

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktorin: Prof. Dr. med. dent. Andrea Wichelhaus

**BRACKETVERLUSTRATE UND EFFIZIENZ DER PRÄVENTION
VON SCHMELZDEMINERALISATIONEN BEI VERWENDUNG VON
FLUORIDFREISETZENDEN
SELF-ETCHING PRIMERN**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von
Natalia Kurochkina

Kiew

2009

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. I. Rudzki-Janson

Mitberichterstatter: Priv. Doz. Dr. Jan Kühnisch

Prof. Dr. Daniel Edelhoff

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Dr. E. Paschos

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 20.07.2009

In Dankbarkeit
meinen Eltern und meiner lieben Oma gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	LITERATURÜBERSICHT.....	3
	<i>2.1 Demineralisation.....</i>	<i>3</i>
	<i>2.2 Self-etching Primer (SEP).....</i>	<i>9</i>
	2.2.1 Wirkungsweise.....	9
	2.2.2 Vorteile	9
	2.2.3 Verwendete SEP	12
	2.2.4 Durch SEP erzielte Haftwerte	14
	2.2.4.1 Untersuchungen in vitro.....	15
	2.2.4.2 Untersuchungen in vivo.....	16
	<i>2.3 Kariesdiagnostik.....</i>	<i>17</i>
	2.3.1 Quantitative Licht-induzierte Fluoreszenzmessung (QLF)	19
	2.3.2 Diagnodent: Laser-induzierte Fluoreszenz	20
	2.3.3 Fieberoptiktransillumination (FOTI)	22
3	FRAGESTELLUNG	23
4	MATERIAL UND METHODE	24
	<i>4.1 Probanden</i>	<i>24</i>
	<i>4.2 Material</i>	<i>25</i>
	<i>4.3 Methoden.....</i>	<i>26</i>

4.4	<i>Hypothese, Fallberechnung und statistische Methoden</i>	31
4.4.1	Hypothese	31
4.4.2	Fallzahlberechnung	31
4.4.3	Statistische Methoden	31
5	ERGEBNISSE	33
6	DISKUSSION	39
6.1	<i>Diskussion von Material und Methoden</i>	39
6.1.1	Studiendesign	39
6.1.2	Self-Etching Primer (SEP)	40
6.2	<i>Diskussion der Ergebnisse</i>	42
7	SCHLUSSFOLGERUNG	50
8	ZUSAMMENFASSUNG	51
9	LITERATURVERZEICHNIS	53
10	DANKSAGUNG	71
11	LEBENS LAUF	72

1 Einleitung

Die konventionelle Adhäsivtechnik gilt heute als Standardverfahren bei der Bracketbefestigung. Basierend auf dem 1955 von *Buonocore* beschriebenen Verfahren führte *Newman* 1965 die Adhäsivtechnik erstmalig in die Kieferorthopädie ein (*Buonocore* 1955; *Newman* 1965). Parallel zur konventionellen Technik werden zahlreiche Studien durchgeführt, um alternative Konditionierungsmethoden zu testen, die einerseits eine klinisch ausreichende Haftung und andererseits eine verminderte Ätztiefe aufweisen sowie die zur adhäsiven Behandlung notwendigen Arbeitsschritte reduzieren (*Hannig et al.* 1999; *Perdigao et al.* 1997).

Die Verbundfestigkeit zwischen Bracket und Zahnoberfläche ist ein wichtiger Parameter im Verlauf der kieferorthopädischen Behandlung und von maßgeblicher Bedeutung für den Behandlungserfolg. Dabei wird einerseits auf eine große Verbundfestigkeit Wert gelegt, andererseits jedoch sollen die Brackets ohne Schmelzausrisse beim Debonding entfernt werden können. Zudem ist ein möglichst geringer Verbleib an Restadhäsiv wünschenswert, um den Aufwand an Politur zu verringern und dadurch eine Schmelzschädigung durch die rotierenden Instrumente beim Säubern der Schmelzoberfläche zu vermeiden.

Im Bereich der Zahnerhaltung konnten sich in den letzten Jahren zahlreiche selbstkonditionierende Adhäsive etablieren, die eine vereinfachte Applikationsprozedur bereits umsetzen (*Hannig et al.* 1999; *Tay et al.* 2001).

Die Self-Etching-Technik bietet eine Vereinfachung der Zahnkonditionierung mit sauren hydrophilen Monomeren. Diese sind in der Lage, gleichzeitig die Zahnoberfläche auch zu konditionieren (*Buyukyilmaz et al.* 2003; *Ernst et al.* 2004; *Fritz et al.* 2001; *Holzmeier et al.* 2006).

Während der kieferorthopädischen Behandlung findet man eine erhöhte Akkumulation an Plaque um die Bracketbasis herum (*Gorelick et al.* 1982; *Sukontapatipark et al.* 2001). Dies kann zur Demineralisation des umliegenden Zahnschmelzes führen (*Gorelick et al.* 1982; *Artun et al.* 1986; *Ogaard et al.* 2006; *Ogaard et al.* 1989) und stellt ein Problem in der Kieferorthopädie dar, welches immer noch eine sehr hohe klinische Relevanz besitzt. Präventive Maßnahmen, die nicht der Mitarbeit der Patienten bedürfen, scheinen geeigneter zu sein für die Patienten, die kieferorthopädisch behandelt werden müssen, da

diese Patientengruppe meist aus Jugendlichen besteht. Bei der Entwicklung von Bondingmaterialien (Adhäsive) konzentriert man sich daher darauf, dass sie protektive Eigenschaften besitzen, um die Entstehung von Karies zu vermeiden. In den letzten Jahren wurde immer mehr darauf geachtet, dass sie als zusätzliche Quelle für die Fluoridabgabe dienen, je nach dem welcher Substanzgruppe sie angehören (Basdra *et al.* 1996; Cain *et al.* 2006; Cohen *et al.* 2003; Donly *et al.* 1995; Gorton *et al.* 2003; Rix *et al.* 2001; Soliman *et al.* 2006; Staley *et al.* 2004; Trimpeneers *et al.* 1998; Wheeler *et al.* 2002; Xu *et al.* 2007). Ein möglicher präventiver Effekt von Adhäsiven, die letztendlich um die Bracketbasis herum wirken sollen, wurde schon *in vitro* (Chung *et al.* 1998; Corry *et al.* 2003; Hu *et al.* 2005; Vorhies *et al.* 1998) und *in vivo* (Gorton *et al.* 2003; Rix *et al.* 2001) getestet.

2 Literaturübersicht

2.1 Demineralisation

Ein erhöhtes Kariesrisiko und damit die Gefahr der Entstehung von Demineralisationen, bedingt durch eine erschwerte Mundhygiene und vermehrten Retentionsflächen, ist einer der gravierenden möglichen negativen Nebeneffekte, die bei der Behandlung mit einer festsitzenden kieferorthopädischen Apparatur auftreten können (Balenseifen und Madonia 1970; Mattingly *et al.* 1983; Sheie *et al.* 1984; Oggard *et al.* 2001).

Die Demineralisation des Zahnschmelzes – auf Grund der klinischen Erscheinung der beginnenden Schmelzkaries auch als white-spot bekannt – entsteht, wenn sich bakterieller Plaque auf der Zahnschmelzoberfläche langwierig festhält. Die white-spots werden durch einen Demineralisationsprozess verursacht. Entwicklungsbedingte Schmelzunregelmäßigkeiten müssen differentialdiagnostisch abgegrenzt werden, da diese auch im labiogingivalen Bereich vorkommen und mit Demineralisationen verwechselt werden können.

Zahnschmelzdemineralisationen können während einer kieferorthopädischen Behandlung auftreten. Insbesondere trifft dies bei der festsitzenden Behandlung zu, da es durch die Brackets und die übrigen kieferorthopädischen Elemente zu einer erhöhten Plaqueakkumulation kommt.

Mit der Weiterentwicklung der Klebetechnik für Brackets sind zusätzliche präventive Maßnahmen möglich geworden. Auf Grund der Fluoridabgabe der Adhäsive mit ihrer Weiterentwicklung erhielt die Prävention von solchen iatrogenen Schäden eine zunehmende Aufmerksamkeit (Gorelick *et al.* 1982).

Um die Prävalenz von white-spot Läsionen während der kieferorthopädischen Behandlung festzustellen, wurde in einer randomisierten Studie einer Kontrollgruppe aus unbehandelten, kieferorthopädisch behandelte Patienten gegenübergestellt. Das Vorkommen von Schmelzdemineralisation bei den mit Multibandapparatur behandelten Patienten wurde nach dem Entfernen der Apparatur erhoben. Die Ergebnisse zeigten, dass Entkalkungen auf den labialen (bukkalen) Flächen der Zähne während der festsitzenden kieferorthopädischen Behandlung ein Problem mit hoher klinischer

Bedeutung darstellen. 3,6% der Zähne hatten in der Kontrollgruppe white-spots, 10% wiesen nach der kieferorthopädischen Behandlung white-spots auf; 50% der Patienten hatten sogar vor Behandlung white-spots, die eine Verschlechterung nach der festsitzenden kieferorthopädischen Behandlung zeigten. Bestimmte Flächen wiesen eine Prädisposition zur white-spot-Entstehung. Es wurde festgestellt, dass die lateralen Schneidezähne im Oberkiefer dreimal so häufig white-spots im Vergleich zu den zentralen Schneidezähnen aufwiesen, ganz gleich ob sie beklebt oder mit den Bändern versehen worden waren. Keinen Unterschied gab es bezüglich der Behandlungsdauer. Dabei wurde eine kurze Behandlungsdauer, die zwischen 12 und 16 Monaten und eine längere, die als über 36 Monate definiert worden war, miteinander verglichen (Gorelick *et al.* 1982).



Abbildungen 1a, 1b: White-spot Läsionen mit Einbruch der pseudointakten Oberfläche. (Fotos: Paschos)

Eine andere klinische Studie der norwegischen Gruppe (Ogaard *et al.* 1988) führte eine experimentelle Untersuchung bezüglich der Entstehung von kariösen Läsionen in Verbindung mit einer festsitzenden Apparatur durch. Es wurden speziell konzipierte kieferorthopädische Bänder zur Plaqueakkumulation auf den Prämolaren befestigt, welche im Rahmen dieser Behandlung extrahiert werden mussten. Sichtbare white-spot-Läsionen wurden innerhalb von vier Wochen trotz Anwesenheit von externer Fluoridzufuhr erfassbar. Beide Untersuchungsmethoden – Mikroradiographie und SEM (Stereo-Elektronen-Mikroskopie) – wiesen eine Aufweichung des Zahnschmelzes auf. Diese Studie zeigt, dass die Schmelzdemineralisation mit einer festsitzenden Apparatur in Verbindung gebracht werden kann und dass es sich um einen extrem schnellen Prozess handelt, was durch eine hohe und kontinuierlich kariogene Plaqueansammlung um das Bracket herum und durch schlecht sitzende Bänder bedingt ist. Eine sorgfältige Kontrolle

der festsitzenden Apparatur bei jedem Besuch und zusätzliche präventive Maßnahmen sind daher erforderlich.

Im Jahre 1989 untersuchte die Arbeitsgruppe um *Ogaard* dann das Vorkommen von gefüllten Flächen bei Personen im Alter zwischen 10 bis 18 Jahren. Das Ziel der Studie war es, die Lokalisation von gefüllten Flächen im bleibenden Gebiss bei kieferorthopädisch behandelten und unbehandelten Patienten im Alter von zehn Jahren vor Behandlung und bis zum 18. Lebensjahr, einschließlich fünf Jahre nachdem die Apparatur entfernt wurde, zu erfassen. Die Kontrollgruppe von unbehandelten Patienten zeigte eine gleiche Altersverteilung. Es wurde kein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Anzahl an gefüllten Flächen zwischen den Gruppen in diesem Alter gefunden. Das Vorkommen der gefüllten Flächen im Alter von 10 bis 18 Jahre betrug 6,34 in der behandelten Gruppe und sogar 7,22 in der unbehandelten Gruppe. Die am häufigsten gefüllten Flächen waren die okklusalen Flächen insbesondere die Fissuren bei den ersten Molaren, was schon im Alter von zehn Jahren deutlich wurde. Diese Studie ergab, dass bei Patienten mit relativ niedriger Kariesaktivität eine Fluoridprophylaxe ausreichend ist, um die Entwicklung von Kariesläsionen und die folgende Füllungsnotwendigkeit während und nach einer kieferorthopädischen Behandlung zu vermeiden.

In einer weiteren Studie untersuchten die gleichen Autoren die Prävalenz von white-spot-Läsionen auf den vestibulären Zahnflächen bei 19-jährigen Probanden, die eine kieferorthopädische Behandlung benötigten, im Vergleich zu einer Kontrollgruppe im gleichen Alter. Bei den 51 behandelten und 47 unbehandelten Personen, die über einen Zeitraum von durchschnittlich 5,7 Jahren nachdem eine Multibracketapparatur entfernt wurde, beobachtet wurden, waren die Mittelwerte an white-spot-Läsionen in der behandelten Gruppe signifikant höher im Vergleich zur Kontrollgruppe. Die höchste Prävalenz wurde für die ersten Molaren in beiden Gruppen registriert. In der behandelten Gruppe waren auch die Eckzähne und Prämolaren im Oberkiefer betroffen. Die Ergebnisse zeigten, dass die white-spot-Läsionen nach einer kieferorthopädischen Behandlung auch ein ästhetisches Problem darstellen, welches sogar fünf Jahre nach der Behandlung noch zu erfassen ist (*Ogaard 1989*). Die Autoren sind überzeugt, dass die regelmäßige Verwendung von fluoridhaltiger Zahnpasta und einer Mundspüllösung während einer kieferorthopädischen Behandlung zur Prävention von white-spot-Läsionen beiträgt.

In einer weiteren Studie (Ogaard *et al.* 1996) wurden zwei Methoden zur Bestimmung der Läsionsgröße untersucht: Transverse Mikroradiographie (TMR) und Confocal Laser scanning Mikroskopie (CLSM). Bei *in vivo* verursachten Läsionen mit und ohne Anwendung eines Fluorid-Lackes wurden kieferorthopädische Bänder an Prämolaren befestigt, die später aus kieferorthopädischen Gründen entfernt werden mussten. Diese Untersuchung bestand aus zwei Teilen. Zu Beginn wurden white-spot-Läsionen kreiert und an einem der Zähne jedes Patienten wurde lokal der Fluorid-Lack Duraphat appliziert, wobei der kontralaterale Zahn als unbehandeltes Kontrollobjekt diente. Alle Zähne wurden nach vier Wochen extrahiert. Das Ausmaß der Läsionen wurde zwischen beiden Gruppen verglichen. Es konnte gezeigt werden, dass bei Anwendung von Duraphat die Läsionen um 48% im Vergleich zur Kontrollgruppe verringert wurden. Die Applikationen von Duraphat verhinderten die weitere Entwicklung der Läsionen.

Mittels einer ausführlichen Literaturübersicht konnten Ansätze dafür gefunden werden, dass eine tägliche Anwendung einer Mundspüllösung mit Natriumfluorid jedoch am effektivsten wirkt (Benson *et al.* 2004; Benson *et al.* 2005).

Eine weitere randomisierte, prospektive, klinische Untersuchung von skandinavischen Wissenschaftlern (Ogaard *et al.* 2001) zeigte eine positive Auswirkung der kombinierten Anwendung eines antimikrobiellen Lackes in Verbindung mit einem fluoridhaltigen Lack bei kieferorthopädischen Patienten. Der antimikrobiell wirkende Lack verringerte signifikant die Zahl der Mutansstreptokokken in der Plaque innerhalb der ersten 48 Wochen der Behandlung. Es gab einen klaren Trend, dass diese Kombination viel effektiver gegen das Vorkommen von neuen Läsionen an den Oberkiefer Inzisivi ist als die alleinige Gabe dieser Präparate.

Eine gute Mundhygiene und Fluoride stellen einen synergetischen Effekt auf die Kariesentwicklung bei kieferorthopädischen Patienten dar. Das Fehlen einer adäquaten Mundhygiene, wie es oftmals bei pubertierenden Jugendlichen vorkommt, führt zu einer erhöhten Plaqueakkumulation um die Brackets und einer gingivalen Entzündung an den Labial- und auch vornehmlich an den Approximalflächen (Dietrich 1981). In seiner Studie hat Dietrich 38 Patienten untersucht, die kieferorthopädisch mit einer festsitzenden Apparatur behandelt worden waren (Metall- und Kunststoffbrackets). Als Folge der PlaqueRetention wiesen 17,1% der Zähne stellenweise linienförmige, kreibige Schmelzverfärbungen auf; in zwei Fällen waren kariöse Defekte entstanden. Diese Arbeit

unterstreicht die zentrale Bedeutung der Plaquekontrolle, die bei der Instruktion der Patienten am Anfang sowie während der Behandlung als Ziel gesetzt werden muss. Um Läsionen vorzubeugen, wird zu der täglichen Zahnreinigung eine zusätzliche Verwendung von fluoridierten Mundspülungen empfohlen. Diese konnten positive Ergebnisse in der Prävention der Entstehung von Entkalkungen zeigen (Benson *et al.* 2004; Geiger *et al.* 1992; Geiger *et al.* 1988). Die regelmäßige Anwendung einer 0,05% Natrium-fluoridhaltigen Mundspülung während der kieferorthopädischen Behandlung konnte eine statistisch signifikante Reduktion von white-spot-Läsionen (Geiger *et al.* 1992) zeigen. Sogar die einmalige Anwendung eines Fluorid-Gels unmittelbar nach der Entfernung der Multibracketapparatur zeigte einen Effekt hinsichtlich der Eindämmung von schon vorhandenen white-spot-Läsionen (Geiger *et al.* 1988). Allerdings findet bei mangelnder Kooperation (Geiger *et al.* 1992) auch eine zusätzliche Verordnung einer Mundspülung in der Regel keinen großen Anklang. Präventive Maßnahmen, die nicht die Mitarbeit des Patienten benötigen, scheinen daher angebrachter zu sein.

Die professionelle Applikation von Fluorid-Lacken zeigte in früheren Untersuchungen eine effektive Reduktion der Prävalenz von Demineralisationen.

In einer *in vitro* Studie (Todd *et al.* 1999) wurde der Effekt eines Fluorid-Lackes (Duraflor) bezüglich seiner Fähigkeit, die Demineralisationen um die Brackets herum zu hemmen, untersucht. Die Zähne, die mit diesem Lack behandelt worden waren, zeigten 50% weniger Demineralisationen als die beiden anderen Gruppen (Kontroll- und Placebogruppe).

Allerdings die *in vitro* Untersuchung von Schmit *et al.* zeigen (2002), dass die Anwendung von Fluorid-Lacken die Entstehung von Demineralisationen nicht komplett verhindert konnte. Dafür schienen diese in der Reduktion von schon etablierten Läsionen nützlich zu sein.

Auf Grund der nur kurzzeitigen Freisetzung einer hohen Dosis an Fluoriden hat sich diese Methode für die Kariesprävention und insbesondere auch für die Remineralisation von schon vorhandenen Läsionen, den so genannten white-spots, jedoch nicht bewährt (Gorton *et al.* 2003; Oggard *et al.* 1984). Denn eine fortwährende, niedrig dosierte Gabe von Fluorid konnte in Untersuchungen einen größeren kariostatischen Effekt im Vergleich zu einzelnen hoch dosierten Applikationen zeigen (Brown *et al.* 1977; Corry *et al.* 2003).

Um die Probleme der mangelnden Mundhygiene und entsprechenden Mitarbeit der Patienten mit Multibracketapparatur und die Behandlungsintervalle, die oft länger als vier Wochen sind, zu umgehen, haben die Hersteller Fluoride in die kieferorthopädischen Befestigungsadhäsive eingeführt, um eine Reduktion des Risiko der Entstehung von Zahnschmelzdemineralisationen um die Brackets herum zu erzielen. So konnte mittels der *in vivo* Studie von *Gorton* und *Featherstone* (2003) festgestellt werden, dass die Anwendung eines Glasionomerzementes signifikant karieshemmender wirkte als das bei der Kontrollgruppe angewandte Komposit, welches kein Fluorid enthielt. Der kariostatische Effekt wurde im Bracketumfeldbereich lokalisiert und erwies sich erst nach vier Wochen als statistisch signifikant.

In der Untersuchung von *Corry et al.* (2003) wurden die besten Ergebnisse mit dem kunststoffmodifizierten Glasionomerzement, der eine Fluoridabgabe aufweist, erzielt.

In der von *Basdra et al.* (1996) durchgeführten *in vitro* Untersuchung zweier fluoridabgebender kieferorthopädischer Materialien im Vergleich zu konventionellen Adhäsiven wurde festgestellt, dass diese fluoridfreisetzende Klebesysteme nur für einen begrenzten Zeitraum (circa drei Monate) einen zusätzlichen Grad an Schutz gegen Karies aufweisen. *Donly et al.* (1995) bestätigten mittels einer *in vitro* Untersuchung eines fluoridabgebenden Glasionomerzementes, dass eine statistisch signifikante Reduktion der Läsionen ($P < 0,005$) bei Anwendung dieses Adhäsives zu verzeichnen ist.

In einer weiteren *in vitro* Studie von *Wheeler et al.* (2002) wurden drei verschiedene kieferorthopädische Adhäsive – der kunststoffmodifizierte Glasionomerzement (RMGI), das polyacidmodifizierte Komposit (PMCR) und als Kontrolle das Komposit TransbondTM XT – hinsichtlich ihrer Fluoridabgabe bei Anwendung von verschiedenen Lagerungsprotokollen verglichen. Es zeigte sich, dass langfristig eine unterschiedlich hohe Fluoridabgabehöhe mit dem RMCR und dem RMGI unabhängig von der Anwendung unterschiedlicher Protokolle erreicht wurde.

2.2 Self-etching Primer (SEP)

2.2.1 Wirkungsweise

Die Fortschritte in der Adhäsivtechnik haben den Kieferorthopäden die Möglichkeit eröffnet, neue Adhäsive, Komposite und Klebverfahren in ihrer täglichen Praxis anzuwenden. Selbstkonditionierende Primer (SEP) sind Produkte, die eine Säure und einen Primer verbinden, die Klebprozedur vereinfachen, die Behandlungszeit am Stuhl reduzieren und Nebeneffekte der Ätztechnik vermeiden (Sirirungrojyng *et al.* 2004). In der restaurativen Zahnheilkunde wurden diese neuen Klebmaterialien durch das Verbinden von Konditionierungsmittel und Primer in einen einzelnen sauren Primer für die gleichzeitige Verwendung auf Zahnschmelz und Dentin entwickelt, um die dabei einzelnen normalerweise anfallenden Schritte wie Konditionierung, Abspülen und Trocknen zu verringern (Chigira *et al.* 1989). Selbstkonditionierende Primer (SEP) enthalten neben Methacrylaten modifizierte Polyacrylsäure, Maleinsäure oder Phosphorsäureester und liegen bei verschiedenen Produkten laut Herstellerangaben im sauren pH-Bereich von circa 0,75 - 3 (Carstensen 1992; Fritz *et al.* 2001; Gange 1995). Mit den sauren Phosphatgruppen wird Kalzium aus dem Schmelz gelöst, woraufhin dieses die Phosphatgruppe durch Komplexbildung wieder neutralisiert und bei der Polymerisation mit in das Netzwerk einbezogen wird. Auf diese Weise findet eine gleichzeitige Ätzung und Monomerpenetration, mit gleicher Retentions- wie Benetzungstiefe statt (Buonocore *et al.* 1981; Cooper *et al.* 1992).

2.2.2 Vorteile

Selbstkonditionierender Primer (SEP) wird derzeit immer häufiger für die adhäsive Befestigung von Brackets an der Zahnoberfläche angewandt.

Zu dem Vorteil der Zeitersparnis auf Grund der geringeren Anzahl notwendiger Schritte bei der Klebprozedur kann diese Technik zur Fehlervermeidung und zur Herabsetzung der Empfindlichkeit der Prozedur an sich beitragen (Cal-Neto *et al.* 2006).

- a) **Zeitersparnis.** Ihre schnellere und einfachere Anwendung im Vergleich zu der traditionellen Konditionierung mittels Säure-Ätz-Technik (SÄT) hat sich in der täglichen Anwendung durchgesetzt.

Die vereinfachte Handhabung der Selbst-Ätzenden Primer führt zu einer erheblichen Zeitersparnis, welche sowohl für den Behandler als auch für den Patienten von Vorteil ist. Separates Ätzen und Abspülen der Säure bzw. Trocknen der Schmelzoberfläche sind nicht mehr nötig.

Die Entstehung einer **geringeren Konditionstiefe** ist ein weiterer wichtiger Vorteil dieser Technik, welcher mit einem geringeren Schmelzverlust im Vergleich zu dem bei der SÄT assoziiert ist (Yamada *et al.* 2002).

Die Untersuchung von *Hosein et al.* im Jahr 2004, bei der der Zahnschmelzverlust während der Konditionierung mit konventioneller Säureätztechnik und selbstkonditionierendem Primer ermittelt wurde, ergab, dass bei der konventionellen Technik der durchschnittliche Zahnschmelzverlust bei 2,76 μm (zwischen 1,11 μm und 4,57 μm) und Verwendung des SEP TransbondTM Plus der Zahnschmelzverlust durchschnittlich 0,27 μm (zwischen 0,03 μm und 0,74 μm) betrug.

Auch *Cehreli et al.* (2005), *Buyukyilmaz et al.* (2003) sowie *Bishara et al.* (2006) wiesen bei Anwendung selbstkonditionierender Primer signifikant weniger Kompositrückstände und Schmelzausrisse auf der Schmelzoberfläche nach.

Die Beurteilung erfolgte mittels des im Jahre 1984 von *Artun* und *Berglund* definierten Adhesive Remnant Index, auch als ARI Index abgekürzt, der die Menge des Adhesives, welches nach dem Debonding am Zahn übrig bleibt, einschätzen lässt. Der Index wurde nach einer Pilotstudie über 20 extrahierte Zähne bestimmt und hilft dabei, die Adhäsivfehlerrate (Bestimmung der Schwachstelle eines Adhäsives) zu standardisieren.

Optisch auffallend ist das Fehlen der kreidigen, opaken Oberfläche, wie sie sonst nach Säureätzung am Schmelz beobachtet werden kann (Gange 1995).

- b) Verringerung der Sensibilität.** Ein weiterer Vorteil stellt die geringere Klebtechnikensensibilität dar. Während die Total-Etch-Technik noch aus dem techniksensiblen Prinzip des dreischrittigen Säure-Primer-Adhäsiv-Prinzips besteht, wobei sich der Behandler strengstens an die Herstellerangaben zu halten hatte, wird der SEP in einem einzigen Schritt appliziert und reduziert so die Fehlerquellen.

- c) **Applikation auf feuchter Zahnoberfläche möglich.** Feuchtigkeit und insbesondere Kontamination (Gingivasulkusflüssigkeit, Speichel oder Wasser) reduzieren die Scherfestigkeit und stellen den am weitesten verbreiteten Grund für eine hohe Verlustrate bei der Klebtechnik dar (Newman 1965; Silverstone *et al.* 1985; Xie *et al.* 1993; Powers *et al.* 1995).

Da Wasser einen wichtigen Bestandteil der selbstkonditionierenden Primer darstellt, besteht keine Notwendigkeit einer absoluten Trocknung der Schmelzoberfläche wie dies bei der Total-Etch-Technik der Fall ist. Die Schmelzoberfläche darf hier leicht feucht sein, sodass eine effiziente Schmelzkonditionierung auch in Fällen der unmöglichen absoluten Trockenlegung gegeben ist (Okuka 2006).

Wie schon erwähnt, besteht während der Konditionierung der Zähne zur Applikation der Brackets das größte Risiko der Kontamination mittels Speichel. Diese Kontamination wird als häufigste Ursache für einen Misserfolg der adhäsiven Befestigung mit einhergehendem Bracketverlust angesehen (Zachrisson 1977). Bei konventioneller Konditionierung mittels Säure-Ätz-Technik (SÄT) führt eine Speichelkontamination zu einem drastischen Abfall der Haftfestigkeit (Rajagopal *et al.* 2004; Siriungrojyng *et al.* 2004; Webster *et al.* 2001). Neuere Untersuchungen konnten zeigen, dass selbstkonditionierende Primer (SEP) bei Anwesenheit von Feuchtigkeit bezüglich ihrer Haftfestigkeit weniger beeinflusst werden und dass diese einen hydrophilen Charakter aufweisen (Trites *et al.* 2004; Paschos *et al.* 2008). Insbesondere konnte für TransbondTM Plus SEP (3M Unitek, Seefeld, Deutschland), einen der Haftvermittler, der in dieser Studie zum Einsatz kommen soll, bei aktuellen Untersuchungen kein signifikanter Einfluss der Haftfestigkeit festgestellt werden (Siriungrojyng *et al.* 2004; Paschos *et al.* 2008).

Es konnten nach Speichelkontamination – wie auch in einer anderen Studie schon beschrieben (Cacciafesta *et al.* 2003) – höhere Haftwerte bei Konditionierung der Zähne mittels SEPs im Vergleich zur Konditionierung mittels SÄT verzeichnet werden. Für den SEP TransbondTM Plus konnte allerdings bei absoluter Trockenlegung der zu behandelnden Zähne kein signifikanter Unterschied im Vergleich zu der konventionellen SÄT gefunden werden. Jedoch erzielte TransbondTM Plus die mittelwertig höchste Scher-Abschäl-Festigkeit von allen anderen angewandten selbstkonditionierenden Primern. Dies betrifft den SEP

Clearfil™ Protect Bond nicht, da dieser nicht zu den untersuchten Materialien gehörte.

In der *in vitro* Studie von *Zeppieri et al.* (2003) zeigte sich, dass Speichelkontamination nicht den signifikanten Unterschied hinsichtlich der Verlustrate erbringt. Der SEP Transbond™ Plus mit dem Adhäsiv Transbond™ XT wiesen eine klinisch akzeptable Scherfestigkeit, sowohl in einem trockenen als auch in einem feuchten Milieu auf.

Im Jahr 2004 folgte eine neue Studie von *Rajagopal et al.*, in der sie die Scherfestigkeit bei Anwendung von drei unterschiedlichen Materialien (Transbond™ XT Primer, Moisture-intensive Primer und SEP Transbond™ Plus) untersuchten. Die Brackets wurden auf die trockene und auf die mit dem natürlichen Speichel befeuchteten Zahnschmelzoberflächen angebracht.

Der SEP zeigte die größte Scherfestigkeit unter beiden Versuchsbedingungen (trocken und feucht). Der konventionelle Primer konnte keine klinisch akzeptable Scherfestigkeit bei Speichelkontamination erzielen.

2.2.3 Verwendete SEP

Transbond™ Plus, selbstkonditionierender Primer (SEP, 3M Unitek, Monrovia, Calif), besteht aus einer Säure und einem Primer, die eine chemische Verbindung bilden. Die Verbindung ähnelt jener Phosphorsäure mit zwei Ketten, sodass eine massive Primermatrix gebildet wird. Die Flüssigkeit beginnt mit der Konditionierung des Zahnschmelzes sobald sie appliziert wird. Eine Veränderung zu einem Primer erfolgt, sobald die Hydroxidketten umgebaut werden und Wasserstoff frei wird. Da keine Säure auf dem Zahnschmelz verbleibt, ist ein Abspülen nicht mehr notwendig (Miller 2001).

In den meisten klinischen Untersuchungen, in denen der SEP Transbond™ Plus angewandt wurde, zeigten die damit befestigten Brackets im Vergleich zu dem Standard-Bondingverfahren (konventionelle Säure-Ätz-Technik) keine höhere Verlustrate (Aljoubouri *et al.* 2004; Arthun *et al.* 1984; Asgari *et al.* 2002; Pandis *et al.* 2005; Pandis *et al.* 2006; Pandis *et al.* 2006; Reis *et al.* 2007). Zudem zeigte der Vergleich der verschiedenen self-etching Primer bei Anwendung für die kieferorthopädischen Brackets, dass Transbond™ Plus am besten geeignet ist (Noble *et al.* 2006; Pandis *et al.* 2005).

Unter Einsatz von *in vitro* Studien haben *Arnold et al.* (2002) und *Rajagopal et al.* (2004) keinen signifikanten Unterschied der Scher-Abschäl-Kraft zwischen SEP Transbond™ Plus und der konventionellen Ätztechnik gefunden. *Bishara et al.* (2001, 2002) haben im Gegensatz dazu jedoch während der Untersuchung von Transbond™ Plus festgestellt, dass dieses im Vergleich zur konventionellen Ätztechnik eine signifikant niedrigere Scher-Abschäl-Kraft aufweist. Spätere *in vitro* Untersuchungen widerlegen diese Ergebnisse (Details siehe 2.2.4.1).

Clearfil™ Protect Bond ist ein selbstkonditionierendes Zwei-Komponenten Zwei-Schritt-Adhäsivsystem auf Wasserbasis, das in dieser Studie zum Einsatz kam. Es enthält ein neuartiges, antibakterielles Monomer (MDPB: 12-methacryloyloxy-dodecylpyridinium bromide), das das Wachstum von Bakterien an der Oberfläche hemmt; und zwar nicht direkt durch die Abgabe eines antibakteriellen Agents, sondern durch die Immobilisation der Bakterien nachdem das Komposit polymerisiert ist. Ein weiterer Bestandteil dieses SEPs ist ein Fluorid-freigebendes Bindemittel. Der signifikant bakteriostatische Effekt beruht somit nicht auf der Abgabe einer antibakteriellen Komponente, sondern ist eher ein kariespräventiver Effekt durch die Hemmung des *S. mutans* sowie durch eine effektive Plaquereduktion durch den direkten Kontakt. Dies konnte durch frühere Studien bestätigt werden (*Kawashima et al.* 2002; *Ebi et al.* 2001; *Imazato et al.* 1999; *Imazato et al.* 2001; *Imazato et al.* 2003).

In vitro Untersuchungen in der restaurativen Zahnheilkunde konnten seine plaquehemmende Eigenschaft und effiziente Haftfestigkeit nachweisen (*Imazato et al.* 1999, 2006). Auch andere Untersuchungen bestätigen die Möglichkeit der Einbindung dieses Monomers in für die restaurative Zahnheilkunde relevante Materialien auf Komposit-Basis, sowie den bakteriostatischen Effekt ohne eine direkte Abgabe einer antibakteriellen Substanz (*Ebi et al.* 2001; *Nakatsuka et al.* 2001; *Imazato et al.* 2002, 2003; *Kawashima et al.* 2002; *Peters et al.* 2004).

In Untersuchungen zeigte dieser SEP eine Fluoridabgabe von 450 µg/g innerhalb eines Monats (*Kawashima et al.* 2002). Eine neue Studie bestätigt, dass fluoridfreisetzender Haftvermittler, wie auch Clearfil™ Protect Bond, einen Effekt auf die gesamte Fluoridabgabe der Komposite haben können (*Xu et al.* 2007).

Der auf Grund der Eigenschaften von Clearfil™ Protect Bond zu erwartende kariespräventive Effekt im Bracketumfeld ist klinisch noch nie erhoben worden.

2.2.4 Durch SEP erzielte Haftwerte

Die Effektivität von selbstkonditionierenden Primern (SEP) bezüglich der Scher-Abschäl-Festigkeit konnte schon von mehreren Autoren nachgewiesen werden (Bishara *et al.* 2001, 2002, 2004; Cacciafesta *et al.* 2004; Dorminey *et al.* 2003; Fritz *et al.* 2001; Grubisa *et al.* 2004; Rajagopal *et al.* 2004; Sirirungrojying *et al.* 2004; Yamada *et al.* 2002; Zeppieri *et al.* 2003). Insbesondere konnten auch die SEP, die in dieser Studie zum Einsatz kommen sollen – Transbond™ Plus SEP (3M Unitek, Seefeld, Deutschland) und Clearfil™ Protect Bond (Kuraray, Osaka, Japan) – bei *in vitro* Untersuchungen überzeugen (Bishara *et al.* 2004; Cacciafesta *et al.* 2004; Grubisa *et al.* 2004; Rajagopal *et al.* 2004; Sirirungrojying *et al.* 2004; Arhun *et al.* 2006).

Bishara *et al.* haben im Jahr 2004 zwei SEP im Bezug auf die Scherfestigkeit bewertet und verglichen. Der eine SEP war Transbond™ Plus, welcher aus zwei Komponenten besteht, die vor der Anwendung vermischt werden müssen; der andere war ein SEP, der ungemischt angewandt werden konnte. Die *in vitro* erzielten Messwerte zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden SEP.

In einer weiteren Studie von Cacciafesta *et al.* im Jahr 2003 hat man den SEP Transbond™ Plus in Verbindung mit einem modifizierten Glasionomerzement als Adhäsiv unter verschiedenen Bedingungen (trockene, Wasser- und Speichel-befeuchtete Zahnschmelzoberflächen) getestet. Diese Untersuchung zeigte, dass der SEP nicht vom Wasser und Speichel beeinflusst wird und in Verbindung mit einem modifizierten Glasionomerzement eine sehr hohe Scherfestigkeit aufweist.

In einer weiteren Studie von Cacciafiesta *et al.* im Jahr 2004 hat man den Einfluss von Blutkontamination auf die Scherfestigkeit von Brackets, die mit einem modifizierten Glasionomerzement in Verbindung mit dem SEP Transbond™ Plus befestigt wurden, untersucht. Bei der Konditionierung wurden die Zahnschmelzoberflächen trocken gelegt oder mit Blut kontaminiert. Es konnte festgestellt werden, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen mit trockenen und blutkontaminierten Zahnschmelzoberflächen aufgetreten ist. Eine Blutkontamination hatte somit keinen Einfluss auf die Scherfestigkeit.

2.2.4.1 Untersuchungen in vitro

Mehrere Studien haben die Scherfestigkeit bei der Anwendung von SEP in der Kieferorthopädie untersucht und bewertet. In einer *in vitro* Studie von *Grubisa et al.* (2004) konnten von drei verschiedenen Kieferorthopäden und mit drei unterschiedlichen Konditionierungsmethoden (SEP Transbond™ Plus, 35% und 37% Phosphorsäure) 214 Zähne beklebt werden. Die Untersuchung ergab, dass die höchste Scherfestigkeit die Gruppe mit der 35%igen Phosphorsäure besaß. Zwischen den SEP Transbond™ Plus und der 37%igen Phosphorsäure lag kein signifikanter Unterschied vor, obwohl ein signifikanter Unterschied zwischen den Anwendern festgestellt werden konnte. Bei dem Einsatz des SEPs wurde im Gegensatz zur konventionellen Ätztechnik kein solcher signifikanter Unterschied festgestellt, was für eine weniger sensitive Technik spricht.

Bei einer weiteren Untersuchung zeigten die erhobenen Haftwerte keine signifikanten Unterschiede zwischen dem SEP Clearfil™ Protect Bond und einem konventionellen Haftvermittler (Transbond™ XT), wenn für beide Materialien eine vorherige Konditionierung mit 35% Phosphorsäure für 15 Sekunden erfolgte (*Bishara et al.* 2005). Auch ohne vorherige Konditionierung konnte der SEP Clearfil™ Protect Bond klinisch akzeptable Haftwerte bei der Befestigung von Brackets an unbehandeltem Schmelz in einer neueren *in vitro* Untersuchung zeigen (*Korbmacher et al.* 2006). Zudem ergab die gleiche Studie, dass es nach Entnahme der Brackets zu keinen Schmelzfrakturen kam und dass das auf dem Zahn verbliebene Komposit (Kleberest) hinsichtlich dessen Entfernung auf Grund der geringen Menge vorteilhaft ausfiel. In eine Studie von *Attar et al.* (2007) wurden Clearfil™ Protect Bond, ein Drei-Schritt SEP Clearfil™ tri-S und die konventionelle Ätztechnik verglichen. Die Verlustrate war für alle drei Materialien zwischen 9,00 MPa und 9,55 MPa. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen den drei Gruppen. Die Autoren stellten fest, dass diese beiden SEP genügend mechanische Eigenschaften für die Befestigung von orthodontischen Brackets besitzen.

Bei zwei weiteren *in vitro* Untersuchungen von *Willke* (2007) und *Lamper* (2007) konnte gezeigt werden, dass sowohl der SEP Transbond™ Plus (Zweikomponenten-Einschritt-System) als auch Clearfil™ SE Bond (SEP auf der gleichen Basis wie Clearfil™ Protect Bond jedoch ohne antimikrobielle Eigenschaften, Zweikomponenten-Ein-Schritt-System) ähnliche bzw. sogar auch höhere Haftwerte im Vergleich zur konventionellen SÄT besitzen.

In einer neuesten *in vitro* Untersuchung von der Gruppe der Universität Erlangen *Holzmeier et al.* (2008) wurden marktführende selbstkonditionierende Primer aus der Zahnerhaltung (auch Clearfil™ Protect Bond) mit und ohne vorheriger Phosphorsäureätzung im Vergleich zu einem kieferorthopädischen SEP (Transbond™ Plus) und der konventionellen Säure-Ätz-Technik untersucht. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zu Transbond™ Plus. Selbst im Vergleich zur Phosphorsäureätzung wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Bei der Anwendung selbstkonditionierender Produkte verblieb weniger Komposit am Schmelz als nach einer Phosphorsäureätzung (*Holzmeier et al.* 2008).

In vitro Untersuchungen haben gezeigt, dass die Scher-Abschäl-Kraft bei Verwendung von Clearfil™ Protect Bond für die Befestigung von kieferorthopädischen Brackets gleich gut oder sogar besser geeignet ist als die mit Transbond™ Plus (*Arthun et al.* 2006; *Bishara et al.* 2005; *Eminkahyagil et al.* 2005). Allerdings wurde die Effektivität von Transbond™ Plus bezüglich seiner Scher-Abschäl-Kraft schon in mehreren Studien gezeigt (*Bishara et al.* 2004; *Cacciafesta et al.* 2003; *Dorminey et al.* 2003; *Grubisa et al.* 2004; *Rajagopal et al.* 2004; *Zeppieri et al.* 2003).

Zudem wurde festgestellt, dass ein separates Ätzen vor Anwendung von Clearfil™ Protect Bond, wie es vom Hersteller für nicht behandelten Zahnschmelz empfohlen wird, klinisch nicht notwendig ist. Die Scher-Abschäl-Haftungswerte waren mit jenen in der Literatur angegebenen Werten vergleichbar (*Arthun et al.* 2006, *Korbmacher et al.* 2006).

2.2.4.2 Untersuchungen in vivo

Zu der klinischen Effizienz von SEP bezüglich der damit erzielten Haftfestigkeit von Brackets gibt es nur wenige Studien. Es konnte nur mittels einer Untersuchung festgestellt werden, dass bei der Verwendung eines konventionellen Ätzvorganges ein signifikant niedrigerer Bracketverlust zu verzeichnen war als nach Verwendung des SEP Transbond™ Plus. Allerdings wurden in dieser *in vivo* Studie im split-mouth-Design randomisiert die Brackets von zwei Behandlern appliziert, wobei der Untersuchungszeitraum lediglich sechs Monate betrug. Trotzdem betonen die Autoren, dass der schlechtere Verbund bei Anwendung des SEP und damit die höhere Wahrscheinlichkeit eines Bracketverlustes auf Grund der Zeitersparnis, der einfacheren Verarbeitung sowie auf Grund ihrer hydrophilen Eigenschaften beim initialen

Bebänderungstermin in Kauf genommen werden kann (Ireland *et al.* 2003). Neuere klinische Untersuchungen belegen, dass Transbond™ Plus SEP für die adhäsive Befestigung von Brackets geeignet ist (Pandis *et al.* 2005; Pandis und Eliades 2005; Pandis *et al.* 2006; Cal-Neto *et al.* 2006).

Von einer anderen Gruppe aus Wien (Beilhack *et al.* 2006) wurde in einer kontrollierten, prospektiven, randomisierten *in vivo* Vergleichsstudie die Wirksamkeit zweier verschiedener Haftvermittlungssysteme (SEP Transbond™ Plus und ein konventionelles Ätzel) verglichen. Bei 60 Patienten wurden 840 Zähne untersucht. Nach einem durchschnittlichen Beobachtungsraum von sechs Monaten konnte zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied bei der Haftung der Brackets festgestellt werden (1,9% in der Gruppe mit dem SEP; 3,1% in der Gruppe mit der konventionellen Adhäsivtechnik).

Frühere *in vivo* Studien, die unterschiedliche konventionelle Adhäsive angewandt haben, empfahlen die Verlustrate von Brackets bei circa 4-12% als annehmbar (Fowler 1998; Sunna und Rock 1998).

Eine sechsmonatige klinische Untersuchung von *dos Santos et al.* (2006) zeigte, dass die Verlustrate mit der konventionellen Adhäsivtechnik 0,3 Mal höher war, als mit Transbond™ Plus ($P < 0,05$).

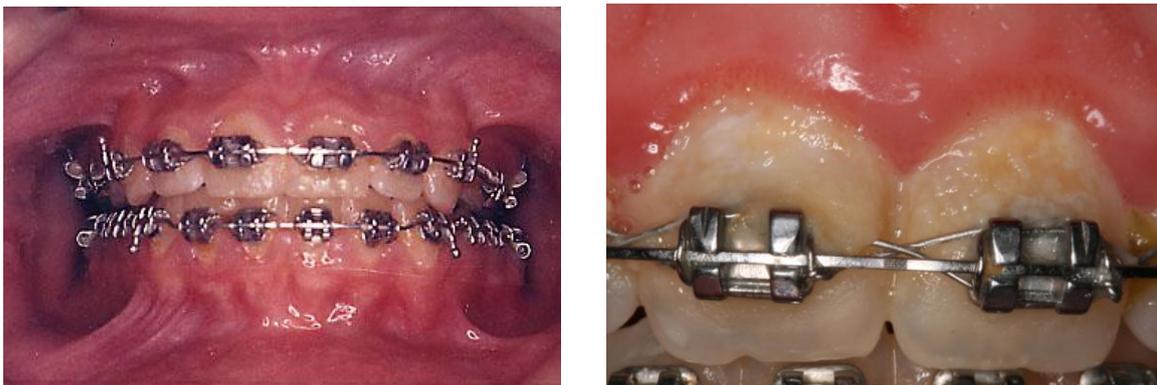
Eine *in vivo* Untersuchung, in der die in dieser Studie zu Anwendung kommenden zwei SEP bezüglich der Haftfestigkeit von Brackets miteinander verglichen wurden, liegt derzeit noch nicht vor.

2.3 Kariesdiagnostik

Zahnkaries ist eine Infektionserkrankung der Zahnhartgewebe mit multifaktorieller Genese und Phasen der Stagnation, Remission und Progression. Kariöse Läsionen entstehen, wenn die Mikroorganismen der Plaque ausreichend ernährt werden und deren demineralisierende saure Stoffwechselprodukte über eine längere Zeitspanne auf die Zähne einwirken können (Kaiser 2007). Im ersten Stadium der Demineralisation kommt es zu einer Auflösung an der Schmelzoberfläche. Bei Voranschreiten dieses Prozesses in den unteren Bereichen unter der Schmelzoberfläche kommt es zu einem größeren Mineralverlust als an der Oberfläche. Der Schmelz wird porös. Ab einer Porosität um etwa 5% füllen sich bei Lufttrocknung die Poren mit Luft und lassen die

Schmelzoberfläche weißlich erscheinen (white-spot) (Arends *et al.* 1987; Haikel *et al.* 1983). White-spot-Läsionen sind solche Läsionen, die unter der Schmelzoberfläche Demineralisationen aufweisen und die Farbe des Schmelzes verändern.

Die traditionelle Diagnostik von initialen kariösen Läsionen (white-spots) an Glattflächen (entspricht dem Bracketumfeld) basiert lediglich auf einer visuellen Inspektion nach Trocknung des zu beurteilenden Schmelzbereiches. Der bekannteste Index zur visuellen Beurteilung von white-spot-Läsionen in der Kieferorthopädie basiert auf einer Bewertung der Läsion anhand einer Skalierung, von einem Wert 0 bis zu einem Wert 3 (Gorelick *et al.* 1982). Dabei fokussiert der Index auf das Vorliegen oder Fehlen einer Läsion und nur zu einem geringen Maße auf den Schweregrad derselben. Später wurde dieser Index modifiziert, indem auch die Ausdehnung der Läsion in die Beurteilung mit einbezogen wurde (Banks *et al.* 2000).



Abbildungen 2a, 2b: Plaqueakkumulation bei einer festsitzenden Apparatur (Fotos: Paschos)

Obwohl die visuelle Inspektion eine sehr schnelle und einfach anzuwendende Methode ist, ist diese nicht reproduzierbar. Desweiteren ist keine Quantifizierung von initialen Läsionen und somit auch nicht ein Monitoring (Beobachtung der Entwicklung/Veränderung) durch die visuelle Inspektion möglich (Staudt *et al.* 2004). Die Anfertigung von Fotos zur dauerhaften Dokumentation kann Probleme bezüglich der gleichen Bedingungen bei der Aufnahme mit sich bringen. Unterschiede in der Belichtung oder mögliche Spiegelungen können white-spot-Läsionen maskieren oder sogar imitieren (Benson *et al.* 2005).

Um diese Limitierungen zu überwinden, wurden neue Hilfsmittel entwickelt, die im Wesentlichen auf optischen Phänomenen basieren:

- Quantitative Licht-induzierte Fluoreszenz (QLF),
- Laser-induzierte Fluoreszenz und
- Digitale Darstellung mittels Faser-optische Transillumination (DIFOTI).

2.3.1 Quantitative Licht-induzierte Fluoreszenzmessung (QLF)

Die Quantitative Licht-induzierte Fluoreszenzmessung (QLF) ist eine neue, nicht invasive Diagnostikmethode, welche die unterschiedlichen Fluoreszenzeigenschaften von gesundem und kariösem Schmelz nutzt, um eine Aussage über die Progression des kariösen Prozesses zu treffen (Ifland 2004).

Bereits 1911 wurde von *Stübel* die Fluoreszenz von Zähnen bei Bestrahlung mit ultraviolettem Licht erkannt. *Benedict* (1928) beobachtete eine höhere Abgabe von Fluoreszenzlicht durch das Dentin im Vergleich zum Zahnschmelz und dass eine Initialläsion nicht fluoresziert. Die Nutzung der Laser-Autofluoreszenz (LAF) zur Bestimmung des Mineralverlustes wurde erstmalig von *Bjelkhagen et al.* und *Sundström et al.* (1985) beschrieben. QLF nutzt die natürliche Fluoreszenz der Zähne. Während bei normalem Tageslicht Initialläsionen an Glattflächen als weißer Fleck auf der Zahnfläche erscheinen, wird mit QLF die Initialläsion als dunkler Fleck dargestellt. Die dunkle Erscheinung der white-spot-Läsionen wird durch Änderung der Streuungseigenschaften in der kariösen Läsionen erklärt (de Josselin de Jong *et al.* 1995; ten Bosch 1996). Im Vergleich zum gesunden Schmelz hat eine white-spot-Läsion einen fünf- bis zehnfach größeren Streukoeffizienten. Das Licht wird somit innerhalb einer Läsion sehr viel häufiger Richtungsänderungen unterworfen und auch häufiger reflektiert (*Spitzer et al.* 1977; *Staley et al.* 2004). Die Anregung des Schmelzes erfolgt mit dem durch einen Band-Pass-Filter isolierten blau-violetten Spektralbereich ($\lambda=290-450$ nm), z.B. durch eine 25-50 Watt Xenon-Bogenlampe. Ein gelber High-Pass-Filter ($\lambda \geq 520$ nm) filtert das reflektierte und zurückgestreute Licht. Das auf eine Läsion auftreffende Licht wird stärker reflektiert und zusätzlich mehr gestreut als jenes, das auf gesunden Schmelz trifft (ten Bosch 1996).

Bei Patienten konnten während einer festsitzenden kieferorthopädischen Behandlung auf Grund der eingeschränkten Sicht und des eingeschränkten Zuganges bislang keine klinischen Untersuchungen zur Diagnostik von initialen Läsionen durchgeführt werden.

Die einzigen klinischen Untersuchungen mit QLF bei kieferorthopädischen Patienten wurden nach ihrer Entbänderung, also nach der Entfernung der Brackets nach Abschluss der Behandlung, vorgenommen (al-Khateeb *et al.* 1998).

In einer *in vitro* Studie wurden zwei Fluoreszenzmethoden (Diagnodent und QLF) bezüglich der Quantifizierung von white-spot-Läsionen in Verbindung mit einer kieferorthopädischen Behandlung verglichen. Die QLF schien eine sinnvolle Methode für die Diagnostik und Beurteilung von beginnenden Läsionen um die festsitzende Apparatur zu sein (Aljehani *et al.* 2004).

QLF in Form der von der Firma Inspektor Research verfügbaren apparativen Ausrüstung (QLFclin) hat allerdings bislang noch keine Praxisreife erlangt. Für die quantitative Auswertung ist eine strenge Kontrolle zur Verwendung einer Reihe von Störfaktoren, wie dem Vorhandensein von Plaque und Zahnstein und somit eine im Vorfeld durchgeführten professionellen Zahnreinigung nötig. Das Untersuchungszimmer muss nahezu vollständig abgedunkelt werden. Außerdem sind die Anschaffungskosten nicht tragbar (Kuhnisch *et al.* 2004).

2.3.2 Diagnodent: Laser-induzierte Fluoreszenz

Bei Anregung des Schmelzes mit rotem Licht ist das Emissionsspektrum des Schmelzes zwar gleich mit dem der Karies, allerdings nimmt die Fluoreszenzausbeute mit zunehmender kariöser Destruktion zu. Die rote Autofluoreszenz wird dabei weniger auf Veränderungen des Mineralisationsgrades als auf organische Moleküle, wie Proto- und Mesoporphyrine sowie bakterielle Metabolite, zurückgeführt. So kann im Gegensatz zur QLF-Methode die fluoreszierende, kariöse Läsion im dunklen Umfeld identifiziert werden (Hack *et al.* 2004; König *et al.* 1998). Auf der Basis der Laserfluoreszenzspektroskopie wurde das DIAGNodent-System (KaVo, Bieberach) entwickelt. Mittels eines Diodenlasers ($\lambda=655$ nm) wird eine Rotanregung initiiert. Ein Long-pass-Filter ($\lambda>680$ nm) auf dem Detektorblock des Systems misst im Emissionsmaximum kariöser Strukturen, wobei das Umgebungslicht ausgeblendet wird.

Die Laser-induzierte Fluoreszenz konnte sich bislang hauptsächlich für den okklusalen Bereich bei der Diagnostik von Fissurenkaries etablieren (al-Khateeb *et al.* 1997; Angmar-Månsson *et al.* 1996; Lussi *et al.* 1999; Lussi *et al.* 2001; Shi *et al.* 2000; Tranaeus *et al.* 2002).



Abbildung 3: KaVo DIAGNOdent

Klinisch können die quantitative Licht-induzierte Fluoreszenz (QLF) (al-Khateeb *et al.* 1998) und auch die Laser-induzierte Fluoreszenz (Pinelli *et al.* 2002; Shi *et al.* 2001; Shi *et al.* 2001) an Glattflächen mit Erfolg angewandt werden.

DIAGNOdent wurde zur Kariesdetektion und -quantifizierung bei Okklusal- und Wurzelkaries in einer *in vitro* Studie herangezogen (Hack *et al.* 2004). Die Untersuchung ergab, dass diese Methode auf Grund der quantitativen Messresultate in Abhängigkeit der diagnostischen Fragestellung und der Therapieoptionen entweder als sensitives oder als spezifisches Detektionsinstrument eingesetzt werden kann. Dieses Gerät ist auf Grund der ausgezeichneten Reproduzierbarkeit der Messungen für ein longitudinales Läsionsmonitoring geeignet.

Der Laserstrahl des Gerätes wird zunächst an der gesunden Fläche eines Zahnes geeicht. Anschließend fährt man mit der Lasersonde die trockene, zu untersuchende Fläche mit leichter Rechts- und Linksneigung des Laserstrahls ab. Die Spezifität und Sensibilität liegt bei 80% (Lussi 1998). Die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse wurde nicht nur klinisch, sondern auch histologisch nachgewiesen (Lussi 1998).

In vitro konnten in den letzten Jahren viel versprechende Untersuchungen mittels QLF (Benson *et al.* 2003; Pretty *et al.* 2003) und Laser-induzierter Fluoreszenz (Staudt 2004) zur Diagnostik von white-spots am Bracketumfeld vorgenommen werden.

2.3.3 Fieberoptiktransillumination (FOTI)

Die klassische Diaphanoskopie, oder FOTI (= fiber optic transillumination), wertet den Intensitätsverlust bei Durchstrahlung des Zahnes aus. Bereiche mit Karies weisen Poren in der Zahnhartsubstanz auf. Die porösen Bereiche haben einen anderen Brechungsindex als die gesunde Zahnhartsubstanz, sodass an den Grenzflächen vermehrt Licht gestreut wird, wodurch es zu einem Intensitätsverlust kommt, der als dunkler Fleck erscheint. Der Lichtweg approximal im Schmelz ist relativ lang, wobei die Detektion von Läsionen dann am besten ist, wenn Farbstoffe schon in die Läsion aufgenommen wurden.

Der Vorteil der FOTI-Technik liegt in der einfachen Anwendung und darin, dass sich bereits Polymerisationslampen dafür gut eignen. Üblicherweise werden jedoch speziell geformte Kaltlichtsonden eingesetzt, die durch Lichtbündelung eine hohe Sensitivität erreichen.

Insbesondere bei der Fragestellung, ob eine Approximalkaries noch auf die innere Schmelzhälfte beschränkt oder schon ins Dentin vorgedrungen ist, erweist sich diese Methode der üblichen Röntgendiagnostik als überlegen (Mitropolous 1985). Die Aussagekraft der FOTI-Methode ist jedoch geringer als zum Beispiel die der Laserfluoreszenz.

3 Fragestellung

Ziel dieser prospektiven, randomisierten, klinischen Untersuchung war es, die Verlustrate von Brackets bei Anwendung von zwei verschiedenen self-etching Primern (SEP) (TransbondTM Plus oder ClearfilTM Protect Bond) innerhalb eines split-mouth-Designs zu vergleichen. Zudem sollte die Effektivität von ClearfilTM Protect Bond bezüglich einer möglichen Hemmung der Plaqueakkumulation und Demineralisation untersucht werden.

Eine der nicht weniger wichtigen Fragen dieser Studie war es, festzustellen, ob Schmelzausrisse zu beobachten waren. Dabei wurde auf die Menge des verbleibenden Adhäsives am Zahn geachtet.

4 Material und Methode

4.1 Probanden

In dieser prospektiven, longitudinalen, klinischen Studie (RCT) wurden 24 gesunde Kinder (15 Mädchen und 9 Jungen) im Alter zwischen 12 und 15 Jahren ($13,12 \pm 0,91$) aufgenommen. Die Rekrutierung erfolgte innerhalb von sechs Monaten. Eine kieferorthopädische Behandlung mittels festsitzender Multibracketapparatur war auf Grund des vorliegenden milden bis moderaten Engstandes (Non-Ex-Kasus) indiziert. Als Einschlusskriterien galten eine gute allgemeine Verfassung und das Fehlen von schweren Allgemeinerkrankungen, insbesondere das Fehlen von Zuständen, die mit einer vorübergehenden oder dauerhaften Einschränkung der immunologischen Potenz einhergehen. Des Weiteren sollte bei allen Patienten eine gleiche Bisslage (Angle Klasse I) und auch vollständig durchgebrochene Frontzähne und Prämolaren vorliegen, sodass der Behandlungsaufwand und somit die Anforderungen an die angebrachten Brackets ähnlich ausfallen. Okklusale Interferenzen wurden durch einen Aufbiss an den Molaren (Zement) ausgeschaltet.

Klinisch durften keine Anzeichen einer Entkalkung (white-spot) vor der Applikation der Brackets sowie auch keine bukkalen/labialen Restaurationen, Hypomineralisationen (Schmelzdefekte) oder Karies an den zu untersuchenden Zähnen vorhanden sein. Ein gesunder parodontaler Zustand ohne Anwendung von antimikrobiell wirkenden Spüllösungen und eine leere Anamnese bezüglich eingenommener Medikamente innerhalb der letzten sechs Monate und während der ganzen Untersuchung wurden vorausgesetzt. Die Patienten mussten eine adäquate Mundhygiene aufweisen (Approximaler Plaque-Index $< 30\%$ und SBI=0) und auch während der kieferorthopädischen Behandlung ihre Zähne gründlich reinigen, da nur unter diesen Bedingungen die Behandlung mit einer festsitzenden Apparatur gerechtfertigt ist.

Diese Studie wurde von der Ethikkommission positiv beurteilt. Eine schriftliche Zustimmung von den Patienten und ihren Eltern wurde eingeholt.

Vor Behandlungsbeginn erhielt jeder Proband eine Mundhygiene-Instruktion (modifizierte Bass-Technik) und die Empfehlung der Verwendung einer fluoridhaltigen

Zahnpasta. Während der Studie wurden keine fluoridhaltigen oder antimikrobiell wirkenden Spüllösungen oder ähnliche Antiseptika verwendet.

4.2 Material

Bei den self-etching Primern (SEP) handelte es sich um das Präparat Transbond™ Plus und um Clearfil™ Protect Bond. Insgesamt wurden 480 Brackets mit einem 0,022-inch-Slot (Bracketschlitzgröße) (equilibrium® 2, Dentaaurum, Ispringen, Deutschland) an den Frontzähnen und den Prämolaren des Ober- und Unterkiefers befestigt.

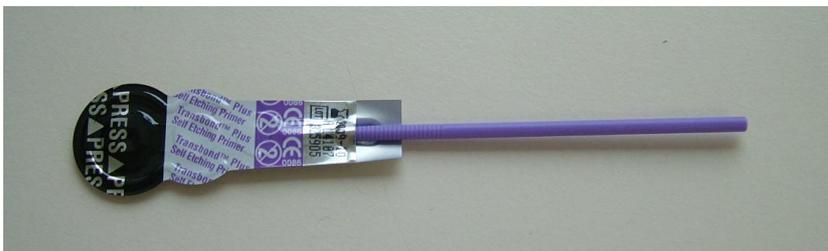


Abbildung 4: Transbond™ Plus



Abbildung 5: Clearfil™ Protect Bond



Abbildung 6: Transbond™ XT

4.3 Methoden

Es kamen die zwei Versiegler von einem erfahrenen Anwender innerhalb eines randomisierten split-mouth-Designs zur Anwendung. Für die Randomisierung wurden durch eine unabhängige Assistentin Lose gezogen. Die Applikationsreihenfolge und der Quadrant, an dem die Applikation erfolgte, wurden zudem randomisiert ausgesucht. Die Brackets wurden mit dem Adhäsiv Transbond™ XT (3M Unitek, Monrovia, CA) befestigt. Nachdem die Zähne sorgfältig gereinigt wurden erfolgte die Applikation des SEPs entsprechend der Angaben des Herstellers. Clearfil™ Protect Bond wurde ohne ein separates Ätzen des unbehandelten Zahnschmelzes angewandt. Dies entspricht nicht den Empfehlungen des Herstellers. Neue *in vitro* Untersuchungen konnten jedoch zeigen, dass durch Auslassen des separaten Ätz-Schrittes kein Nachteil bezüglich der Scher-Abschäl-Festigkeit entsteht, sodass auf diesen zusätzlichen Schritt verzichtet wurde (Arhun *et al.* 2006; Korbmacher *et al.* 2006). Das überschüssige Adhäsiv wurde vorsichtig entfernt. Es folgte eine 20-sekündige Polymerisation jeweils von mesial und distal (Ortholux™ Curing Light, 3M Unitek, Seefeld, Deutschland) in einem konstanten Abstand und einem konstanten Winkel zur Oberfläche. Die Stabilität der Lichtintensität wurde bei jedem Patienten durch die Verwendung eines Radiometers kontrolliert (Demetron Model 100 Curing, Demetron Research, Danbury, CT, USA). Für die Nivellierungsphase wurden die ersten Bögen (0,014-in Ni-Ti) innerhalb von 15 Minuten nach dem letzten geklebten Bracket eingegliedert. Für jeden Patienten, der an der Studie teilgenommen hat, war das gleiche Behandlungskonzept nötig. Der Untersuchungszeitraum betrug zwölf Monate. Brackets, die auf Grund eines Bracketverlustes wiederbefestigt werden mussten, wurden als Verlust für den gesamten Untersuchungszeitraum bewertet. Das am Zahn verbliebene Adhäsiv nach dem Verlust des Brackets wurde ebenfalls beurteilt. Die Nachuntersuchungstermine (Recall) zur Anpassung der Apparatur fanden alle vier Wochen statt.

Während der Baseline-Untersuchung wurde die frühere Karieserfahrung des jeweiligen Patienten mittels des DMFS-Index erhoben. Eine Woche vor dem Bonding und an jedem dritten Recall wurde der Plaque-Index (PI) erhoben (Silness *et al.* 1964), wobei ein Plaque-Index von null (0) keiner Plaque, eins (1) nur einem dünnen Plaquefilm an der gingivalen Grenze und im Bereich des Brackets, zwei (2) einer moderaten Akkumulation vom Plaque innerhalb des gingivalen Sulkus, Plaque kann mit bloßem Auge gesehen

werden, oder Plaque an dem Zahn und im gingivalen Bereich, drei (3) einer starken Akkumulation von Plaque am Zahn und an der umgebenden Gingiva entsprach.

Zudem wurde eine visuelle Beurteilung (VR) des Zahnschmelzes, welcher das Bracket umgibt (Bracketumfeld), inzisal und gingival am lateralen Schneidezahn und am ersten Prämolaren durch die Verwendung eines modifizierten Kariesindex erhoben (Ekstrand *et al.* 1998; Geiger *et al.* 1992; Marcusson *et al.* 1997). Bei einer Beurteilung mit dem Wert 0 war kein white-spot (Entkalkung) zu diagnostizieren. Mit einem Wert von eins (1) wurden nur minimale Entkalkungen, die sehr schwierig an der nassen Oberfläche oder nur nach Trockenlegung festzustellen sind, aber dann deutlich werden, bewertet. Dagegen wurden mit dem Wert zwei (2) starke white-spots, die auch ohne Trockenlegung deutlich zu sehen sind und mit dem Wert drei (3) exzessive white-spots mit Kavitationen bezeichnet.

Bei der Baseline und während der weiteren Untersuchung konnte mittels DIAGNOdent (KaVo, Biberach, Deutschland) eine Laserfluoreszenz-Messung (LF) jeweils für den gleichen Zahn erhoben werden (siehe Abbildung 7). Zuvor musste der Zahn sorgfältig gereinigt und mittels Wasser abgespült werden. Zwei separate Messungen wurden vorgenommen, wobei der Mittelwert für die Auswertung herangezogen wurde. Für die Standardisierung der Messungen wurde die Apparatur kalibriert. Dazu wurde für jeden einzelnen Zahn ein individueller Wert an einer gesunden Fläche herangezogen. Um Unterschiede der gemessenen DIAGNOdent-Werte feststellen zu können, wurden die Differenzen zwischen den ersten Messungen und der jeweiligen Reevaluationen errechnet.



Abbildung 7: Laserfluoreszenz-Messung (LF) mittels DIAGNOdent.

Erhebungsbogen

Patienten ID: _____

Datum der Behnderung: _____

DMF-s: _____

Randomisierung:

OK	
UK	

(5) 1 Quadrant		2 (6) Quadrant	
intraoraler Befund		intraoraler Befund	
R	8 7 6 5 4 3 2 1 V IV III II I	1 2 3 4 5 6 7 8 I II III IV V	L
	8 7 6 5 4 3 2 1 V IV III II I	1 2 3 4 5 6 7 8 I II III IV V	
intraoraler Befund		intraoraler Befund	
(8) 4 Quadrant		3 (7) Quadrant	

Besonderheiten:

Mundhygiene-Status

I. Oberkiefer rechts

SBI

	I buccal	II palatinal
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
Sitzungen	5 4 3 2 1 1 2 3 4 5	
7		
6		
5		
4		
3		
2		
1		
Summe	IV lingual	III buccal

IV. Unterkiefer rechts

II. Oberkiefer links

API

	I palatinal	II buccal
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
Sitzungen	5 4 3 2 1 1 2 3 4 5	
7		
6		
5		
4		
3		
2		
1		
Summe	IV buccal	III lingual

III. Unterkiefer links

	Datum	SBI	API
1. Sitzung		%	%
2. Sitzung		%	%
3. Sitzung		%	%
4. Sitzung		%	%
5. Sitzung		%	%

Bracketausfall: Nein Ja

Zahn:					
Datum:					

	Parameter	PI		PI		PI		PI		V		V		V		V		D		D		D		D	
	Datum	g	i	g	i	g	i	g	i	g	i	g	i	g	i	g	i	g	i	g	i	g	i	g	i
		1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
12. Monate																									
06. Monate																									
03. Monate																									
01. Monat																									
01. Woche																									
Baseline																									
		14		12		22		24		14		12		22		24		14		12		22		24	
		44		42		32		34		44		42		32		34		44		42		32		34	
Baseline																									
01. Woche																									
01. Monat																									
03. Monate																									
06. Monate																									
12. Monate																									
	Datum	g	i	g	i	g	i	g	i	g	i	g	i	g	i	g	i	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
	Parameter	PI		PI		PI		PI		V		V		V		V		D		D		D		D	

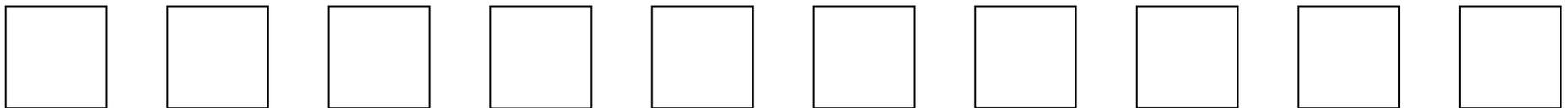
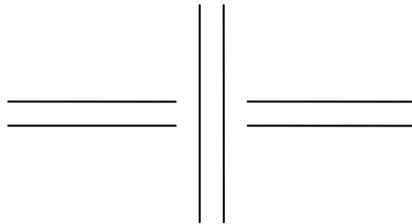
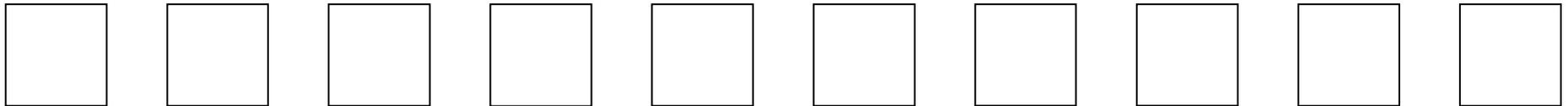
Patienten ID: _____

Patienten ID: _____

Erhebungsdatum: _____

PI außen

Visuell innen



4.4 Hypothese, Fallberechnung und statistische Methoden

4.4.1 Hypothese

Angenommen wurde, dass kein Unterschied zwischen der Effektivität von Clearfil™ Protect Bond und Transbond™ Plus beim Befestigen von Brackets existiert (Null-Hypothese). Es galt festzustellen, ob die Verlustrate innerhalb des Beobachtungszeitraums von zwölf Monaten unterschiedlich ist sowie, ob die Effektivität der beiden angewandten SEP in Bezug auf den umgebenden Zahnschmelz (PI, VR, DD) einen Unterschied aufweist.

4.4.2 Fallzahlberechnung

Die Fallzahlberechnung (Dupont *et al.* 1990) basierte auf einer internen Pilotstudie. In Bezug auf eine Typ I Fehlerwahrscheinlichkeit für einen zweiseitigen Test mit (α) von 0,05 und einer Power von 0,80 wurden 23 Patienten benötigt.

4.4.3 Statistische Methoden

Die Daten wurden mittels der SPSS 12.0 Software (SPSS Inc.; Chicago, IL, USA) analysiert. Der Wilcoxon-Test wurde für die abhängigen und der Mann-Whitney-U-Test für die unabhängigen Daten angewandt. Homogene Untergruppen wurden statistisch durch eine einfaktorielle ANOVA und die Verwendung eines post-hoc Tukey-Tests untersucht. Der Kruskal-Wallis-Test wurde zur Verifizierung der ANOVA-Ergebnisse angewandt. Mit dem Ereignis des Verlustes wurde auch der Zeitpunkt des Verlustes notiert. Eine Kaplan-Maier-Schätzung der Überlebenskurven wurde konstruiert und mittels eines long-rank-Tests getestet. Zudem wurde die Odds Ratio innerhalb eines 95%igen Konfidenzintervalls ($OR \pm 95\% CI$) angegeben. Die Signifikanz wurde bei $P < 0,05$ angesetzt.

ANOVA (analysis of variance): Unter Varianzanalysen wird eine große Gruppe datenanalytischer und mustererkennender statistischer Verfahren verstanden, die zahlreiche unterschiedliche Anwendungen zulassen. Sie haben alle gemein, dass sie die Varianz analysieren und somit Erkenntnisse über die Datenmenge liefern. Mit der

ANOVA wird untersucht, ob (und wenn ja, wie) sich die Erwartungswerte der Zufallsvariablen in den verschiedenen Gruppen verteilen. Es wird getestet, ob die Varianz zwischen den Gruppen größer ist als die Varianz innerhalb der Gruppe. Dadurch kann beurteilt werden, ob sich die Gruppen signifikant unterscheiden oder nicht.

Der Kruskal-Wallis-Test, der in dieser Studie zum Einsatz kam, ist ein nichtparametrischer Mehrstichprobentest. Als Analogon zur Varianzanalyse quantifiziert er, inwieweit die Datensätze von mehr als zwei Gruppen hinsichtlich eines stetigen Merkmals derselben Verteilung unterliegen. Er kann als Erweiterung des Mann-Whitney-U-Testes zur Verifizierung des ANOVA-Ergebnisses verstanden werden.

Der Mann-Whitney-U-Test ist ein Test zum Vergleich zweier unabhängiger empirischer Stichproben als nichtparametrisches Äquivalent zum t-Test bei unabhängigen Stichproben und nicht vorhandener Normalverteilung.

Das Kaplan-Maier-Verfahren basiert auf individuellen Überlebenszeiten und eignet sich auch bei einer kleineren Anzahl von Stichproben. Die Auswertung kann nach verschiedenen Kriterien vorgenommen werden.

5 Ergebnisse

Über den Untersuchungszeitraum von zwölf Monaten konnten insgesamt 26 Verluste (5,4%) der insgesamt 480 in dieser Studie aufgenommen Brackets an den Zähnen registriert werden. Fünf der Verluste (1%) kamen bei den Brackets, die mit Transbond™ Plus befestigt wurden, vor. Die verbliebenen 21 (4,4%) waren Brackets, die mit Clearfil™ Protect Bond befestigt worden waren ($P=0,002$) (Ablehnung der Null-Hypothese). Die Verluste traten in 1,7% der Fälle während des Einlegierens des Drahtes auf, bei 1% wurden die Verluste während des Essens beobachtet und für die verbleibenden 2,7% wurden keine Gründe angegeben bzw. war der Grund nicht bekannt.

Die Verteilung der totalen Verlustrate im Ober- und Unterkiefer (Tabelle 1) zeigt, dass eine signifikant höhere Verlustrate für den Oberkiefer festzustellen war ($P=0,008$). Kein statistisch signifikanter Unterschied wurde zwischen den beiden SEPs innerhalb des Unterkiefers gefunden ($P>0,05$). Dies steht im Gegensatz zu den Ergebnissen innerhalb des Oberkiefers, in dem die Verlustrate für Clearfil™ Protect Bond signifikant höher ausfiel ($P=0,002$). Die Brackets, die mit Clearfil™ Protect Bond befestigt worden waren, zeigten eine größere Verlustrate im Oberkiefer ($P=0,005$). Im Gegensatz dazu wiesen die mit Transbond™ Plus befestigten Brackets keine Abhängigkeit der Lage im Kiefer auf.

Wenn allerdings die Frontzähne mit den Prämolaren (Tabelle 2) verglichen wurden, zeigte sich ein signifikanter Unterschied nur für den Unterkiefer, in dem die Verluste an den Prämolaren bei der Verwendung von Clearfil™ Protect Bond viel höher waren als im anterioren Bereich ($P=0,023$). Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den zwei SEP wurde bei alleiniger Betrachtung der anterioren Zähne ($P=0,010$) lediglich im Oberkiefer ($P=0,009$) festgestellt.

Bei Bracketverlust konnte nur eine geringe Menge an Adhäsiv am Zahnschmelz festgestellt werden. Es kam vielmehr zu Verlusten an der Schnittstelle zwischen Zahnschmelz und Adhäsiv. Nebeneffekte im Sinne von Schmelzrissen oder Schmelzfrakturen wurden nicht festgestellt. Der Vergleich der konstruierten Kaplan-Maier Überlebenskurven (Diagramm 1) zeigte, dass hinsichtlich des Verlustrisikos über den ganzen Untersuchungszeitraum hinweg ein signifikanter Unterschied zu Lasten der Brackets, die mit dem SEP Clearfil™ Protect Bond befestigt wurden, vorhanden war.

Die Odds Ratio (das Risiko des Verlustes) für Clearfil™ Protect Bond war 4,2 Mal (95% CI = 1,6 - 10,9) höher als das Risiko für den Verlust der Brackets mit Transbond™ Plus (long-rank-Test $P=0,001$).

Die Karieserfahrung der Patienten, die in dieser Studie einbezogen wurden, war sehr gering. Der DMFS-Index fiel entsprechend gering aus (Mittelwert: $0,3 \pm 0,9$). Zwanzig von den 24 Patienten hatten sogar einen DMFS-Index von Null. Drei Patienten zeigten jeweils nur eine betroffene Fläche und nur einer der Teilnehmer zeigte vier Flächen, die befallen oder konservierend versorgt waren. Der Plaque-Index (PI), die visuelle Beurteilung (VR) sowie die Differenzen der Laser-Fluoreszenzwerte zeigten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Zähnen, an denen die Brackets mit Clearfil™ Protect Bond befestigt wurden und jenen mit Transbond™ Plus ($P>0,05$) (Tabelle 3).

Der Plaque-Index war für alle untersuchten Zähne unabhängig vom verwendeten SEP während des ganzen Untersuchungsraumes (von der Baseline bis hin zum Ende der Untersuchung, die zwölf Monate andauerte) sehr gering (Wert 0: 89,8%; Wert 1: 9,72%; Wert 2: 0,48%). Dies bedeutet, dass nur eine sehr dünne Plaqueschicht, wenn überhaupt, festgestellt werden konnte. Die gingivalen Bereiche zeigten dabei im Vergleich zu den inzisalen Bereichen signifikant höhere Werte ($P=0,0001$). Die Prämolaren mit dem Transbond™ Plus als Versiegler zeigten einen signifikant höheren Plaque-Index im Unterkiefer im Vergleich zum Oberkiefer. Für alle anderen Zähne war, wenn ihre Lokalisation in Betracht gezogen wurde, kein Unterschied festzustellen. Der Plaque-Index änderte sich nicht signifikant im Zeitverlauf von der Baseline bis zum Ende der Untersuchung ($P>0,05$). In Bezug auf die visuelle Beurteilung (VR) zeigte sich, dass 95,62% der erhobenen Werte einen Wert von null und die restlichen einen Wert von eins aufwiesen. Somit war zu über 95% keine Demineralisation festzustellen. Bei dem nur geringen Prozentsatz mit einer Wertung von eins handelt es sich um kleine Demineralisationen, die sehr schwer an der nassen Oberfläche zu beurteilen waren, aber dann durch Lufttrocknung ersichtlich wurden. Die erhobenen Parameter zeigten, dass der gingival am Bracket angrenzende Schmelzbereich signifikant stärker von der Demineralisation betroffen war ($P<0,001$). Es gab keinen Unterschied zwischen Ober- und Unterkiefer und auch keine signifikanten Veränderungen während des gesamten Verlaufs ($P>0,05$).

Die Laserfluoreszenz-Messungen (LF) waren am häufigsten gleich Null (88,3%). Die höchsten Werte, die gemessen wurden, entsprachen nur 0,3% der Messungen und befanden sich zwischen vier und sechs. Im Hinblick auf die Verteilung dieser Werte innerhalb der zwei Kiefer und der Flächen konnte festgestellt werden, dass kein signifikanter Unterschied bestand. Es konnten auch keine statistisch signifikanten Unterschiede während des ganzen Untersuchungszeitraums für die schon beschriebenen Parameter zur Beurteilung der Plaqueakkumulation und möglicher Schmelzveränderungen (PI, VR) erfasst werden. Auch gab es keinen statistisch signifikanten Unterschied bei den LF-Werten ($P > 0,05$).

		Clearfil™		Transbond™		
	Verlust	ja	nein	ja	nein	
Oberkiefer	N	17	103	3	117	0.002*
Unterkiefer	N	4	116	2	118	0.683
		0.008*	0.005*	1.000		

Tabelle 1: Anzahl der Verluste im Ober- und Unterkiefer

Oberkiefer							
anterior				Posterior			
	Verlust	ja	nein		ja	nein	
Clearfil™	N	10	62	<i>0.009*</i>	7	41	<i>1.000</i>
Transbond™	N	1	71		2	46	<i>0.564</i>
insgesamt	N	11	133		9	87	

Unterkiefer							
anterior				Posterior			
	Verlust	ja	nein		ja	nein	
Clearfil™	N	0	72	<i>1.000</i>	4	44	<i>0.023*</i>
Transbond™	N	0	72		2	46	<i>0.157</i>
insgesamt	N	0	144		6	90	

Oberkiefer und Unterkiefer							
anterior				Posterior			
	Verlust	ja	nein		ja	nein	
Clearfil™	N	10	134	<i>0.010*</i>	11	85	<i>0.248</i>
Transbond™	N	1	143		4	92	<i>0.160</i>
insgesamt	N	11	277		15	177	<i>0.066</i>

Tabelle 2: Anzahl der Verluste im Ober- und Unterkiefer

Kaplan Meier Survival Plots

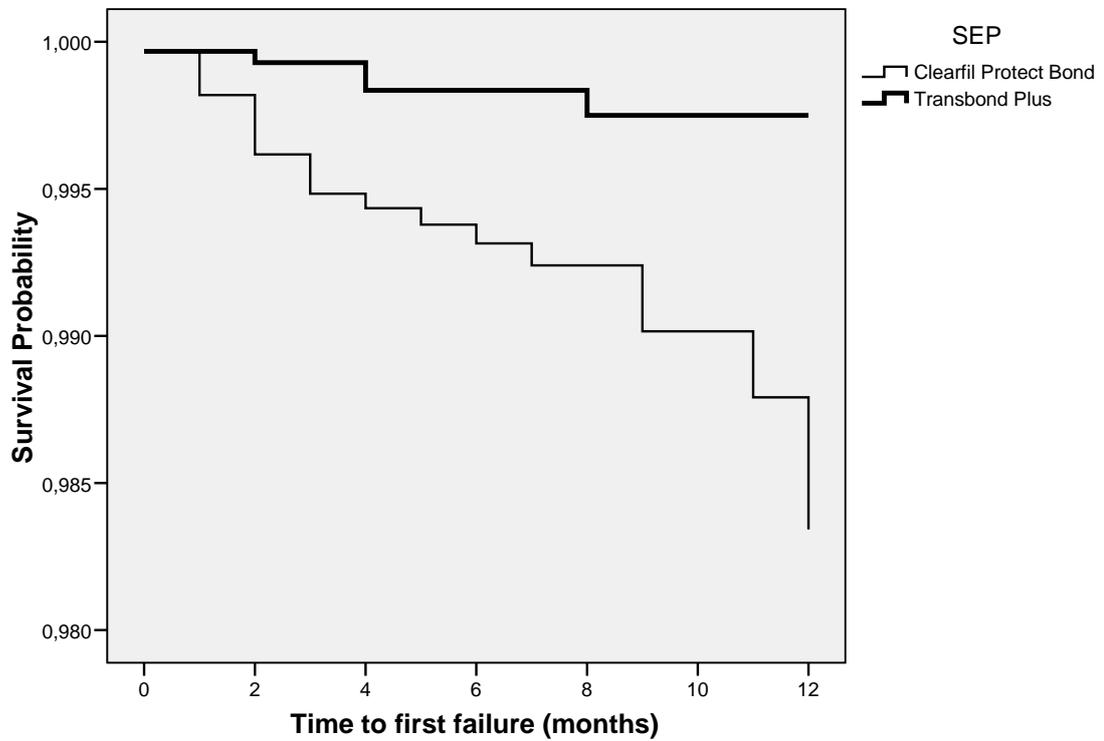


Diagramm 1: Überlebenskurve für mit ClearfilTM Protect Bond bzw. TransbondTM Plus befestigten Brackets

Clearfil™ Protect Bond vs. Transbond™ Plus

		Zeit	0			1			3			6			9			12			
		Monate	variables			variables			variables			variables			variables			variables			
			PI	VR	DD	PI	VR	DD	PI	VR	DD	PI	VR	DD	PI	VR	DD	PI	VR	DD	
Oberkiefer	Lateraler Inzisivus	inzisal	1.000	1.000	-	0.375	1.000	0.375	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.499
		gingival	0.375	1.000	-	1.000	1.000	0.750	0.376	1.000	0.498	0.500	1.000	0.249	1.000	1.000	0.555	0.685	1.000	1.000	
	Erster Prämolare	inzisal	1.000	1.000	-	1.000	1.000	0.126	1.000	1.000	0.252	1.000	1.000	0.062	1.000	1.000	0.311	1.000	1.000	0.555	
		gingival	1.000	1.000	-	1.000	1.000	1.000	0.220	1.000	0.377	1.000	1.000	0.126	1.000	1.000	0.951	1.000	1.000	1.000	
Unterkiefer	Lateraler Inzisivus	inzisal	1.000	1.000	-	1.000	1.000	0.249	1.000	1.000	0.751	1.000	1.000	0.561	1.000	1.000	0.311	1.000	1.000	0.938	
		gingival	0.503	1.000	-	1.000	1.000	0.125	1.000	1.000	0.125	0.690	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.063	1.000	1.000	0.553
	Erster Prämolare	inzisal	1.000	1.000	-	1.000	1.000	0.500	1.000	1.000	0.500	1.000	1.000	0.251	1.000	1.000	0.437	1.000	1.000	0.124	
		gingival	0.110	0.503	-	0.062	0.251	1.000	1.000	0.251	0.375	1.000	0.502	0.809	1.000	0.498	1.000	0.125	1.000	1.000	0.779

Tabelle 3: P-Werte im statistischen Vergleich zwischen Clearfil™ Protect Bond und Transbond™ Plus in Bezug auf Plaque-Index (PI), visuelle Beurteilung (VR) und Differenzen bei DIAGNOdent Werten (DD).

6 Diskussion

In der kieferorthopädischen Praxis ist die Haftkraft eines Brackets von großer Bedeutung, da jeder Bruch der Klebeverbindung, der in der Regel ein erneutes Bekleben des betroffenen Zahnes erfordert, mit Aufwand von Personal, Zeit und Materialverbrauch verbunden ist. Zudem besteht bei erneutem Bekleben das Risiko, nicht exakt die gleiche Positionierung des Brackets zu erreichen, was eine Verzögerung der Behandlung mit sich bringen könnte. Daher ist man bestrebt, möglichst zuverlässige und ausreichend stabile Verbindungen zwischen Schmelz und Bracket zu erzielen.

Dabei sind dem Bestreben nach möglichst hohen Werten der Haftkraft Grenzen gesetzt aus Sorge um Schaden an der Schmelzoberfläche, welche durch Frakturen derselben sichtbar werden. Aus diesem Interessenkonflikt und anderen Gründen resultiert die seit langem anhaltende Diskussion einer klinisch noch akzeptablen Haftkraft. Die am häufigsten zitierten Werte entsprechen denen bereits von *Reynolds* beschrieben 5,9-7,8 MPa (1979). Später wurden aber auch geringere Werte von 3-5 MPa (*Woldsen et al.* 1995) als für die kieferorthopädische Praxis noch ausreichende Werte angegeben.

6.1 Diskussion von Material und Methoden

6.1.1 Studiendesign

Das Vorkommen paariger oder multipler Organe (Kiefer, Quadranten, Zähne) und der chronische Verlauf vieler Zahnerkrankungen legt die Anwendung von split-mouth-Versuchsanlagen in der Zahnmedizin nahe. Mit dem split-mouth-Design wurde ein Versuchsmodell beschrieben, bei dem bei jedem Probanden zwei oder mehrere Behandlungen vorgenommen werden, die jeweils gesonderte Teilabschnitte der Mundhöhle in Anspruch nehmen. Dadurch ermöglicht ein split-mouth-Design den Vergleich verschiedener Therapieformen, wobei die durch Versuchspersonen bedingten Unterschiede eliminiert werden. Durch vergleichende Studien am selben Patienten kann die Irrtumsrelevanz im Gegensatz zu Studien, die verschiedene Versuchspersonen miteinander vergleichen, reduziert werden. Dies resultiert in einer Erhöhung der statistischen Trennschärfe und führt damit zu einer geringen Anzahl an benötigten Probanden.

6.1.2 Self-Etching Primer (SEP)

Die Anwendung von self-etching Primern (SEP) für die Befestigung von kieferorthopädischen Brackets ist auf Grund ihrer schnellen und einfachen Handhabung sehr weit verbreitet. Die rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen belegen, dass durch die Anwendung selbstkonditionierender Primer ein moderates Ätzmuster entsteht. Diese Ätzmuster ähneln jenen, wie sie beispielsweise nach Einwirkung von 10-25%iger Polyacrylsäure bekannt sind (Fritz *et al.* 1996) und wurden für SEP bereits mehrmals beschrieben (Fritz *et al.* 1999; Graf *et al.* 2000; Perdigao *et al.* 1997). Das Ätzmuster ist bei Verwendung von SEP im Vergleich zur Phosphorsäureapplikation zwar deutlich schwächer ausgeprägt, Studien belegen jedoch, dass auch dieses einen ausreichenden Adhäsivverbund ermöglicht (Graf *et al.* 2000; Perdigao *et al.* 1997).

In zahlreichen Untersuchungen, in denen die Abscherfestigkeit sowie der Bruchlinienverlauf von mehreren SEP untersucht wurde, resultierten Mittelwerte mit einer großen Bandbreite zwischen 2,8 und 23,8 MPa (Bishara *et al.* 1998; Carstensen 1992; Dunn *et al.* 2002; Gange 1995; Velo *et al.* 2002; Zachrisson *et al.* 1979). Die Ergebnisse widersprachen sich vielfach. So fanden zum Beispiel Fritz *et al.* (2001) und Buyukyilmaz *et al.* (2003) für einen self-etching Primer (Clearfil™ SE Bond) ähnliche Haftwerte wie bei Verwendung der konventionellen Säureätztechnik. Yamada *et al.* (2002) erzielten für den SEP Megabond signifikant geringere Haftwerte als mit der klassisch geätzten Kontrollgruppe.

Das für die Kieferorthopädie entwickelte und zugelassene Transbond™ Plus wurde schon in mehreren *in vitro* Studien mit anderen selbstkonditionierenden Primern verglichen. So erreichte dieser SEP in der neuesten Untersuchung von Holzmeier *et al.* (2008) die höchste Haftfestigkeit unter den selbstkonditionierenden Produkten. Auch Vicente *et al.* (2005,b) berichteten, dass der konditionierende Effekt von Transbond™ Plus ähnlich dem der Phosphorsäureätzung war. Diese Gruppe hat auch unter anderem Clearfil™ Protect Bond untersucht. Dieses Produkt zeigte ein vergleichbar gering ausgeprägtes Schmelzmuster, unterschied sich aber hinsichtlich seiner Haftung erstaunlicherweise nicht signifikant vom Transbond™ Plus, dessen Ätzmuster unter den anderen untersuchten selbstkonditionierenden Primern am deutlichsten ausgeprägt war. Auch Buyukyilmaz *et al.* (2003) überprüften verschiedene selbstkonditionierende Adhäsive auf nicht angerautem Schmelz und kamen zu dem Ergebnis, dass Transbond™ Plus und Clearfil™ SE Bond (das die gleiche Grundzusammensetzung aufweist wie

Clearfil™ Protect Bond) auf aprismatischem Schmelz eine deutlich poröse Struktur erzeugen. Andererseits wurden Einflaschenadhäsive auch in zahlreichen anderen Studien evaluiert, die feststellen konnten, dass mit diesen Produkten häufig deutlich niedrigere Haftwerte als mittels konventioneller Produkte resultieren (Vicente *et al.* 2005,a).

Es wird klar, dass es große Unterschiede zwischen den einzelnen auf dem Markt befindlichen Produkten gibt und nur aufeinander abgestimmte Produktkombinationen zu ausreichenden Ergebnissen führen. Auch stellt sich die Frage, ob die für die konservierende Zahnheilkunde vorgesehenen Haftvermittler in der Kieferorthopädie anwendbar sind.

Generell kann man die Untersuchungen von Klebeeffizienz in der Kieferorthopädie in zwei Kategorien aufteilen: *in vitro* Studien, die die Scherfestigkeit von selbststützenden Primern untersuchen und klinische Untersuchungen, in denen die Verlustrate der Brackets beurteilt wird.

Die in dieser Studie untersuchten Materialien beinhalten sowohl einen rein für die Kieferorthopädie entwickelten (SEP Transbond™ Plus) als auch einen zur universellen Anwendung in der restaurativen Zahnheilkunde vorgesehenen selbststützenden Primer (Clearfil™ Protect Bond). Ziel dieser *in vivo* Untersuchung war es, die Verlustrate von Brackets nach der Anwendung dieser zwei letztgenannten selbststützenden Produkte innerhalb eines split-mouth-Designs zu vergleichen.

Die falsche Ätzzeit und anschließendes insuffizientes Spülen wird für den Erfolg oder Misserfolg der adhäsiven Behandlung hauptsächlich verantwortlich gemacht. Es kann durch die falsche Vorgehensweise zu gravierenden Problemen bei der Verbundqualität der Total-Etch-Adhäsive kommen (Frankenberger *et al.* 1997). Diesbezüglich sind der Behandlungseinfluss, dessen Erfahrung bei der Applikation und das chemische Hintergrundwissen über die verschiedenen Adhäsivgenerationen sowie die Techniksensitivität wichtige Variablen. Derartige Probleme treten sowohl beim Einsatz des Mehrflaschensystems als auch beim Einflaschensystem auf, obwohl diese von den Herstellern mit dem Hinweis der Reduktion der Techniksensitivität angeboten werden.

Um diese vorher genannten möglichen Fehler bei der Anwendung zu reduzieren wurde in der vorliegenden Studie sehr präzise auf die Ausführung geachtet. Alle Vorgänge wurden

deshalb von einem einzigen, erfahrenen Behandler durchgeführt. Somit konnten mögliche Fehlerquellen minimiert werden.

Auch für die Befestigung von Brackets (Grubisa *et al.* 2004) stellte sich in einer Untersuchung heraus, dass unterschiedliche Behandler bei der konventionellen Ätztechnik unterschiedlich große Haftwerte erzielten, während bei der selbstätzenden Methode alle Behandler ähnliche Ergebnisse erzielten. Sie kamen zu dem Schluss, dass die Behandlung mit selbstätzenden Primern weniger techniksensitiv ist. Während der Behandler den Zahnschmelz mit dem selbstätzenden Primer vorbehandelt, kann die zahnärztliche Assistenz bereits das Bracket mit Komposit beschichten, wobei beide nicht durch die Tätigkeit des Absaugens des Ätzgel-Wassergemisches unterbrochen werden. Durch Weglassen des separaten Anätzens, wie es in der konventionellen Ätztechnik üblich ist, kann Zeit gespart werden.

Ein vermeidbarer, aber oft eingetretener Fehler ist die Benetzung des frisch geätzten Zahnschmelzes mit Speichel. Die Porositäten des retentiven Ätzmusters werden durch den Speichel verschlossen, wodurch das Eindringen von Monomeren verhindert wird (Hormati *et al.* 1980). Die Anzahl von Kunststoffzotten wird somit deutlich verringert und deren Länge reduziert (Evans *et al.* 1981; Siverstone *et al.* 1985). Untersuchungen zeigten diesbezüglich eine geringere Sensibilität für SEP (Paschos *et al.* 2008).

6.2 Diskussion der Ergebnisse

Die Zunahme der white-spot-Läsionen während der Behandlung mit Multibracketapparaturen wird von vielen Untersuchungen bestätigt (Panherz *et al.* 1997, Jost-Brinkmann *et al.* 1996). Insgesamt reicht die Prävalenz von white-spot-Läsionen von 15% bis 85% (Mitchell, 1992). Prädestiniert sind die gingivanahen Bereiche des Schmelzes um die Brackets. Dort wurde die höchste Plaqueansammlung verzeichnet (Ceen *et al.* 1980). Am häufigsten sind die lateralen Schneidezähne in Oberkiefer und die Prämolaren im Unterkiefer betroffen, da es sich hierbei nur um eine sehr schmale Fläche bei diesen Zähnen handelt (Artun *et al.* 1986). Der gleiche Bereich ist auch für die Entfernung möglicher Überschüsse des Befestigungsadhäsives problematisch. Die verbliebenen Überschüsse begünstigen zusätzlich die Plaqueakkumulation (Smales, 1981).

Der Plaque-Index war für alle untersuchten Zähne unabhängig vom verwendeten SEP während des ganzen Untersuchungszeitraumes (von der Baseline bis hin zum Ende der Untersuchung, die zwölf Monate andauerte) sehr gering (Wert 0: 89,8%; Wert 1: 9,72%; Wert 2: 0,48%). Dies bedeutet, dass nur eine sehr dünne Plaqueschicht, wenn überhaupt, festgestellt werden konnte. Die gingivalen Bereiche zeigten dabei im Vergleich zu den inzisalen Bereichen signifikant höhere Werte ($P=0,0001$). Dieses Ergebnis stimmt mit Untersuchungen von *Gorelick et al.* (1982), *Ingervall* (1962), *Zachrisson* (1971), *Artun et al.* (1986), *Ogaard* (1988) und *Wenderoth et al.* (1999) überein.

Die Prämolaren mit dem TransbondTM Plus zeigten einen signifikant höheren Plaque-Index im Unterkiefer im Vergleich zum Oberkiefer. Für alle anderen Zähne war, wenn ihre Lokalisation in Betracht gezogen wurde, kein Unterschied festzustellen. Der Plaque-Index änderte sich nicht signifikant im Zeitverlauf von der Baseline bis zum Ende der Untersuchung ($P>0,05$). In Bezug auf die visuelle Beurteilung (VR) zeigte sich, dass 95,62% der erhobenen Werte einen Wert von null und die restlichen einen Wert von eins aufwiesen. Somit war zu über 95% keine Demineralisation festzustellen. Bei dem nur geringen Prozentsatz mit einer Wertung von eins handelt es sich um kleine Demineralisationen, die sehr schwer an der nassen Oberfläche zu beurteilen waren, aber dann durch Lufttrocknung ersichtlich wurden. Die erhobenen Parameter zeigten, dass der gingival am Bracket angrenzende Schmelzbereich signifikant stärker von der Demineralisation betroffen war ($P<0,001$). Es gab keinen Unterschied zwischen Ober- und Unterkiefer und auch keine signifikanten Veränderungen während des gesamten Verlaufs ($P>0,05$). Die Untersuchung von *Wenderoth et al.* (1999) stellte dagegen einen Unterschied zwischen den Oberkiefer- und Unterkieferzähnen dar. Die Oberkieferzähne zeigten eine höhere Demineralisationsrate.

Die Gesamtverlustrate innerhalb der vorliegenden 12-monatigen Untersuchung betrug 5,4%. Dies entspricht einem klinisch guten Ergebnis. Denn *Murfitt* und seine Kollegen (2006) fanden in einer randomisierten split-mouth-Untersuchung, bei der 661 Brackets von zwei verschiedenen Behandlern bei 39 Patienten platziert worden waren, heraus, dass beim Vergleich des SEP TransbondTM Plus mit der konventionellen Ätztechnik die Gesamtverlustrate bei 7,9% lag. Dieser Wert entspricht den Ergebnissen anderer ähnlicher Studien (*Sunna und Rock* 1998; *Kula et al.* 2002), bei denen auch TransbondTM XT als Adhäsiv verwendet wurde, jedoch im Gegensatz zu der vorliegenden Untersuchung Brackets von unerfahrenen Behandlern platziert worden waren. Dies

erklärt die mit 5,4% relativ geringe Gesamtverlustrate der vorliegenden Studie. Empfehlungen bezüglich der Verlustraten verweisen auf einen Wert, der geringer als 10% klinisch noch annehmbar ist (Mavropoulos *et al.* 2003).

Im Gegensatz zu einer vorherigen Studie, in der mehr Verluste im Unterkiefer (Pandis *et al.* 2005) beschrieben wurden, kamen in dieser Studie mehr Verluste im Oberkiefer vor. Allerdings zeigte der Vergleich der Verlustquote von Brackets an Frontzähnen und Prämolaren in der vorliegenden Studie nur einen signifikanten Unterschied für den Unterkiefer. Die Verluste an den Prämolaren bei Verwendung von ClearfilTM Protect Bond waren viel häufiger als die Verluste im anterioren Bereich. Dies ist wiederum in Übereinstimmung mit der vorherigen Untersuchung (Cacciafesta *et al.* 2004).

Eine zusätzliche Manipulation bei der Platzierung von Brackets, besonders wenn betroffene Zähne stark rotiert sind, kann auch zum Bracketverlust führen. Solch eine größere Manipulation vor dem Aushärten des Adhäsivs hat einen sehr geringen Einfluss auf die Verlustrate, wenn die konventionelle Technik angewandt wurde. Mit einer doppelt so hohen Verlustrate, nämlich 15,3%, ist allerdings in solchen Fällen bei Verwendung von SEP zu rechnen, wenn die Brackets mehr als drei Mal umpositioniert worden sind. Eine höhere Anzahl an Manipulationen bei der Bracketplatzierung ist kein relevanter Faktor, wenn ein erfahrener Behandler die Bracketplatzierung vornimmt. Als Ursache für die höhere Verlustrate muss daher das Ätzmuster, welches mit TransbondTM Plus erzielt wird, verantwortlich sein. In einer *in vitro* Studie konnte durch die Verwendung eines SEM (Stereo-Elektronen-Mikroskopes) bestätigt werden, dass SEP ein reduziertes Ätzmuster und eine geringere Konditionstiefe bedingen (Bishara *et al.* 1998).

Eine höhere Verlustrate bei den Prämolaren ist schon in früheren Studien mit bestimmten Faktoren in Zusammenhang gebracht worden (Kinch *et al.* 1988; O'Brien *et al.* 1989; Millett und Gordon 1994). So besitzen die Prämolaren eine größere Menge an aprismatischen Zahnschmelz (Whittaker 1982). Die Trockenlegung ist schwieriger zu kontrollieren (Trimpeneers und Dermout 1996; Millett *et al.* 1998) und stärkere Kaukräfte können zu einer Überbelastung führen (Sunna und Rock 1998).

Polyadditive Effekte, die beschrieben wurden, wenn mehrere Behandler tätig waren und verschiedene probandenabhängige Parameter zutrafen, wie Habits oder die Kaukraft bei speziellen Ernährungsgewohnheiten (Pandis *et al.* 2005), wurden in dieser Studie wie

schon erwähnt durch die Einhaltung strenger Einschusskriterien, der Durchführung im split-mouth-Design und durch die Applikation der Brackets durch einen Behandler reduziert. Zudem wurde mit Aufbissbehelfen gearbeitet.

Viele *in vitro* Untersuchungen (Bishara *et al.* 2001, 2005; Cacciafesta *et al.* 2003; Dorminey *et al.* 2003; Grubisa *et al.* 2004; Harari *et al.* 2002; Kimura *et al.* 2004; Rajagopal *et al.* 2004; Yamada *et al.* 1988; Zeppieri *et al.* 2003) haben die Scher-Abschäl-Festigkeit von SEP getestet. In den meisten der verfügbaren Studien zeigte sich, dass klinisch akzeptable Haftwerte im Bereich von 6-8 MPa (Reynolds 1979) erzielt werden konnten. Obwohl *in vitro* Untersuchungen die intraoralen Bedingungen durch verschiedene Prozeduren, wie z.B. durch eine längere Aufbewahrungszeit oder das Thermowechselbad (Thermocycling) nachzuahmen versuchen, bleiben sie dennoch nur ein Ansatz, wobei letztendlich ihre klinische Relevanz immer fraglich ist.

Die Scher-Abschäl-Festigkeiten der in dieser Studie angewandten SEP wurden in der aktuellen Literatur als gleichwertig bezeichnet. Zudem zeigten beide, dass sie klinisch einsetzbar sind, da die erzielten Werte jenen, die in der Literatur empfohlen werden, entsprechen (Bishara *et al.* 2005; Cacciafesta *et al.* 2003; Dorminey *et al.* 2003; Eminkahyagil *et al.* 2005; Grubisa *et al.* 2004; Korbmacher *et al.* 2006; Rajagopal *et al.* 2004; Zeppieri *et al.* 2003). Nur in einer *in vitro* Untersuchung zeigten Brackets, die mit Clearfil™ Protect Bond befestigt wurden, eine höhere Scher-Abschäl-Festigkeit, als die mit dem Transbond™ Plus (Arhun *et al.* 2006). Transbond™ Plus hat seine Anwendbarkeit allerdings schon mehrfach *in vivo* bewiesen (Aljubouri *et al.* 2004; Arhun *et al.* 1984; Asgari *et al.* 2002; Noble *et al.* 2006; Pandis *et al.* 2005; Pandis *et al.* 2006; Reis *et al.* 2007).

In der vorliegenden klinischen Untersuchung konnte ein signifikanter Unterschied bezüglich des Risikos des Bracketsverlustes während des Untersuchungszeitraums festgestellt werden. Transbond™ Plus zeigte im Vergleich zu Clearfil™ Protect Bond ein geringes Verlustrisiko. Der Verlust aller Brackets, die mit Clearfil™ Protect Bond und jenen, die mit Transbond™ Plus befestigt worden waren, vollzog sich niemals an der Schnittstelle Bracketbasis - Adhäsiv. Nur ein sehr geringer Anteil an verbliebenem Adhäsiv konnte am Schmelz festgestellt werden. Nach Beendigung der Behandlung und Entfernung der Brackets ist der Verbleib von wenig Adhäsiv auf der Schmelzoberfläche somit zu erwarten. Dies scheint mit vorherigen Studien (Ireland *et al.* 2003; Rix *et al.*

2001; Trites *et al.* 2004; Velo *et al.* 2002) übereinzustimmen, in denen als einer der Vorteile der SEP die nach der Entbänderung geringere Zahl notwendig gewordener klinischer Interventionen beschrieben wurde. Dies betrifft den Zeit- und somit den generellen Aufwand für die Entfernung des Restadhäsives, wodurch ein geringerer Schmelzverlust resultiert.

Während einer Therapie mit einer Multibracketapparatur stellen Entkalkungen immer noch ein gravierendes Problem dar. Viele therapeutische Ansätze wurden verfolgt, um die white-spots, die während einer kieferorthopädischen Behandlung auftreten können, zu verhindern. Einer dieser Ansätze beinhaltet die Entwicklung von Adhäsiv-Systemen, die Fluoride freisetzen können (Basdra *et al.* 1996; Cain *et al.* 2006; Cohen *et al.* 2003; Donly *et al.* 1995; Gorton *et al.* 2003; Rix *et al.* 2001; Soliman *et al.* 2006; Staley *et al.* 2004; Trimpeneers *et al.* 1998; Wheeler *et al.* 2002; Xu *et al.* 2007). Eine adäquate Inaktivierung von Bakterien bedarf allerdings einer direkten Strategie (Imazato *et al.* 2003), da Fluoride hauptsächlich indirekt wirken.

Um die präventiven Effekte der verwendeten SEP zu bewerten – beide geben Fluoride ab und ClearfilTM Protect Bond besitzt zudem antibakterielle Eigenschaften – wurde das Ausmaß der Plaqueakkumulation sowie auch Anzeichen der Demineralisation des Schmelzes während der Untersuchung festgehalten. Die Beurteilung der lateralen Schneidezähne und der ersten Prämolaren erfolgte, da in der Literatur diese Zähne als diejenigen beschrieben wurden, die am häufigsten von Demineralisationen bei der Anwendung von kieferorthopädischen Brackets betroffen sind. Zudem repräsentieren diese Zähne das anteriore und das posteriore Segment (Artun *et al.* 1984; Gorelick *et al.* 1982). Für diese klinisch erhobenen Parameter konnten wir keine signifikanten Unterschiede finden. Obwohl Fluorid durch die Materialien am Bracketumfeld abgegeben wird, besteht die antibakterielle Aktivität von MDPB nicht über den Bracketrand hinaus, was für eine mögliche Einschränkung dieses Präparates spricht. Der eigentliche Zusatz von MDPB ist immobilisiert, wenn die Polymerisation stattfindet. Daher muss ein direkter Kontakt zwischen den Bakterien und der Oberfläche vorhanden sein, damit letztendlich ein Nutzen gegen die Demineralisation vorliegen kann. Der Bereich unter den kieferorthopädischen Brackets bzw. Mikrorisse am Rand, bedingt durch die Polymerisationschrumpfung, entsprechen einem solchen direkten Kontakt und können durch MDPB geschützt werden (Arhun *et al.* 2006).

Um eine objektive Beurteilung des Schmelzes um die Bracketbasis herum vornehmen zu können, wurden in dieser Studie Laserfluoreszenz-Messungen (LF) (DIAGNOdent-Werte) herangezogen. *In vitro* Untersuchungen haben gezeigt, dass es mit dem DIAGNOdent möglich ist, Demineralisationen an Glattflächen und um die Brackets herum zu bestimmen (Staudt *et al.* 2004). Es wurde festgestellt, dass die Brackets, die aus Metall bestehen, keine Fluoreszenzsignale abgeben und somit keinen negativen Einfluss auf die DIAGNOdent-Werte haben (Aljehani *et al.* 2004).

Obwohl die Laserfluoreszenz-Messungen (LF) mit jenen aus der quantitativen Licht-induzierten Fluoreszenz-Methode (QLF) für den Befund von Glattflächenkaries vergleichbar sind, zeigt QLF eine bessere Korrelation mit dem Mineralisationsgrad und ist daher dem DIAGNOdent für das Monitoring von De- und Remineralisationsprozessen vorzuziehen (Shi *et al.* 2001).

Unter klinischen Bedingungen ist jedoch das DIAGNOdent einfacher anzuwenden (Arhun *et al.* 2006), QLF ist dagegen nicht praxisreif. Die hohe Zuverlässigkeit der DIAGNOdent-Werte bei kieferorthopädischen Patienten nach Bracketentnahme konnte schon *in vivo* bestätigt werden (Aljehani *et al.* 2006).

Die Veränderungen am Schmelz, die in der vorliegenden Untersuchung während des ganzen Untersuchungszeitraums beobachtet wurden, waren nicht statistisch signifikant unterschiedlich für die verwendeten SEP, was auch durch die anderen zwei subjektiven Parameter, die erhoben wurden, festzustellen war. Die Patienten, die in dieser Studie aufgenommen wurden, zeigten eine geringe Plaqueakkumulation nachdem sie eine ausführliche Mundhygiene-Instruktion vor dem Beginn der kieferorthopädischen Behandlung, wie generell empfohlen wird, erhalten hatten. Ihre Motivation blieb sogar höher als es unter normalen Bedingungen (bei Nichtteilnahme) zu erwarten gewesen wäre. Die Teilnahme an dieser Studie hat möglicherweise die Ergebnisse beeinflusst.

Wie schon erwähnt werden bereits diverse Materialien zur adhäsiven Befestigung von Brackets mit Fluoriden versetzt, um lokal eine zusätzliche Fluoridquelle zu erhalten (Gorton *et al.* 2003). Fluoridhaltige Kunststoffe setzen direkt nach der Applikation für mindestens sieben Tage Fluoride frei und zeigen darüber hinaus eine Reservoirwirkung mit konstanter Freisetzung niedriger Fluoriddosen (Bishara *et al.* 2005), abhängig von der Materialgruppe der sie angehören.

Allerdings sind beispielsweise Glasionomerzemente, die über die höchsten Fluoridfreisetzungsraten verfügen (Basdra *et al.* 1996; Cohen *et al.* 2003; Rix *et al.* 2001; Staley *et al.* 2004; Wheeler *et al.* 2002) von niedriger Haftfestigkeit und hohen Bracketverlusten im Vergleich zu Kompositen gekennzeichnet (Bishara *et al.* 1999; Miguel *et al.* 1995; Miller *et al.* 1996; Wiltshire 1994). Im Bestreben, eine ausreichende Haftfestigkeit und eine höhere Fluoridfreisetzung zu erzielen, wurden Kombinationspräparate aus Glasionomerzementen und Komposit entwickelt, die sogenannten resin-modifizierten Glasionomerzemente. Die Scherfestigkeit von resin-modifizierten Glasionomerzementen ist klinisch akzeptabel, wenn auch geringer als die von Adhäsiven auf Komposit-Basis (Yamada *et al.* 1988).

Trotz der auf Grund der verschiedenen Studiendesigns vorhandenen Limitierungen konnte mehrfach gezeigt werden, dass Glasionomerzemente und resin-modifizierte Glasionomerzemente eine höhere Fluoridfreisetzungsraten als nicht-fluoridfreisetzende und sogar als fluoridfreisetzende Komposite aufweisen (Chadwick *et al.* 1995; Forsten 1991, 1995; Trimpeneers *et al.* 1998). Allerdings konnten manche Autoren (Posluns *et al.* 1999; Wenderoth *et al.* 1999) beim Vergleich von fluoridierten und nichtfluoridierten Adhäsiven keinen Unterschied in der Zahl der Schmelzentkalkungen feststellen.

Schutzmaßnahmen, wie eine im Vorfeld der Multibrackettherapie auf die Labialflächen der mit Brackets zu beklebenden Zähnen aufgetragene Versiegelung mit protektivem Effekt während der Therapie wären auf Grund der nicht notwendigen Mitarbeit Patienten wünschenswert. Dadurch könnte ein Schutz des Schmelzes vor dem Angriff der säureproduzierenden Mikroorganismen in der Plaque gewährleistet werden, vor allem an den Prädilektionsstellen um die Bracketbasis herum.

Früher wurden Versiegler verwendet, die sich jedoch nicht durchsetzen konnten. Die meisten waren ungefüllt und wurden daher mechanisch durch das Zähneputzen oder chemisch durch Säureattacken entfernt, sodass eine schnelle Abnutzung oder Einbrüche derselben zu Demineralisationen unter dem Versiegler führten (Banks *et al.* 1994). Ein neuer fluoridfreisetzender, lighthärtender, fluoreszierender, gefüllter Versiegler (ProSeal™, Reliance Orthodontic Products, Itasca, USA) hat einen sehr großen Anklang bei den Anwendern gefunden; nicht nur wegen seiner aufgeführten kariespräventiven Eigenschaft, sondern insbesondere, weil laut Herstellerangaben eine Kombination mit jedem adhäsiven Befestigungsmaterial, also eine universelle Anwendung, möglich sein

soll. *In vitro* Untersuchungen haben bislang eine signifikante Reduktion der Entstehung von Demineralisationen zeigen können (Hu *et al.* 2005). Die Fluoridabgabe von Pro Seal liegt bei 0,07 ppm/Woche/mm². Ein signifikanter Abfall ist allerdings schon nach der ersten Woche zu verzeichnen. Nach einem Monat liegt der Wert bei 0,01 ppm/Woche/mm². Auch nach Wiederaufladung durch exogene Fluoridzufuhr sank der Wert sehr schnell auf 0,014 ± 0,009 ppm/Woche/mm². Auch zeigten Studien, dass die Verwendung von Pro Seal und anderen Versiegeln die Haftfestigkeit nicht vermindert (Paschos *et al.* 2006; Heinig *et al.* 2008).

Zu beachten ist jedoch, dass man prinzipiell unter Glattflächenversiegelung eine Beschichtung der Labialfläche eines Zahnes mit Kunststoff bis zum marginalen Gingivarand im Vorfeld der Bracketplatzierung versteht. Davon abzugrenzen ist die Bracketumfeldversiegelung, die erst nach der Platzierung des Brackets und in dessen Peripherie aufgetragen wird.

7 Schlussfolgerung

Die Verlustrate bei der Verwendung des self-etching Primer (SEP) Clearfil™ Protect Bond für die Befestigung von kieferorthopädischen Brackets war signifikant höher als die für Transbond™ Plus.

In früheren *in vivo* Studien, bei denen mehrere konventionelle Adhäsive angewandt worden waren, wurde eine Bracketverlustrate von circa 4-12% als annehmbar bezeichnet (Galindo *et al.* 1998; Fowler 1998; Sunna und Rock 1998).

In der vorliegenden Studie betrug die Verlustrate bei Verwendung des SEP Transbond™ Plus 1% und bei Verwendung von Clearfil™ Protect Bond 4,4%. Dieses Ergebnis zeigt deutlich die Anwendbarkeit dieser SEP in der täglichen Praxis.

Bei Bracketverlust konnte in dieser Studie nur eine geringe Menge an Adhäsiv am Zahnschmelz festgestellt werden. Es kam vielmehr zu Verlusten an der Schnittstelle zwischen Zahnschmelz und Adhäsiv. Nebeneffekte im Sinne von Schmelzrissen oder Schmelzfrakturen wurden nicht festgestellt.

Für die untersuchten Patienten, die eine adäquate Mundhygiene aufwiesen, konnte kein Vorteil bezüglich der Plaqueakkumulation und der Prävention von Demineralisationen bei Anwendung von Clearfil™ Protect Bond festgestellt werden.

Die gingivalen Bereiche erwiesen sich als Plaqueprädispositionsstellen.

Nichts desto trotz ist die Verwendung von fluoridabgebenden und antibakteriell wirkenden self-etching Primern als eine zusätzliche protektive Wirkung gegen Demineralisationen am Bracketumfeld anzusehen, da die zur Verfügung stehende Gesamtfluoridmenge lokal am Ort das mögliche Auftreten von white-spots erhöht wird.

8 Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Untersuchung bestand darin, festzustellen, ob Unterschiede bei der Verlustrate von Brackets bei Verwendung von zwei verschiedenen self-etching Primern (SEP) (Transbond™ Plus oder Clearfil™ Protect Bond) innerhalb eines split-mouth-Designs vorhanden sind.

Das weiteren sollte die Effektivität von Clearfil™ Protect Bond bezüglich einer möglichen Hemmung der Plaqueakkumulation und Demineralisation untersucht werden.

Dazu wurden in dieser prospektiven, longitudinalen, klinischen Studie 24 gesunde Kinder (15 Mädchen und 9 Jungen) im Alter zwischen 12 und 15 Jahren (Durchschnittsalter 13,12) untersucht. Die Probanden wiesen eine neutrale Bisslage (Klasse I), milden bis moderaten Engstand, keine Entkalkungen, keine Hypomineralisationen und eine adäquate Mundhygiene vor. Zum Einsatz kamen kieferorthopädische Metallbrackets (equilibrium® 2, Dentauro, Ispringen, Deutschland). Die Brackets wurden mit dem Adhäsiv Transbond™ XT (3M Unitek, Monrovia, CA) befestigt. Während der Baseline-Untersuchung wurde die frühere Karieserfahrung des jeweiligen Patienten mittels des DMFS-Index erhoben. Eine Woche vor dem Bonding und an jedem dritten Recall wurde der Plaque-Index (PI) erhoben (Silness *et al.* 1964).

Zudem wurde eine visuelle Beurteilung (VR) des Zahnschmelzes, welcher das Bracket umgibt (Bracketumfeld), inzisal und gingival am lateralen Schneidezahn und am ersten Prämolaren durch die Verwendung eines modifizierten Kariesindex (Ekstrand *et al.* 1998; Geiger *et al.* 1992; Marcusson *et al.* 1997) erhoben.

Bei der Baseline und während der weiteren Untersuchung konnte mittels DIAGNOdent (KaVo, Biberach, Deutschland) eine Laserfluoreszenz-Messung (LF) jeweils für den gleichen Zahn erhoben werden.

Um Unterschiede der gemessenen DIAGNOdent-Werte feststellen zu können, wurden die Differenzen zwischen den ersten Messungen und der jeweiligen Reevaluationen errechnet.

Über den Untersuchungszeitraum von 12 Monaten konnten insgesamt 26 Verluste (5,4%) der insgesamt 480 in dieser Studie aufgenommen Brackets an den Zähnen registriert werden. Obwohl signifikant mehr Brackets bei Verwendung von ClearfilTM Protect Bond sich lösten ($P=0,002$), war der Bracketgesamtverlust (5,4%) klinisch akzeptabel. Die Verteilung der totalen Verlustrate im Ober- und Unterkiefer zeigt, dass eine signifikant höhere Verlustrate für den Oberkiefer festzustellen war ($P=0,008$). Der Vergleich der konstruierten Kaplan-Maier-Überlebenskurven zeigte, dass hinsichtlich des Verlustrisikos über den ganzen Untersuchungszeitraum hinweg ein signifikanter Unterschied zu Lasten der Brackets, die mit dem SEP ClearfilTM Protect Bond befestigt wurden, vorhanden war.

Bei Bracketverlust konnte nur eine geringe Menge an Adhäsiv am Zahnschmelz festgestellt werden. Es kam vielmehr zu Verlusten an der Schnittstelle zwischen Zahnschmelz und Adhäsiv. Nebeneffekte im Sinne von Schmelzrissen oder Schmelzfrakturen wurden nicht festgestellt.

Der Plaque-Index (PI), die visuelle Beurteilung (VR) sowie die Differenzen der Laser-Fluoreszenzwerte zeigten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Zähnen, an denen die Brackets mit ClearfilTM Protect Bond befestigt wurden und jenen mit TransbondTM Plus ($P>0,05$).

9 Literaturverzeichnis

1. Abdulaziz A., Tranaus S., Forsberg C. M., Angmar-Månsson B., Shi X. Q.: In vitro quantification of white-spot enamel lesions adjacent to fixed orthodontic appliances using quantitative light-induced fluorescence and DIAGNOdent. Taylor and Francis 2004
2. Aljehani A., Bamzahim M., Yousif M. A., Shi X. Q.: In vivo reliability of an infrared fluorescence method for quantification of carious lesions in orthodontic patients. *Oral Health Prev Dent* 2006; 4: 145-50
3. Aljehani A., Tranaeus S., Forsberg C. M., Angmar-Månsson B., Shi X.Q.: In vitro quantification of white-spot enamel lesions adjacent to fixed orthodontic appliances using quantitative light-induced fluorescence and DIAGNOdent. *Acta Odontol Scand* 2004; 62: 313-18
4. Aljehani A., Yang L., Shi X. Q.: In vitro quantification of smooth surface caries with DIAGNOdent and the DIAGNOdent pen. *Acta Odontol Scand* 2007; 65: 60-3
5. Aljubouri Y. D., Millett D. T., Gilmour W. H.: Six and 12 months' evaluation of a self-etching primer versus two-stage etch and prime for orthodontic bonding: a randomized clinical trial. *Eur J Orthod* 2004; 26: 565-71
6. Al-Khateeb S., Forsberg C. M., de Josselin de Jong E., Angmar-Månsson B.: A longitudinal laser fluorescence study of white-spot lesions in orthodontic patients. *Am. J Orthod Dentofacial Orthop* 1998; 113: 595-602
7. Al-Khateeb S., Oliveby A., de Josselin de Jong E., Angmar-Månsson B.: Laser fluorescence quantification of remineralisation in situ of incipient enamel lesions: Influence of fluoride supplements. *Caries Res* 1997; 31: 132-40
8. Al-Khateeb S., ten Cate J. M., Angmar-Månsson B., de Josselin de Jong E., Sundstrom G., Exterkate R. A., Oliveby A.: Quantification of formation and remineralization of artificial enamel lesions with a new portable fluorescence device. *Adv Dent Res* 1997; 1: 502-6

9. Angmar-Månsson B., al-Khateeb S., Tranaeus S.: Monitoring the caries process. Optical methods for clinical diagnosis and quantification of enamel caries. *Eur J Oral Sci* 1996; 104: 480-5
10. Arends J., Dijkman T., Christoffersen J.: Average mineral loss in dental enamel during demineralisation. *Caries Res* 1987; 21: 249-54
11. Arhun N., Arman A., Sesen C., Karabulut E., Korkmaz Y., Gokalp S.: Shear bond strength of orthodontic brackets with 3 self-etch adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 129: 547-50
12. Artun J., Brobakken B.O.: Prevalence of carious white spots after orthodontic treatment with multibonded appliances. *Eur J Orthod* 1984; 85: 333-40
13. Arnold R. W., Combe E. C., Warford J. H., Jr.: Bonding of stainless steel brackets to enamel with a new self-etching primer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; 122: 274-6
14. Artun J., Bergland S.: Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *Am J Orthod* 1984; 85: 333-40
15. Artun J., Brobakken B. O.: Prevalence of carious white-spots after orthodontic treatment with multibonded appliances. *Eur J Orthod* 1986; 8: 229-34
16. Asgari S., Salas A., English J., Powers J.: Clinical evaluation of bond failure rates with a new self-etching primer. *J Clin Orthod* 2002; 36: 687-9
17. Attar N., Taner T.U., Tülümen E., Korkmaz Y.: Shear bond strength of orthodontic brackets bonded using conventional vs one and two step self-etching/adhesive systems. *Angle Orthod* 2007; 77(3): 518-23
18. Balenseifen J. W., Madonia J.V.: Study of dental plaque in orthodontic patients. *J Dent Res* 1970; 49: 320-4
19. Banks P. A., Chadwick S. M., Sher-McDade C., Wright J. L.: Fluoride-releasing elastomers – a prospective controlled clinical trial. *Eur J Orthod* 2000; 22: 401-7

20. 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* 1996; 109: 466-72
21. Bass C. C.: An effective method of personal oral hygiene. *J La State Med Soc* 1954; 106: 57-73
22. Beilhack E., Pescheck A., Krifter B., Bernhardt G. A., Bantleon H.-P.: A comparison of self-etching primer and of orthodontic brackets in vivo – a controlled, prospective, randomized in vivo comparative study. *Inf Orthod Kieferorthop* 2006; 38: 41-4
23. Benedict H. C.: Note on the fluorescence of teeth under ultraviolet rays. *Science* 1928; 67: 442
24. Benson P. E., Parkin N., Millett D. T., Dyer F. E., Vine S., Shah A.: Fluorides for the prevention of white-spots on teeth during fixed brace treatment. *Cochrane Database Syst Rev* CD003809, 2004
25. Benson P. E., Pender N., Higham S. M.: Quantifying enamel demineralization from teeth with orthodontic brackets – a comparison of two methods. Part 1: repeatability and agreement. *Eur J Orthod* 2003; 25: 149-58
26. Benson P. E., Pender N., Higham S. M.: Quantifying enamel demineralization from teeth with orthodontic brackets – a comparison of two methods. Part 2: validity. *Eur J Orthod* 2003; 25: 159-65
27. Benson P. E., Shah A. A., Millett D. T., Dyer F., Parkin N., Vine R. S.: Fluorides, orthodontics and demineralization: a systematic review. *J Orthod* 2005; 32: 102-14
28. Bishara S. E., Gordan V. V., Von Wald L., Olson M. E.: Effect of an acidic primer on shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998; 114: 243-7
29. Bishara S. E., Laffoon J. F., Von Wald L., Warren J.: Effect of time on the shear bond strength of cyanoacrylate and composite orthodontic adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; 121: 297-300

30. Bishara S. E., Olsen M., Damon P., von Wald L.: Comparisons of shear bond strength of precoated and unprecoated brackets. *Am Orthod Dentofacial Orthop* 1997; 112(6): 617-21
31. Bishara S. E., Oonsombat C., Ajlouni R., Laffoon J. F.: Comparison of the shear bond strength of 2 self-etch primer/adhesive systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 125: 348-50
32. Bishara S. E., Ostby A. W., Ajouni R., et al.: Early shear bond strength of a one-step self-adhesive on orthodontic brackets. *Angle Orthod* 2006; 76: 123-26
33. Bishara S. E., Soliman M., Laffoon J., Warren J. J.: Effect of antimicrobial monomer-containing adhesive on shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod* 2005; 75: 397-9
34. Bishara S. E., Von Wald L., Laffoon J. F., Warren J. J.: Effect of a self-etch primer/adhesive on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001; 119: 621-4
35. Bjelkhagen H., Sundström F., Angmar-Månsson B., Rydén H.: Early detection of enamel caries by the luminescence excited by visible laser light. *Swed Dent J* 1982; 6: 1-7
36. Brown W. E., Gregory T. M., Chow L. C.: Effects of fluoride on enamel solubility and cariostasis. *Caries Res* 11 Suppl 1977; 1: 118-41
37. Buonocore M. G.: A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 1955; 34: 849-853
38. Buyukyilmaz T., Usumez S., Karaman A. I.: Effect of self-etching primers on bond strength – are they reliable? *Angle Orthod* 2003; 73(1): 64-70
39. Cacciafesta V., Sfondrini M. F., Baluga L., Scribante A., Klersy C.: Use of a self-etching primer in combination with a resin-modified glass ionomer: effect of water and saliva contamination on shear bond strength. *Am J Orthod. Dentofacial Orthop.* 2003; 124: 420-6

40. Cacciafesta V., Sfondrini M. F., De Angelis M., Scribante A., Klersy C.: Effect of water and saliva contamination on shear bond strength of brackets bonded with conventional, hydrophilic, and self-etching primers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 123: 633-40
41. Cacciafesta V., Sfondrini M. F., Scribante A., De Angelis M., Klersy C.: Effect of blood contamination on shear bond strength of brackets bonded with a self-etching primer combined with a resin-modified glass ionomer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 126: 703-8
42. Cacciafesta V., Sfondrini M. F., Scribante A.: Plasma arc versus halogen light-curing of adhesive-precoated orthodontic brackets: a 12-month clinical study of bond failures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 126: 194-9
43. Cain K., Hicks J., English J., Flaitz C., Powers J. M., Rives T.: In vitro enamel caries formation and orthodontic bonding agents. *Am J Dent* 2006; 19: 187-92
44. Carstensen W.: The effects of different phosphoric acid concentrations on surface enamel. *Angle Othod* 1992; 62(1): 51-7
45. Ceen R.F., Gwinnett A.J.: Microscopic evaluation of the thickness of sealants used in orthodontic bonding. *Am J Orthod* 1980; 78:623-9
46. Cehreli Z. C., Altay N.: Effects of a nonrinse conditioner and 17% ethylenediaminetetraacetic acid on the etch pattern of intact human permanent enamel. *Angle Orthod* 2000; 70: 22-7
47. Chadwick S. M., Gordon P. H.: An investigation into the fluoride release of a variety of orthodontic bonding agents. *Br J Orthod* 1995; 22: 29-33
48. Chung C. K., Millett D. T., Creanor S. L., Gilmour W. H., Foye R.H.: Fluoride release and cariostatic ability of a compomer and resin-modified glass ionomer cement used for orthodontic bonding. *J Dent* 1998; 26: 533-8
49. Cohen W. J., Wiltshire W. A., Dawes C., Lavelle C. L.: Long-term in vitro fluoride release and rerelease from orthodontic bonding materials containing fluoride. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 124: 571-6

50. 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* 2003; 30: 323-9
51. de Josselin de Jong E., ten Bosch J. J., Noordmans J.: Optimised microcomputer-guided quantitative microradiography on dental mineralised tissue slices. *Phys Med Biol* 1987; 32: 887-99
52. de Josselin de Jong E., Sundström F., Westerling H., Tranæus S., ten Bosch J. J., Angmar-Månsson B.: A new method for in vivo quantification of changes in initial enamel caries with laser fluorescence. *Caries Res* 1995; 29: 2-7
53. de Josselin de Jong E., Hall A. F., van der Veen M. H.: Quantitative ligthinduced fluorescence detection method: a Monte Carlo simulation model. In: Stookey G. K.: Early detection of dental caries: Proceedings of the 1st annual Indiana Conference. Indianapolis, Indiana Universery 1996; 91-104
54. de Josselin de Jong E., Sundström F., Westerling H., Tranaus S., ten Bosch J. J., Angmar-Månsson B.: A new method for in vivo quantification of changes in initial enamel caries with laser fluorescence. *Caries Res* 1995; 24: 249-51
55. Diedrich P.: Enamel alterations from bracket bonding and debonding: a study with the scanning electron microscope. *Am J Orthod* 1981; 79: 500-22
56. 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* 1995; 107: 461-4
57. Dorminey J. C., Dunn W. J., Taloumis L. J.: Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with a modified 1-step etchant-and-primer technique. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 124: 410-3
58. dos Santos J. E., Quioca J., Loguercio A. D., Reis A.: *Angle Orthod* 2006; 76(5): 863-8
59. Dunn W. J., Talournis L.J.: Polymerization of orthodontiv resin cement with light-emitting diode curing unites. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; 122: 236-41

60. Dupont W. D., Plummer W. D. Jr.: Power and sample size calculations. A review and computer program. *Control Clin Trials* 1990; 11: 116-28
61. Ebi N., Imazato S., Noiri Y., Ebisu S.: Inhibitory effects of resin composite containing bactericide-immobilized filler on plaque accumulation. *Dent Mater* 2001; 17: 485-91
62. Ekstrand K. R., Ricketts D. N., Kidd E. A., Qvist V., Schou S.: Detection, diagnosing, monitoring and logical treatment of occlusal caries in relation to lesion activity and severity: an in vivo examination with histological validation. *Caries Res* 1998; 32: 247-54
63. Eminkahyagil N., Korkmaz Y., Gokalp S., Baseren M.: Shear bond strength of orthodontic brackets with newly developed antibacterial self-etch adhesive. *Angle Orthod* 2005; 75: 843-8
64. Ernst C. P., Holzmeier M., Willershausen B.: In vitro shear bond strength of self-etching adhesives in comparison to 4th and 5th generation adhesives. *J Adhes Dent* 2004; 6: 293-9
65. Evans T., Siverstone L. M.: The effect of saliva in vitro on etched human enamel. *J Dent Res* 1981; 60: 621
66. Forsten L.: Resin-modified glass ionomer cements: fluoride release and uptake. *Acta Odontol Scand* 1995; 53: 222-5
67. Forsten L.: Short- and long-term fluoride release from glass ionomer based liners. *Scand J Dent Res* 1991; 99: 340-2
68. Frankenberger R., Krämer N., Sindel J.: Beeinflussen Dentinadhäsive und ihre Applikation die Schmelzhaftung? *Dtsch Zahnärztl Z* 1997; 52: 202-5
69. Frankenberger R.: Zur Dauerhaftigkeit des Dentinverbunds. *Dtsch Zahnärztl Z* 2002; 6: 154-7
70. Fritz U. B., Diedrich P., Finger W. J.: Self-etching primers-an alternative to the conventional acid etch technique? *J Orofac Orthop* 2000; 62: 238-45
71. Gange P.: Present state of bonding. *J Clin Orthod* 1995; 7: 429-36

72. 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* 1992; 101: 403-7
73. 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* 1988; 93: 29-37
74. Gorelick L., Geiger A. M., Gwinnett A. J.: Incidence of white-spot formation after bonding and banding. *Am J Orthod* 1982; 81: 93-8
75. Gorton J., Featherstone J. D.: In vivo inhibition of demineralization around orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 123: 10-4
76. Graf I.: Haftfestigkeit verschiedener Fluorid freisetzender Bracketadhäsivsysteme. *J Ortodent Orthop / Fortschritte der Kieferorthopädie* 2000(61); 3: 191-8
77. Grubisa H. S., Heo G., Raboud D., Glover K. E., Major P. W.: An evaluation and comparison of orthodontic bracket bond strengths achieved with self-etching primer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 126: 213-9
78. Hack R., Wicht M. J.: Caries detection and quantification with DIAGNOdent: prospects for occlusal and root caries? *Int J Comput Dent* 2004; 7: 347-58
79. Haikel Y., Frank R. M., Voegl J. C.: Scanning electron microscopy of the human enamel surface layer of incipient carious lesions. *Caries Res* 1983; 17: 1-13
80. Hannig M., Reinhardt K. J., Bott B.: Self-etching primer vs. phosphoric acid: an alternative concept for composite-to-enamel bonding. *Oper Dent* 1999; 24: 172-80
81. Harari D., Aunni E., Gillis I., Redlich M.: A new multipurpose dental adhesive for orthodontic use: an in vitro bond-strength study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000; 118: 307-10
82. Harari D., Gillis I., Redlich M.: Shear bond strength of a new dental adhesive used to bond brackets to unetched enamel. *Eur J Orthod* 2002; 24: 519-23

83. Heinig N., Hartmann A.: Efficacy of a sealant: study on the efficacy of a sealant (Light Bond) in preventing decalcification during multibracket therapy. *J Orofac Orthop* 2008; 69(3): 154-67
84. Holzmeier M., Ernst C. P., Willershausen B., Hirschfelder U.: In-vitro shear bond strength of self-etching versus traditional adhesives for orthodontic luting. *J Orofac Orthop* 2006; 67: 244-59
85. Holzmeier M., Schaubmayr M., Dasch W., Hirschfelder U.: A new generation of self-etching adhesives: comparison with Traditional Acid Etch technique. *J Orthofac Orthop* 2007; 69: 78-93
86. Holzmeier M., Schaubmayr M., Dasch W., Hirschfelder U.: *J Orofac Orthop* 2008; 69(2): 78-93
87. Hormati A. A., Fuller J. L., Denehy G. E.: Effects of contamination and mechanical disturbance on the quality of acid-etched enamel. *J Am Dent Ass* 1980; 100: 34-8
88. Hosein I., Sherriff M., Ireland A. J.: Enamel loss during bonding, debonding, and cleanup with use of a self-etching primer. *Am J Orthod. Dentofacial Orthop.* 2004; 126: 717-24
89. Hu W., Featherstone J. D.: Prevention of enamel demineralization: an in-vitro study using light-cured filled sealant. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005; 128: 592-600
90. Ifland S.: Diagnostik okklusaler Läsionen mittels Quantitativer Lichtinduzierter Fluoreszenzmessung (QLF). Dissertation 2004
91. Imazato S., Ebi N., Takahashi Y., Kaneko T., Ebisu S., Russell R. R.: Antibacterial activity of bactericide-immobilized filler for resin-based restoratives. *Biomaterials* 2003; 24: 3605-9
92. Imazato S., Ebi N., Tarumi H., Russell R. R., Kaneko T., Ebisu S.: Bactericidal activity and cytotoxicity of antibacterial monomer MDPB. *Biomaterials* 1999; 20: 899-903

93. Imazato S., Kuramoto A., Takahashi Y., Ebisu S., Peters M. C.: In vitro antibacterial effects of the dentin primer of Clearfil™ Protect Bond. *Dental materials* 2006; 22: 527-32
94. Imazato S., Torii Y., Takatsuka T., Inoue K., Ebi N., Ebisu S.: Bactericidal effect of dentin primer containing antibacterial monomer methacryloyloxydodecylpyridinium bromide (MDPB) against bacteria in human carious dentin. *J Oral Rehabil* 2001; 28: 314-9
95. Ireland A. J., Knight H., Sherriff M.: An in vivo investigation into bond failure rates with a new self-etching primer system. *Am. J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 124: 323-6
96. Jost-Brinkmann P.G., Miethke R.R., Gehrke T. : Festsitzende kieferorthopädische Apparaturen und die Entwicklung von Karies, insbesondere Initiailläsionen. *Inf Orthod Kieferortop* 1996; 28: 327-36
97. Kaiser U.: Zusammenhang von pathologischen Veränderungen in Fissuren und einem Nachweis von Lactatbildung. *Dissertation* 2007
98. Kawashima M., Nakatsuka K., Okada K., Yamauchi J.: Characteristics of a new antibacterial and fluoride releasing bonding system. *J Dent Res* 2002; 81:Abstract:1850
99. Kimura T., Dunn W. J., Taloumis L. J.: Effect of fluoride varnish on the in vitro bond strength of orthodontic brackets using a self-etching primer system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 125: 351-6
100. König K., Flemming G., Hibst R.: Laser-induced autofluorescence spectroscopy of dental caries. *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)* 1998; 44: 1293-300
101. Korbmacher H. M., Huck L., Kahl-Nieke B.: Fluoride-releasing adhesive and antimicrobial self-etching primer effects on shear bond strength of orthodontic brackets. *Angle Orthod* 2006; 76: 845-50
102. Kuhnisch J., Heinrich-Weltzien R.: Quantitative light-induced fluorescence (QLF) – a literature review. *Int J Comput Dent* 2004; 7: 325-38

103. Kula K., Schreiner R., Brown J., Glaros A.: Clinical bond failure of pre-coated and operator-coated orthodontic brackets. *Orthod and Craniofacial Research* 2002; 5: 161-5
104. Lamper T.: Scher-Abschäl-Festigkeit von Brackets bei Anwendung selbstätzender Haftvermittler nach Lichthärtung mit einer konventionellen Halogenlampe sowie einer Hochleistungs-LED-Lampe zu jeweils zwei verschiedenen Polymerisationszeiten. Dissertation 2008
105. Lussi A., Imwinkelried S., Pitts N., Longbottom C., Reich E.: Performance and reproducibility of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries in vitro. *Caries Res* 1999; 33: 261-6
106. Lussi A., Megert B., Longbottom C., Reich E., Francescut P.: Clinical performance of a laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions. *Eur J Oral Sci* 2001; 109: 14-9
107. Lussi A.: Methoden zur Diagnose und Verlaufsd Diagnose der Karies. *Dtsch Zahnärztl Z* 1998; 53: 175-82
108. Marcusson A., Norevall L. I., Persson M.: White-spot reduction when using glass ionomer cement for bonding in orthodontics: a longitudinal and comparative study. *Eur J Orthod* 1997; 19: 233-42
109. Mavropoulos A., Karamouzos A., Kolokithas G., Athanasiou A. E.: In vivo evaluation of two new moisture-resistant orthodontic adhesive systems: a comparative clinical trial. *J of Orthod* 2003; 30: 139-47
110. Miguel J. A., Almeida M. A., Chevitarese O.: Clinical comparison between a glass ionomer cement and a composite for direct bonding of orthodontic brackets. *Am. J Orthod Dentofacial Orthop* 1995; 107: 484-7
111. Miller J. R., Mancl L., Arbuckle G., Baldwin J., Phillips R. W.: A three-year clinical trial using a glass ionomer cement for the bonding of orthodontic brackets. *Angle Orthod* 1996; 66: 309-12
112. Mitchell L.: Decalcification during orthodontic treatment with fixed appliances – an overview. *Br J Orthod* 1992; 19: 199-205

113. Mitropolous C. M.: Comparison of fibre optic transillumination with bitewing radiographs. *Br Dent J* 1985; 21: 159
114. Murfitt P. G., Quick A. N., Swain M. V., Herbison G. P.: A randomized clinical trial to investigate bond failure rates using a self-etching primer. *Eur J Orthod*. 2006 Oct; 28(5): 444-9
115. Newman G. V.: Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. *Am J Orthod* 1965; 51: 901-12
116. Noble R. R., Salas-Lopez A., English J.D., Powers J. M.: Clinical evaluation of orthodontic self-etching primers. *Tex Dent J* 2006; 123: 274-8
117. Ogaard B., Alm A. A., Larsson E., Adolfsson U.: A prospective, randomized clinical study on the effects of an amine fluoride/stannous fluoride toothpaste/mouthrinse on plaque, gingivitis and initial caries lesion development in orthodontic patients. *Eur J Orthod* 2006; 28: 8-12
118. Ogaard B., Duschner H., Ruben J., Arends J.: Microradiography and confocal laser scanning microscopy applied to enamel lesions formed in vivo with and without fluoride varnish treatment. *EurJ Oral Sci* 1996; 104: 378-83
119. 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* 2001; 120: 28-35
120. 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* 1988; 94: 123-8
121. Ogaard B., Rolla G., Helgeland K.: Fluoride retention in sound and demineralized enamel in vivo after treatment with a fluoride varnish (Duraphat). *Scand. J Dent Res* 1984; 92: 190-7
122. Ogaard B., Incidence of filled surfaces from 10-18 years of age in an orthodontically treated and untreated group in Norway. *Eur J Orthod* 1989; 11: 116-9

123. 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* 1989; 96: 423-7
124. Pandis N., Christensen L., Eliades T.: Long-term clinical failure rate of molar tubes bonded with a self-etching primer. *Angle Orthod* 2005; 75: 1000-2
125. Pandis N., Eliades T.: A comparative in vivo assessment of the long-term failure rate of 2 self-etching primers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005; 128: 96-8
126. Pandis N., Polychronopoulou A., Eliades T.: A comparative assessment of the failure rate of molar tubes bonded with a self-etching primer and conventional acid-etching. *World J Orthod* 2006; 7: 41-4
127. Pandis N., Polychronopoulou A., Eliades T.: Failure rate of self-ligating and edgewise brackets bonded with conventional acid etching and a self-etching primer: a prospective in vivo study. *Angle Orthod* 2006; 76: 119-22
128. Pancherz H., Mühlich D. P.: Entwicklung von Karies bei kieferorthopädischer Behandlung mit festsitzenden Apparaturen - Ein Vergleich von Zähnen mit und ohne Kariesvorschädigungen. *Kieferorthop* 1997; 11: 139-44
129. Paschos E., Limbach M., Teichmann M., Huth K. C., Folwaczny M., Hickel R., Rudzki-Janson I.: Orthodontic attachments and chlorhexidine-containing varnish effects on gingival health. *Angle Orthod* 2008; 78: 908-16
130. Paschos E., Okuka S., Ilie N., Huth K. C., Hickel R., Rudzki-Janson I.: Investigation of shear-peel bond strength of orthodontic brackets on enamel after using Pro Seal. *J Orofac Orthop* 2006; 67: 196-206
131. Pascotto R. C., Navarro M. F., Capelozza F. L., Cury J. A.: In vivo effect of a resin-modified glass ionomer cement on enamel demineralization around orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 125: 36-41
132. Perdigao J., Lopes L., Lambrechts P. et al.: Effects of self-etching primer on enamel shear bond strength and SEM morphology. *Am J Dent* 1997; 10: 141-6

133. Pinelli C., Campos S. M., de Castro Monteiro L. L.: Validity and reproducibility of a laser fluorescence system for detecting the activity of white-spot lesions on free smooth surfaces in vivo. *Caries Res* 2002; 36: 19-24
134. Posluns J., Rossouw P. E., Leake J.: Enamel decalcification in orthodontics: a survey of Canadian orthodontists. *Ontario dentist* 1999; 15-24
135. Pretty I. A., Pender N., Edgar W. M., Higham S. M.: The in vitro detection of early enamel de- and re-mineralization adjacent to bonded orthodontic cleats using quantitative light-induced fluorescence. *Eur J Orthod* 2003; 25: 217-23
136. Rajagopal R., Padmanabhan S., Gnanamani J.: A comparison of shear bond strength and debonding characteristics of conventional, moisture-insensitive, and self-etching primers in vitro. *Angle Orthod* 2004; 74: 264-8
137. Reis A., Santos J. E., Loguercio A. D., de O. B. Jr.: Eighteen-month bracket survival rate: conventional versus self-etch adhesive. *Eur J Orthod* 2007
138. Reynolds I. R.: A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod* 1979; 2: 171-8
139. Rix D., Foley T. F., Banting D., Mamandras A.: A comparison of fluoride release by resin-modified GIC and polyacid-modified composite resin. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001; 120: 398-405
140. Rix D., Foley T. F., Mamandras A.: Comparison of bond strength of three adhesives: composite resin, hybrid GIC, and glass-filled GIC. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001; 119: 36-42
141. Schmit J. L., Staley R. N., Wefel J. S., Kanellis M., Jakobsen J. R., Keenan P. J.: Effect of fluoride varnish on demineralization adjacent to brackets bonded with RMGI cement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; 122: 125-34
142. Shi X. Q., Tranaeus S., Angmar-Månsson B.: Comparison of QLF and DIAGNOdent for quantification of smooth surface caries. *Caries Res* 2001; 35: 21-6

143. Shi X. Q., Tranaeus S., Angmar-Månsson B.: Validation of DIAGNOdent for quantification of smooth-surface caries: an in vitro study. *Acta Odontol Scand* 2001; 59: 74-8
144. Shi X. Q., Welander U., Angmar-Månsson B.: Occlusal caries detection with KaVo DIAGNOdent and radiography: an in vitro comparison. *Caries Res* 2000; 34: 151-8
145. Silness J., Løe H.: Periodontal disease in pregnancy. II. Correlation between oral hygiene and periodontal condition. *Acta Odontol Scand* 1964; 22: 121-35
146. Silverstone L. M., Hicks M. J., Featherstone M. J.: Oral fluid contamination of etched surfaces: an SEM study. *J Am Dent Assoc* 1985; 110: 329-32
147. Silverstone L. M.: The current state of sealant research. *CDA J* 1985; 13(12): 10-5
148. Sirirungrojying S., Saito K., Hayakawa T., Kasai K.: Efficacy of using self-etching primer with a 4-META/MMA-TBB resin cement in bonding orthodontic brackets to human enamel and effect of saliva contamination on shear bond strength. *Angle Orthod* 2004; 74: 251-8
149. Smales R.J.: Plaque growth on dental restorative materials. *J Dent* 1981; 9: 133-40
150. Snannon I. L.: Prevention of decalcification in orthodontic patients. *J Clin Orthod* 2001; 15: 694-706
151. Soliman M. M., Bishara S. E., Wefel J., Heilman J., Warren J. J.: Fluoride release rate from an orthodontic sealant and its clinical implications. *Angle Orthod* 2006; 76: 282-8
152. Spitzer D., ten Bosch J. J.: Luminescence quantum yields of sound and carious dental enamel. *Calcif Tissue Res* 1977; 24: 249-51
153. Staley R. N., Mack S. J., Wefel J. S., Vargas M. A., Jakobsen J. R.: Effect of brushing on fluoride release from 3 bracket adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 126: 331-6

154. Staudt C. B., Lussi A., Jacquet J., Kiliaridis S.: White-spot lesions around brackets: in vitro detection by laser fluorescence. *Eur J Oral Sci* 2004; 112: 237-43
155. Stübel H.: Die Fluoreszenz tierischer Gewebe im ultra-violetten Licht. *Pfluegers Arch ges Physiol* 1911; 142: 1-14
156. Sukontapitark 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* 2001; 23: 475-84
157. Sundström F., Frerriksson K., Montan S., Hafström-Björkman U., Ström J.: Laser-induced fluorescence from sound and caries tooth substance: Spectroscopic studies. *Swed Dent J* 1985; 9: 71-80
158. Sunna S., Rock W. P.: Clinical performance of orthodontic brackets and adhesive systema: a randomised clinical trial. *British J of Orthod* 1998; 283-7
159. Tay F. R., Pashley D.H.: Aggressiveness of contemporary self-etching systems. I: Depth of penetration beyond dentin smear layer. *Dent Mater* 2001; 17: 296-308
160. ten Bosch J. J.: Light scattering and related methods in caries diagnosis. Proceedings of the 4th Annual Indiana Conference, Indianapolis, Indiana University Early Detection of Dental Caries II 1996; 81-90
161. Tranaeus S., Shi X. Q., Lindgren L. E., Trollsas K., Angmar-Månsson B.: In vivo repeatability and reproducibility of the quantitative light-induced fluorescence method. *Caries Res* 2002; 36: 3-9
162. Trimpeneers L. M., Verbeeck R. M., Dermaut L. R.: Long-term fluoride release of some orthodontic bonding resins: a laboratory study. *Dent Mater* 1998; 14: 142-9
163. Trites B., Foley T. F., Banting D.: Bond strength comparison of 2 self-etching primers over a 3-month storage period. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004; 126: 709-16

164. Velo S., Carano A.: Self-etching vs. traditional bonding systems in orthodontics: an in vitro study. *Orthod Craniofac Res* 2002; 5: 166-9
165. Vicente A., Bravo L. A., Romero M., et al.: A comparison of the shear bond strength of resin cement and two orthodontic resin adhesive systems. *Angle Orthod* 2005; 75: 109-13 (a)
166. Vicente A., Bravo L. A., Romero M., et al.: Shear bond strength of orthodontic brackets bonded with self-etching primers. *Am J Dent* 2005; 18: 256-60 (b)
167. 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* 1998; 114: 668-74
168. 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* 1999; 116: 629-34
169. Wheeler A. W., Foley T. F., Mamandras A.: Comparison of fluoride release protocols for in-vitro testing of 3 orthodontic adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002; 121: 301-9
170. Wilke F.: Untersuchung der Scher-Abschäl-Festigkeit nach Verwendung selbstkonditionierender Primer in Abhängigkeit von der Polymerisation mit Halogen- bzw. Plasmalampe zu je zwei verschiedenen Polymerisationszeiten. Dissertation 2007
171. Wiltshire W. A.: Shear bond strengths of a glass ionomer for direct bonding in orthodontics. *Am. J Orthod. Dentofacial Orthop* 1994; 106: 127-30
172. Xu X., Yuang J., Ling L., Chen L., Wang Y.: Fluoride release and bonding strength of experimental fluoride-releasing bonding agent. *IADR* 2007
173. Yamada R., Hayakawa T., Kasai K.: Effect of using self-etching primer for bonding orthodontic brackets. *Angle Orthod* 2002; 72: 558-64
174. Yamada T., Smith D. C., Maijer R.: Tensile and shear bond strengths of orthodontic direct-bonding adhesives. *Dent Mater* 1988; 4: 243-50

175. Zachrisson B. U., Artun J.: Enamel surface appearance after various debonding techniques. *Am J Orthod* 1979; 75: 121-37
176. Zeppieri I. L., Chung C. H., Mante F. K.: Effect of saliva on shear bond strength of an orthodontic adhesive used with moisture-insensitive and self-etching primers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 124: 414-9

10 Danksagung

An diese Stelle möchte ich mich bei Frau Prof. Dr. Ingrid Rudzki für die freundliche Überlassung des Dissertationsthemas bedanken.

Meine tiefste Dankbarkeit gebührt Frau Dr. E. Paschos für die unglaubliche Unterstützung und Hilfe. Ihr Vertrauen, ihre Motivation und ihre unermüdliche Tatkraft haben die Basis für diese Doktorarbeit gelegt. Mit ihrem außerordentlichen Engagement, ihrer endlosen Geduld und ihrer Kompetenz in allen Fragen stand sie mir immer zur Seite.

Außerdem möchte ich meinen Eltern, die mir meinen Ausbildungs- und Lebensweg ermöglicht haben, besonders bei meiner lieben Mutter, die mich in allen schwierigen Lebenslagen begleitet und immer unterstützt hat, bedanken.

Meinem Lebensgefährten Christian Kotulla, für seine Liebe und seine Unterstützung.
Meinem Sohn Nikolai gilt auch ein großer Dank.

Ein besonderes Dankschön an meine Freundin und Kollegin Frau Dr. Clara Hansson dafür, dass sie immer an mich geglaubt, mich motiviert und seelisch unterstützt hat.

11 Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Natalia Kurochkina

Geburtsdatum: 10.11.1964

Geburtsort: Kiew

Staatsangehörigkeit: deutsch

Studium

1982-1987 Kiewer Medizinische Hochschule im Fach Stomatologie,
Dipl. Zahnärztin

Beruf

1987-1993 tätig als Zahnärztin in Kiew und Saratow

1993-2002 tätig als Zahnarzhelferin in der Praxis Frau Dr. Wikrath,
Praxis Dr. Christian Kotulla

2002 Approbation als Zahnärztin, Regierung von Oberbayern

2002-2004 Weiterbildungsassistentin in der Praxis Dr. Christian Kotulla

2004-2005 Weiterbildungsassistentin in der Poliklinik für
Kieferorthopädie LMU

2005 Fachzahnärztin für Kieferorthopädie

seit 2005 selbstständige Kieferorthopädin in Dachau