich vermuten, dass Patienten, die Termine beim Kieferorthopäden regelmäßig versäumen, kein allzu großes Interesse an der Behandlung oder der eigenen Zahnsituation aufweisen. Dies kann sich dann an der täglichen Mundhygiene widerspiegeln.

Die von Shannon et al.¹³⁴ formulierte These „Der Erfolg zur Vermeidung von Entkalkungen hängt direkt mit dem Grad der Kooperationsbereitschaft des einzelnen Patienten zusammen...“ kann infolgedessen durch die vorliegende Promotionsarbeit bestätigt werden.

Gleiches wurde ebenfalls bei Geiger et al.²⁸ deutlich, die die Entstehung von Entkalkungen in direkten Zusammenhang zu der Mitarbeit der Patienten am auferlegten Mundhygieneprogramm sahen. Bei 34 Patienten von 101 Betroffenen mit Entkalkungen hatten 64,7 % eine mangelhafte Mitarbeit gezeigt und nur 11,8 % eine exzellente.

Vergleichen lassen sich die in dieser Studie ermittelten Werte mit jenen aus Gruppe A vorliegender Studie; ein Vergleich mit jenen aus Gruppe B (mit Sealing) wäre nicht sinnig.

Die Patienten aus Gruppe A arbeiteten zu 12,5 % schlecht mit; Geiger et al.²⁸ berichteten über einen 4fach erhöhten Betrag (52,2 %). Annähernd doppelt so viele Jugendliche (50 %) wie bei Geiger et al. (26,7 %) wiesen bei uns eine exzellente Compliance auf. Der Vollständigkeit halber seien die Werte der teilweisen Mitarbeit bei uns (37,5 %) und bei Geiger (20,8 %) erwähnt.

Dies spricht für die Motivation und das Interesse der Patienten aus Wendlingen; indirekt aber auch für die Fähigkeiten des Praxisteam diese zu wecken. Dass ebenfalls das Verhältnis Patient – Arzt eine bedeutende Rolle spielt, ist unumstritten¹²³.

Eine Korrelation zwischen dem Geschlecht der behandelnden Ärztin und dem damit zusammenhängenden positiven Umgang mit den jungen Patienten kann allenfalls vermutet werden.

Des Weiteren lässt sich spekulieren, dass in Privatpraxen die Mitarbeit besser ist als an Kliniken, da ein persönlicheres Verhältnis zum behandelnden Arzt als auch zum konstant bleibenden Helferpersonal

aufgebaut werden kann. Andererseits unterziehen sich gerade an Kliniken ungewöhnlichere Fälle einer Therapie, die ein besonderes Interesse an der Korrektur gegebener Missstände aufweisen könnten. Weiterer Klärungsbedarf hierzu ist nötig.

Über einen weiteren, die Mitarbeit beeinträchtigenden Faktor wurde bei Kreit et al.¹³⁵ berichtet: ist das Verhältnis des Jugendlichen zu seinen Eltern eher getrübt, so wird schlechter mitgearbeitet. Bei konservativen Patienten hingegen sei mit weniger Problemen zu rechnen. Aufgrund dieser These und den Ergebnissen aus vorangegangenen Studien lassen sich Rückschlüsse auf das soziale Umfeld und das Verhältnis der Eltern zu ihren Kinder tätigen. Dies war jedoch nicht Bestandteil der Untersuchungen. Infolgedessen wurde auch nicht die Abhängigkeit der Mitarbeit von den verschiedenen sozialen Klassen untersucht¹³². Da Wendlingen im Einzugsgebiet von Stuttgart und den dort befindlichen Unternehmen liegt, kann somit in den meisten Fällen von einer sozialen Mittelschicht und Arbeiterfamilien ausgegangen werden.

Ebenso spielte die Selbsteinschätzung des Patienten über die Dringlichkeit der Gebisskorrektur eine größere Rolle als eine objektivere Einschätzung durch den kieferorthopädischen Fachmann^{123,136}.

Ideal wäre eine Abklärung der Bereitschaft der Patienten zur Mitarbeit im Vorfeld, um sich über den Patienten ein Bild machen und auch die Dauer der Behandlung besser abschätzen zu können. Die Vorteile dieses Abklärens wurden unter dem Aspekt „Dauer“ (V 2.1) erläutert. Ebenfalls wäre dies vor Beginn der Therapie sinnig, um bei schwerwiegenden non-compliant Patienten einem Abbruch der Behandlung rechtzeitig entgegenzuwirken oder eine Behandlung gar nicht erst zu beginnen. Diese aus rechtlichen Gründen notwendige Maßnahme stellt gerade bei vorausgegangen Extraktionen eine kritische Situation dar.

El-Mangoury¹²² versuchte durch psychologische Tests mehr über die zu erwartende Mitarbeit ihrer Patienten zu erfahren. Nicht berücksichtigt wurde hier beispielsweise das Verhältnis der Kinder zu ihren Eltern, dessen Bedeutung aber bereits erläutert worden ist¹³⁵.

Eine Möglichkeit bietet der von Slakter et al.¹³⁷ eingeführte „Orthodontic Patient Cooperation Scale“, um vor dem Beginn einer kieferorthopädischen Therapie vorhersagen zu können, ob Patienten bei der Therapie mitarbeiten werden und um den möglichen Erfolg abzuklären.

Eine andere Studie hingegen konnte die Mitarbeit nicht im Voraus abschätzen¹²³; dies mag realistischer erscheinen, da die Einteilung gemäß obiger Skala nach subjektivem Ermessen vorgenommen wurde und weitere unvorhersagbare Parameter (zum Beispiel Hänseleien in der Schule mit einer daraus resultierenden Abneigung gegen die Spange) verbleiben.

2.3 Geschlecht

2.3.1 Geschlechterverteilung in den Gruppen

Insgesamt wurden in dieser Studie 78 Patienten untersucht; davon waren 43 weiblich und 35 männlich. Aus dieser zufälligen Stichprobe des Patientengutes der Praxis von Frau Dr. Heinig in Wendlingen entschieden sich mehr Frauen (51,16 %) als Männer (45,7 %) für eine Multibrackettherapie mit vorausgehender Applikation eines Versiegelerers. Angemerkt sollte an dieser Stelle werden, dass bei dieser Studie versucht wurde annähernd gleich viele männliche und weibliche Jugendliche zu untersuchen, um ein aussagekräftigeres Ergebnis zu erhalten und die Gruppen vergleichbar zu machen. Allerdings stellten die Untersuchungen der männlichen Patienten das größere Problem dar, da bei Betrachtung des gesamten Patientengutes insgesamt weniger Jungen als Mädchen in Behandlung waren. Dies mag wohl weniger für eine generell bessere Gebissituation der männlichen Jugendlichen als für ein bewussteres Betrachten der eigenen Situation durch die Mädchen und deren Eltern sprechen^{18,19}.

2.3.2 Demineralisationen in Zusammenhang mit den Geschlechtern

2.3.2.1 Ausmaß der Entkalkungen

Mizrahi¹⁰ berichtete von vor allem bei männlichen Patienten unter Multibandtherapie gehäuft auftretenden Entkalkungen. Diese Ergebnisse sind mit jenen aus unserer Studie nur bedingt konform: insgesamt wiesen 6,81 % der bei jungen Männern untersuchten Flächen Entkalkungen auf und 6,9 % der weiblichen Patienten. Die Verteilung der Entkalkungen jedoch differierte: während bei den Frauen die Demineralisationen vor allem leichten Grades waren (4,42 % bei Grad 1, 1,65 % bei Grad 2 und 0,83 % bei Grad 3), fanden sich bei den männlichen Patienten die ausgedehnteren Läsionen (2,38 % bei Grad 1, 3,10 % bei Grad 2 und 1,32 % bei Grad 3).

2.3.2.2 Schweregrad der Entkalkungen

Dasselbe galt für den Schweregrad der Entkalkungen. 93,1 % der Frauen wiesen keine tiefen Entkalkungen auf, 5,41 % nur leichte und 0,95 % mittel schwere Schmelzentkalkungen. Allein 17 Flächen (0,54 %) wurden mit Schweregrad 3 beurteilt. Bei den Männern waren es hier 0,26 %; 0,98 % hatten mittlere und 5,56 % leichte Entkalkungen. Also zeigten sich auch bei den Untersuchungen zur Tiefe der Entkalkungen keine gravierenden Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Patienten.

Diese Ergebnisse sind – in Zusammenhang mit den erläuterten besseren Resultaten für die Mitarbeit der Mädchen bei der kieferorthopädischen Therapie (V 2.2.2) – nicht zu erwarten. Da eine bessere Compliance den Effekt einer Reduktion von Entkalkungen mit sich bringt, mag über das dann verhältnismäßig schlechtere Abschneiden der Mädchen spekuliert werden.

Eine schlechtere Ausgangssituation der weiblichen Patienten mit einer angreifbareren, mehr löslichen Schmelzoberfläche oder einer weniger widerstandsfähigen Zahnstruktur ist als nichtig zu erachten, genauso wie eine generell erhöhte Kariesanfälligkeit des weiblichen Geschlechtes. Den Grund in der früher einsetzenden Dentition der Mädchen und somit früher beginnenden Exposition der Zähne in die Mundhöhle zu sehen, liegt ebenfalls im Bereich des Spekulativen.

Manche Studien hingegen konnten einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem größeren Vorkommen von Karies bei männlichen Patienten unter Multibandtherapie und einem verminderten Mundhygienebewusstsein feststellen¹⁸. Entkalkungen wurden – verglichen mit untersuchten weiblichen Patienten – als Folge von einem schlechteren Putzverhalten der Männer gesehen. Vor allem schwere und tiefe Läsionen waren nur bei jungen Männern anzutreffen.

Auch Addy et al.^{138,139} berichteten über geringere Plaque- und Gingivitiswerte bei den weiblichen als bei den männlichen Patienten. Da ein annähernd linearer Zusammenhang zwischen dem Betrag an Plaque und der Entstehung von Karies herrscht^{18,19}, darf diese Studie hier vergleichend herangezogen werden.

Bei anderen kieferorthopädischen¹⁴⁰ und nicht-kieferorthopädischen Werken¹⁴¹ wurde Ähnliches berichtet.

Mizrahi¹⁰ jedoch konnte nach durchgeführten Multibracketbehandlungen Unterschiede im Schweregrad der Entkalkungen, nicht aber in der Prävalenz von Entkalkungen bei männlichen Patienten feststellen. Obwohl bei uns Unterschiede zwischen den Geschlechtern bezüglich der Prävalenz (Mädchen scheinen von der Tendenz her die kleineren Entkalkungen aufzuweisen) gefunden wurden, waren keine deutlichen Unterschiede bezüglich des Schweregrades ersichtlich. Möglich wäre die Orientierung der Mädchen an den sichtbaren Läsionen – eine kleinflächige Demineralisation wurde nicht bemerkt und somit die Putzgewohnheiten nicht intensiviert.

Bei Geiger et al.²⁸ und Ogaard^{30,36} wurden ebenfalls keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Geschlechtern beim Vorkommen von Plaque, der Entstehung und dem Schweregrad von Entkalkungen festgestellt.

Diese Promotionsarbeit unterstützt somit nicht wie die genannten Studien die Theorie, dass die weiblichen im Gegensatz zu den männlichen Patienten während einer Multibrackettherapie für weniger Demineralisationen anfällig sind. Ein Unterschied in der Prävalenz von Entkalkungen und im Schweregrad ist bei den Geschlechtern vernachlässigbar klein.

2.4 Prophylaxe

Kilicoglu et al.¹⁴²: “Die durchzuführende Mundhygiene ist eines der größten Probleme bei Patienten, die sich einer kieferorthopädischen Behandlung unterziehen.“

2.4.1 Prophylaxeprogramm in beiden Gruppen

Patienten, die sich für eine Applikation des Versiegeler Light Bond[®] vor der Befestigung der Brackets entschieden, tendierten auch zur Inanspruchnahme des praxiseigenen Prophylaxeprogramms (42,1 %). Somit scheinen die Patienten oder deren Eltern ein ausgesprochen gutes Mundhygienebewusstsein aufzuweisen, indem sie zusätzliche präventive Maßnahmen wählten. In der Gruppe ohne Sealing entschieden sich jedoch nur 32,5 % der Patienten für ein zusätzliches Prophylaxeprogramm; also deutlich weniger als in der Gruppe mit Versiegelung. Möglicherweise kann durch eine Versiegelung und zusätzliche begleitende Informationen das Fokussieren der Kinder und Jugendlichen auf eine physiologische Gebissituation geschult und noch darüber hinaus Interesse geweckt werden, das sich dann in dem bewussten Entscheiden für eine zusätzliche Pflegemaßnahme einmal pro Quartal widerspiegelt.

Generell ist bekannt, dass bei Kindern in kieferorthopädischer Behandlung im Vergleich zu einer unbehandelten Kontrollgruppe deutlich reduzierte Werte bei der Plaque- und Gingivitiskontrolle vorliegen¹⁴³. Trotz der nach der Therapie korrigierten Zahnstellung und somit der Reinigung besser zugänglichen Gebissituation ist dies eher auf ein geschulteres Mundhygienebewusstsein zurückzuführen und nimmt den Kieferorthopäden in eine zusätzliche Pflicht. Das Bewusstsein der Kinder kann durch die über einen längeren Zeitraum stattfindenden Besuche beim Kieferorthopäden auf eine adäquate Mundhygiene und gesunde Zähne gelenkt werden^{144,145}. Da 50-60 % aller Kinder und Jugendlichen in kieferorthopädischer Behandlung sind, wird die Bedeutung der präventiven Maßnahmen deutlich.

Auffällig war, dass sich die Mehrheit der Patienten (55 %) ohne Versiegelerapplikation ebenfalls nicht für ein Prophylaxeprogramm zu interessieren schien. Mutmaßen lässt sich, dass diese Personengruppe die Bedeutung der kieferorthopädischen Behandlung eher negiert und auch in anderen Bereichen wie Pünktlichkeit, Einhaltung eines Termins oder beim Tragen von Gummis nicht gut kooperiert. Möglich wäre auch ein großes Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten bei der häuslichen Mundhygiene. Prinzipiell lässt sich jedoch davon ausgehen, dass Patienten, die sich einer kieferorthopädischen Behandlung unterziehen, immer noch „mundbewusster“ als der durchschnittliche Teil der Bevölkerung sind^{10,11}.

2.4.2 Prophylaxeprogramm und Demineralisationen

Dass eine gründliche Mundhygiene unabdingbar für ein kariesfreies Gebiss sowohl bei Patienten mit als auch ohne kieferorthopädische Behandlung ist, steht außer Zweifel^{18,107,142}.

Wird eine Multibracketapparatur eingesetzt, so steigt – wie bereits erläutert – das Risiko für Entkalkungen. Ein verändertes Keimspektrum, die verstärkte Retention von Plaque und Bakterien sowie erschwerte Putzgegebenheiten fordern die Bereitschaft des Patienten zur verstärkten Mitarbeit ein¹⁴⁶.

Selbst bei mundhygienebewussten Patienten sind jedoch häufig ansehnliche Plaquemengen auf den Bukkalflächen der Zähne in der Peripherie der Brackets nachweisbar, die durch die Selbstreinigung zu Hause nur noch schwer entfernt werden können¹²⁵. Diese erhöhte Verweildauer der Plaque auf den Zahnflächen ist nun gleichzusetzen mit langen Phasen der Säureeinwirkung und führt zu einer entsprechend größeren Entkalkungsgefahr.

Ein Bedarf an zusätzlicher, professioneller Prophylaxe wird benötigt.

Prophylaxe generell basiert heutzutage auf vier Faktoren: einer optimalen Mundhygiene¹⁸ durch den Patienten, Ernährungsberatung, regelmäßiger Anwendung von Fluoriden und regelmäßigen Kontrollen durch den Zahnarzt¹⁵.

Um die Entkalkungshäufigkeit zu senken, wurden in verschiedenen Studien diverse Diagnostik- (Erhebung von Indizes wie API, PSI) und Prophylaxemethoden wie die lokale Fluoridierung zur Schmelzhärtung oder eine Chlorhexidingabe zur Keimreduktion getestet¹⁴⁷.

Ideal scheinen eine Kombination von Präventivmaßnahmen im Vorfeld einer kieferorthopädischen Therapie und die Behandlung begleitende Maßnahmen zu sein.

Manche Studien sind der Ansicht, dass sich von Kariesläsionen, die vor einer kieferorthopädischen Behandlung vorhanden sind, keine Rückschlüsse auf die Entwicklung weiterer Läsionen ziehen lassen^{18,19,81}.

Sicherlich darf bei der Einschätzung des individuellen Kariesrisikos nicht nur dem klinischen Eindruck gefolgt werden. Speicheltests wie der in der Praxis von Dr. Heinig angewandte „Clinpro“ von Prompt L-Pop[®] helfen im Vorfeld einer Multibrackettherapie objektiv das jeweilige Kariesrisiko abzuschätzen, indem die Besiedelung der Mundhöhle mit endogenen, potentiell kariogenen Keimen überprüft wird.

Bei alleiniger Überprüfung einer Momentsituation würde nur die Kariesinzidenz berücksichtigt werden und nicht die aussagekräftigere Kariesprävalenz⁶. Deshalb ist auch hier eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Kieferorthopäden und dem schon im Vorfeld betreuenden Zahnarzt gefordert, um einen effizienten Behandlungsplan – abgestimmt auf das individuelle Risiko des Patienten – zu erarbeiten^{24,144,148}.

Im Vorfeld dieser Untersuchungen wurden Patienten der Praxis in Wendlingen mit erhöhtem Kariesrisiko gemäß einem „entkalkungsorientierten Behandlungsplan, der durch eine wirkungsvolle individualprophylaktische Betreuung Ergänzung findet“¹²⁵, betreut. Durch die Erweiterung des kieferorthopädischen Aspektes der Therapien um den zahnmedizinisch-prophylaktischen, bieten sich gute Möglichkeiten zur Verhinderung der Entstehung von Entkalkungen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, können kieferorthopädische Praxen den Tätigkeitsschwerpunkt „Prophylaxe“ führen – wie auch die Praxis Dr. Heinig in Wendlingen seit Juli 2004.

Diese Studie untersucht das praxiseigene Prophylaxeprogramm auf seine Fähigkeiten zur Vermeidung von Entkalkungen während der Multibrackettherapie.

2.4.2.1 Ausmaß der Entkalkungen

Bei Patienten, die kein Prophylaxeprogramm in Anspruch genommen hatten, fanden sich deutlich erhöhte Werte (8,01 %) bei den Entkalkungsflächen, im Vergleich zu Patienten, die eine Prophylaxe im Bedarfsfall (7,97 %) und denjenigen, die eine kontinuierliche Prophylaxe erhalten hatten (4,94 %).

Zu klären ist zum einen der Unterschied zwischen der Patientengruppe, die einmal im Quartal ein Prophylaxeprogramm erhielt und derjenigen, der nur bei Bedarf dieses zuteil wurde. Auszugehen ist von der tatsächlich eingetretenen deutlichen Verminderung der Zahl der entkalkten Flächen bei stetigem Einsatz von Prophylaxemaßnahmen. Zurückzuführen ist dies auf die vor Beginn der Therapie durchgeführte Selektion der Patienten hinsichtlich der Wahl der Prophylaxemaßnahmen.

Patienten, die zum Beispiel trotz junger Jahre Raucher sind oder sonst ein erhöhtes Kariesrisiko aufweisen, wurde ein regelmäßiges Prophylaxesystem nahe gelegt. Die Voraussetzungen für eine Behandlung ohne ästhetische Folgeschäden sollten durch diese Maßnahmen verbessert werden; waren die Vorbedingungen doch denkbar schlechter als bei anderen Patienten mit geringerem Risiko.

Mundhygienebewussten Patienten – vor Beginn der Behandlung festgestellt durch erhobene Plaqueindices, Bakterientests und die klinische intraorale Situation - wurde keine Empfehlung für ein vierteljährliches Programm ausgesprochen. Sie scheinen ein beobachtendes und gesundheitsbewusstes Elternhaus zu haben¹⁴⁹ oder „genetisch bevorzugt“ zu sein. Somit ist ein verkleinertes Risiko dieser Patientengruppe für Entkalkungen erklärbar. Eine Sicherung dieser Situation wurde trotzdem zusätzlich von einigen Patienten gewünscht und konnte ihnen nicht vorenthalten werden.

Zum anderen müssen die annähernd gleichen Werte bei den bei Bedarf eingesetzten Prophylaxemaßnahmen (7,97 %) und bei keiner Prophylaxe (8,01 %) erläutert werden. Mutmaßen lässt sich, dass bei der Patientengruppe mit einer im Bedarfsfall angewandten professionellen Unterstützung die Situation noch gravierender ausgesehen hätte bei keinem Einsatz desselbigen. Andererseits mag auch der leichte Abwärtstrend für den Einsatz von Prophylaxemaßnahmen beim Vorliegen von initialen Demineralisationen sprechen.

Möglicherweise erfolgte auch eine regelmäßige Kontrolle und Sicherung der Mundgesundheit bei keiner Inanspruchnahme des Prophylaxeprogramms durch den betreuenden Hauszahnarzt. Hier können ebenfalls professionelle Zahnreinigungen und Kontrollen durchgeführt worden sein; dies konnte und sollte in dieser Arbeit aber nicht berücksichtigt werden. Es galt nur das praxiseigene Prophylaxeprogramm abzuklären und auf seine Effektivität zu testen, gleichwohl der Benefiz der PZR beim Hauszahnarzt unumstritten ist.

2.4.2.2 Schweregrad der Entkalkungen

Bei Verzicht auf ein Prophylaxeprogramm ist ebenso der Schweregrad der Entkalkungen stärker ausgeprägt. Dasselbe für die Fläche Gesagte mag wieder gelten; nur der große Unterschied zwischen Patienten, die keine Prophylaxe erhielten und denjenigen, die entweder teilweise oder quartalsweise solche erhielten, sei nochmals herausgestellt.

Die Anwendung von Prophylaxeprogrammen scheint die Mundgesundheit zu verbessern und sollte demzufolge Bestandteil jeder modernen Praxis sein¹⁴⁸. Diese Studie zeigt die Bedeutung vor allem des untersuchten Programms und zeigt seine Effizienz in der Vermeidung von Demineralisationen während einer Multibrackettherapie. Andere Programme an Kliniken oder Privatpraxen sollten in Zukunft getestet werden.

2.5 Entkalkungen

Durch eine Multibandtherapie steigen das Kariesrisiko sowie die Zahl der tatsächlichen Schmelzentkalkungen^{15,87}. Zimmer¹²⁵ berichtete über eine Zunahme von 9,8 %; ein ähnlicher Wert (10,8 %) wurde bei Gorelick et al.¹² ermittelt.

Selbst fünf Jahre nach Behandlungsende existierten bei Patienten, die eine kieferorthopädische Therapie mit festsitzenden Apparaturen hinter sich gebracht hatten, deutlich erhöhte Vorkommen an White Spots als bei Patienten ohne Behandlung.

Im Gegensatz hierzu stehen die Studien von Zachrisson et al.^{18,19} und Artun et al.¹⁴ die keine zwingenden Unterschiede zwischen behandelten Patienten und einer Kontrollgruppe ohne Multibandtherapie feststellten.

Generell lässt sich vermuten, dass es tatsächlich zu einem Anstieg an Entkalkungen kommt. Ziel dieser Doktorarbeit war zum einen die Untersuchung und Quantifizierung der nach Multibrackettherapie entstandenen Entkalkungen und zum anderen der Vergleich zweier Patientengruppen (A – ohne Versiegelung, B – mit Versiegelung durch Light Bond[®]).

Diese durch Brackets bedingten, auf der Labialfläche der Zähne befindlichen Demineralisationen sind von medizinischer und ästhetischer Sicht aus inakzeptabel³¹. Deswegen herrscht Bedarf am Einsatz und an der Weiterentwicklung schützender Produkte.

Viele Patienten weisen schon vor Beginn einer Multibrackettherapie Demineralisationen auf der Labialfläche auf. Bemerkenswert ist die Aussage der teilnehmenden Behandler einer kanadischen Studie⁸⁹, dass ungefähr 30 % ihrer Patienten schon Entkalkungen vor Beginn der Therapie aufwiesen.

Dem ist nicht zuzustimmen. Weder wiesen die Patienten vor oder nach der Behandlung so viele Entkalkungen auf. Allerdings wurden in dieser Arbeit nur die besonders gefährdeten Labialflächen^{11,12} der Zähne 1 bis 5 untersucht und somit können nicht alle Läsionen erfasst worden sein.

Nichtsdestotrotz müssen vorher vorhandene Schmelzveränderungen ausgeklammert werden; wie hier in dieser Studie durch Berücksichtigung bei der statistischen Auswertung.

Die Vorteile einer kieferorthopädischen Behandlung mit Brackets und Bändern im Gegensatz zur Therapie mit herausnehmbaren Apparaturen wie eine körperliche Kontrolle, ausführbaren Torque sowie größere Zahnbewegungen sind bekannt. Heutzutage sind in der modernen Praxis Brackets der Vorzug zu geben¹⁵⁰, auch weil sich hier im Vergleich zu vollbehandelten Patienten weniger Entkalkungen finden^{13,92}.

2.5.1 Bestimmung der klinischen Werte

2.5.1.1 Übereinstimmung der beiden ersten Untersucher

Übereinstimmung bezüglich des Ausmaßes

Bis zum Ende unserer Untersuchungen wurden 5788 Teilflächen ohne Unterscheidung in Gruppe A und Gruppe B betrachtet.

In 95,3 % aller Fälle stimmten die Angaben der beiden Untersucher überein, was bemerkenswert ist. Dies zeigt die mögliche, gute Übereinstimmung bei einer recht subjektiven Feststellung, bewirkt durch ein kalibriertes und leicht anzuwendendes Indexsystem.

Die überzufällige Übereinstimmung lag nur bei Kappa = 0,69, da im Vergleich zu den untersuchten Teilflächen wenig Entkalkte gefunden wurden. Dies spricht jedoch für eine schonende Behandlungsweise während der Multibrackettherapie und darf nicht als Nachteil gewertet werden, denn 90,45 % aller Flächen wurden von beiden Untersuchern mit „0“, also keiner erkennbaren Entkalkung, bewertet.

Höhere Werte wurden bei Gorelick et al.¹² ermittelt, die bei 121 untersuchten, sich in einer kieferorthopädischen Behandlung befindlichen Patienten bei 49,6 % Läsionen auf mindestens einem Zahn feststellten. 1988 und unter zusätzlicher Anwendung von Fluoridspülungen hatten bei Geiger et al.²⁸ nur noch 33,8 % von 101 Fällen auf einem oder mehreren Zähnen Entkalkungen. Diese im Vergleich zu vorliegenden Resultaten sehr hohen Ergebnisse wurden jedoch auch bei Shannon et al.¹³⁴ (110 Patienten mit 58 % Entkalkungen), Ogaard³⁶ (nur 4 % der

kieferorthopädisch behandelten Patienten hatten keine Demineralisationen) und Basdra et al.¹²¹ (50 % Entkalkungen) bestätigt. Zurückzuführen sind diese Zahlen zum Teil auf das Miteinrechnen der oft schwer betroffenen Molaren in die Wertung^{12,19} und zum Anderen, weil vermutlich in einigen Studien mit Vollbebänderung gearbeitet wurde. Dies hätte ebenfalls erhöhte Werte erklärt.

Des Weiteren wurden bisher bei den Analysen zu dieser Studie die Gruppen A und B nicht weiter unterschieden, so dass man auch die verminderten Zahlen dieser Studie auf den positiven, protektiven Effekt des Versiegeler Light Bond® zurückführen könnte.

Nach Abzug der für diese Studie ermittelten 90,45 % ohne Entkalkungen, verbleiben 9,55 Prozent mit denselbigen. Diese verteilen sich in Übereinstimmung der beiden Untersucher mit 2,01 % auf den Wert „1“, das heißt, dass weniger als 50 % der Fläche von Entkalkungen betroffen waren, und jeweils 1,89 % auf den Wert „2“ und 0,97 % auf „3“. Hier waren dann mehr als 50 % einer Region des Zahnes betroffen oder bei Grad 3 sogar die gesamte Region.

Die Ermittlung des Opazitätenindex eines jeden Patienten, der sich aus der Anzahl der betroffenen Flächen im Verhältnis zur Gesamtzahl der untersuchten Flächen eines Patienten errechnet¹⁰, erschien für eine Aussage unnötig. Hierbei hätte erst der Medianwert aller Patientenergebnisse gebildet werden müssen um vom Individuum auf die Gesamtheit schließen zu können. Die Aussage wäre gleich geblieben.

Ohne die Ergebnisse zu betrachten, ließe sich eine Kumulation der schwerwiegenden Demineralisationen (vor allem Schweregrad drei, der mit einem Verlust der Oberflächenkontinuität einhergeht) bei wenigen Kindern und Jugendlichen des Patientengutes vermuten. Dies ist in anderen Bereichen der Zahnheilkunde mehrfach beobachtet worden und lässt sich auf multiple Ursachen zurückführen. Diese besonders betroffenen Patienten haben durch ungesunde Ernährung, mangelhafte Mundhygiene und erhöhte S. mutans – Werte ein höheres Vorkommen von Karies^{18,19}. Ebenfalls mögen das soziale Umfeld der Kinder, das

Verhältnis zu den Eltern sowie die Schulbildung eine Rolle spielen. Die geäußerte Vermutung trifft bei Betrachtung der Ergebnisse dieser Studie einerseits zu, andererseits gibt es ebenfalls viele Patienten, die multiple gering entkalkte Flächen (Fläche und Schweregrad eins) aufweisen. Ein einheitliches Bild zeigt sich also bei vorliegender Arbeit nicht. Manche der vielen geringen Demineralisationen sind durch eine Behinderung der Mundhygiene bedingt durch zum Teil eingesetzte sperrige Vorrichtungen schwer zu vermeiden und nicht mit dem bloßen Auge im Initialstadium erkennbar. Infolgedessen wird auch nicht verstärkt Mundhygiene durch die Patienten betrieben und die Demineralisationen können sich manifestieren. Diese in der Studie mit „1“ bewerteten Entkalkungen sind oft nur unter Trockenlegung erkennbar und werden mit der Zeit ohne Folgen unter normalen oralen Bedingungen remineralisieren. Somit erscheint die Problematik der „vielen geringen“ Läsionen als nicht zu gravierend.

Das Ergebnis des uneinheitlichen Bildes mit schwerwiegenden Entkalkungen bei wenigen Patienten sowie multiplen geringen Läsionen bei vielen Kindern mag ein genereller Querschnitt durch die Bevölkerung sein und auch für das generelle Vorkommen von Karies bei Kindern und Jugendlichen nicht nur nach Multibrackettherapie gelten.

Übereinstimmung bezüglich des Schweregrades

Voraussetzung für die Betrachtung des Schweregrades der Entkalkungen ist das Vorhandensein der entsprechenden Fläche auf der Zahnoberfläche, deshalb ist die gleiche Anzahl an Flächen wie erläutert betroffen, nur die einzelnen Grade differieren.

Infolgedessen waren gleich viele Werte beim Schweregrad mit 0 vermerkt worden wie bei der Fläche (90,45 %). Verändert hatte sich die Anzahl der von beiden Betrachtern mit „1“ (4,42 %) und „2“ (0,78 %) vermerkten Läsionen. Dies kann man als erfreuliches Ergebnis werten, da die meisten tatsächlichen Demineralisationen ersten Grades und somit geringfügig waren. Gleiches gilt für die wenigen mit Schweregrad 3 bewerteten Entkalkungen (0,35 %).

Die Übereinstimmung der beiden Untersucher lag bezüglich des Schweregrades bei 96,7 %. Kappa, das den Grad der überzufälligen Übereinstimmung ermittelt, wies bei der Betrachtung des Schweregrades der Entkalkungen den Wert von 0,73 auf. Diese, im Vergleich zu den bei der Fläche der Entkalkungen ermittelten, verbesserten Werte, sprechen für die deutliche Abgrenzung der verschiedenen Stadien der Demineralisationen. Augenscheinlich fällt dem Untersucher die Bestimmung der Dreidimensionalität einfacher, als die Entscheidung, ob kleine Entkalkungen vorhanden sind oder nicht. Demzufolge ist vermutlich das „schlechtere“ Kappa der Flächenbetrachtungen auf die Entscheidungsfindung zwischen „Entkalkung ja oder nein“, also auf die unterschiedliche Einschätzungsweise der Untersucher und schlussgefolgerten Ergebnisse bei 0ern und 1ern bezüglich der betroffenen Fläche zurückzuführen.

2.5.1.2 Kontrolle durch einen dritten Untersucher bei Unstimmigkeiten

Für die unproblematische Remineralisierung von kleineren Läsionen spricht auch die dritte Nachuntersuchung, die bei Unstimmigkeiten der beiden ersten Betrachter zu einem späteren Zeitpunkt angefertigt wurde. Hier tendierte die Untersucherin in der Großzahl der Fälle zu der geringeren Wertung, da schon Remineralisations- und Abrasionsvorgänge stattgefunden hatten (Beschreibung durch min-Regel; bei den Flächen ohne Entkalkung wurde die größte Übereinstimmung erzielt).

Bei den wenigen Patienten mit großen, ausgeprägten Entkalkungen müsste ein Umdenken und intensiviertes Mitarbeiten eingefordert werden.

2.5.2 Beschreibung und Lokalisation der Demineralisationen

2.5.2.1 Rechte – linke Gesichtshälfte

Bei der Betrachtung der entkalkten Flächen und der entsprechenden Quadranten im Mund des Patienten unabhängig von den Gruppen A und B fällt auf, dass die linke Gesichtshälfte (6,35 % Entkalkungen) weniger als die Rechte (7,37 %) betroffen war. Dasselbe gilt für den Schweregrad der Entkalkungen. Dies erstaunt nicht weiter, als dass 85-90 % der

Gesamtbevölkerung Rechtshänder sind und somit verstärkt im leichter erreichbaren Bezirk der linken Gesichtshälfte Mundhygiene betreiben. Diese Erkenntnisse sind konform mit den Resultaten von Geiger et al.²⁸, die ebenfalls auf der linken Gesichtshälfte (6,4 %) weniger Entkalkungen als auf der Rechten (7,8%) notierten. Trotz dieser Ergebnisse bezüglich der Fläche, waren bei Geiger et al. die gravierendsten Läsionen (vor allem im vorderen Segment des Oberkiefers) auf der linken Seite anzutreffen. Andere Studien hingegen berichteten über keinen statistisch auffälligen Unterschied im Seitenvergleich^{19,36}.

2.5.2.2 Ober- und Unterkiefer

In vorliegender Studie wurden mehr Entkalkungen im Ober- (7,66 %) als im Unterkiefer (6,03 %) festgestellt.

Auffällig war, dass sich bei unseren Untersuchungen die wenigen entkalkten Flächen mit Grad 3 sowie die gravierenderen Läsionen (Schweregrad 2 und 3) an bestimmten Positionen in den Kiefern befanden und sich Trends in den meisten Gebissen abzeichneten. Im Unterkiefer war vor allem der dorsale Bereich betroffen; im Oberkiefer zeigte sich ein eher uneinheitliches Bild mit einer geringeren Prädisposition vor allem der ersten und zweiten Prämolaren nicht nur bezüglich der Ausprägung der Fläche, sondern auch bei Betrachtung des Schweregrades. Die großen und schweren Läsionen wurden bei den lateralen Inzisiven und Caninen bemerkt.

Hier lassen sich Beobachtungen entgegenhalten, nach denen die Patienten vor allem in den leicht erreichbaren vorderen Bereichen der Kiefer gute Mundhygiene betreiben. Die dorsalen Regionen von Maxilla und Mandibula sind der Reinigung schwerer zugänglich und bedürfen einer intensivierten Pflege, weswegen sie – vor allem im Unterkiefer – eher vernachlässigt wurden.

Ebenfalls mag die Ästhetik eine Rolle gespielt haben: Essens- oder Plaquereste aus auffälligen, beim Sprechen oder Lachen sichtbaren Regionen zu entfernen, mag Priorität gehabt haben. Dies erklärt die

geringen Entkalkungen der Unterkieferfront und der mittleren Inzisiven des Oberkiefers.

Der hintere Bereich des Oberkiefers war in vorliegender Studie vor allem von leichten Entkalkungen der Einteilung „1“ betroffen. Dies gilt für viele angetroffene kleine Flächen als auch für den Schweregrad. Die großen, sich über die ganze Fläche der Zahnregion erstreckenden Entkalkungen und die schweren (Grad 3) Demineralisationen waren ausschließlich in der Front (vor allem bei den lateralen Inzisiven und Caninen) lokalisiert.

Dies mag sein, weil die Prämolaren-Brackets keine Hooks (Häkchen nach gingival) besitzen, damit die Patienten besser putzen können. Ebenfalls kann man das Ergebnis auf die gegenüber den 2. oberen Molaren mündenden Ausführungsgänge (Ductus parotidei, Stenon-Gang) der Gl. parotis zurückführen. Ein regelmäßigerer Kontakt der hinteren Bereiche der Mundhöhle mit dem serösen Speichelprodukt dieser Drüse wirkt antikariogen. Der Schutz von Zähnen und Schleimhaut wird durch die mikrobielle Schutzfunktion des Speichels ergänzt, indem Mikroorganismen gebunden und abgetötet werden können und so das physiologische Gleichgewicht der Mundhöhle aufrecht gehalten wird. Der Schutz scheint sogar offensichtlich trotz eingesetzter Tiebacks auszureichen.

Gleiches konnten Gorelick et al.¹² und Geiger et al.²⁸ vermerken. In ihren Studien war dieser Bereich (vor allem die zweiten Prämolaren des Oberkiefers) am wenigsten von Entkalkungen betroffen.

Vorliegendes Ergebnis ist konträr zu Lovrov et al.³, die das höchste Vorkommen von White Spots auch bei den Oberkieferprämolaren ermittelten. In dieser Studie erfolgte die Beurteilung der Läsionen jedoch nur über Fotografien, die vor und nach der Therapie angefertigt worden waren. Wären klinische Befunde mit in die Bewertung eingeflossen, so hätten die Ergebnisse möglicherweise anders – mit vorliegenden vergleichbar – ausgesehen.

Grob betrachtet lässt sich im Unterkiefer über eine Zunahme der Entkalkungen nach dorsal berichten. Die Prämolaren stellen beidseits die

zahlreichsten und schwerwiegendsten Entkalkungen einhergehend mit Ogaards^{30,36}, Mizrahis¹¹, Lovrovs et al.³ und Gorelicks et al.¹² Erkenntnissen.

Von einem nachlässigen Putzverhalten der Patienten in diesen dorsalen Regionen kann ausgegangen werden. Vielfach mag auch das – um eine bessere Verzahnung zu erreichen nötige – Einhängen von Gummis mit den damit einhergehenden Befestigungshäkchen eine Reinigung hier erschweren. Auch zum Lückenschluss verwendete Tiebacks stellen im Unterkiefer ein Putzhindernis dar, und wirken sich aber im Gegensatz zum Oberkiefer hier verstärkt aus. Möglich ist ebenfalls, dass die antikariogene Wirkung des Speichelsekretes aus der Gl. parotis hier nicht den gleichen, direkten Erfolg erzielt wie im dorsalen Bereich des Oberkiefers.

2.5.2.3 Einzelne Zähne

Ausmaß/Schweregrad der Demineralisationen einzelner Zähne

Manche Zähne scheinen – auch unabhängig von einer kieferorthopädischen Behandlung – eine gewisse Prädisposition für Schmelzentkalkungen zu besitzen^{11,12}. Eine Unterscheidung in die Gruppen A (ohne Sealing) und B (mit Sealing) soll zu diesem Zeitpunkt noch nicht erfolgen, um ein Gesamtbild der auf den einzelnen Zähnen festgestellten Entkalkungen zu ermöglichen und in Punkt V 2.7.1 die Unterschiede zwischen den untersuchten Gruppen darzulegen.

Nimmt man ältere Studien als Maß^{10,15,16}, so würde man eine besondere Kariesprävalenz auf den Inzisiven und Caninen des Oberkiefers, vor allem den lateralen Inzisiven erwarten.

Übereinstimmend mit diesen Ergebnissen kann auch in vorliegender Arbeit von einem gehäuften Auftreten von Entkalkungen bei diesen Zähnen gesprochen werden (42,37 % der Entkalkungen im Oberkiefer), jedoch in einer weitaus geringeren Ausprägung als bei älteren Studien. Demzufolge waren vor allem die lateralen Inzisiven und Caninen stark betroffen; diese verstärkte Entstehung von Entkalkungen an diesen Zähnen ist auch durch den Einsatz von closing loops oder elastic loops bedingt, die im Oberkiefer zwischen lateralem Inzisiven und Caninen

angebracht werden. Das untersuchte Patientengut der Privatpraxis wurde allerdings nicht mit solchen Bögen behandelt, sondern mit Häkchenbögen. An den auf den Caninen befestigten Brackets befinden sich Hooks; diese können zu einer verstärkten Plaqueakkumulation mit resultierenden Demineralisationen beigetragen haben, jedoch mag der unterschiedliche Einsatz dieser Behandlungsmethode das im Vergleich zu anderen Studien geringere Auftreten von Demineralisationen an diesen Zähnen erklären.

Als weitere Ursache der meist gingival auf den lateralen Inzisiven (oder auf der gesamten Oberkieferfront) auftretenden Demineralisationen kann das Massenmerkmal dieser Zähne angesehen werden. Diese mesiogingival auftretende, konkave Wölbung erleichtert ungünstigerweise eine Lückenbildung zwischen der Bracketbasis und der Zahnoberfläche. Somit kann es in diesem Bereich zu einer verstärkten Plaqueanlagerung und Demineralisationen kommen.

Ebenfalls begünstigt der vor allem bei den lateralen Inzisiven anzutreffende geringe Abstand des Brackets zur marginalen Gingiva die Plaqueakkumulation.

Zachrisson et al.¹⁹ kommentierten Schmelzdemineralisationen nach einer kieferorthopädischen Therapie. Auffällig war hier die divergierende Lokalisation dieser Entkalkungen im Gegensatz zu der bei unbehandelten Patienten Festgestellten. Die festsitzenden Apparaturen verursachten natürlich zum einen einen „shift“ der Läsionen von okklusal nach vestibulär, zum anderen aber auch von hinten nach vorne und von approximal nach fazial – beziehungsweise bei der hier nicht berücksichtigten Anwendung von Bändern nach lingual⁴¹. Dies kann hier bestätigt werden.

Der Kieferorthopäde muss für diese durch eine Therapie möglicherweise provozierte Problematik „gerüstet“ sein, denn die vermehrte gingivale Plaqueakkumulation bei kieferorthopädischen festsitzenden Geräten trägt nicht nur zu Entkalkungen in dieser Region bei, sondern auch zu gingivalen Entzündungen. Gingivitis, Parodontitis oder gar Attachmentverluste dürfen nicht hingegenommen werden¹⁴⁸. Umfassende

Aufklärungen des Patienten zu dieser Problematik müssen vor Beginn und während der Behandlung stattfinden.

Unbestritten durch diese Studie bleibt die geringe Ausprägung der Schmelzdeminalisationen im Bereich der Unterkiefer Inzisiven. Dies gilt ebenso für Patienten, die sich keiner kieferorthopädischen Behandlung unterziehen. Hier sei auf die sublingual gelegenen Ausführungsgänge der Gl. sublingualis und die damit verbundene Spülwirkung des gemischten Sekretes dieser Drüse verwiesen, gleichwohl dieser Schutzmechanismus vor allem lingual zum Tragen kommt.

Für die Caninen des Unterkiefers zeigte sich bei Geiger et al.²⁸, Banks et al.¹⁶ und Ogaard^{30,36} eine unerwartete Prädisposition für schwere und ausgeprägte Läsionen. Diese können wir in dieser Arbeit bestätigen; sowohl die Fläche als auch der Schweregrad waren mit hohen Werten versehen worden, diese sind aber wiederum im Vergleich mit den im Oberkiefer Ermittelten gering.

Das Ergebnis erscheint vor der doch verhältnismäßig nahen Lage zu den Speicheldrüsenausführungsgängen sublingual mit ihren protektiven Wirkungen und im Vergleich zu den gering betroffenen Nachbarzähnen der Front zunächst unverständlich.

Möglicherweise kann durch die Morphologie der Caninen eine verstärkte Entstehung von Entkalkungen begünstigt werden. Ebenfalls mögen die an den Brackets der Caninen befestigten Hooks hierzu beigetragen haben. Auch die Form der Kiefer, in diesem Fall der Unterkieferspange, kann entscheidend sein. Runde Bögen können besser durch die Selbstreinigungskräfte der Zunge erreicht werden und haben dadurch eine geringere Kariesprognose. Durch ein „Überlappen“ der Zähne (tertiäre Engstände, wie in der Unterkieferfront möglich) oder Fehlokklusionen sind Nischen zur Plaqueretention gegeben. Eine kieferorthopädische Therapie muss diese beseitigen. Eine Vermeidung von Entkalkungen in diesem Bereich erscheint somit erschwert, da der die Demineralisationen begünstigende Faktor die Ursache der Therapie an sich darstellt.

Regionen der Entkalkungen auf der Labialfläche

Die Labialfläche eines jeden untersuchten Zahnes war in vier Regionen (mesial, distal, inzisal und gingival) aufgeteilt worden. Eine Viertelung erschien sinniger wie die in älteren Studien für Bänder angewandten, horizontalen Drittelungen (da Bänder die Labialfläche in drei Segmente teilen).

Unabhängig von den Gruppen A und B waren einhergehend mit anderen Studien, die sich mit den durch die Brackets hervorgerufenen Entkalkungen auf der Labialfläche beschäftigt hatten, gingival sowohl die größten als auch die tiefsten Läsionen anzutreffen. Insgesamt wurden 44 Flächen gingival mit Entkalkungsstufe 3 gefunden und 13 gingivale Zahnflächen, die den Schweregrad 3 aufwiesen.

Trotz Verwendung anderer Einteilungen der Labialfläche, berichteten viele Studien^{5,10,12,15,16,107,133,148} über gehäuftes Auftreten von Entkalkungen gingival.

Die Ursache dieser Prädisposition ist die der Reinigung erschwerte Zugänglichkeit und damit die vermehrte Anlagerung von Plaque und Mikroorganismen in diesen kleinen, gingivanahen Regionen. Die Plaqueretention in diesem Bereich begünstigt oftmals eine gingivale Inflammation, wobei eine geschwollene Gingiva in einem Circulus Vitiosus zu noch mehr Plaqueanlagerung führt. Als Konsequenz aus dieser Erkenntnis sollte das Bracket vom Behandler mit genügend Abstand zur Gingiva platziert werden (soweit dies aus medizinisch-therapeutischer Sicht möglich ist) und – wenn möglich – auf closing loops oder dergleichen verzichtet werden.

Werden Überschüsse vom Kunststoffkleber um die Bracketbasis unzureichend entfernt, so können leicht Entkalkungen in der Peripherie entstehen⁵. Dem hat der Behandler Rechnung zu tragen und stets auf sorgfältiges Bonding zu achten.

In vergleichsweise großem Abstand zu den Werten im gingivalen Bereich (16,6 %) wurden häufig starke Entkalkungen mesial (5,3 %) gefunden, gefolgt von den distalen Läsionen (4,3 %). Bei Berechnung des

Durchschnittes der Entkalkungen konnten gingival 3,4mal mehr Entkalkungen als mesial und 4,25mal mehr als distal festgestellt werden. Diese drei Bereiche (gingival, mesial und distal) vereinen 26,2 % von insgesamt 27,4 % aller ermittelten Entkalkungen auf sich. Auch Sukontapatipark et al.¹⁰⁷ bestätigen das bevorzugte Auftreten von Plaque vor allem gingival und ebenfalls lateral der Bracketbasis.

Am geringsten betroffen waren bei unseren Auswertungen die Inzisalflächen der Zähne mit 98,8 % aller Flächen mit Entkalkungsgrad 0 – ebenfalls bezüglich der Tiefe. Wurde der Durchschnitt der Entkalkungen berechnet, so war die Chance, gingival eine Entkalkung zu erhalten, 17fach erhöht im Vergleich zu der Möglichkeit, inzisale Demineralisationen zu finden.

Das seltene Auftreten von Entkalkungen inzisal ist durch Speichelkontakt oder verstärkten Kauabrieb in dieser Region erklärbar.

Eine erschwerte Nasenatmung, offene Lippenhaltung oder habituelle Mundatmung sind ätiologische Faktoren, die im Zuge einer kieferorthopädischen Behandlung therapiert werden. Bei Patienten mit dererlei Symptomen oder einer Angle Klasse II, 1 ist ein erhöhtes Vorkommen von Demineralisationen vor allem der Frontzähne inzisal plausibel. Eine erhöhte Schluckfrequenz kann möglicherweise in manchen Fällen das Defizit der Befeuchtung durch den Speichel ausgleichen und das Ergebnis der wenigen Entkalkungen inzisal erklären.

2.6 Selbsteinschätzung der Patienten

Entkalkungen stellen nicht nur ein medizinisches, sondern auch ein ästhetisches Problem dar.

Doch erkennen die Patienten überhaupt die Schmelzentkalkungen als solche? Viele Patienten fokussieren sich gerade im pubertären Alter auf ihr Äußeres, mit dem natürlich auch die Zähne verlinkt sind. White und Brown Spots oder sogar in machen Fällen vorhandene kariöse Einbrüche dürften deshalb für Mundhygieneinteressierte eklatant auffällig sein.

Andererseits sind aus der Praxis Extremfälle bekannt, in denen erst in weit fortgeschrittenem Stadium der Karies, bei Schmerzen oder ähnlichen Missständen der Zahnarzt oder Kieferorthopäde aufgesucht wurde. Ein Missfallen hinsichtlich der Funktion, Okklusion und Ästhetik wurde nicht angegeben oder auch unangenehmer foetor ex ore nicht bemerkt.

Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden den Patienten einfache, standardisierte Fragen gestellt („Wie gefallen Dir Deine Zähne, nachdem die feste Spange rausgekommen ist?“, „Ist Dir dann an Deinen Zähnen etwas aufgefallen?“ und „Hast Du während der ganzen Zeit gut geputzt?“). Die Antworten sollten einfach (gut, mittelmäßig, schlecht) gehalten sein; eine Selbstbeurteilung der Patienten hinsichtlich des Putzverhaltens, der Mitarbeit¹³⁰ und der Zufriedenheit am Ende der Behandlung war also geplant.

2.6.1 Klinik im Zusammenhang mit eingeschätzter Mundhygiene

Tatsächlich war die Beurteilung der jugendlichen Patienten durchaus selbstkritisch und treffend.

Bei Patienten, die sich selbst gut eingeschätzt hatten, waren 94,45 % der Flächen auch ohne Entkalkungen. Die restlichen betroffenen Flächen dieser Patienten waren zu 4,7 % leichten Grades (1) und zu 0,67 % Grad 2. Nur in 0,14 % der Flächen war ein Einbruch der Oberfläche feststellbar (Grad 3). Diese Patienten haben sich möglicherweise aufgrund von Scham vor der Befragung oder tatsächlichem Desinteresse an der eigenen Mundgesundheit selbst etwas vorgemacht und sich somit besser beurteilt.

War die Selbsteinschätzung zum Mundhygieneverhalten jedoch mit „schlecht“ angegeben worden, fanden sich auch im Vergleich starke Entkalkungen. 21,88 % der Flächen wiesen Entkalkungen auf, hiervon waren nur 3,75 % leichten Grades, 11,25 % waren Grad 2 und 6,88 % bedeckten die gesamte untersuchte Fläche (Grad 3). Betrachtet man den Schweregrad, so waren hauptsächlich (13,13 %) leichte Entkalkungen anzutreffen und nur in 3,75 % Grad 2 und in 5 % Grad 3. Vergleichend mit den Patienten, die gemäß ihrer eigenen Einschätzung gut oder mittelmäßig mitgearbeitet haben, sind dies jedoch schlechte Ergebnisse. Als dann bei diesen Patienten explizit nachgefragt wurde, ob ihnen an den Zähnen nach der Entfernung der Multibracketapparatur „etwas aufgefallen“ wäre, verneinten dies alle Patienten. Somit schienen diese Patienten zwar ein Defizit in der eigenen Mitarbeit oder Zahnpflege festgestellt zu haben, nicht jedoch die tatsächlichen Auswirkungen dieses Verhaltens zu registrieren.

Mundbewusstere Patienten hingegen – hier vor allem Mädchen – erkannten „weiße Bereiche oder Linien“, selbst wenn diese für den Betrachter unter relativer Trockenlegung schwer zu erkennen waren und letzten Endes „nur“ mit Grad 1 vermerkt wurden. Ein Zusammenhang zur vorangegangenen Multibrackettherapie wurde allerdings nur in einem Fall hergestellt. Gleiches wurde in einer kanadischen Studie dokumentiert⁸⁹, hier hatte die Mehrzahl der Patienten die Entkalkungen nicht als Ergebnis von kieferorthopädischen Behandlungen in Kombination mit ungenügender Mundhygiene gesehen.

Eine Möglichkeit zur weiteren Vertiefung dieser Untersuchung über die Einstellung der Patienten zu den entstandenen Entkalkungen und über das eingeschätzte Verhalten könnte in der Entwicklung eines Systems liegen, das anhand von Gradeinteilungen die tatsächlichen und die empfundenen Demineralisationen gegenüberstellt. Auf Basis hiervon könnte man eine Aussage über die Zufriedenheit der Patienten treffen und möglicherweise im Vorfeld Diskussionen mit den Eltern abwenden oder rechtliche Grundlagen schaffen. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind vor dem Aspekt zu betrachten, dass laut Benson et al.⁷⁸ noch keine Studie existiert, die die Einstellung der Patienten zu den White Spots untersucht

und das Potential dieser Läsionen, den Lifestyle – nur über die Ästhetik betrachtet – einzuschränken. Somit mag das Resultat aus dieser Studie als Basis für weitere, genauere Analysen über dieses Sujet dienen.

2.7 Sealing

Trotz Verbesserungen der anzuwendenden Materialien und fortschrittlichen Prophylaxemaßnahmen kann eine kieferorthopädische Behandlung immer noch ein beträchtliches Risiko für Schmelzdemineralisationen beinhalten^{3,17}.

Die Applikation eines Kunststoffversiegelerers auf die Labialfläche von Zähnen wurde als Methode zum Schutz vor Entkalkungen untersucht^{75,90,91,98}.

Allerdings wiesen diese von der Fissurenversiegelung übernommenen Materialien (wie zum Beispiel Concise white[®] oder Delton[®]) erhebliche werkstoffkundliche Mängel bei der gleichmäßigen Applikation auf die Labialfläche der zu versiegelnden Zähne auf¹⁵¹.

Probleme bereitete unter anderem die durch die Polymerisation bedingte Sauerstoffinhibitionsschicht des Kunststoffes. Ceen et al.⁵ stellten signifikante Variationen (0 – 228 µm) der Schichtstärke der Versiegelung nach Entfernung der Inhibitionsschicht bei verschiedenen Versiegelertypen fest. Die zu dünn auspolymerisierten Schichten in Zusammenhang mit der relativ hohen Abrasivität durch kleine Füller versprachen in diesem Fall keinen Schutz zu bieten. Auch andere Untersucher¹⁵²⁻¹⁵⁴ berichteten in vitro und in vivo über das Versagen vieler Produkte bei der Glattflächenversiegelung.

Neue, speziell für die Versiegelung von Glattflächen entwickelte Produkte, werden nun von den Herstellern vertrieben. Diese sollen laut Herstellerangaben die beschriebenen Schwierigkeiten überwunden haben und bessere Haftwerte, eine verbesserte Polymerisation mit gleichmäßiger Schichtstärke und einen guten Schutz vor Entkalkungen bieten.

Anhand der von Zachrisson^{13,92} aufgestellten Thesen über die Vorteile einer Glattflächenversiegelung sollte in dieser Promotionsarbeit die Effizienz des fluoridhaltigen, viskösen Versiegeler Light Bond[®] der Firma Reliance überprüft werden: Verhinderung der Entstehung von Karies, Steigerung der Haftfestigkeit und erleichterte Entfernbarkeit der Brackets beim Debonding.

2.7.1 Demineralisationen in den beiden Gruppen

2.7.1.1 Ausmaß der Entkalkungen bei den einzelnen Patienten

Untersucht wurden Patienten der Gruppen A (ohne Versiegelung) und B (mit Sealing durch Light Bond[®]). Die Hypothese der Einleitung – ob ein Sealerauftrag vor der Multibrackettherapie signifikant die Zahl der Schmelzentkalkungen gegenüber einer Kontrollgruppe ohne Sealing reduzieren kann – wurde in dieser Studie bestätigt, da nahezu alle Patienten von einer vor der Behandlung stattgefundenen Glattflächenversiegelung profitierten.

Patienten der Gruppe A hatten zu 85 % Entkalkungen, während in der Gruppe mit Versiegelung nur 68 % Demineralisationen aufwiesen. Die statistische Wahrscheinlichkeit, eine Entkalkung anzutreffen, ist ebenfalls in Gruppe A um Faktor 0,706 im Vergleich zu Gruppe B erhöht.

Der Benefiz der in dieser Studie durchgeführten Versiegelung bestätigt sich, wenn man nicht insgesamt die betroffenen Flächen der Zähne betrachtet, sondern die eines jeden Patienten. Von 38 in Gruppe B eingeschlossenen Patienten hatten 12 (31,58 %) keine Entkalkungen, 12 solche ersten Grades (31,58 %) und jeweils 7 Patienten (jeweils 18,42 %) Grad 2 und 3. In der unversiegelten Kontrollgruppe hingegen hatten nur 15 % keine Entkalkungen (6 Patienten), 30 % (12 Patienten) Grad 1 und 25 % Grad 2 (10 Patienten), sowie 30 % Grad 3 (12 Patienten).

2.7.1.2 Schweregrad der Entkalkungen bei den einzelnen Patienten

Bezüglich des Schweregrades der Läsionen hatten 7 Patienten in Gruppe A Demineralisationen mit Schweregrad 3 (17,5 %) und nur 2 (5,26 %) in Gruppe B.

Der Vergleich mit anderen Studien ist fraglich und lässt ein uneinheitliches Bild erkennen. In Studien ohne Versiegelung sind wesentlich mehr Patienten von Entkalkungen betroffen¹⁹. Dies ist vor allem auf die heute selten gewordene Vollbebänderung zurückzuführen. Wichtig ist ebenfalls die nötige Differenzierung zwischen den einzelnen angefertigten Studien: zum Beispiel erscheinen die bei Zachrisson^{13,92} ermittelten Werte (15 %) gering, jedoch muss berücksichtigt werden, dass ebenfalls ein Sealerauftrag und ergänzend regelmäßige Fluoridierungen stattgefunden hatten – was ein Ergebnis entsprechend positiv verändert.

Gleichwohl bringen die unterschiedlichen statistischen Betrachtungsweisen auf den ersten Blick uneinsichtige Ergebnisse, welche es zu interpretieren gilt. Werden Patienten der Gruppe mit Versiegelung untersucht, so haben „nur“ 31,58 % keine Entkalkungen; werden hingegen die Flächen beurteilt, so sind 95,56 % nicht von Demineralisationen betroffen.

Bei einem Vergleich zweier Sealing-Systeme¹⁶ waren 73 % der Patienten, die eine Versiegelung mit dem Produkt Maximum Cure[®] erhalten hatten, von Entkalkungen betroffen. Ebenso wie in vorliegender Arbeit waren die Zähne 1 bis 5 untersucht worden. Somit lässt sich der ermittelte höhere Wert nicht durch die oft schwer betroffenen Molaren rechtfertigen. Mögliche Ursachen dieser zu unseren Ergebnissen gravierenden Differenz können eine falsche, kohlenhydratreiche Ernährung der Patienten oder fehlende Mitarbeit sein. Ebenso könnte eine geringe Fähigkeit des Behandlers zur Motivation der Patienten Auswirkungen haben, die zu diesen Ergebnissen führen.

Trotz allem konnte in dieser Studie eine statistisch signifikante ($p < 0,01$, 12 %) Reduktion der Entkalkungen nach der Versiegelung mit Maximum Cure[®] festgestellt werden.

2.7.1.3 Demineralisierte Flächen in den Gruppen

Bei unseren Untersuchungen bezüglich der von Demineralisationen betroffenen und beurteilten Zahnflächen wiesen 95,56 % in Gruppe B keinerlei Entkalkungen auf, 3,07 % nur leichte (Grad 1) und 1,06 % mittlere Läsionen (Grad 2). Nur bei 0,32 % konnten schwere Entkalkungen

(Grad 3) festgestellt werden. Im Vergleich zur unversiegelten Kontrollgruppe – in der alle Werte, die mit Entkalkungen verbunden waren (Grad 1 bis Grad 3) erhöht angetroffen wurden – ist somit eine deutliche Reduktion der Entkalkungen bezüglich der betroffenen Fläche (4,62 %) erkennbar. Vor allem der geringe Betrag in der mit Grad 3 versehenen Flächen (0,32 %) im Vergleich zu Gruppe A (1,76 %) sei hervorgehoben.

Betrachtet man die einzelnen, betroffenen Zahnflächen der Zahnschemata (Statistik 7), so werden die Bereiche des größten Benefizes durch die Grauschattierungen entsprechend der Betroffenheit deutlich. An dieser Stelle soll nicht nach Graden unterschieden werden, sondern nur beurteilt werden, ob tatsächlich Entkalkungen vorhanden sind und welche Region welcher Zähne von einer Versiegelung mit Light Bond® profitieren können. Die Unterkieferinzisiven sind in Gruppe B von keinerlei Entkalkungen betroffen und stellen sich somit als von einer durchgeführten Multibrackettherapie vollständig unversehrt dar.

Gerade die Zähne, die sonst am häufigsten von Demineralisationen betroffen waren, würden am meisten von der Glatflächenversiegelung profitieren. Die Ausprägung der Läsionen ist deshalb in Gruppe B um ein Vielfaches geringer als in der unversiegelten Kontrollgruppe, was an dem insgesamt helleren Erscheinungsbild der Statistik 7 (B) im Gegensatz zu (A) deutlich wird. Gerade im dorsalen Bereich des Unterkiefers ist deshalb der Effekt des Sealings ausgeprägt.

Vorangegangene Studien zeigten, dass die Wirkung der Versiegelung nicht unterschiedlich für den einzelnen Zahn war^{13,92}. Dem widerspricht diese Arbeit; hier wurde ein eher lokaler protektiver Effekt des Sealings festgestellt und die Überlegenheit des Versiegelers Light Bond® zeigte sich vor allem an jenen Zähnen, wo eigentlich gravierende Entkalkungen gemäß den bei der Kontrollgruppe ermittelten Werten zu erwarten waren. Zu klären sind einzelne verstreute Negativwerte (Gruppe A wies an diesen Stellen weniger Entkalkungen auf), die jedoch kein einheitliches Bild erkennen lassen und eher als Zufallsfunde betrachtet werden können. Trotzdem müssen die gehäuft auf den Inzisalflächen der Oberkieferfront auftretenden Läsionen in Gruppe B angesprochen werden. Ein

unsachgemäßer Umgang mit dem Versiegeler inzisal wurde im Vorfeld ausgeschlossen; möglich wäre ein frühzeitiger Verlust des Versiegelers gerade an diesen Stellen durch Abrasionsvorgänge, Habits (wie Kauen auf Stiften) oder zu starkes, unphysiologisches Abbeißen von Nahrungsmitteln. Durch die Entstehung von Sealer-freien Bereichen hätten sich am Übergang zu den noch vollständig versiegelten Regionen Nahrungsbestandteile, Plaque und Mikroorganismen verstärkt anlagern und hier vermehrt Demineralisationen hervorrufen können.

2.7.1.4 Schweregrad der Demineralisationen dieser Flächen

Der Schweregrad der Entkalkungen stellte sich in gleichem Maße deutlich verringert dar: nur zwei Mal wurde in Gruppe B der Grad 3 vergeben (0,07 %), in Gruppe A 22 Mal (0,75 %). Die Bedeutung dieser gerade beim Schweregrad erhöhten Werte in Gruppe A liegt in dem daraus resultierenden klinischen Handlungsbedarf. Während milde Läsionen – selbst wenn sie über eine große Fläche ausgedehnt sind – relativ gut durch physiologische Prozesse remineralisieren können, müssen tiefe Entkalkungen mit einem Verlust der Oberflächenkontinuität Konsequenzen nach sich ziehen, um fortschreitenden Prozessen vorzubeugen. Liegt bereits eine Kavität vor, so ist die Entfernung der Plaque und beteiligter Bakterien erschwert. Eine Versorgung mit konservierenden oder in gravierenden Fällen prothetischen Maßnahmen birgt eine notwendige Überweisung zum Hauszahnarzt und vermehrte Kosten, die auf die Eltern zukommen. Insofern ist die Dreidimensionalität bezüglich des Schweregrades der Entkalkungen der entscheidende Richtfaktor, um die Effizienz des Versiegelers zu beurteilen und in diesem Fall zu bestätigen.

Den protektiven Effekt der Versiegelung führen Zachrisson et al.^{13,42,154} auf das Verbleiben der Versiegelertags im Schmelz zurück, obwohl die oberflächliche Schicht abgetragen wurde^{13,92}. Diese These wurde auch in vitro belegt, denn dieser „tagged“ Schmelz erwies sich ebenfalls als säureresistenter und weniger löslich im Vergleich zum normalen, physiologischen Schmelz.

Allerdings bietet nicht jeder Versiegeler den erhofften Schutz vor Entkalkungen: Banks et al.¹⁶ konnten bei der Anwendung von Transbond® keinen wesentlichen Unterschied zwischen den Kontrollzähnen und den versiegelten Zähnen vermerken.

2.7.2 Fotografien

2.7.2.1 Vergleich Foto vorher – Foto nachher bezogen auf die Gruppe

Wurden die vor Beginn der Behandlung angefertigten Fotografien mit den zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung angefertigten verglichen und die jeweiligen Veränderungen bezüglich der beiden Gruppen A und B untersucht, so blieb die Mehrheit der von 2952 in Gruppe A und von 2756 in Gruppe B untersuchten Flächen (2668 in Gruppe A und 2651 in Gruppe B) ohne Veränderung, während sich 10 (Gruppe A) und 12 (Gruppe B) Flächen verbesserten und 274 Flächen der Patienten ohne Sealing und 93 Flächen mit Sealing verschlechterten. Somit wurden nahezu 3 mal so viele Verschlechterungen in Gruppe A im Vergleich zur Gruppe B festgestellt. Wurde die Odds Ratio errechnet, so war die Chance einer Entkalkung in Gruppe B $OR=0,26$ (KI 0,097 bis 0,64) der Chance in Gruppe A, also nur ein $1/OR=1/3,8$ der Chance in Gruppe A.

Zusammenfassend lässt sich also – sowohl durch die klinischen Funde als auch durch Fotografien bestätigt – von einer deutlichen Reduktion der Entkalkungen bedingt durch den Auftrag des Versiegeler Light Bond® der Firma Reliance auf die Labialflächen der Zähne 1 bis 5 jedes Quadrants sprechen. Dies gilt sowohl für das Ausmaß als auch für den Schweregrad der Entkalkungen. Weitere prospektive Untersuchungen sind indiziert um dieses Ergebnis zu sichern.

2.7.3 Bracketverluste in den Gruppen

Um eine präzise Haftfestigkeit der Materialien am Schmelz und somit des Brackets zu erreichen, wurden viele Methoden und Bondingprozeduren getestet^{81,83,84,93,99,147,155}.

Eine gute Haftfestigkeit oder Scher-Abschäl-Beständigkeit der Brackets hängt von multiplen Parametern ab. Zu nennen wären unter anderem die

Kapillarität des Schmelzes, die Effektivität des verwendeten Ätzmittels, das Verhältnis von Kohäsion zu Adhäsion oder die Eindringtiefe des Versiegelerers in die Poren des Schmelzgefüges^{155,156}. Individuelle Unterschiede in der Schmelzbeschaffenheit erschweren zusätzlich den Verbund. Entscheidend ist jedoch, dass die Hauptanforderung eines Versiegelerers – nämlich die Reduktion der Entkalkungen – nicht in den Hintergrund einer geringeren Bracketverlustrate gerückt wird. Diese wäre allenfalls als positiver Nebeneffekt zu werten.

Die unter V 2.7.1 und 2.7.2 erläuterten positiven Effekte von Light Bond® bei der Reduktion von Entkalkungen werden hier jedoch durch die Effizienz des Produktes in der Verminderung von Bracketverlusten ergänzt: durchschnittlich verloren die Patienten aus Wendlingen, die sich für ein Sealing entschieden hatten, während ihrer Behandlungszeit einmal ein Bracket, in der Gruppe ohne Versiegelung zweimal (Statistik 8). Möglicherweise ist dies tatsächlich auf die verbesserte Haftfestigkeit durch die zusätzliche Anwendung des Versiegelerers zurückzuführen. Andererseits wurde die Patientengruppe, die sich für eine Versiegelung entschieden hatte, schon an anderer Stelle als „mundbewusster“ und beobachtender beschrieben. Dies mag ebenfalls für die Compliance und Sorgfalt beim Vermeiden von harten Speisen (ganzen Äpfeln), klebrigen Bonbons oder Kaugummis gelten, die den Halt der Brackets gefährden.

Sowohl im Interesse des Behandlers als auch des Patienten muss auf eine den Herstellerangaben konform durchgeführte Klebprozedur geachtet werden. Denn eine hohe Bracketverlustrate bedarf zusätzlicher Behandlungszeit und eines erneuten Anätzens des Schmelzes mit bekannten Folgen.

Ebenfalls über im Vergleich zum konventionellen Bonding gleichwertige, zum Teil verbesserte Haftwerte bei Anwendung von verschiedenen Versiegelerern berichteten Joseph et al.¹⁵⁷.

Im selben Jahr konnten jedoch Coreil et al.¹⁵⁸ keine Verbesserung der Haftwerte feststellen.

Banks et al.¹⁶ berichteten über eine gute Bracketretention, gleichgültig ob der Schmelz vollständig versiegelt worden war wie in vorliegender Arbeit oder nur teilweise. Für die in jener Studie untersuchte Maximum Cure[®] Gruppe lagen die Verluste unter 4 %, für die Gruppe, die mit Transbond[®] versiegelt wurde, unter 3 %. Zachrisson^{13,92}, der Concise[®] zum Versiegeln verwendete, hatte eine 12 %ige Verlustrate. Andere Werte erhielten Sonis et al.¹⁵⁹ mit 3 % (Aurafill[®] und A-Company brackets[®]). 16 % wurden bei Right-on[®] und 23 % bei Heliosit[®] in Lovius et al.¹⁶⁰ festgestellt.

Diese große Variabilität in vorangegangenen Studien zur Haftfestigkeit von Brackets ließen eine Abhängigkeit der zum Kleben verwendeten Produkte von den unterschiedlich zu kombinierenden Bondingmaterialien, den diversen Brackettypen, den Fähigkeiten der Behandler und dem Vorgehen beim Bonding erkennen.

Generell konnte in vorliegenden Untersuchungen dieser Arbeit von dem Verlust eines Brackets pro Jahr bei jedem Patienten ausgegangen werden. Dieser geringe Wert spricht für die in jedem Fall routinemäßig stattfindende Bondingprozedur. Verbessert werden kann er durch die zusätzliche Applikation des angewandten Versiegeler (Statistik 8).

Diese Ergebnisse sind klinisch begründet, genauere Aussagen wären mit einem in-vitro Test zur tatsächlichen Haftfestigkeit bei Anwendung von Light Bond[®] Sealant möglich.

Diese wurde in einer neueren Studie von Crismani et al.¹⁶¹ in anderem Zusammenhang getestet: in manchen kieferorthopädischen Praxen wird bei einer Multibrackettherapie mit zusätzlicher transpalatinaler Verankerung mittels eines Implantates bei fehlender Kooperation der Patienten zu einem extraoralen Gerät, wie einem Headgear oder ähnlichem, sowie bei mangelnder Stabilität gearbeitet. Die Verbindung zwischen dem palatinalen Implantat und den als agierende Einheit funktionierenden Molaren wird über einen transpalatinalen Bogen mit Hilfe einer innovativen Adhäsivtechnik geschaffen. Light Bond[®], als Metallprimer, Versiegeler und lichthärtender Kunststoff vom Bonding von Brackets auf beispielsweise Amalgamfüllungen übernommen, dient in

diesem Zusammenhang als exakte, intraoral angefertigte Verbindung zwischen den Komponenten.

Der in diesem Fall hergestellte Verbund muss eine präzise, starre Versteifung darstellen, um den gewünschten Effekt überhaupt zu erzielen. Die in dieser Studie klinisch und in vitro ermittelten, guten Haftwerte beziehungsweise Verbundwerte durch ein Bonding mit Light Bond® sprechen für das verwendete Material. Als Kritikpunkt an der klinischen Analyse ist jedoch die bisherige Durchführung an nur einem Patienten anzuführen; als zusätzlicher Beweis für die gute Haftfestigkeit von Light Bond® mag die Studie (vor allem der in-vitro Teil) jedoch herangezogen werden.

2.7.4 Erleichtertes Debonding

Nach abgeschlossener Behandlung müssen die Brackets vorsichtig entfernt werden⁴¹. Hierbei kann die Frakturlinie zwischen der Bracketbasis und dem Bondingmaterial liegen. Mit dafür vorgesehenen Instrumenten^{103,104} müssen dann gründlich die polymerisierten Reste des Kunststoffes entfernt werden, ohne dabei Schmelzverluste zu verursachen (bis zu 55 µm bei Fitzpatrick et al.¹⁰⁰).

Eine einheitliche Empfehlung zur Verwendung eines bestimmten Instrumentes existiert derzeit nicht. Die besten Ergebnisse brachten in vorangegangenen Studien der mit geringer Geschwindigkeit zu bedienende Hartmetallfinierer¹⁰⁴ oder das grüne Polierrad¹⁰³, die beide einen geringen Substanzabtrag und wenig Hitze verursachen. Eine Alternative zu rotierenden Instrumenten stellt das intraorale Abstrahlen dar¹⁶².

Nach der Bracketentfernung sollte eine gründliche Fluoridierung erfolgen, um Remineralisierungsprozessen Raum zu geben.

Studien berichteten in der Vergangenheit über ein verbessertes Debonding nach vorangegangener Versiegelerapplikation^{41,92,157}. Durch den Verlauf der Frakturlinie zwischen Sealing und Bracketkleber ist der Zahn besser vor Schmelzaussprengungen geschützt. Diese können beispielsweise durch unkontrolliertes Auftreten von Kräften beim Einsatz

der Debondingzange auftreten. Durch den Einsatz von Light Bond® wurde in den meisten Fällen eine saubere, glatte Schmelzoberfläche nach der Nachbearbeitung hinterlassen.

Durch den Sealerauftrag im Vorfeld muss jedoch beim Debonding vermehrt Zeit einkalkuliert werden, um die Reste adäquat bis an den marginalen Gingivarand und bis in den Approximalraum zu entfernen. Ein verstärktes Nachbearbeiten der Labialfläche ist somit routinemäßig nötig.

Allerdings sind dies subjektive Wahrnehmungen basierend auf angesammelten Erfahrungswerten und können nicht statistisch belegt werden. Hier sollte zusätzlich eine in-vitro-Studie durchgeführt werden.

2.7.5 Forderungen an Versiegeler

2.7.5.1 Fluoridhaltig

In ihrer Studie forderten Benson et al.⁷⁸ für künftige Untersuchungen über die Effektivität von fluoridhaltigen Produkten die Beachtung zweier Parameter. Das fluoridhaltige Produkt sollte die Anzahl der White Spots sowie den Schweregrad der Läsionen, die während einer Behandlung auftreten, reduzieren. Diese aufgestellten Forderungen werden von dem Versiegeler Light Bond® erfüllt und liefern die Begründung für seinen Einsatz. Sowohl die Anzahl der Entkalkungen als auch der Schweregrad waren im Vergleich zur Kontrollgruppe A deutlich reduziert. Vor allem bei jenen Graden, die mit einer weiteren zahnärztlichen Therapie geahndet werden müssten, wurde eine deutliche Reduktion von Demineralisationen vermerkt (siehe V 2.7.1).

Wenderoth et al.¹⁶³ konnten jedoch im Vergleich zwischen Zähnen, die mit einem fluoridhaltigen Versiegeler behandelt worden waren und unbehandelten Kontrollzähnen keinen Unterschied bei der Entstehung von Entkalkungen feststellen. Dies kann man vielleicht auf das verwendete Produkt zurückführen. In manchen klinischen Fällen lässt sich ein Versagen der Versiegelung auch auf eine vor der Versiegelung stattgefundene zusätzliche Fluoridapplikation zurückführen. Diese kann eine verminderte Haftfestigkeit von kieferorthopädischen Brackets zur

Folge haben, da eine unzulängliche Ätztiefe und somit verminderte Retention durch den mit Fluorid gestärkten Schmelz resultiert.

Studien^{78,80} empfehlen des weiteren eine Fluoridquelle, die ohne Hilfe des Patienten auskommt, und sich ebenfalls in der räumlichen Nähe zum Bracket befindet. Fluoridhaltige Lacke geben nur solange sie tatsächlich auf der Schmelzoberfläche verweilen Fluoridionen zum Einbau in den Schmelz ab. Danach ist der protektive Effekt aufgehoben und kariöse Läsionen können nach wie vor entstehen¹⁶⁴. Nur eine konstante Freisetzung niedriger Dosen zeigte kariostatische Erfolge¹⁶⁵. Um dieser Problematik entgegenzuwirken, wurden Materialien zur adhäsiven Befestigung der Brackets mit Fluoriden versetzt, um lokal eine zusätzliche Fluoridquelle zu erhalten^{35,121}.

Obwohl manche Behandler signifikante Unterschiede in der Anzahl der Schmelzentkalkungen bei Verwendung von fluoridierten Bondingsystemen im Gegensatz zu nicht-fluoridierten fanden³⁵, konnte aber die Mehrzahl der Untersucher keinen Unterschied feststellen¹⁶⁶⁻¹⁶⁸.

Allgemeiner betrachtet berichteten Studien zwar über einen hilfreichen Effekt von Fluoriden bei der Vermeidung und der Verkleinerung von Entkalkungen^{8,28}, jedoch beeinträchtigt die professionelle, wiederholt notwendige Applikation von zum Beispiel Lacken den Patienten zusätzlich durch vermehrten Zeitaufwand, erhöhte Kosten, einer Nahrungskarenz von 2-4 h nach der Applikation und möglichen Kontaktallergien bei Duraphatlack.

Der neue Ansatz mit einem fluoridfreisetzenden, von der Compliance unabhängigen Versiegeler mit seinen kariespräventiven Eigenschaften erfüllt die Forderungen von Benson et al.⁷⁸. Herauszustellen ist vor allem der durch diese Studie statistisch bewiesene und im Gegensatz zu anderen Studien stehende, lokale Effekt des Versiegelers Light Bond[®] der Firma Reliance. Dies ist auf den lokal wirksamen antikariogenen Effekt der freiwerdenden Fluoridionen zurückzuführen. Also beruht die protektive Wirkung des fluoridhaltigen Versiegelers nicht auf einer allgemeinen

Erhöhung des Fluoridlevels im Speichel. Dies geht einher mit den Entdeckungen von Ogaard et al.¹⁶⁹ und Gorton et al.³⁵.

Einerseits sollen die fluoridhaltigen Versiegeler über eine längerfristige Reservoirwirkung verfügen; andererseits soll ein verstärktes Freisetzen der Fluoride direkt nach der Applikation – und in der Folge über einen Zeitraum von mindestens sieben Tagen – einer Entstehung von Entkalkungen gerade in diesem kritischen Zeitraum des Behandlungsbeginns vorbeugen. Während des nach der Eingliederung einer festen Spange stattfindenden Assimilationsprozesses des Patienten und seiner Putzgewohnheiten an die gegebenen Umstände profitieren vor allem der gingivale und der proximale Bereich der Zähne von einem zusätzlichen Schutz durch die Fluoride.

Ein Versiegeler – selbst wenn kein Fluorid zugesetzt ist oder dieses nur zu Anbeginn freigesetzt wird – schützt den Zahn ebenfalls durch oben erläutertes Abdichten mit einer dünnen Schicht Kunststoff. Davon profitiert die gesamte Labialfläche.

Die Ergebnisse bei Gorton et al.³⁵ hinsichtlich eines lokalen Effektes einer Versiegelung sind jedoch kritisch zu betrachten, da hier nur die ersten Prämolaren untersucht wurden. Zu kritisieren ist hierbei das geringe Spektrum; für eine adäquate Aussage wäre eine Begutachtung aller Zähne, die mit einem Bracket versehen waren, angezeigt gewesen. Allerdings wurde diese Selektion betrieben, weil Geiger et al.⁷⁹ an diesen Zähnen die geringste Plaqueakkumulation – mit potentiell resultierenden Demineralisationen – feststellten, und somit von dem niedrigsten Wert mit daraus ziehbaren Schlüssen ausgegangen wurde. Vorliegende Arbeit stellt zum einen eine Erweiterung des Spektrums dar, da alle mit einem Bracket versehenen Zähne in die Auswertung miteinbezogen wurden, zum anderen differieren die Erkenntnisse. Hier weist die Unterkieferfont die geringsten Demineralisationen auf. Wären besagte Zähne mit in die Auswertung einbezogen worden, dann wären möglicherweise ähnliche Werte ermittelt worden und ein vergleichbarer protektiver Effekt wie in vorliegender Arbeit feststellbar gewesen.

Um eine profundere Aussage zu erhalten, hätten zusätzlich sowohl in unserer Studie als auch bei Gorton et al.³⁵ keine zusätzlichen Fluoridprodukte eingesetzt werden dürfen. Da aber der Gebrauch von beispielsweise fluoridhaltiger Zahnpasta medizinisch indiziert ist, wurde bei uns nicht darauf verzichtet. Ebenfalls wäre es unsinnig, fluoridhaltige Mundspüllösungen oder höher dosierte, fluoridhaltige Gele (wie elmex gelee[®]) bei eifrigen und mundhygieneorientierten Kindern zu verbieten. Auch sollte – wie in V 2.4 beschrieben – ein regelmäßiges Prophylaxeprogramm vor allem bei Kariesrisikopatienten begleitend zu einer kieferorthopädischen Therapie eingesetzt werden. Zu diesem gehört selbstverständlich auch die Anwendung fluoridhaltiger Produkte.

2.7.5.2 Lichthärtend

Werden zwei chemisch härtende Versiegeler (Ortho Concise[®] und Delton fissure sealant[®]) mit zwei Lichthärtenden¹⁷⁰ verglichen, so ließen die chemisch Härtenden ein großes Defizit in der Polymerisationsschichtstärke erkennen, wohingegen die Lichthärtenden eine dünne, gleichmäßige Schicht von 20 µm entwickelten.

Um diesen Ergebnissen^{75,88} Rechnung zu tragen und um eine gewisse Verarbeitungsbreite zu erhalten, wird der Einsatz lichthärtender Versiegeler gefordert⁶⁴.

2.7.5.3 Viskosität und Füller

Hier sollen die Vor- und Nachteile der mit oder ohne Füllerpartikeln versehenen Versiegeler dargestellt werden.

Verwendet man mit Mikro- oder Makrofüllern versehene Kunststoffe, so kann durch die nach der Applikation auf der Labialfläche des Zahnes entstandene, vergrößerte Oberfläche die zusätzliche Retention für Bakterien begünstigt und vermehrt Plaque angelagert werden²¹. Gwinnett et al.⁵ betrachteten sogar die Oberflächenbeschaffenheit des Kunststoffes als entscheidenden Faktor für die Kariesentstehung.

Silverstone^{94,95} und Davidson et al.¹⁷¹ untersuchten die Fähigkeit zur Kariesreduktion von niedrigviskösen Versiegeln bei mit Lack

imprägniertem Schmelz. Ein solcher Versiegeler kann in angeätzten Schmelz bis zu 50 µm tief eindringen¹⁷². Ist ein Material höher viskös, so ist die Eindringtiefe verringert. Dies erklärt den Trend zu niedrigviskösen Sealing-Produkten⁶⁴, um eine maximale Penetration des Kunststoffes in die Mikroporen des Schmelzes zu ermöglichen. Allerdings wurde die Penetration in den Schmelz durch eine schlechtere Oberflächenbedeckung erkauff⁸⁸. Eine mehrfache Applikation des Versiegeler um die Schichtdicke wieder zu erhöhen, bringt keine Verbesserung.

Deswegen wurde im Gegenzug die Verwendung von eher höher visköseren Versiegeler mit Zusätzen von Füllern empfohlen^{90,91,154}. Diese sollten gegen beschriebenen Flow wirken, der eine satte, gleichmäßige Bedeckung der Schmelzoberfläche verhinderte. Auch Banks et al.¹⁶ schlagen hierfür die Zugabe von Füllerpartikeln vor.

Allerdings führt dies im Umkehrschluss wieder zu verstärkten Plaqueakkumulationen.

Als Kompromiss dieser Überlegungen ist der Einsatz eines mit Mikrofüllern gefüllten und somit niedrigviskösen Sealers wie bei dem hier untersuchten Light Bond[®] sinnvoll. Somit konnte sowohl vorangegangenen Überlegungen⁷⁵ Folge geleistet als auch der aktuellen Leitlinie⁶⁴ Genüge getan werden.

Joseph et al.^{157,170} stellten keine Unterschiede bezüglich der Haftwerte zwischen ungefüllten oder gefüllten Typen fest. Die mikrogefüllte Gruppe hinterließ nach dem Debonding jedoch eine glattere Oberfläche, was wir für das verwendete Produkt nach subjektivem Empfinden bestätigen können.

2.7.5.4 Schmelzätzttechnik

Manche Produkte, wie beispielsweise Protecto[®], One-step-seal benötigen vor dem Auftrag keine Schmelzätzttechnik. Auf den ersten Blick erscheint dies hilfreich, da auch Zeit gespart werden kann. Allerdings fehlt eine ausreichende Retention zum „Haften“ des Bondingsystems. Younis et

al.¹⁷³ konnten nur bei Materialien Erfolge verzeichnen, die mit der Schmelzätztechnik arbeiteten (hier in Zusammenhang mit Bändern). Der Trend geht zu selbstätzenden Produkten, die mehrere Schritte des Bondings ineinander vereinen⁸³.

Dass eine Rückkehr zur ursprünglichen Schmelzoberfläche des Zahnes nach Anwendung der Schmelzätztechnik, dem Kleben der Brackets und dem nach erfolgter Therapie nötigen Debonding möglich ist¹⁷⁴, wurde auch in vorliegender Untersuchung deutlich.

Als wichtig wurde bei der Anwendung der von der Füllungstherapie und Fissurenversiegelung übernommenen Schmelzätztechnik die abschließende Applikation eines Fluoridpräparates nach dem Anätzen und den diversen Bondingprozeduren erachtet. Dies soll ein Optimum an Remineralisationsprozessen in jenen Bezirken des Zahnes garantieren, die zwar angeätzt worden waren, nicht jedoch von einem Polymer oder einem Bracket bedeckt sind und somit kariös werden könnten¹⁷⁵. Die korrekte Applikation des Brackets auf die vorher angeätzte Fläche stellt selbst für den Routinier eine Anstrengung dar.

Light Bond[®] umgeht dieses Problem weitgehend, da bei korrektem Gebrauch die gesamte Labialfläche des Zahnes bedeckt wird – infolgedessen sind keine angeätzten Stellen unbedeckt.

Dies bedingt jedoch den Gebrauch bei vollständig eruptierten Zähnen. Bei Zähnen im Durchbruch wäre ein wiederholtes Nachätzen und wiederholte Sealerapplikationen notwendig, um eine konsequente Bedeckung der Labialfläche zu ermöglichen. Es erscheint fraglich, dass immer ein präzises Ätzen des noch unversiegelten Bereiches erfolgen kann. Entweder würde es zu Überlagerungen der aufgetragenen Kunststoffschichten oder zu nicht versiegelten Bereichen mit ebenfalls konsekutiv erhöhter Plaqueakkumulation kommen. Mögliche Folgen wären wieder Demineralisationen in den unversiegelten Bereichen. Gleiches könnte man für den durch den Durchtritt des Zahnes in die Mundhöhle bis zum vollständigen Durchbruch entstehenden, nicht versiegelten Bereich zwischen Sulcus und Versiegelerlinie vermuten. Eine

wiederholte Applikation des Versiegelerers ist nicht zu empfehlen; die Schichtstärke bei einmaligem Auftrag erscheint ideal, eine Erhöhung derselbigen bringt keine Verbesserung der Haftwerte – weil das Bracket sich schon im weiter inzisalen, bereits versiegelten Bereich der Krone befindet. Mehr Kunststoff würde nur eine vermehrte Plaqueanlagerung mit sich führen und mögliche Irritationen der Gingiva bei starker Beanspruchung der gingivalen Zahnregion durch wiederholte Arbeiten in diesem Bereich.

Der Aufwand, welcher ein korrektes Versiegeln bewirken würde, erscheint bei adäquater Ausführung sehr hoch.

2.7.5.5 Ausdehnung bis zum marginalen Gingivarand

Obwohl Sukontapatipark et al.¹⁰⁷ in ihrer Studie verstärktes Augenmerk auf das perfekte Entfernen der Kunststoffüberschüsse peripher der Bracketbasis legten, wurden dennoch einzelne übriggebliebene Kunststoffinseln gefunden. Das bevorzugte Anlagern der Plaque auf inadäquat entferntem Kunststoff^{5,10} peripher und vor allem gingival der Bracketbasis liefert eine Begründung für die Lokalisation der Entkalkungen⁵ (Abbildung 1). Als Ursache der vor allem gingival inadäquat entfernten Überschüsse wurde die zahnähnliche Farbe und schmelzvergleichbare Struktur angeführt.

Diese klinisch schwer auffindbaren Überschüsse lassen den Bedarf an einer routinemäßig einsetzbaren Methode für den Praxisalltag erkennen. Gearbeitet werden sollte mit einer die Labialfläche vollständig bis zum marginalen Gingivasaum bedeckenden Glatflächenversiegelung.

Befürworter der Bracketumfeldversiegelung hingegen kritisieren an dieser Technik die Bedeckung der kompletten Labialfläche. Dies habe eine verstärkte Anlagerung von Plaque auf der Oberfläche des Kunststoffes zur Folge und erschwere Remineralisationsprozesse. Allerdings ist der Zahn bei Applikation des Versiegelerers kariesfrei und somit wird der Zustand vor der Therapie „eingefroren“. Remineralisiert werden muss bei Anwendung von Light Bond[®] erst nach der sorgfältigen Entfernung des Versiegelerers nach Beendigung der Behandlung.

Bei Zähnen ohne Versiegeler sind Entkalkungen an der Grenze zwischen Schmelz und Kunststoff, unter losen Brackets und entlang der Gingivallinie ein Problem¹⁹.

An der Grenze zwischen Bondingkunststoff und Schmelz wurde ein Spalt von ungefähr 10 µm um die Bracketbasis gefunden. Dieser kann ebenso bei der Anwendung von Versiegeler gefunden werden. Zurückzuführen ist die Entstehung dieses Spaltes auf die Schrumpfung des Kunststoffes während der Polymerisation (darüber wird bei zahnerhaltenden¹⁷⁶ und kieferorthopädischen Kunststoffen berichtet), die durch unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen Kunststoff und Zahn ausgelöst wird¹⁷⁶.

Der Spalt auf der Zahnfläche kann vor allem bei der Bracketumfeldversiegelung in der Peripherie der Bracketbasis eine Schmutznische bilden, in der sich vermehrt Plaque und Mikroorganismen anlagern. Denn gerade am Übergang Bondinggebiet und Schmelzoberfläche sind White Spots bevorzugt anzutreffen⁵. Des Weiteren löst eine Bracketumfeldversiegelung nicht das Problem der angeätzten Schmelzprismen. Sind auf der restlichen Labialfläche noch unvollständig versiegelte angeätzte Strukturen vorhanden, so können sie sich verfärben und als Nische für Plaque mit anschließender Demineralisation dienen¹⁷⁷⁻¹⁷⁹.

Eine prophylaktische Versiegelung um die Bracketbasis mit ungefüllten Versiegeler oder einem gefüllten, fließfähigen Kunststoff brachte keine signifikante Reduktion der Entkalkungen⁸⁰.

De facto wirkt so eine Bracketumfeldversiegelung ähnlich wie eine Stelle mit überschüssigem Kunststoff beim normalen Bonding. Diese führt ebenso zu einer vermehrten Plaqueanhäufung^{10,18,106,133}.

Bei der Ausdehnung der Versiegelung bis zur Gingivagrenze, könnten die Selbstreinigungskräfte des Sulcus zusammen mit den nötigen häuslichen Putzmaßnahmen eine derartige Ansammlung vermeiden.

Diese Theorie wird von Joseph et al.^{157,170} bestätigt, die den Auftrag einer dünnen, vollständig polymerisierten Schicht Sealer auf der gesamten Labialfläche des Zahnes als maximalen Schutz vor Entkalkungen

empfehlen. Ebenso wird bei Saloum et al.¹ eine gleichmäßige Verteilung des Versiegelers auf der Oberfläche gefordert.

Etwaige Überschüsse müssen aber gerade im Sulcusbereich vollständig entfernt werden, sonst können Irritationen des Zahnfleisches die Folge sein. Diese Möglichkeit eines Nachteils bei der Anwendung von Versiegelern ist allerdings auf unsachgemäße Handhabung zurückzuführen und kritisiert nicht die Methode an sich. Das Anätzen und Versiegeln bis zum marginalen Gingivasaum muss auch eingefordert werden, da im gingivalen Drittel des Zahnes die größte Entkalkungswahrscheinlichkeit besteht. Der Versiegeler sollte möglichst die komplette Zahnoberfläche in einer dünnen Schicht bedecken. Die korrekte Ausführung erfordert einen erhöhten Zeitaufwand beim Bonding. Der Kieferorthopäde muss dies im Vorfeld mit einkalkulieren.

Kritisieren könnte man bei der Gattflächenversiegelung die Lage der Grenzlinie Zahn – Sealing inzisal und approximal. Interdental und zwischen den Drähten sollte der Patient während dem Tragen einer festen Spange durch spezielle Bürstchen reinigen. Dies wird auch in den meisten Fällen genau durchgeführt, da hier verstärkt die Ästhetik störende Essensreste hängen bleiben. In diesem Fall scheint die Compliance ausreichend zu sein. Inzisal wirken Selbstreinigungskräfte der Mundhöhe auf den Zahn ein; zum Beispiel durch Nahrungskontakt. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass gerade an diesen Stellen ein auf den ersten Blick nicht zu vermutendes, besseres Reinigen möglich ist als in der Nähe der Brackets. Denn hier würden Gummis beim Putzen stören, diese ziehen Bakterien verstärkt an und bilden Retentionsnischen. Des weiteren muss die nahe Relation des Kunststoffes zur marginalen Gingiva diskutiert werden. Dass der Entzündungszustand der Gingiva in Nachbarschaft zu einer intakten Schmelzfläche geringer ist als bei Kontakt mit Kompositfüllungen, scheint nachvollziehbar.

Dies lässt sich als tatsächlichen Kritikpunkt für den Gebrauch von Versiegelern aufführen. Die Kunststoffe, die sonst in der Kieferorthopädie beim Einsetzen eines Multiband in die Mundhöhle gelangen, sind beim Kleben der Brackets üblicherweise ausreichend weit vom Gingivalrand

entfernt. Allerdings wurde in keinem der untersuchten Fälle zwei Wochen nach Bracketentfernung eine gravierende Gingivitis festgestellt. Dieses hätte man genauer durch die Überprüfung des BOP oder PBI vor und nach der Behandlung ermitteln können – was aber im Endeffekt wieder nur eine Momentaufnahme dargestellt hätte. Das Optimum wäre eine regelmäßige Kontrolle während des Behandlungsablaufes gewesen.

Die Forderung einer Ausdehnung der Versiegelung bis zur marginalen Gingivagrenze ist nicht neu^{13,92} und der Erfolg in der Verhinderung der Entkalkungen – durch diese Promotionsarbeit belegt – gibt dieser Methode recht.

2.7.6 Ausblicke für Sealer

2.7.6.1 Selbstligierende Brackets und Sealing mit Light Bond®

Selbstligierende Brackets arbeiten im Vergleich zu den konventionell Angewandten mit einem Clipmechanismus; deshalb entfallen Gummi- oder Drahtligaturen zur Befestigung des in den Brackets verankerten Drahtes. Bei insgesamt 624 Flächen von Zähnen, die ehemals mit selbstligierenden Brackets versehen waren, wurden 97,12 % ohne Entkalkung – die restlichen 2,88% mit Grad 1 vermerkt. Entkalkungen zweiten oder dritten Grades waren nicht vorhanden. Im Gegensatz hierzu stehen 92,66 % ohne Entkalkungen bei Patienten mit konventionellen Brackets. 3,56 % hatten eine leichte Demineralisation (Grad 1), 2,59 % Grad 2 und 1,18 % Grad 3. Ähnliches wurde für den Schweregrad ermittelt; auch hier fehlten in der Gruppe mit selbstligierenden Brackets die Wertungen 2 und 3. Gerade die Nichtexistenz dieser, sonst mit Folgen im Sinne von weiteren zahnärztlichen Maßnahmen (wie Füllungen) behafteten Unterteilungen, ist als großer Erfolg für den Einsatz dieser Brackets zu verbuchen.

Alleinig die geringe Patientenzahl dieser Untersuchungen (sieben Patienten) ließ zu wünschen übrig. Weitere Untersuchungen mit einer größeren, repräsentativeren Patientenzahl sind hier nötig auf der Basis hier ermittelter Ergebnisse.

Die positiven Effekte der selbstligierenden Brackets bei der Vermeidung der Entstehung von Entkalkungen lässt sich durch den im Vergleich zu den konventionellen Brackets unterschiedlich arbeitenden Verschlussmechanismus erklären. Diese Brackets (hier verwendete smart clip® 3M, Unitek) arbeiten ohne Gummi- oder Drahtligaturen. Deshalb entfallen Retentionsnischen für Nahrungsbestandteile und Bakterien der Plaque^{45,107}; eine effiziente Mundhygiene wird den Patienten deutlich erleichtert.

Für den Befestigungsmechanismus des selbstligierenden Brackets smart clip® sind Clips mesial und distal des klassischen Vierflügelbrackets befestigt, die zu einer Vergrößerung der Bracketoberfläche und zusätzlicher Retentionsnischen führen. Trotzdem scheint dies weniger problematisch zu sein, wie die bakterienanziehende Wirkung der sonst verwendeten Gummi- oder oberflächenvergrößernden Drahtligaturen.

In der Praxis Dr. Heinig wurden die selbstligierenden Brackets nur in Zusammenhang mit einer Versiegelung eingesetzt. Dass eine Verringerung der nach einer Glatflächenversiegelung festgestellten wenigen Demineralisationen noch weiter möglich ist, wird durch den Einsatz der selbstligierenden Brackets deutlich. Diese Steigerung der Effizienz erscheint jedoch nicht so gewaltig wie bei der Verringerung der Demineralisationen durch eine Versiegelung. Somit erscheint die alleinige Anwendung der selbstligierenden Brackets unabhängig vom Sealing als nicht so vielversprechend wie das Sealing an sich. Am effektivsten ist jedoch die Kombination der beiden Möglichkeiten.

2.7.6.2 Selbstligierende Brackets, Sealing mit Light Bond® und Prophylaxeprogramm

Eine zukunftsweisende Möglichkeit scheint die kombinierte Anwendung von beschriebenem Prophylaxeprogramm, selbstligierenden Brackets und einer Versiegelung zu sein. Bei den Patienten, die eine Kombination dieser schützenden Möglichkeiten erhielten, wurden sowohl die geringsten Entkalkungswerte (3 Flächen mit Entkalkungsgrad 1 bezüglich

Fläche und Schweregrad) als auch ein Fehlen der Grade 2 und 3 festgestellt. 99 % der Flächen waren ohne Entkalkung.

Generell lässt sich in den Statistiken 9 und 10 ein deutlicher Abwärtstrend bezüglich der klinisch festgestellten Entkalkungen erkennen.

Wird immer eine weitere schützende Maßnahme hinzugefügt, so verringert sich jedes Mal die Zahl der Entkalkungen bezogen auf die Fläche und den Schweregrad.

Die Kombination dieser in einer kieferorthopädischen Praxis maximal möglichen Prophylaxemaßnahmen geht über das konventionelle Verständnis von Prophylaxe hinaus. Sie sind nicht nur als unterstützende Hilfsmittel gedacht, sondern sollen die Ursache an verschiedenen Angriffspunkten bekämpfen helfen. Wie erläutert soll die Anlagerung von Plaque einerseits durch die Schaffung einer glatten, einheitlichen Oberfläche bekämpft werden, andererseits durch das Vermeiden von Retentionsnischen bei selbstligierenden Brackets. Hierdurch werden die Mikroorganismen auch von zusätzlichem fermentierbaren Substrat abgeschnitten. Die Freisetzung von Fluoriden bei dem fluoridhaltigen Versiegeler Light Bond[®] ermöglicht – egal ob kontinuierlich oder hauptsächlich in der Anfangsphase nach der Eingliederung der Apparatur – eine Stabilisation der Schmelzoberfläche durch Einbau in das Kristallgefüge und eine Assimilation der Patienten an die neue, ungewohnte Situation, in der vielleicht die Mundhygiene noch erschwert ist. Das praxiseigene Prophylaxesystem ermöglicht eine professionelle Sicherung der physiologischen Situation und eine mögliche Reaktion auf potentiell eintretende Problematiken.

2.7.6.3 Anmerkungen zur neuen Honorarordnung für Zahnärzte

Die neue, voraussichtlich am 01.01.2009 in Kraft tretende HOZ (Honorarordnung für Zahnärzte) beschreibt im Anwendungsbereich (§ 1) die Anwendungen auf alle Hilfeleistungen der Fachzahnärzte für Kieferorthopädie, die den jeweiligen Inhalt und Umfang von Vertragsleistungen mit Sozialversicherungsträgern oder Erstattungstarifen überschreiten.

Bemerkenswert ist die in der HOZ vermerkte Nummer 525 im Abschnitt 05 – darin wird die Glattflächenversiegelung bei festsitzenden Geräten (je Zahn) aufgelistet. Augenscheinlich haben die Ersteller der Honorarordnung die Glattflächenversiegelung als so effektiv erachtet, dass dieser Posten Eingang in die Honorarordnung gefunden hat.

2.7.6.4 Interdisziplinäre Möglichkeiten

Für den Gebrauch des Versiegeler Light Bond® könnte ebenfalls in anderen Bereichen der Zahnmedizin Indikationen bestehen. Als Beispiel sei an dieser Stelle der Einsatz in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie genannt. Im Sinne einer konservativen Frakturbehandlung werden Schienenverbände direkt an den Zähnen befestigt. Die in Tübingen bei Frakturen eingesetzte, direkte Drahtbogen-Kunststoffschiene nach Schuchardt führt eine Retention und Fixation der gebrochenen Fragmente durch eine mandibulomaxilläre Immobilisation herbei. Ein Nachteil dieser sonst erprobten Schiene liegt in den durch die Therapie bedingten möglichen oberflächlichen Schmelzdemineralisationen, da sie dem Zahn flächenhaft anliegt, um ein Abrutschen nach cervical mit Traumatisierung des Zahnfleisches zu verhindern.

Im Zuge der Beeinträchtigung durch die Fraktur (Mundöffnung eingeschränkt, Gummibänder zum Einstellen der Okklusion, psychische Belastung, Schmerzen) wird in den meisten Fällen nur noch eine rudimentäre Mundhygiene möglich sein. Das verordnete Spülen mit CHX-Lösung kann nicht alle Demineralisationen verhindern.

Hier könnte ein Aufbringen des Versiegeler Light Bond® vor dem Anbringen der Schiene Entkalkungen zu verhindern helfen. Die hierfür benötigte Zeit würde in keiner Relation zu den möglicherweise entstehenden, vermeidbaren Schäden stehen.

Eine solche Indikation könnte man auch bei der Stabilisierung nach einer Dysgnathie-Operation sehen, bei der im Vorfeld mit einer Lingualapparatur zum Erreichen der präoperativen Therapieziele wie der benötigten Nivellierung der Speekurve, dem achsengerechten Stellen der Frontzähne und dem transversalen Ausgleich gearbeitet wurde.

Normalerweise wird die Multibracketapparatur zur Stabilisation der umgestellten Osteotomiefragmente (UK und OK mit Drahtligaturen verbunden) im Sinne einer Drahtbogen-Kunststoffschiene nach Schuchardt eingesetzt. Dieses ist bei einer Lingualapparatur nicht gängig und es muss zusätzlich eine „normale“ Drahtbogen-Kunststoffschiene eingegliedert werden. Dieses kann wiederum beschriebene Folgen haben. Da der erwachsene Patient vor allem den Wunsch nach einer unauffälligen Behandlung hat – was sich schon in der lingualen festsitzenden Apparatur äußert – sollten Demineralisationen mit ästhetischen Folgeschäden vermieden werden.

Gleiches mag für die durch Trauma zu Verlust gegangenen Einzelzähne – vor allem in der Front – gelten. Bei einer möglichen Replantation avulsierter Zähne wird eine Traumaschiene eingesetzt. Gerade im ästhetisch wichtigen Bereich der Oberkieferfront mag eine Glatflächenversiegelung White Spots zu verhindern helfen, gerade weil ein Putzen bei restabilisierten Zähnen mit einer gewissen Eigenbeweglichkeit problematisch ist.

VI Zusammenfassung

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass selbst bei adäquater Mundhygiene eine vermehrte Plaqueakkumulation in Zusammenhang mit festen kieferorthopädischen Apparaturen stattfindet^{5,22,106}. Diese quantitative Vermehrung der mikrobiellen Flora^{4,46} sowie deren bacterial shift ist mit bedingt durch die verstärkte Anlagerung der Bakterien auf Kunststoff^{5,10,107}, der in manchen Fällen nach dem Befestigen der Brackets in deren Peripherie inadäquat entfernt wurde. Die daraus potentiell resultierenden Entkalkungen^{3,17,75} können einen Bedarf an konservativen oder gar prothetischen Restaurationen mit sich bringen^{12,79} – ein unerwünschter, katastrophaler Effekt einer Multibrackettherapie. Ebenso können angeätzte Schmelzbereiche, die nur unvollständig mit Kunststoff bedeckt sind, die Grundlage für kariöse Läsionen sein.

Das Vorkommen und die Verteilung der Schmelzentkalkungen unter verschiedenen Einflussfaktoren zu untersuchen, sowie deren mögliche Reduktion durch die Verwendung eines im Vorfeld aufgetragenen fluoridfreisetzenden, viskösen Versiegeler (Light Bond[®], Reliance Orthodontic Products, Inc., Itasca, EL, 60143) war Ziel dieser Arbeit.

Es galt die Hypothesen der Einleitung zu überprüfen:

1. **Dauer**

Bei unseren Untersuchungen wurde kein Zusammenhang zwischen der Behandlungsdauer bei einer Multibrackettherapie und der Entstehung oder dem Schweregrad von Schmelzdeminalisationen nachgewiesen.

2. **Compliance**

- 2.1. Hier konnte die Behauptung widerlegt werden, dass gerade Patienten mit einer Glattflächenversiegelung durch Light Bond besser mitarbeiten als jene ohne eine solche. Zu überlegen bleibt somit der Einsatz des Versiegeler bei vollständigen non-compliant Patienten.

- 2.2. Das weibliche Geschlecht wies im Vergleich zu den männlichen Patienten eine bessere Compliance und somit auch ein besseres Mundhygienebewusstsein auf.
- 2.3. Die Hypothese der Einleitung, dass die Compliance der Patienten Auswirkungen auf das Auftreten und den Schweregrad der Entkalkungen habe, konnte bestätigt werden. Arbeiteten die Kinder und Jugendlichen besser mit, so konnten weniger und weniger schwerwiegende Läsionen festgestellt werden.

3. *Geschlecht*

Diese Arbeit bejaht nicht die Theorie, dass die weiblichen im Gegensatz zu den männlichen Patienten während einer festsitzenden kieferorthopädischen Therapie für weniger Entkalkungen anfällig sind. Ein Unterschied sowohl in der Prävalenz und im Schweregrad der Demineralisationen ist vernachlässigbar klein; somit konnte die eingangs formulierte These nicht unterstützt werden.

4. *Prophylaxe*

- 4.1. Patienten, die sich für eine Applikation des Versiegeler Light Bond entschieden hatten, tendierten auch zur Inanspruchnahme des gemäß des individuellen Risikos empfohlenen Prophylaxeprogramms.
- 4.2. Durch den Einsatz eines regelmäßigen Prophylaxeprogramms konnte sowohl das Vorkommen als auch der Schweregrad der Läsionen vermindert werden. Die Effizienz in der Verbesserung der Mundgesundheit wurde dargelegt und auf die Bedeutung im Praxisalltag hingewiesen.

5. *Entkalkungen*

- 5.1. Ein die Dreidimensionalität der Läsionen beschreibendes Indexsystem ermöglicht eine objektive Beurteilung der Entkalkungen und somit weitgehend übereinstimmende, valide Ergebnisse der Untersucher.
- 5.2. Entkalkungen wurden vermehrt an prädisponierten Stellen angetroffen. Diese waren zum einen der dorsale Bereich der

Mandibula, zum anderen die lateralen Inzisiven und Caninen des Oberkiefers sowie generell die Gingivalregion.

6. Selbsteinschätzung

Die Beurteilung der Patienten bezüglich des eigenen Mundhygieneverhaltens war selbstkritisch und in den meisten Fällen treffend. Ein Zusammenhang zu den entstandenen Demineralisationen konnte ermittelt werden. Nicht bestätigt werden konnte hingegen die Vermutung, dass die Patienten die Schmelzentkalkungen als Folge eines schlechten Mundhygieneverhaltens registrierten.

7. Sealing

- 7.1. Das Produkt Light Bond[®] der Firma Reliance erwies sich als äußerst effektiv im Schutz vor Schmelzdemineralisationen bezüglich der Fläche sowie des Schweregrades.
- 7.2. Diese Aussage konnte auch per Fotodokumentation bestätigt werden.
- 7.3. Die Hypothese der Einleitung konnte nicht bestätigt werden da in der Gruppe mit einer Glattflächenversiegelung im Vergleich zu der unversiegelten Kontrollgruppe geringe Bracketverlusten, gleichzusetzen mit guten Haftwerten, ermittelt wurden. Diese helfen wiederholten Säureauftrag und daraus resultierenden Substanzverlust zu vermeiden.
- 7.4. Widerlegt werden muss die Behauptung, dass das Debonding bei Gebrauch eines Sealers vereinfacht – gleichzusetzen mit Zeitgewinn bei der Behandlung – wäre. Das Debonding gestaltet sich zwar zeitaufwändiger, jedoch wird danach eine saubere, glatte Oberfläche hinterlassen und der Schmelz vor Aussprengungen geschützt.
- 7.5. Die in dieser Studie angewandten selbstligierenden Brackets (smart clip[®] 3M, Unitek) ermöglichten den Patienten durch das Wegfallen von störenden Retentionsnischen eine gute Mundhygiene, was sich an den reduzierten White Spots darstellte.

Schlussfolgern lässt sich somit: um Schmelzdemineralisationen zu verhindern, wird in dieser Promotionsarbeit die Applikation eines die Labialfläche vollständig bedeckenden Versieglers gemäß des individuellen Risikos der Patienten empfohlen^{16,180}. Als Goldstandard für die kieferorthopädische Praxis wäre somit die Anwendung eines erprobten Versieglers in Verbindung mit selbstligierenden Brackets¹¹⁰ und einem Prophylaxeprogramm, das auf den individuellen Bedarf zugeschnitten ist, zu empfehlen.

Nachzuprüfen gilt es den Erfolg der Glattflächenversiegelung an universitären Kliniken, da hier möglicherweise eine andere Patientenklientel behandelt wird. Eine prospektive Studie hierzu ist in Bearbeitung.

VII Anlagen

1 Abbildungen

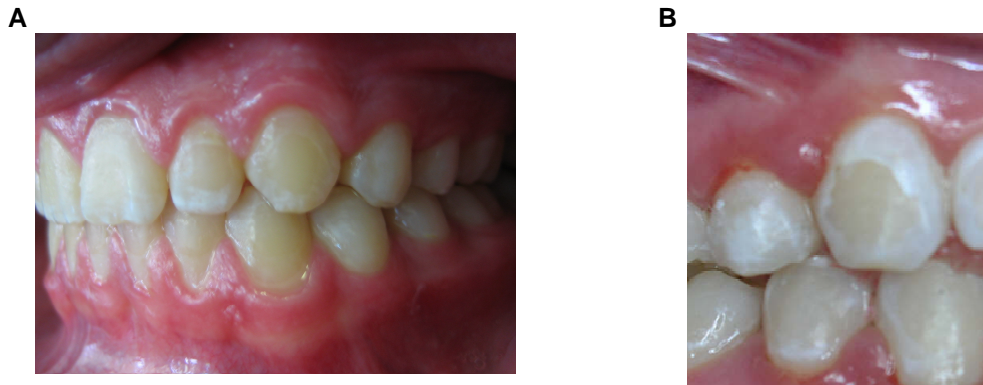


Abbildung 1: Demineralisationen in der Peripherie der ehemaligen Bracketbasis

(A) Entkalkungen an den Zähnen 22 und 23

Typische, diffuse Demineralisationen in der unversiegelten Kontrollgruppe A nach dem Debonding im Bereich um die ehemalige Bracketbasis. Erkennbar die ehemaligen Positionen der Brackets an den Zähnen 22 und 23. An diesen Stellen scheint der Schmelz durch den Bondingkunststoff vor Demineralisationen geschützt gewesen zu sein.

(B) Entkalkungen vor allem an Zahn 13

Einhergehend mit den Demineralisationen lässt sich anhand des Bildes eine Gingivitis vermuten; Blutung aus dem Sulcus an 14.

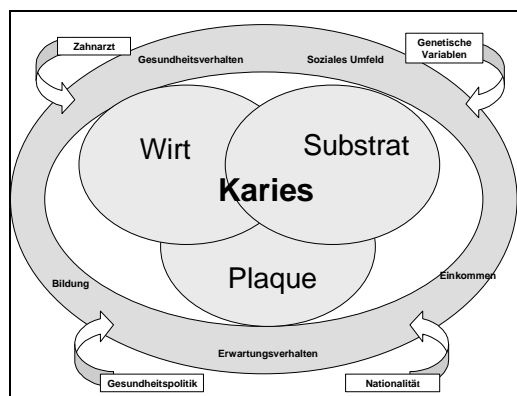


Abbildung 2: Kariesentstehung

Schema der wichtigsten ätiologischen Faktoren, die für die Kariesentstehung entscheidend sind. Zentral befindlich sind die drei Hauptfaktoren, die ihrerseits von multiplen Faktoren beeinflusst werden.

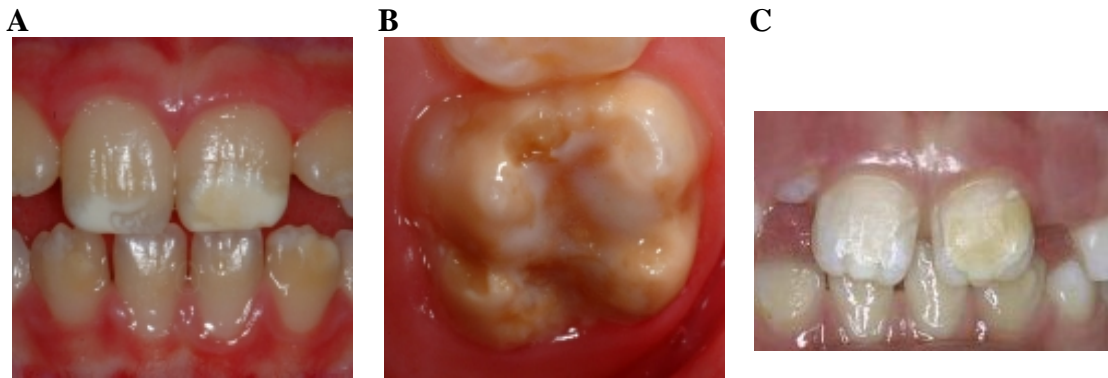


Abbildung 3: Molaren – Inzisiven – Hypomineralisation (MIH)

(A) + (B) Bei einem gemeinsamen Auftreten hypoplastischer Strukturveränderungen an Frontzähnen und Molaren liegt eine sogenannte Molaren-Inzisiven-Hypoplasie vor. Diese Mineralisationsstörungen sind ätiologisch auf Dioxin oder polychloriertes Biphenyl (PBC) in der Muttermilch, respiratorische Erkrankungen in der frühen Kindheit, Störungen des Mineralhaushaltes, Infektionskrankheiten oder Frühgeburten mit Sauerstoffmangel zurückzuführen. Die Ameloblasten bilden bei diesem Krankheitsbild zwar die gesamte Schmelzmatrix, aber die Calcium- und Phosphateinlagerung ist fehlerhaft.

(C) Labiale Opazitäten bei einem siebenjährigen Patienten
Schmelzveränderungen sind auf Infektionserkrankungen, in diesem Fall auf multiple Otitiden und Scharlach sowie eine respiratorische Erkrankung (Asthma im Alter von ein bis zwei Jahren) zurückzuführen.

Zahn 11: kleine Opazität bukkal und inzisal

Zahn 21: großflächige Opazität der gesamten Labialfläche

Zahn 32: minimale Opazität distal



Abbildung 4: Amelogenesis imperfecta

Amelogenesis imperfecta ist eine erblich bedingte Dysplasie, bei der die Funktion und/oder die Differenzierung des Schmelzorganes gestört ist. Diese Schmelzanomalie kann in verschiedenen Formen vorliegen; bei einer Hypoplasie und Aplasie des Schmelzes schimmert beispielsweise das Dentin gelblich-braun durch.



Abbildung 5: Interne Zahnverfärbungen durch Tetrazykline

Der Einsatz von Tetrazyklin, einem Breitspektrum – Antibiotikum (hauptsächlich angewandte Produkte sind Doxycyclin und Minozyklin), führt bei Gabe während der Schwangerschaft, Stillzeit und bei Kindern bis zum 8. Lebensjahr zu grauen oder gelben Zahnverfärbungen; bei hohen Dosierungen sogar zu Hypoplasien. Dies ist bedingt durch die Fähigkeit des Antibiotikums, irreversibel an Calciumionen zu binden. Die ganze Krone kann betroffen sein oder nur die Teile, welche sich gerade in der Entwicklung befinden.

A



B



Abbildung 6: Fluorosen

(A) Patientin nach der Multibrackettherapie mit Fluorosen

Während der Zeit der Entwicklung der Zahnkronen beeinträchtigen systemische, chronisch toxische Fluoridmengen oder die einmalige Zufuhr hoher Fluoridkonzentrationen die Schmelzbildung und Schmelzreifung durch Schädigung der Ameloblasten. Die Folgen sind Schmelzveränderungen, die als Fluorosen bezeichnet werden.

(B) Indischer Patient vor einer kieferorthopädischen Behandlung mit ausgeprägten Fluorosen

Disto-bukkal an Zahn 16 versorgungsbedürftige kariöse Läsion. Klinisch erkennbar sind weiße, opake Flecken und Streifen, die sich bei stärkeren Porositäten durch exogene Einlagerungen (Tee, Kaffee oder ähnliches) verfärben können. Die oberflächlichen Defekte und der Verlust von Zahnschmelz entstehen sekundär durch mechanische Belastung in der Mundhöhle – wie in diesem Fall durch die tägliche Zahnreinigung mit stark abrasivem Zahnpulver, das in Indien oft anstatt Zahnpaste eingesetzt wird.



Abbildung 7: Frühkindliches Trauma

An den Zähnen 32, 42 und 41 finden sich Opazitäten labial. Die Zähne 11 und 21 weisen vor allem inzisal Zahnbildungsstörungen auf Grund eines frühkindlichen Zahntraumas auf. Wie in diesem Fall sind meist sind die mittleren Inzisiven betroffen. Von der Art des Unfalls abhängig resultieren unterschiedlich stark ausgeprägte Schmelzveränderungen wie Opazitäten oder sogar Zahndeformitäten. Einkerbungen im Schmelz können die Folge sein.

A



B



Abbildung 8: Glattflächenversiegelung in Gruppe B (durch Light Bond®)

(A) Das Produkt Light Bond®, Reliance Orthodontic Products, Inc., Itasca, EL, 60143

Die Glattflächenversiegelung mit diesem fluoridfreisetzenden, niedrigviskösen Kunststoff erfolgt vor dem Bonding der Brackets bis zum marginalen Gingivasaum.

(B) Ein im Vorfeld der Multibrackettherapie mit Light Bond® versiegelter Patient ohne Demineralisationen nach dem Debonding

Befundblatt	
Nr. _____	
Patient :	_____
Datum :	_____
Behandlungsdauer:	Beginn Therapie _____
	Ende Therapie _____
Besonderer Befund :	_____

Geschlecht :	M / W
	Studiengruppe : A / B
Compliance während Therapie:	M / T / E
Mundhygiene / Prophylaxeprogramm:	J / T / N
Selbstligierende Brackets:	J / N
Fragen an Patienten:	
1.) „Hast Du während der ganzen Zeit gut geputzt?“	Exzellent Gut Mittelmäßig schlecht
2.) „Ist Dir an Deinen Zähnen etwas aufgefallen?“	Ja Nein Wenn ja, was? _____
3.) „Wie gefallen Dir Deine Zähne nachdem die feste Spange rausgekommen ist?“	_____

Abbildung 9: Befundblatt 1

Neben dem Patientennamen wurde das Datum der Datenaufnahme zum Abgleich mit dem ebenfalls zu notierenden Datum des Debondings (eine Untersuchung erfolgte frühestens zwei Wochen nach der Bracketentfernung und maximal innerhalb eines halben Jahres), das Geschlecht und die Zuteilung zu der jeweiligen Studiengruppe (A – ohne Sealing, B – mit Sealing durch Light Bond®) erfasst. Aus der Karte entnahm man ebenfalls den Zeitpunkt des Einsetzens sowie des Entfernens der Multibracketapparatur um daraus später die jeweilige Behandlungsdauer zu errechnen und die Angehörigkeit zu der jeweiligen Prophylaxegruppe:

„J“ für „Ja, der Patient erhält eine regelmäßige, quartalsweise Prophylaxe“

„T“ für „Teilweise; der Patient erhält bei Bedarf – wenn vermehrt Plaque oder kariöse Läsionen festgestellt wurden – eine Prophylaxe“

„N“ für „Nein, der Patient wünscht keine zusätzliche Prophylaxemaßnahmen“

Die Compliance der Kinder und Jugendlichen wurde vor allem anhand von Notizen aus der Karte (Anzahl der versäumten Termine, übermäßiger Bracketverlust während der Therapie, Mundhygienefotos während der Therapie angefertigt als Zeichen eines mehrmaligen Erscheinens ohne die erforderliche Zahnpflege) und dem Gingivazustand während und nach der Behandlung beurteilt. Sie unterteilte sich in:

„E“ für „Exzellent“, „T“ für „Teilweise“ und „M“ für „Mangelhaft“.

Ein weiterer Parameter war die Unterteilung in die Gruppen mit und ohne selbstligierende Brackets. Eine Behandlung mit diesen Brackets bedingte die Applikation des Versiegeler Light Bond®.

Besondere klinische Funde (2. Prämolaren aus therapeutischen Gründen extrahiert, Fluorosen seit Anbeginn) wurden genauso vermerkt wie die Antworten auf Fragen bezüglich der Selbsteinschätzung im Bereich der oralen Hygiene und den ästhetischen Therapieerfolg hinterfragend.

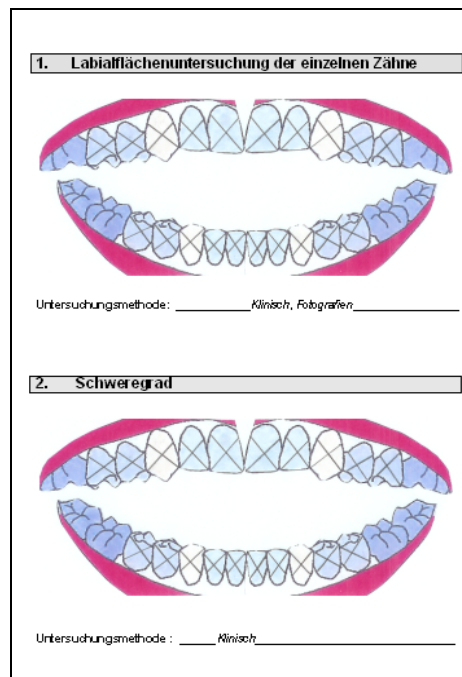


Abbildung 9: Befundblatt 2

Anhand der zweiten Seite der Befundblätter erfolgte die Beurteilung der Demineralisationen nach Graden (0-3). Die Labialflächen der Zähne 1 bis 5 wurden geviertelt und gemäß den Regionen unterteilt in gingival, mesial, distal und inzisal:

- 1. Zahnschema: bezüglich der Fläche/ des Ausmaßes der Entkalkungen; sowohl klinisch als auch anhand der angefertigten Fotografien (nach der Therapie) zu beurteilen
- 2. Zahnschema: nach dem Schweregrad der Läsionen; nur klinisch ermittelbar um der Dreidimensionalität Rechnung zu tragen



Abbildung 10: Klinisches Vorgehen bei der Gruppe mit Versiegelung durch Light Bond®

(A) Kreidig weiße Labialfläche im 1. und 4. Quadranten nach dem Ätzprozess

Nach der Politur der Zähne mit einer fluorid- und ölfreien Reinigungspaste wird die gesamte Labialfläche der Zähne bis zum marginalen Gingivasaum unter relativer Trockenlegung mit 35%igem Säuregel 30 Sekunden lang angeätzt. Nach dem Absprühen des Gels und anschließendem Trockenblasen wird die Oberfläche kreidig weiß. Mit einem Applizierstick bringt man den Sealer auf und härtet anschließend 10 Sekunden durch Licht.

(B) Vollständig versiegeltes Gebiss vor dem Bonding der Brackets

(C) Mit Brackets versehene Front, im OK mit Keramikbrackets

Das Kleben erfolgt gemäß den Herstellerangaben mit Transbond®.



Grad 0

(keine Demineralisationen
erkennbar, Molarenband an 16,
1.Prämolaren fehlen)



Grad 1

(minimaler white spot an 23
gingival, Übergang zu medialem
Kompartiment)



Grad 2

(an 12 gingival)



Grad 3

(mesial an 22 mit Verlust der
Oberflächenkontinuität)

Abbildung 11: Darstellung des Ausmaßes der Demineralisationen in Graden 0- 3

Die Labialfläche der einzelnen Zähne wird bei der Untersuchung in vier Regionen eingeteilt: gingival, mesial, distal und inzisal. Anhand der Fotografien erfolgt nur die Beurteilung der Fläche (in Anlehnung an Banks et al.¹⁶, Mizrahi^{10,11}).

Die Werte wurden von jeweils 0 bis 3 unterteilt:

- Grad 0: keine sichtbare Entkalkung
- Grad 1: klinisch sichtbare Läsion, die weniger als 50 % einer Region bedeckt
- Grad 2: Läsion, die mehr als 50 % einer Region bedeckt
- Grad 3: Entkalkung bedeckt die gesamte Region

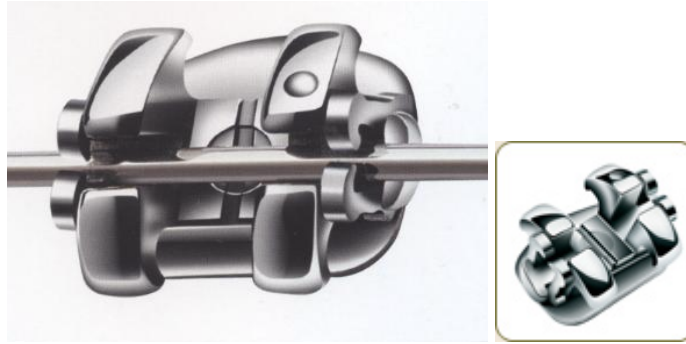


Abbildung 12: Das selbstligierende Bracket Smart Clip®, Unitek

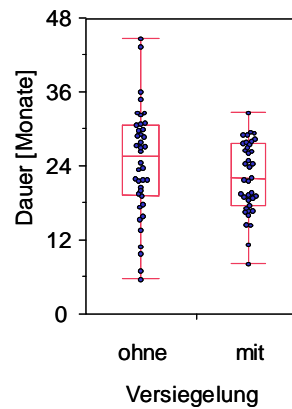
Selbstligierende Brackets arbeiten im Gegensatz zu den konventionellen Brackets ohne Gummi- oder Drahtligaturen. Zusätzliche Retentionsnischen für Nahrungsbestandteile werden so verhindert und Anlagerungsstellen für Bakterien der Plaque reduziert. Durch einen Clipmechanismus soll laut Herstellerangaben die Reibung der Drähte verringert und somit die Gleitmechanik verbessert werden. Ebenfalls sei hierdurch der Wechsel des Drahtbogens simplifiziert.



Abbildung 13: Entkalkungen bei einem 12-jährigen Jugendlichen

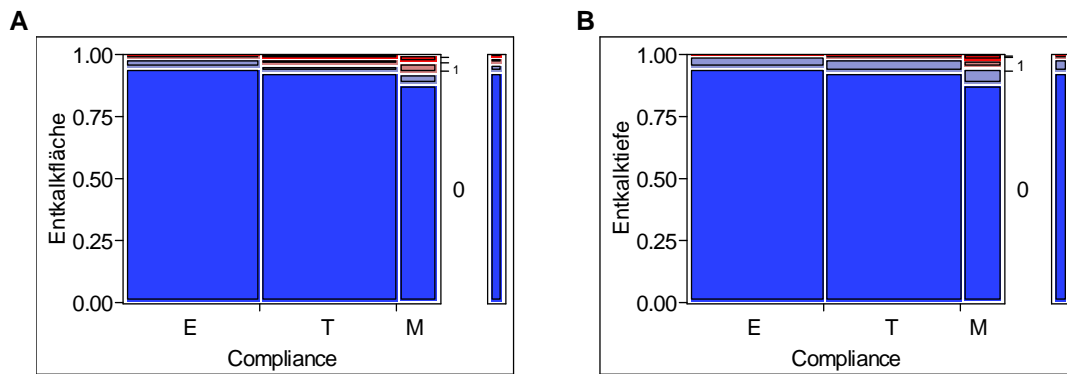
Vor allem gingivale, große Demineralisationen auf der Labialfläche und ein behandlungsbedürftiger, kariöser Einbruch der Oberfläche mesial an 12. Die Gingiva erscheint in Regio 12 gerötet; über einen Zusammenhang zwischen mäßigem Putzverhalten und den Demineralisationen lässt sich somit auch spekulieren.

2 Statistische Schaubilder



Statistik 1: Dauer der Multibrackettherapie in den Gruppen ohne und mit Versiegelung

Dieser Boxplot zeigt die jeweilige Dauer der Multibracketbehandlung in den Gruppen ohne und mit Glattflächenversiegelung durch Light Bond®. In der Gruppe ohne Versiegelung (n = 40 Patienten, Alter von 11,6 bis 39,5 Jahre) rangierten die Quantile von minimal 6 bis maximal 45 Monaten, in der Gruppe mit einer Glattflächenversiegelung durch Light Bond® (n = 38 Patienten, Alter 13,2 bis 36,4 Jahre) von minimal 8 bis maximal 33 Monaten. Der Medianwert betrug 26 Monate in der Gruppe ohne Versiegelung und 22 Monate in der Gruppe mit einer solchen.



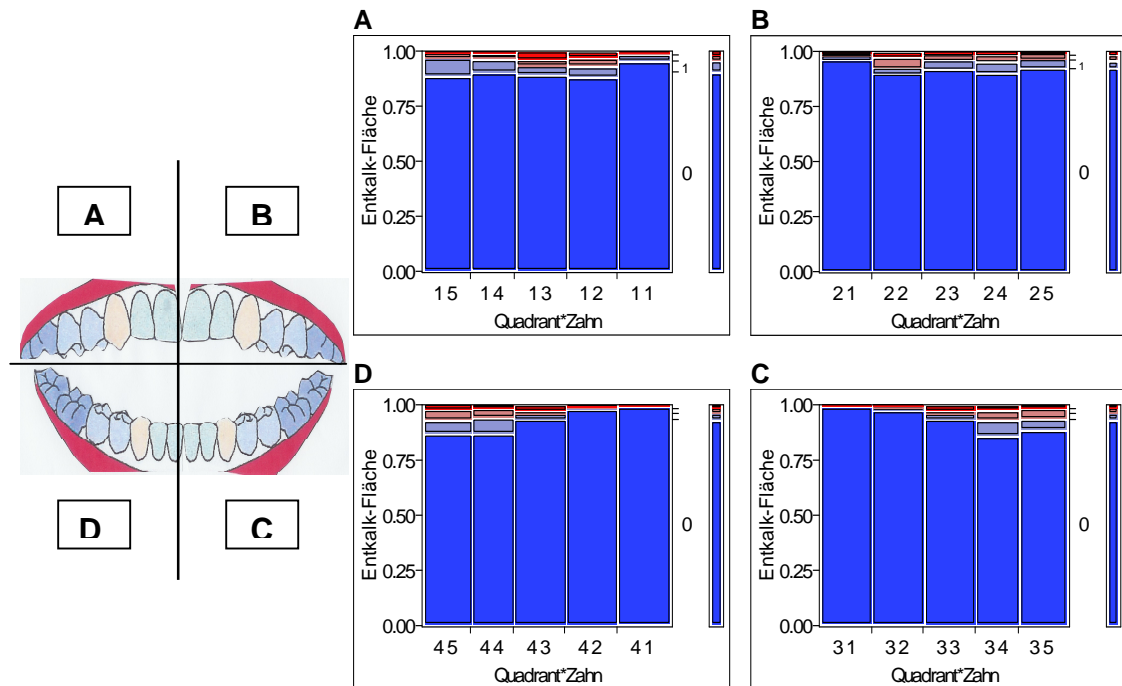
Statistik 2: Entkalkungen in Abhängigkeit von der Compliance der Patienten

(A) Ausmaß der Demineralisationen

Von insgesamt 5788 untersuchten Flächen wiesen 5391 keine Entkalkungen (Grad 0) auf. Davon waren 2390 in der Gruppe mit einer exzellenten Mitarbeit zu finden, 2374 in der mit einer teilweise vorhandenen und 627 in der Gruppe mit mangelhafter Mitarbeit. 202 Flächen wurden mit Grad 1 beurteilt; 96 waren in der Gruppe mit einer exzellenten Mitarbeit, 74 in der mit der zum Teil vorhandenen und 32 Flächen bei der Gruppe mit mangelhafter Mitarbeit. Die Grade 2 und 3 unterteilten sich wie folgt: 32 Flächen mit Grad 2 und 10 mit Grad 3 bei den Patienten mit einer exzellenten Mitarbeit, 71 Flächen Grad 2 und 29 Flächen Grad 3 der Patienten, die mit einer zum Teil vorhandenen Mitarbeit beurteilt wurden, sowie 31 Flächen Grad 2 und 22 mit Grad 3 bei den Patienten mit einer mangelhaften Compliance.

(B) Schweregrad der Demineralisationen

Das Schaubild zeigt 2390 Flächen der exzellent mitarbeitenden Gruppe ohne Entkalkungen, 124 mit solchen der Stufe 1, 10 der Stufe 2 und 4 mit Schweregrad 3 vermerkte. Bei der Gruppe, die teilweise mitarbeitete, waren 2374 mit Grad 0 beurteilt worden, 144 mit Grad 1, 23 mit Grad 2 und 7 mit einer Oberflächenkontinuitätsunterbrechung (Grad 3). Von insgesamt 712 untersuchten Flächen der Patienten mit einer mangelhaften Compliance wurden 627 ohne Entkalkungen befundet, 49 mit leichten (Grad 1), 23 mit Grad 2 und 13 mit schweren (Grad 3).



Statistik 3: Demineralisierte Flächen auf den einzelnen Zähnen ohne Unterscheidung in die beiden Gruppen A (Kontrollgruppe, ohne Versiegelung) und B (mit Versiegelung durch Light Bond®)

(A) 1. Quadrant

Es lässt sich ein gehäuftes Auftreten von Entkalkungen bei dem lateralen Inzisiven und dem Caninen feststellen. Mögliche Ursachen können der Einsatz von closing oder elastic loops zwischen dem lateralem Inzisiven und Caninen oder die Zahnmorphologie dieser Zähne sein. Im Oberkiefer zeigt sich ein eher uneinheitliches Bild. In diesem Quadranten sind nur die mittleren Inzisiven gering betroffen.

(B) 2. Quadrant

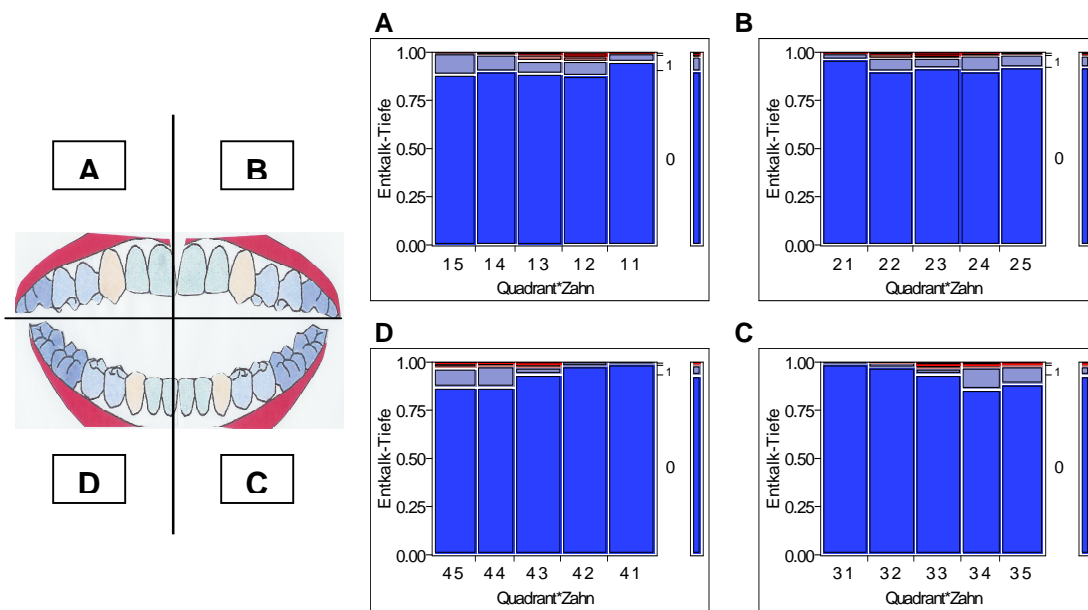
In diesem Quadranten waren die lateralen Inzisiven (90,6% der 0-Werte), zweiten Prämolaren (90,67%) und ersten Prämolaren (91,91%) am stärksten betroffen. Der mittlere Inzisive (96,45%) und Canine (91,77%) wiesen mehr mit 0 bewertete Flächen auf.

(C) 3. Quadrant

Grob betrachtet lässt sich im Unterkiefer über eine Zunahme der Entkalkungen nach dorsal berichten. Die 1er im Unterkiefer sind mit 99% der 0 – Werte am wenigsten betroffen, gefolgt von den 2ern (97,67%). Die Caninen des Unterkiefers haben 93,83%, die ersten Prämolaren 88,6% und die zweiten Prämolaren 89,49%. Die beiden Prämolaren stellen die zahlreichsten Entkalkungen.

(D) 4. Quadrant

Hier zeigt sich ein relativ symmetrisches Bild im Vergleich zum 3. Quadranten. Es fällt jedoch generell auf, dass die linke Gesichtshälfte (6,35% Entkalkungen) weniger als die Rechte (7,37%) betroffen ist.



Statistik 4: Schweregrad der Demineralisationen auf den einzelnen Zähnen

(A) 1. Quadrant

Im Oberkiefer zeigt sich ein uneinheitliches Bild, nur die mittleren Inzisiven sind wenig entkalkt. Schwere Demineralisationen weisen vor allem Zahn 12 (6,7% Grad 1, 1,69% Grad 2 und 1,35% Grad 3), 13 (6,89% Grad 1, 2,92% Grad 2, 0,65% Grad 3) und der Canine auf.

(B) 2. Quadrant

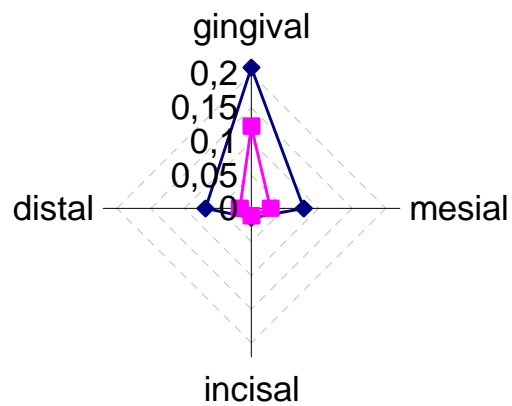
Symmetrisch zum ersten Quadranten ist der mittlere Inzisive wenig betroffen; Zahn 22 (7% Grad 1, 1,33% Grad 2, 0,67% Grad 3) hingegen von vielen, schwerwiegenden Entkalkungen. Auf den Caninen und die beiden Prämolaren entfallen die restlichen ermittelten Läsionen.

(C) 3. Quadrant

Die gleiche Tendenz wie bei dem Ausmaß der Demineralisationen ließ sich beim Schweregrad feststellen: es erfolgt eine Zunahme der Entkalkungen nach dorsal. Am geringsten betroffen waren die Unterkieferinzisiven. Bezüglich des Schweregrades der Entkalkungen waren im Unterkiefer bei Zahn 33 1,33%, Zahn 34 1,59% und Zahn 43 1% der Flächen mit Schweregrad 3 bewertet worden; 8,33% wurden an Zahn 34 mit Schweregrad 1 befundet und 7,72% an 35.

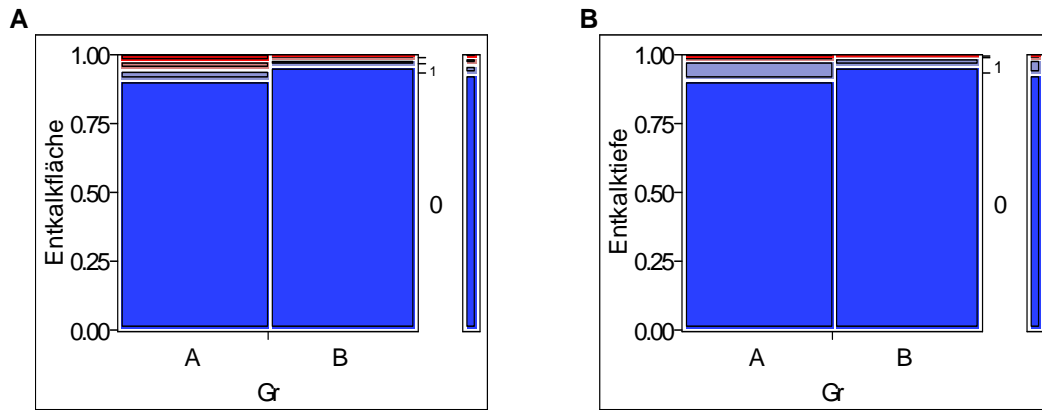
(D) 4. Quadrant

Gleiches wie für den 3. Quadranten Gesagtes mag wieder gelten, nur war der zweite Prämolare stärker betroffen (9,29%). Dies bestätigt die Annahme, dass rechts generell mehr und schwerere Demineralisationen gefunden werden.



Statistik 5: Betroffenheit der einzelnen Zahnregionen

Gingival waren 17mal mehr Entkalkungen als inzisal anzutreffen. Der Durchschnitt der ermittelten Entkalkungswerte lag gingival bei 0,17, mesial bei 0,05, distal bei 0,04 und inzisal bei 0,01. Die Richtung der Ausprägung wird in diesem Sterndiagramm in die auswertende Darstellung der betroffenen Regionen mit einbezogen.



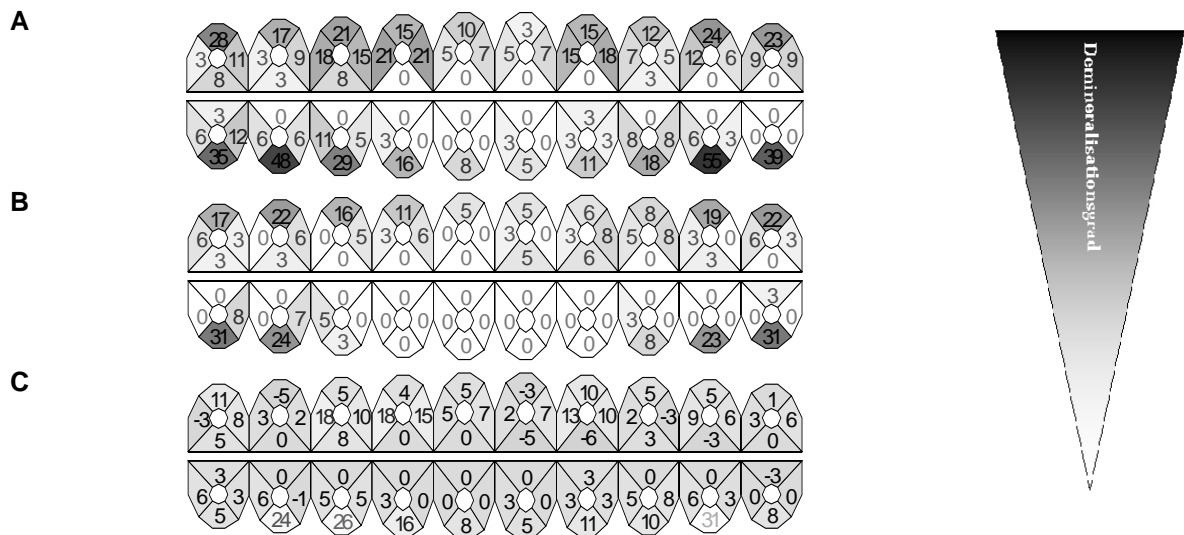
Statistik 6: Ausmaß und Schweregrad der Demineralisationen in den Gruppen A (ohne Versiegelung) und B (mit Versiegelung)

(A) Von Entkalkungen betroffenen Flächen

Das Schaubild zeigt die vielen, von Demineralisationen nach der kieferorthopädischen Behandlung nicht betroffenen Flächen (Darstellung in hellblau) in beiden Patientengruppen. In der unversiegelten Kontrollgruppe waren 9,18 % der Flächen von insgesamt 2952 Untersuchten betroffen. Diese unterteilten sich in 3,9 % der Stufe 1, 3,52 % der Stufe 2 und 1,76 % mit einer die Fläche vollständig bedeckenden Entkalkung (Grad 3). In Gruppe B wurden insgesamt 4,44 % Demineralisationen auf 2836 Flächen festgestellt; davon waren 3,07 % ersten Grades, 1,06 % zweiten und 0,32 % dritten Grades.

(B) Schweregrad der Entkalkungen

Der dazugehörige Schweregrad der Läsionen war in Gruppe B bei 3,7 % (Grad 1), 0,67 % (Grad 2) und 0,07 % (Grad 3), sowie in Gruppe A bei 7,18 % (Grad 1), 1,25 % (Grad 2) und 0,75 % (Grad 3). Die Bedeutung des generell verringerten Schweregrades in Gruppe B ist in dem ebenfalls reduzierten klinischen Handlungsbedarf durch Füllungstherapien oder ähnlichem zu sehen. Die Dreidimensionalität bezüglich des Schweregrades der Entkalkungen ist der entscheidende Richtfaktor, um die Effizienz des Versiegelerers zu beurteilen und hier zu bestätigen.



Statistik 7: Illustration der Effektivität des Versiegeler Light Bond®

(A) Demineralisationen in der Gruppe ohne Versiegelung

Die Grauschattierungen entsprechen der Betroffenheit. An dieser Stelle soll nicht nach Graden unterschieden werden, sondern nur beurteilt werden, ob tatsächlich Entkalkungen vorhanden sind. Patienten der Gruppe A hatten zu 85 % Entkalkungen, während in der Gruppe mit Versiegelung nur 68 % Demineralisationen aufwiesen. Die statistische Wahrscheinlichkeit, eine Entkalkung anzutreffen, ist ebenfalls in Gruppe A um Faktor 0,706 im Vergleich zu Gruppe B erhöht.

Ebenfalls zeigt sich eine starke Betroffenheit der gingivalen Regionen, wie bereits in Abbildung 6 erläutert. Im OK wie UK findet sich stets die Tendenz nach vorne abnehmender Schäden.

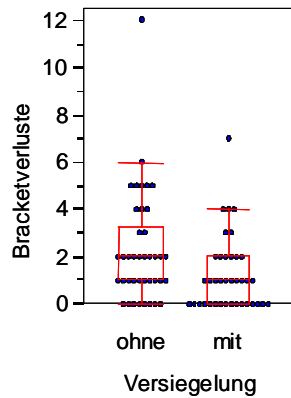
(B) Demineralisationen in der Gruppe mit Versiegelung durch Light Bond®

Allgemein lässt sich in der Gruppe mit Versiegelung ein viel helleres Erscheinungsbild feststellen, was gleichbedeutend mit einer geringeren Betroffenheit der Zähne ist. Die Unterkieferinzisiven sind in Gruppe B von keinerlei Entkalkungen betroffen und stellen sich somit als von einer durchgeführten Multibrackettherapie vollständig unversehrt dar.

(C) Differenz zwischen den Gruppen ohne und mit Versiegelung bezüglich der Demineralisationen

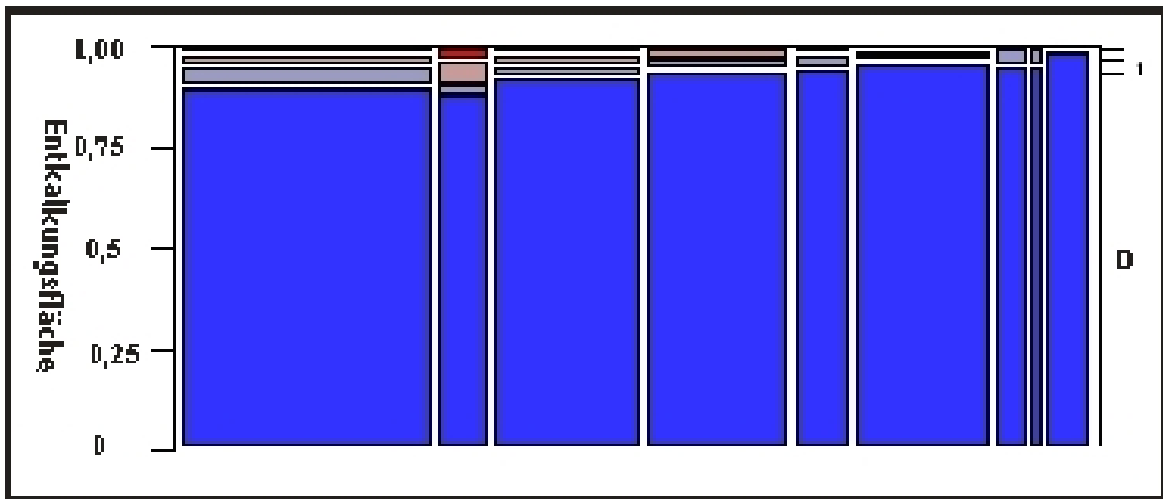
Hier sollten die Bereiche der Zähne hervorgehoben werden, welche am Meisten und welche am Wenigsten von einer Versiegelung mit Light Bond® profitieren können. Gerade die Zähne, die sonst am Häufigsten von Demineralisationen betroffen waren, zeigen sich am Meisten positiv von der Glattflächenversiegelung beeinflusst. Vor allem im dorsalen Bereich des Unterkiefers ist deshalb der Effekt des Sealings ausgeprägt.

Es wurde in dieser Arbeit ein lokaler protektiver Effekt der Versiegelung festgestellt und die Überlegenheit des Versiegeler Light Bond® zeigte sich vor allem an jenen Zähnen, an denen eigentlich gravierende Entkalkungen gemäß den bei der Kontrollgruppe ermittelten Werten zu erwarten waren.



Statistik 8: Bracketverluste in den Gruppen ohne und mit Versiegelung während der Dauer der Behandlung

Darstellung der Bracketverluste bei den Kindern und Jugendlichen mit (n = 38 Patienten) und ohne (n = 40 Patienten) Versiegelung mittels eines Boxplots. Generell verlor im Durchschnitt ein Patient ein Bracket pro Jahr. Wurden die Bracketverluste während der durchgeführten Multibracketapparatur nach Gruppen unterschieden, so lag der Median bei zwei Verlusten in der Kontrollgruppe und einem Bracketverlust in der Gruppe mit Versiegelung durch Light Bond®. Maximal wurden 12 Brackets in der Gruppe ohne Versiegelung verloren und sieben in der Gruppe mit einer solchen.

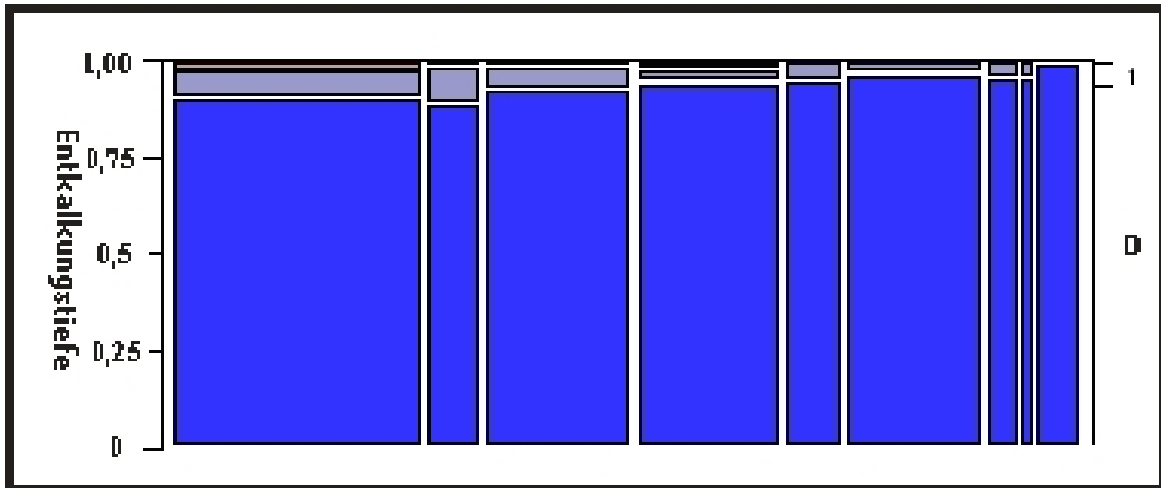


	→								
Sealing	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Brackets	-	-	-	-	-	-	+	+	+
Prophylaxe	-	o	+	-	o	+	-	o	+
	(-) nein			(o) teilweise/bei Bedarf			(+) ja		

Statistik 9: Ausmaß der Entkalkungen bei Sealing* Brackets* Prophylaxe

Darstellung der Kombinationen und ihrer klinischen Resultate aus verschiedenen, in der Praxis Dr. Heinig eingesetzten Methoden, um Demineralisationen nach einer Multibrackettherapie zu vermeiden. Die Patienten hatten die Möglichkeit vor Beginn der festsitzenden Therapie zwischen diesen Vorbeugemaßnahmen gemäß den medizinischen Indikationen und ihrem Interesse an einer Behandlung zu wählen. Eine Versiegelung mit Light Bond® konnte in Anspruch genommen werden; wünschten die Patienten jedoch den Einsatz von selbstligierenden Brackets, so fand dies nur in Zusammenhang mit einer solchen Glattflächenversiegelung statt. Das praxiseigene Prophylaxesystem konnte quartalsweise (ja), bei Bedarf (o) oder gar nie (-) in Anspruch genommen werden. Die daraus resultierenden Kombinationen wurden in obiger Tabelle – passend zum entsprechenden Balken im darüber befindlichen Schaubild – dargestellt. Die Breite der einzelnen Balken verdeutlicht die Anzahl der jeweiligen, diese Kombination ausgewählt habenden Patienten.

Je mehr Prophylaxemaßnahmen kombiniert werden, desto weniger Demineralisationen waren feststellbar. Das beste Ergebnis brachte die Anwendung des Prophylaxeprogramms, der selbstligierenden Brackets und der Glattflächenversiegelung in Kombination: bei diesen Patienten wurden die geringsten Entkalkungswerte (3 Flächen mit Entkalkungsgrad 1 bezüglich der Fläche) als auch ein Fehlen der Grade 2 und 3 festgestellt. 99 % der Flächen waren ohne Demineralisationen.



	➔								
Sealing	-	-	-	+	+	+	+	+	+
Brackets	-	-	-	-	-	-	+	+	+
Prophylaxe	-	o	+	-	o	+	-	o	+
	(-) nein			(o) teilweise/bei Bedarf			(+) ja		

Statistik 10: Schweregrad der Entkalkungen bei Sealing* Brackets* Prophylaxe

Gleiches wie in Statistik 9 Erläutertes mag wieder gelten. Deutlich erkennbar sind die wenigen entkalkten Flächen bezüglich des Schweregrades und die vielen, mit Grad 0 Beurteilten. Vor allem das Fehlen der Grade 2 und 3 imponiert bei der Kombination aller drei Vorbeugemaßnahmen (Sealing, selbstligierende Brackets und das quartalsweise angewandte Prophylaxeprogramm). Nur drei Flächen wiesen hier den Schweregrad 1 auf.

3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Demineralisationen in der Peripherie der ehemaligen Bracketbasis
Quelle (B): Mit freundlicher Genehmigung Dr. Nina Heinig

Abbildung 2: Kariesentstehung
In Anlehnung an König⁴⁹

Abbildung 3: Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation (MIH)
Quelle (A) und (B) : Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
ZMK-Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München
Autor: Jahn Kuehnisch
Online-Beitrag
Quelle (C) : zm.online
Zahnärztliche Mitteilungen
Dr. Nadja-Marina Kellerhoff, Prof Dr. Adrian Lussi
Universität Bern
Klinik für Zahnerhaltung, Präventiv- und Kinderzahnmedizin
aus Schweiz Monatsschr Zahnmed, Vol 14: 3/2004

Abbildung 4: Amelogenesis imperfecta
Quelle: Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
ZMK-Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München
Autor: Jahn Kuehnisch
Online-Beitrag

Abbildung 5: Interne Zahnverfärbungen durch Tetrazykline
Quelle: www.zm-online.de/zm/9_02/pages2/bild45.htm

Abbildung 6: Fluorosen
Quelle (B): Mit freundlicher Genehmigung des Kieferorthopäden
des MGDM Hospitals in Kanghazha, Kerala

Abbildung 7: Frühkindliches Trauma
Quelle: zm.online
Zahnärztliche Mitteilungen
Dr. Nadja-Marina Kellerhoff, Prof Dr. Adrian Lussi
Universität Bern
Klinik für Zahnerhaltung, Präventiv- und Kinderzahnmedizin
aus Schweiz Monatsschr Zahnmed, Vol 14: 3/2004

Abbildung 8: Glattflächenversiegelung in Gruppe B (durch Light Bond®)

Quelle (A): Internet, Werbung Light Bond®

Abbildung 9: Befundblätter 1 und 2

Abbildung 10: Klinisches Vorgehen bei der Gruppe mit Versiegelung durch Light Bond®

Quelle: Mit freundlicher Genehmigung Dr. Nina Heinig

Abbildung 11: Darstellung des Ausmaßes der Demineralisationen in Graden 0 – 3

Abbildung 12: Das selbstligierende Bracket Smart Clip®, Unitek

Quelle: www.iconorthodontics.com

Abbildung 13: Entkalkungen bei einem 12-jährigen Jugendlichen

Quelle: Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie
ZMK-Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München

Autor: Jahn Kuehnisch

Online-Beitrag

4 Statistikverzeichnis

- Statistik 1:** Dauer der Multibrackettherapie in den Gruppen ohne und mit Versiegelung
- Statistik 2:** Entkalkungen in Abhängigkeit von der Compliance der Patienten
(A) Ausmaß
(B) Schweregrad
- Statistik 3:** Demineralisierte Flächen auf den einzelnen Zähnen ohne Unterscheidung in die beiden Gruppen A (Kontrollgruppe, ohne Versiegelung) und B (mit Versiegelung durch Light Bond®)
- Statistik 4:** Schweregrad der Demineralisationen auf den einzelnen Zähnen
- Statistik 5:** Betroffenheit der einzelnen Zahnregionen
- Statistik 6:** Ausmaß und Schweregrad der Demineralisationen in den Gruppen A (ohne Versiegelung) und B (mit Versiegelung)
(A) Von Entkalkungen betroffenen Flächen
(B) Schweregrad der Entkalkung
- Statistik 7:** Illustration der Effektivität des Versiegeler Light Bond®
(A) Demineralisationen in der Gruppe ohne Versiegelung
(B) Demineralisationen in der Gruppe mit Versiegelung
(C) Differenz zwischen den Gruppen ohne und mit Versiegelung bezüglich der Demineralisationen
- Statistik 8:** Bracketverluste in den Gruppen ohne und mit Versiegelung während der Dauer der Behandlung
- Statistik 9:** Ausmaß der Entkalkungen bei Sealing* Brackets* Prophylaxe
- Statistik 10:** Schweregrad der Entkalkungen bei Sealing* Brackets* Prophylaxe

VIII Literaturverzeichnis

1. Saloum, F.S. & Sondhi, A. Preventing enamel decalcification after orthodontic treatment. *J Am Dent Assoc* **115**, 257-61 (1987).
2. Sudjalim, T.R., Woods, M.G., Manton, D.J. & Reynolds, E.C. Prevention of demineralization around orthodontic brackets in vitro. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **131**, 705 e1-9 (2007).
3. Lovrov, S., Hertrich, K. & Hirschfelder, U. Enamel Demineralization during Fixed Orthodontic Treatment - Incidence and Correlation to Various Oral-hygiene Parameters. *J Orofac Orthop* **68**, 353-63 (2007).
4. Bloom, R.H. & Brown, L.R., Jr. A Study of the Effects of Orthodontic Appliances on the Oral Microbial Flora. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* **17**, 658-67 (1964).
5. Gwinnett, A.J. & Ceen, R.F. Plaque distribution on bonded brackets: a scanning microscope study. *Am J Orthod* **75**, 667-77 (1979).
6. Featherstone, J.D. The science and practice of caries prevention. *J Am Dent Assoc* **131**, 887-99 (2000).
7. Featherstone, J.D. Caries detection and prevention with laser energy. *Dent Clin North Am* **44**, 955-69, ix (2000).
8. O'Reilly, M.M. & Featherstone, J.D. Demineralization and remineralization around orthodontic appliances: an in vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **92**, 33-40 (1987).
9. Tillery, T.J., Hembree, J.H., Jr. & Weber, F.N. Preventing enamel decalcification during orthodontic treatment. *Am J Orthod* **70**, 435-9 (1976).
10. Mizrahi, E. Enamel demineralization following orthodontic treatment. *Am J Orthod* **82**, 62-7 (1982).
11. Mizrahi, E. Surface distribution of enamel opacities following orthodontic treatment. *Am J Orthod* **84**, 323-31 (1983).
12. Gorelick, L., Geiger, A.M. & Gwinnett, A.J. Incidence of white spot formation after bonding and banding. *Am J Orthod* **81**, 93-8 (1982).
13. Zachrisson, B.U. [Cause and prevention of damage to teeth and supporting structures during orthodontic treatment]. *Riv Ital Stomatol* **46**, 45-59 (1977).
14. Artun, J. & Thylstrup, A. Clinical and scanning electron microscopic study of surface changes of incipient caries lesions after debonding. *Scand J Dent Res* **94**, 193-201 (1986).
15. Artun, J. & Brobakken, B.O. Prevalence of carious white spots after orthodontic treatment with multibonded appliances. *Eur J Orthod* **8**, 229-34 (1986).
16. Banks, P.A. & Richmond, S. Enamel sealants: a clinical evaluation of their value during fixed appliance therapy. *Eur J Orthod* **16**, 19-25 (1994).
17. Sudjalim, T.R., Woods, M.G. & Manton, D.J. Prevention of white spot lesions in orthodontic practice: a contemporary review. *Aust Dent J* **51**, 284-9; quiz 347 (2006).
18. Zachrisson, B.U. & Zachrisson, S. Caries incidence and oral hygiene during orthodontic treatment. *Scand J Dent Res* **79**, 394-401 (1971).
19. Zachrisson, B.U. & Zachrisson, S. Caries incidence and orthodontic treatment with fixed appliances. *Scand J Dent Res* **79**, 183-92 (1971).
20. Rosenbloom, R.G. & Tinanoff, N. Salivary Streptococcus mutans levels in patients before, during, and after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **100**, 35-7 (1991).

21. Weitman, R.T. & Eames, W.B. Plaque accumulation on composite surfaces after various finishing procedures. *Oral Health* **65**, 29-33 (1975).
22. Brusca, M.I., Chara, O., Sterin-Borda, L. & Rosa, A.C. Influence of different orthodontic brackets on adherence of microorganisms in vitro. *Angle Orthod* **77**, 331-6 (2007).
23. Parker, R.B. & Creamer, H.R. Contribution of plaque polysaccharides to growth of cariogenic microorganisms. *Arch Oral Biol* **16**, 855-62 (1971).
24. Berglund, L.J. & Small, C.L. Effective oral hygiene for orthodontic patients. *J Clin Orthod* **24**, 315-20 (1990).
25. Boyar, R.M., Thylstrup, A., Holmen, L. & Bowden, G.H. The microflora associated with the development of initial enamel decalcification below orthodontic bands in vivo in children living in a fluoridated-water area. *J Dent Res* **68**, 1734-8 (1989).
26. Thylstrup, A., Boyar, R.M., Holmen, L. & Bowden, G.H. A light and scanning electron microscopic study of enamel decalcification in children living in a water-fluoridated area. *J Dent Res* **69**, 1626-33 (1990).
27. Zachrisson, B. [Toothbrushing in patients with orthodontic appliances]. *Nor Tannlaegeforen Tid* **81**, 686-93 (1971).
28. Geiger, A.M., Gorelick, L., Gwinnett, A.J. & Griswold, P.G. The effect of a fluoride program on white spot formation during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **93**, 29-37 (1988).
29. Corbett, J.A. & Shannon, I.L. Prevention of decalcification in orthodontic patients: a preliminary clinical trial with a mixture of fluorides. *J Colo Dent Assoc* **58**, 16-7 (1980).
30. Ogaard, B. [Cariologic aspects of orthodontic treatment]. *Nor Tannlaegeforen Tid* **99**, 802-5 (1989).
31. Ogaard, B., Rolla, G., Arends, J. & ten Cate, J.M. Orthodontic appliances and enamel demineralization. Part 2. Prevention and treatment of lesions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **94**, 123-8 (1988).
32. Ogaard, B., Rolla, G. & Arends, J. Orthodontic appliances and enamel demineralization. Part 1. Lesion development. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **94**, 68-73 (1988).
33. Diedrich, P. Enamel alterations from bracket bonding and debonding: a study with the scanning electron microscope. *Am J Orthod* **79**, 500-22 (1981).
34. Ogaard, B., Rolla, G. & Arends, J. In vivo progress of enamel and root surface lesions under plaque as a function of time. *Caries Res* **22**, 302-5 (1988).
35. Gorton, J. & Featherstone, J.D. In vivo inhibition of demineralization around orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **123**, 10-4 (2003).
36. Ogaard, 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* **96**, 423-7 (1989).
37. Corbett, J.A., Brown, L.R., Keene, H.J. & Horton, I.M. Comparison of *Streptococcus mutans* concentrations in non-banded and banded orthodontic patients. *J Dent Res* **60**, 1936-42 (1981).
38. Geddes, D.A. Acids produced by human dental plaque metabolism in situ. *Caries Res* **9**, 98-109 (1975).
39. Paolantonio, M. et al. Clinical significance of *Actinobacillus actinomycetemcomitans* in young individuals during orthodontic treatment. A 3-year longitudinal study. *J Clin Periodontol* **24**, 610-7 (1997).
40. Diamanti-Kipiotti, A., Gusberty, F.A. & Lang, N.P. Clinical and microbiological effects of fixed orthodontic appliances. *J Clin Periodontol* **14**, 326-33 (1987).

41. Zachrisson, B.U. Cause and prevention of injuries to teeth and supporting structures during orthodontic treatment. *Am J Orthod* **69**, 285-300 (1976).
42. Alstad, S. & Zachrisson, B.U. Longitudinal study of periodontal condition associated with orthodontic treatment in adolescents. *Am J Orthod* **76**, 277-86 (1979).
43. Sakamaki, S.T. & Bahn, A.N. Effect of orthodontic banding on localized oral lactobacilli. *J Dent Res* **47**, 275-9 (1968).
44. Schlagenhaut, U., Tobien, P. & Engelfried, P. [Effects of orthodontic treatment on individual caries risk parameters]. *Dtsch Zahnärztl Z* **44**, 758-60 (1989).
45. Forsberg, C.M., Brattstrom, V., Malmberg, E. & Nord, C.E. Ligature wires and elastomeric rings: two methods of ligation, and their association with microbial colonization of *Streptococcus mutans* and lactobacilli. *Eur J Orthod* **13**, 416-20 (1991).
46. Ahn, S.J., Lim, B.S. & Lee, S.J. Prevalence of cariogenic streptococci on incisor brackets detected by polymerase chain reaction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **131**, 736-41 (2007).
47. Paolantonio, M. et al. Occurrence of *Actinobacillus actinomycetemcomitans* in patients wearing orthodontic appliances. A cross-sectional study. *J Clin Periodontol* **23**, 112-8 (1996).
48. Silverstone, L.M. Remineralization phenomena. *Caries Res* **11 Suppl 1**, 59-84 (1977).
49. König, K.G. *Karies und Parodontopathien*, 163-205 (Thieme, Stuttgart/New York, 1987).
50. Bowen, W.H. Dental caries. *N Y State J Med* **78**, 2278-9 (1978).
51. Featherstone, J.D. Prevention and reversal of dental caries: role of low level fluoride. *Community Dent Oral Epidemiol* **27**, 31-40 (1999).
52. Dijkman, A.G., Schuthof, J. & Arends, J. In vivo remineralization of plaque-induced initial enamel lesions--a microradiographic investigation. *Caries Res* **20**, 202-8 (1986).
53. Holmen, L., Thylstrup, A. & Artun, J. Surface changes during the arrest of active enamel carious lesions in vivo. A scanning electron microscope study. *Acta Odontol Scand* **45**, 383-90 (1987).
54. Holmen, L., Thylstrup, A. & Artun, J. Clinical and histological features observed during arrestment of active enamel carious lesions in vivo. *Caries Res* **21**, 546-54 (1987).
55. Silverstone, L.M. The effect of fluoride in the remineralization of enamel caries and caries-like lesions in vitro. *J Public Health Dent* **42**, 42-53 (1982).
56. Silverstone, L.M. Structure of carious enamel, including the early lesion. *Oral Sci Rev* **3**, 100-60 (1973).
57. Holmen, L., Thylstrup, A., Featherstone, J.D., Fredebo, L. & Shariati, M. A scanning electron microscopic study of surface changes during development of artificial caries. *Caries Res* **19**, 11-21 (1985).
58. Arends, J. & Christoffersen, J. The nature of early caries lesions in enamel. *J Dent Res* **65**, 2-11 (1986).
59. Groeneveld, A., Jongebloed, W. & Arends, J. The mineral content of decalcified surface enamel. A combined microprobe- quantitative microradiography study. *Caries Res* **8**, 267-74 (1974).
60. Silverstone, L.M. The surface zone in caries and in caries-like lesions produced in vitro. *Br Dent J* **125**, 145-57 (1968).
61. Silverstone, L.M., Hicks, M.J. & Featherstone, M.J. Dynamic factors affecting lesion initiation and progression in human dental enamel. Part I. The dynamic nature of enamel caries. *Quintessence Int* **19**, 683-711 (1988).

62. Silverstone, L.M., Hicks, M.J. & Featherstone, M.J. Dynamic factors affecting lesion initiation and progression in human dental enamel. II. Surface morphology of sound enamel and carieslike lesions of enamel. *Quintessence Int* **19**, 773-85 (1988).
63. Pitts, N.B. Clinical diagnosis of dental caries: a European perspective. *J Dent Educ* **65**, 972-8 (2001).
64. Stöber, L. et al. Leitlinie: Thema Fissurenversiegelung. 1-8 (2006).
65. Loesche, W.J., Svanberg, M.L. & Pape, H.R. Intraoral transmission of *Streptococcus mutans* by a dental explorer. *J Dent Res* **58**, 1765-70 (1979).
66. Loesche, W.J. & Straffon, L.H. Longitudinal investigation of the role of *Streptococcus mutans* in human fissure decay. *Infect Immun* **26**, 498-507 (1979).
67. van Dorp, C.S., Exterkate, R.A. & ten Cate, J.M. The effect of dental probing on subsequent enamel demineralization. *ASDC J Dent Child* **55**, 343-7 (1988).
68. Yassin, O.M. In vitro studies of the effect of a dental explorer on the formation of an artificial carious lesion. *ASDC J Dent Child* **62**, 111-7 (1995).
69. Stookey, G.K., Jackson, R.D., Zandona, A.G. & Analoui, M. Dental caries diagnosis. *Dent Clin North Am* **43**, 665-77, vi (1999).
70. Eccles, J.D. Dental erosion of nonindustrial origin. A clinical survey and classification. *J Prosthet Dent* **42**, 649-53 (1979).
71. Valena, V. & Young, W.G. Dentale Erosionsmuster durch Regurgitation von Magensäure und Erbrechen. *Aesthetische Zahnmedizin Europäisches Journal für Zahnmedizin* **11**, 40 (2005).
72. Harvey, W.J. & Powell, K.R. Care of dental enamel for the orthodontic patient. *Aust Orthod J* **7**, 70-6 (1981).
73. Vorhies, A.B., Donly, K.J., Staley, R.N. & Wefel, J.S. Enamel demineralization adjacent to orthodontic brackets bonded with hybrid glass ionomer cements: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **114**, 668-74 (1998).
74. Donly, K.J., Istre, S. & Istre, T. In vitro enamel remineralization at orthodontic band margins cemented with glass ionomer cement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **107**, 461-4 (1995).
75. Hu, W. & Featherstone, J.D. Prevention of enamel demineralization: an in-vitro study using light-cured filled sealant. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **128**, 592-600; quiz 670 (2005).
76. Gontijo, L., Cruz Rde, A. & Brandao, P.R. Dental enamel around fixed orthodontic appliances after fluoride varnish application. *Braz Dent J* **18**, 49-53 (2007).
77. Cacciafesta, V., Sfondrini, M.F., Tagliani, P. & Klersy, C. In-vitro fluoride release rates from 9 orthodontic bonding adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **132**, 656-62 (2007).
78. Benson, P.E., Shah, A.A. & Willmot, D.R. Measurement of white lesions surrounding orthodontic brackets: captured slides vs digital camera images. *Angle Orthod* **75**, 226-30 (2005).
79. Geiger, A.M., Gorelick, L., Gwinnett, A.J. & Benson, B.J. Reducing white spot lesions in orthodontic populations with fluoride rinsing. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **101**, 403-7 (1992).
80. Farrow, M.L., Newman, S.M., Oesterle, L.J. & Shellhart, W.C. Filled and unfilled restorative materials to reduce enamel decalcification during fixed-appliance orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **132**, 578 e1-6 (2007).
81. Todd, M.A., Staley, R.N., Kanellis, M.J., Donly, K.J. & Wefel, J.S. Effect of a fluoride varnish on demineralization adjacent to orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **116**, 159-67 (1999).

82. Ogaard, B., Larsson, E., Henriksson, T., Birkhed, D. & Bishara, S.E. Effects of combined application of antimicrobial and fluoride varnishes in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **120**, 28-35 (2001).
83. Paschos, E. et al. Investigation of shear-peel bond strength of orthodontic brackets on enamel after using Pro Seal. *J Orofac Orthop* **67**, 196-206 (2006).
84. Gaworski, M., Weinstein, M., Borislow, A.J. & Braitman, L.E. Decalcification and bond failure: A comparison of a glass ionomer and a composite resin bonding system in vivo. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **116**, 518-21 (1999).
85. Ashcraft, D.B., Staley, R.N. & Jakobsen, J.R. Fluoride release and shear bond strengths of three light-cured glass ionomer cements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **111**, 260-5 (1997).
86. Voss, A., Hickel, R. & Molkner, S. In vivo bonding of orthodontic brackets with glass ionomer cement. *Angle Orthod* **63**, 149-53 (1993).
87. Chatterjee, R. & Kleinberg, I. Effect of orthodontic band placement on the chemical composition of human incisor tooth plaque. *Arch Oral Biol* **24**, 97-100 (1979).
88. Ceen, R.F. & Gwinnett, A.J. White spot formation associated with sealants used in orthodontics. *Pediatr Dent* **3**, 174-8 (1981).
89. Posluns, J., Rossouw, P.E. & Leake, J. Enamel decalcification in orthodontics: a survey of Canadian orthodontists. *Ont Dent* **76**, 15-24 (1999).
90. Zachrisson, B.U. JCO/interviews Dr. Bjorn U. Zachrisson on iatrogenic damage in orthodontic treatment (part 1). Interview by Sidney Brandt. *J Clin Orthod* **12**, 102-13 (1978).
91. Zachrisson, B.U. JCO/interviews Dr. Bjorn U. Zachrisson on iatrogenic damage in orthodontic treatment (part 2). Interview by Sidney Brandt. *J Clin Orthod* **12**, 208-20 (1978).
92. Zachrisson, B.J. A posttreatment evaluation of direct bonding in orthodontics. *Am J Orthod* **71**, 173-89 (1977).
93. Buonocore, M.G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* **34**, 849-53 (1955).
94. Silverstone, L.M. Fissure sealants: the susceptibility to dissolution of acid-etched and subsequently abraded enamel in vitro. *Caries Res* **11**, 46-51 (1977).
95. Silverstone, L.M. Fissure sealants--2. *Dent Update* **4**, 73-83 (1977).
96. Cueto, E.I. & Buonocore, M.G. Sealing of pits and fissures with an adhesive resin: its use in caries prevention. *J Am Dent Assoc* **75**, 121-8 (1967).
97. Retief, D.H., Sorvas, P.G., Bradley, E.L., Taylor, R.E. & Walker, A.R. In vitro fluoride uptake, distribution and retention by human enamel after 1- and 24-hour application of various topical fluoride agents. *J Dent Res* **59**, 573-82 (1980).
98. Silverstone, L.M. Fissure sealants. Laboratory studies. *Caries Res* **8**, 2-26 (1974).
99. Reynolds, I.R. & von Fraunhofer, J.A. Direct bonding of orthodontic attachments to teeth: the relation of adhesive bond strength to gauze mesh size. *Br J Orthod* **3**, 91-5 (1976).
100. Fitzpatrick, D.A. & Way, D.C. The effects of wear, acid etching, and bond removal on human enamel. *Am J Orthod* **72**, 671-81 (1977).
101. Schmalz, G., Geurtsen, W. & Arenholt-Bindslev, D. Gesundheitsrisiken bei Füllungswerkstoffen. *Quintessenz* **57**, 555-565 (2006).
102. Albert, M. & Grenoble, D.E. An in-vivo study of enamel remineralization after acid etching. *J South Calif Dent Assoc* **39**, 747-51 (1971).
103. Gwinnett, A.J. & Gorelick, L. Microscopic evaluation of enamel after debonding: clinical application. *Am J Orthod* **71**, 651-65 (1977).
104. Zachrisson, B.U. & Arthun, J. Enamel surface appearance after various debonding techniques. *Am J Orthod* **75**, 121-7 (1979).

105. ten Cate, J.M. Current concepts on the theories of the mechanism of action of fluoride. *Acta Odontol Scand* **57**, 325-9 (1999).
106. Gwinnett, A.J. & Ceen, R.F. An ultraviolet photographic technique for monitoring plaque during direct bonding procedures. *Am J Orthod* **73**, 178-86 (1978).
107. Sukontapatipark, W., el-Agroudi, M.A., Selliseth, N.J., Thunold, K. & Selvig, K.A. Bacterial colonization associated with fixed orthodontic appliances. A scanning electron microscopy study. *Eur J Orthod* **23**, 475-84 (2001).
108. Pandis, N., Polychronopoulou, A. & Eliades, T. Self-ligating vs conventional brackets in the treatment of mandibular crowding: a prospective clinical trial of treatment duration and dental effects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **132**, 208-15 (2007).
109. Miles, P.G. Self-ligating vs conventional twin brackets during en-masse space closure with sliding mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **132**, 223-5 (2007).
110. Rinchuse, D.J. & Miles, P.G. Self-ligating brackets: present and future. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **132**, 216-22 (2007).
111. Angmar-Mansson, B., al-Khateeb, S. & Tranaeus, S. Monitoring the caries process. Optical methods for clinical diagnosis and quantification of enamel caries. *Eur J Oral Sci* **104**, 480-5 (1996).
112. Angmar-Mansson, B.E., al-Khateeb, S. & Tranaeus, S. Caries diagnosis. *J Dent Educ* **62**, 771-80 (1998).
113. Bengel, W. Aktuelle Aspekte der digitalen dentalen Fotografie. *Quintessence Int* **57**, 1201-1211 (2006).
114. Machen, D.E. Legal aspects of orthodontic practice: risk management concepts. Orthodontic treatment and facial appearance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **99**, 185-6 (1991).
115. Schulze, H.K. [Education in the company-owned educational workshop]. *Dent Labor (Munch)* **30**, 897-904 (1982).
116. Beckwith, F.R., Ackerman, R.J., Jr., Cobb, C.M. & Tira, D.E. An evaluation of factors affecting duration of orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **115**, 439-47 (1999).
117. Shia, G.J. Business principles in an orthodontic practice. Part II. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **90**, 513-8 (1986).
118. Shia, G.J. Business principles in an orthodontic practice. Part I. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **90**, 253-61 (1986).
119. Shia, G.J. Treatment overruns. *J Clin Orthod* **20**, 602-4 (1986).
120. Fink, D.F. & Smith, R.J. The duration of orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **102**, 45-51 (1992).
121. Basdra, E.K., Huber, H. & Komposch, G. Fluoride released from orthodontic bonding agents alters the enamel surface and inhibits enamel demineralization in vitro. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **109**, 466-72 (1996).
122. El-Mangoury, N.H. Orthodontic cooperation. *Am J Orthod* **80**, 604-22 (1981).
123. Nanda, R.S. & Kierl, M.J. Prediction of cooperation in orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **102**, 15-21 (1992).
124. Alger, D.W. Appointment frequency versus treatment time. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **94**, 436-9 (1988).
125. Zimmer, B. Systematic decalcification prophylaxis during treatment with fixed appliances. *J Orofac Orthop* **60**, 205-14 (1999).
126. Dyer, G.S., Harris, E.F. & Vaden, J.L. Age effects on orthodontic treatment: adolescents contrasted with adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **100**, 523-30 (1991).

127. Vig, P.S., Weintraub, J.A., Brown, C. & Kowalski, C.J. The duration of orthodontic treatment with and without extractions: a pilot study of five selected practices. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **97**, 45-51 (1990).
128. Retief, D.H., Cleaton-Jones, P.E. & Walker, A.R. Dental caries and sugar intake in South African pupils of 16 to 17 years in four ethnic groups. *Br Dent J* **138**, 463-9 (1975).
129. Grewe, J.M. & Hermanson, P.C. Influence of severity of malocclusion on the duration of orthodontic treatment. *Am J Orthod* **63**, 533-6 (1973).
130. Tübingen, A.f.K.d.E.-K.-U. Anonymer Fragebogen zur Compliance während der festsitzenden kieferorthopädischen Behandlung in *Poster der Universität Tübingen bei der 77. wissenschaftlichen Jahrestagung der DGKFO 2004 in Freiburg* (2004).
131. Benitez, C., O'Sullivan, D. & Tinanoff, N. Effect of a preventive approach for the treatment of nursing bottle caries. *ASDC J Dent Child* **61**, 46-9 (1994).
132. Starnbach, H.K. & Kaplan, A. Profile of an excellent orthodontic patient. *Angle Orthod* **45**, 141-5 (1975).
133. Stratemann, M.W. & Shannon, I.L. Control of decalcification in orthodontic patients by daily self-administered application of a water-free 0.4 per cent stannous fluoride gel. *Am J Orthod* **66**, 273-9 (1974).
134. Shannon, I.L. & McCartney, J.C. Presweetened dry breakfast cereals: potential for dental danger. *ASDC J Dent Child* **48**, 215-8 (1981).
135. Kreit, L.H., Burstone, C. & Delman, L. Patient cooperation in orthodontic treatment. *J Am Coll Dent* **35**, 327-32 (1968).
136. Lewit, D.W. & Virolainen, K. Conformity and independence in adolescents' motivation for orthodontic treatment. *Child Dev* **39**, 1188-200 (1968).
137. Slakter, M.J., Albino, J.E., Fox, R.N. & Lewis, E.A. Reliability and stability of the orthodontic Patient Cooperation Scale. *Am J Orthod* **78**, 559-63 (1980).
138. Addy, M. Plaque control as a scientific basis for the prevention of dental caries. *J R Soc Med* **79 Suppl 14**, 6-10 (1986).
139. Addy, M. et al. Prevalence of plaque, gingivitis and caries in 11-12-year-old children in South Wales. *Community Dent Oral Epidemiol* **14**, 115-8 (1986).
140. Womack, W.R. & Guay, A.H. Comparative cleansing efficiency of an electric and a manual toothbrush in orthodontic patients. *Angle Orthod* **38**, 256-67 (1968).
141. Lindhe, J., Koch, G. & Mansson, U. The effect of supervised oral hygiene on the gingiva of children. Effect of mouth rinsings. *J Periodontal Res* **1**, 268-75 (1966).
142. Kilicoglu, H., Yildirim, M. & Polater, H. Comparison of the effectiveness of two types of toothbrushes on the oral hygiene of patients undergoing orthodontic treatment with fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **111**, 591-4 (1997).
143. Feliu, J.L. Long-term benefits of orthodontic treatment on oral hygiene. *Am J Orthod* **82**, 473-7 (1982).
144. Clark, J.R. Oral hygiene in the orthodontic practice: Motivation, responsibilities, and concepts. *Am J Orthod* **69**, 72-82 (1976).
145. Keyes, P.H. Present and future measures for dental caries control. *J Am Dent Assoc* **79**, 1395-404 (1969).
146. Balenseifen, J.W. & Madonia, J.V. Study of dental plaque in orthodontic patients. *J Dent Res* **49**, 320-4 (1970).
147. Bishara, S.E., Oonsombat, C., Soliman, M.M. & Warren, J. Effects of using a new protective sealant on the bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod* **75**, 243-6 (2005).
148. Yeung, S.C., Howell, S. & Fahey, P. Oral hygiene program for orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **96**, 208-13 (1989).

149. Hotz, P.R. [Prevention of caries and gingivitis in orthodontic treatment]. *SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* **92 Spec No**, 880-8 (1982).
150. Gottlieb, E.L., Nelson, A.H. & Vogels, D.S., 3rd. 1996 JCO Study of Orthodontic Diagnosis and Treatment Procedures. Part 1. Results and trends. *J Clin Orthod* **30**, 615-29 (1996).
151. Finger, W. & Dreyer Jorgensen, K. [Inhibition of polymerization by oxygen in composite filling materials and enamel sealers]. *SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* **86**, 812-24 (1976).
152. Ceen, R.F. & Gwinnett, A.J. Microscopic evaluation of the thickness of sealants used in orthodontic bonding. *Am J Orthod* **78**, 623-9 (1980).
153. Ceen, R.F. & Gwinnett, A.J. Indelible iatrogenic staining of enamel following debonding. A case report. *J Clin Orthod* **14**, 713-5 (1980).
154. Zachrisson, B.U., Heimgard, E., Ruyter, I.E. & Mjor, I.A. Problems with sealants for bracket bonding. *Am J Orthod* **75**, 641-9 (1979).
155. Vahl, J. & Wosiewitz, U. [Sealing dental enamel by means of photopolymerisable adhesives under exposure lasers light]. *Dtsch Zahnarztl Z* **31**, 835-9 (1976).
156. Vahl, J. & Wosiewitz, U. [Ultrastructure of conditioned enamel surfaces and their adhesive matrices in dental enamel sealing]. *Dtsch Zahnarztl Z* **31**, 35-46 (1976).
157. Joseph, V.P. & Rossouw, P.E. The shear bond strengths of stainless steel orthodontic brackets bonded to teeth with orthodontic composite resin and various fissure sealants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **98**, 66-71 (1990).
158. Coreil, M.N., McInnes-Ledoux, P., Ledoux, W.R. & Weinberg, R. Shear bond strength of four orthodontic bonding systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **97**, 126-9 (1990).
159. Sonis, A.L. & Snell, W. An evaluation of a fluoride-releasing, visible light-activated bonding system for orthodontic bracket placement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **95**, 306-11 (1989).
160. Lovius, B.B., Pender, N., Hewage, S., O'Dowling, I. & Tomkins, A. A clinical trial of a light activated bonding material over an 18 month period. *Br J Orthod* **14**, 11-20 (1987).
161. Crismani, A.G., Bernhart, T., Bantleon, H.P. & Kucher, G. An innovative adhesive procedure for connecting transpalatal arches with palatal implants. *Eur J Orthod* **27**, 226-30 (2005).
162. Kim, S.S. et al. Enamel surface evaluation after removal of orthodontic composite remnants by intraoral sandblasting: a 3-dimensional surface profilometry study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **132**, 71-6 (2007).
163. Wenderoth, C.J., Weinstein, M. & Borislow, A.J. Effectiveness of a fluoride-releasing sealant in reducing decalcification during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **116**, 629-34 (1999).
164. Beltran-Aguilar, E.D., Goldstein, J.W. & Lockwood, S.A. Fluoride varnishes. A review of their clinical use, cariostatic mechanism, efficacy and safety. *J Am Dent Assoc* **131**, 589-96 (2000).
165. Corry, A., Millett, D.T., Creanor, S.L., Foye, R.H. & Gilmour, W.H. Effect of fluoride exposure on cariostatic potential of orthodontic bonding agents: an in vitro evaluation. *J Orthod* **30**, 323-9; discussion 298-9 (2003).
166. Turner, P.J. The clinical evaluation of a fluoride-containing orthodontic bonding material. *Br J Orthod* **20**, 307-13 (1993).
167. Trimpeneers, L.M., Verbeeck, R.M., Dermaut, L.R. & Moors, M.G. Comparative shear bond strength of some orthodontic bonding resins to enamel. *Eur J Orthod* **18**, 89-95 (1996).

168. Trimpeneers, L.M. & Dermaut, L.R. A clinical evaluation of the effectiveness of a fluoride-releasing visible light-activated bonding system to reduce demineralization around orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **110**, 218-22 (1996).
169. Ogaard, B., Larsson, E., Glans, R., Henriksson, T. & Birkhed, D. Antimicrobial effect of a chlorhexidine-thymol varnish (Cervitec) in orthodontic patients. A prospective, randomized clinical trial. *J Orofac Orthop* **58**, 206-13 (1997).
170. Joseph, V.P., Rossouw, P.E. & Basson, N.J. Do sealants seal? An SEM investigation. *J Clin Orthod* **26**, 141-4 (1992).
171. Davidson, C.L. & Bekke-Hoekstra, I.S. The resistance of superficially sealed enamel to wear and carious attack in vitro. *J Oral Rehabil* **7**, 299-305 (1980).
172. Buonocore, M.G., Matsui, A. & Gwinnett, A.J. Penetration of resin dental materials into enamel surfaces with reference to bonding. *Arch Oral Biol* **13**, 61-70 (1968).
173. Younis, O., Hughes, D.O. & Weber, F.N. Enamel decalcification in orthodontic treatment. *Am J Orthod* **75**, 678-81 (1979).
174. Arana, E.M. Clinical observations of enamel after acid-etch procedure. *J Am Dent Assoc* **89**, 1102-6 (1974).
175. Kochavi, D., Gedalia, I. & Anaise, J. Effect of conditioning with fluoride and phosphoric acid on enamel surfaces as evaluated by scanning electron microscopy and fluoride incorporation. *J Dent Res* **54**, 304-9 (1975).
176. Asmussen, E. & Munksgaard, E.C. Bonding of restorative resins to dentine promoted by aqueous mixtures of aldehydes and active monomers. *Int Dent J* **35**, 160-5 (1985).
177. Maijer, R. & Smith, D.C. Corrosion of orthodontic bracket bases. *Am J Orthod* **81**, 43-8 (1982).
178. Maijer, R. & Smith, D.C. Biodegradation of the orthodontic bracket system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **90**, 195-8 (1986).
179. Maijer, R. & Smith, D.C. Crystal growth on the outer enamel surface--an alternative to acid etching. *Am J Orthod* **89**, 183-93 (1986).
180. Frazier, M.C., Southard, T.E. & Doster, P.M. Prevention of enamel demineralization during orthodontic treatment: an in vitro study using pit and fissure sealants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* **110**, 459-65 (1996).

IX Danksagung

Besonderer Dank gilt Prof. Dr. Dr. Göz, der im 6. Semester durch seine Vorlesung „Einführung in die Kieferorthopädie“ mein Interesse an diesem Fach weckte und der mich im Verlauf dieser Arbeit immer unterstützt hat.

Des Weiteren wäre meine Doktorarbeit nicht ohne Frau Dr. Nina Heinig entstanden, die sich unermüdlich und fachlich kompetent für ihr Gelingen einsetzte. Ihr Engagement für die Kieferorthopädie, welche in ihrer Praxis umgesetzt wird, sind bemerkenswert und mir ein Vorbild.

Dank gilt auch dem gesamten Praxispersonal, vor allem Frau Schönwälder, welche die Koordination der zu untersuchenden Patienten organisierte, sowie Dr. Michael Hück, der mich tatkräftig bei der Beurteilung der Patienten unterstützte.

Herrn Vonthein von der Biometrie in Tübingen verdanke ich eine statistisch profunde Arbeit.

Ohne meine Eltern wäre nie die Erfüllung meines Traumes möglich gewesen.

Nicht missen möchte ich die Unterstützung durch Jörg.

X Lebenslauf

Name: Amely Gundula Hartmann
Geboren am: 10. August 1983

Ausbildung

1989 – 1993 Grundschole Engelsbrand
1993 – 2002 Reuchlin – Gymnasium in Pforzheim
Juni 2002 Abitur am Reuchlin – Gymnasium Pforzheim, Preis
der Stadt Pforzheim, Fachpreis Bildende Kunst,
Schulpreis

Studium

WS 2002 Studienbeginn der Zahnmedizin an der Eberhard-
Karls- Universität in Tübingen
22.09.2003 Vorphysikum
23.03.2005 Physikum
20.11.2007 Staatsexamen Zahnmedizin
Seit März 2008 Praxis Dr. Silke Stuff, Pforzheim

Veröffentlichungen zum Thema

Poster der Promotionsergebnisse "On the efficacy of the sealant (Light Bond®) as decalcification protection in multiband therapy", veröffentlicht auf der Jahrestagung der DGKFO 2007

Veröffentlichung des Artikels „Effektivität einer Glattflächenversiegelung – Untersuchung über die Effektivität einer Glattflächenversiegelung (Light Bond®) als Schutz vor Entkalkungen während Multibrackettherapie“ Juni 2008 im Journal of Orofacial Orthopedics/ Fortschritte der Kieferorthopädie