

6 Diskussion

6.1. Material und Methode

„Only when the laboratory research results can be verified in vivo – in this case in the human oral cavity – can they be regarded as evidence in a clinical situation.“
(Gjeramo, 1977)

Klinische Untersuchungen zur Wirksamkeit von Adhäsivsystemen liefern in Abhängigkeit vom Untersuchungsdesign den entscheidenden Beweis für die Effektivität dieser Materialien. Die in In-vitro-Studien gewonnenen Erkenntnisse können nur bedingt verallgemeinert und auf die klinische Situation übertragen werden (Abdalla und Davidson, 1993).

In der Mundhöhle beeinflussen sich die verschiedenen Variablen (Temperatur und pH-Wert des Speichels, Ernährung, Mundhygieneverhalten des Patienten) gegenseitig, wogegen im Labor alle physikalischen Parameter einzeln bzw. hintereinander getestet werden. Des Weiteren erfahren extrahierte Zähne Strukturveränderungen und der intrapulpale Druck, der für den Austritt des Dentinliquors und daher für eine feuchte Dentinoberfläche verantwortlich ist, fehlt. Pashley und Prati haben ein Versuchsdesign zur Simulation von feuchtem Dentin vorgestellt, allerdings kann auch mit dessen Hilfe die Komplexität der klinischen Situation nur unvollständig simuliert werden (Pashley und Prati, 1992; Prati et al., 1991).

6.1.1. Patientenauswahl

Die Patientenauswahl erwies sich als schwierig. Verschiedene Faktoren wie das Alter, Mundhygieneverhalten und Ernährungsgewohnheiten des Patienten wurden nicht berücksichtigt. Es war ursprünglich geplant, in die Studie nur Patienten mit Kavitäten einzubeziehen, deren approximale zervikale Kavitätenränder im Dentin lagen. Aufgrund einer nur geringen Bereitschaft von Patienten an einer klinischen Studie teilzunehmen, wurden auch Klasse-II-Kavitäten mit einbezogen, deren zervikale Kavitätenränder im Schmelz lagen.

Uneinheitliche Kavitätengrößen hatten zur Folge, dass unterschiedliche Dentinareale zur Haftung herangezogen wurden und unterschiedlich große

Mengen Komposit appliziert wurden. Die Kavitätengröße variierte von zweiflächig bis vierflächig.

Viele Kavitäten wiesen eine subgingivale Ausdehnung auf, was in einer schlechteren Zugänglichkeit sowohl bei der Applikation des Füllungsmaterials als auch bei der Ausarbeitung und Politur der Füllung resultierte.

Aufgrund der unterschiedlichen Kavitärentiefe muss davon ausgegangen werden, dass unterschiedliche Dentinstrukturen vorlagen, die different auf die Säurekonditionierung reagieren (Giannini et al., 2001; Nakajima et al., 1995; Nakajima et al., 1998; Yoshiyama et al., 1996). Toledano et al. konnten in einer In-vitro-Studie nachweisen, dass Haftkräfte am Dentin material- und substratabhängig sind (Toledano et al., 2003).

6.1.2. Auswahl der Materialien

Zur Versorgung von Klasse-II-Kavitäten bietet sich unter anderem Komposit in Kombination mit einem Adhäsivsystem an. In den letzten Jahren hat sich besonders auf dem Gebiet der Adhäsivtechnik eine bemerkenswerte Entwicklung vollzogen, so dass ständig neue Produkte auf den Markt gebracht werden. Das von der Firma Ivoclar Vivadent entwickelte Adhäsivsystem *Excite*, ein so genanntes Einflaschenadhäsiv, sollte auf seine klinische Wirksamkeit getestet werden. Gegenüber einem klinisch bewährten Zweiflaschenadhäsiv (*Scotchbond MP*, Fa. 3M) hat ein Einflaschensystem den Vorteil einer einfachen Anwendung und damit einer gewissen Zeitersparnis.

Um in den jeweiligen Produktreihen zu bleiben, wurden die im Seitenzahnbereich bewährten Hybridkomposite *Z100* (Fa.3M) bzw. *Tetric Ceram* (Fa. Ivoclar Vivadent) gewählt.

Einige Autoren favorisieren den Gebrauch des Adhäsivsystems mit dem dazugehörigen Kompositmaterial (Lutz et al., 1993; Robinson et al., 1988), wogegen Amaral et. al in einer Studie zeigen konnten, dass die Kombination *Z100/ Scotchbond MP Plus* signifikant mehr Randspalten im Dentin aufwies, als eine Kombination mit einem nicht der Produktkette angehörenden Adhäsivsystem (Amaral et al., 2001). Letzteres konnte in einer In-vivo-Studie, in der verschiedene Komposites, u.a. die in dieser Studie verwendeten Hybridkomposite *Z100* und *Tetric Ceram*, mit dem selben Adhäsivsystem kombiniert wurden, bestätigt werden (Busato et al., 2001).

6.1.3. Kavitätenpräparation

Bei Verwendung der Säure-Ätz-Technik können Kavitäten für Kompositfüllungen unter maximaler Schonung der Zahnhartsubstanz präpariert werden (Buonocore, 1955; Osborne und Summitt, 1998). Diese Prämisse kann allerdings unter klinischen Bedingungen oft nicht eingehalten werden. Der Austausch insuffizienter Füllungen bzw. die Entfernung einer Sekundärkaries fordert einen größeren Substanzverlust.

Eine große Kavität beeinflusst die marginale Adaptation der Füllung negativ, da Polymerisationsschrumpfung und thermischer Ausdehnungskoeffizient mit der Kavitätengröße korrelieren (Krejci und Lutz, 1986).

Die Kavitäten wurden nach der Präparation im Schmelz leicht angeschrägt, obwohl die Meinung verschiedener Autoren hinsichtlich einer Retentionserhöhung auseinander gehen (Opdam et al., 1998; Wilson et al., 1991). Kavitätenränder im Dentin wurden nicht angeschrägt (Owens et al., 1998).

Ein großes Problem stellte die subgingivale Präparation dar. Es wurde darauf geachtet, die Gingiva möglichst zu schonen, da schon geringe Blutungen eine konditionierte Schmelz- bzw. Dentinoberfläche kontaminieren und schlechtere Haftwerte zur Folge hätten (Pashley et al. 1988, Hansen et al. 1989, Krejci et al. 1992).

6.1.4. Applikation des Adhäsivsystems und des Kompositmaterials

Die Verarbeitung und Applikation der Füllungsmaterialien erfolgte streng nach Herstellerangaben. In zahlreichen Studien wurde die Bedeutung der Einhaltung von wichtigen Hinweisen der Hersteller dargestellt (Besnault und Attal, 2002; Ferrari et al., 1997; Perdigao et al., 1993; Peschke et al., 2000). Im Gegensatz zu In-vitro-Studien gibt es bei klinischen Untersuchungen eine Vielzahl von Einflussfaktoren, die die in Bezug auf Anwendungsfehler sehr störanfälligen Materialien beeinträchtigen können.

So ist die Trockenlegung des Arbeitsfeldes mittels Kofferdam eine für den Erfolg entscheidende Bedingung (Asmussen und Peutzfeldt, 2001). Die Trockenlegung konnte in einigen Fällen, in denen der zervikale Kavitätenrand im Dentin lag, nur mittels eines verkeilten Matrizenbandes gewährleistet werden. Dies könnte zur Folge haben, dass in diesen Kavitäten Sulkusfluid oder Blut eine ideale Benetzung

und somit Haftung negativ beeinflusst haben (Frankenberger et al., 2000; Hansen und Munksgaard, 1989; Krejci et al., 1992; Pashley et al., 1988; Xie et al., 1993). Schmelz und Dentin wurden bei beiden Materialgruppen mit 37%iger Phosphorsäure im Sinne der Total-Ätz-Technik konditioniert. Exzessives Ätzen des Dentins führt zu Demineralisationstiefen, die die Penetrationsfähigkeit des Primers übersteigen würden (Erickson, 1992; Peschke et al., 2000; Tam und Pilliar, 1994). Eine kurze Einwirkzeit der Säure für 15 Sekunden ermöglicht auch im Schmelz die Entstehung eines ausreichend starken Ätzmusters (Barkmeier et al., 1986; Triolo et al., 1993).

Entscheidend für die Haftkraft ist die nachfolgende Behandlung des Dentins: ein Austrocknen muss unbedingt vermieden werden, da ansonsten das freigelegte Kollagennetzwerk kollabieren und die Penetration des Primers behindert würde. Die Feuchtigkeit in der demineralisierten Zone unterstützt dieses Netzwerk aus kollagenen Fasern. Wird das Dentin zu stark trockengeblasen, kann mit Hilfe der so genannten „Rewetting“-Technik das Kollagennetzwerk wieder aufgerichtet werden. In der vorliegenden Studie wurde genauestens darauf geachtet, dass vor der Applikation des Primers bzw. des Primeradhäsivs die Oberfläche des Dentins feucht glänzte (Pashley und Carvalho, 1997). Konnte diese Bedingung nicht sicher erfüllt werden, d.h. wurde die Kavität doch zu stark getrocknet, wurden in diesem Fall die Dentinareale mit Hilfe eines Applikatortips wiederbefeuchtet („rewetted“) (Gwinnett, 1994).

Die Adhäsivsysteme, die in der vorliegenden Studie zur Anwendung kamen, unterscheiden sich unter anderem auch hinsichtlich ihres Lösungsmittels. Während *Scotchbond MP* auch Wasser als Lösungsmittel beinhaltet, ist das Adhäsivsystem *Excite* ethanolbasiert. Eine In-vitro-Studie zeigte, dass bei exzessivem Trocknen des Dentins, *Excite* sehr schlechte Haftwerte aufwies (Perdigao und Frankenberger, 2001). Da Ethanol sehr hydrophil ist, kann es nur in ein feuchtes Kollagennetzwerk eindringen. Fehlt das Wasser, ist sein Penetrationsvermögen eingeschränkt. Wasserhaltige Primer reagieren weniger empfindlich auf eine zu starke Trocknung der Dentinoberfläche, da das in ihnen enthaltene Wasser einen eigenen Re-wetting-Effekt hat (Van Meerbeek et al., 1998).

In der Gruppe 1A (*Excite* (dünn verblasen) / *Tetric Ceram*) traten wenige Wochen, nachdem schon 14 Füllungen paarweise gelegt wurden, bei drei Patienten Hypersensibilitäten bei Berührung mit der zahnärztlichen Sonde als auch unter Luftstrom auf. Diese drei Füllungen mussten entfernt werden. Daraufhin wurden in Gruppe 1A und auch in Gruppe 2A (Kontrollgruppe) keine weiteren Füllungen gelegt

In-vitro-Untersuchungen, die zeitgleich in unserer Abteilung durchgeführt wurden, zeigten, dass in den Gruppen, in denen *Excite* nach damaligen Herstellerangaben dünn verblasen wurde, die Medianwerte für die Randqualität „kontinuierlicher Rand“ im Dentin nur 58 % bei einfacher Applikation und 61 % bei doppelter Applikation erreichten. Erst als bei der Applikation ein Verblasen des Adhäsivs vermieden und somit eine dickere Adhäsivschicht erzielt wurde, ergaben sich mit Medianwerten von 95 bis 98 % für die Randqualität „kontinuierlicher Rand“ zufriedenstellende Ergebnisse. Der Applikationsmodus von *Excite* wurde daraufhin in der klinischen Studie geändert und folglich wurde ein Versuchsteil B mit zwei neue Gruppen (1B und 2B) etabliert. Alle Füllungen wurden weiterhin nachuntersucht. So erklärt sich auch der kleine Stichprobenumfang in den Gruppen 1A und 2A.

Den größten Einfluss auf den klinischen Erfolg einer Füllungstherapie hat die Polymerisationsschrumpfung des Komposits. Wenn der adhäsive Verbund nicht ausreicht, den Schrumpfkraften entgegen zu wirken, kommt es unweigerlich zu Randundichtigkeiten und später zu Sekundärkaries. Eine wichtige Rolle spielt in diesem Zusammenhang das Kavitätendesign bzw. der C- Faktor (Davidson und Feilzer, 1997; Feilzer et al., 1987; Yoshikawa et al., 1999). Um den C- Faktor möglichst klein zu halten, wurde das Komposit in kleinen Inkrementen geschichtet und gehärtet.

6.1.5. Ausarbeitung und Politur

Die Ausarbeitung und Politur erfolgte mit Diamantfinierern, aluminiumoxidbeschichteten Scheiben, Gummipolierern und Polierbürstchen. Auf die Entfernung von Überschüssen wurde besonderer Wert gelegt, da diese karies- und parodontalprophylaktisch als besonders kritisch einzuschätzen sind (Müllejans et al., 2003; Roulet, 1994). Eine Politur der Füllungen ist dringend notwendig, nicht nur um das ästhetische Erscheinungsbild zu verbessern, sondern auch um eine

Plaqueeinheitung zu vermindern (Lopes et al., 2002; Waerhaug, 1975; Weitmann und Eames, 1975; Yap et al., 1998).

6.1.6. Untersuchungskriterien

Ziel einer klinischen Studie muss deren Vergleichbarkeit mit anderen klinischen Studien sein. Die zur Anwendung gekommenen, international anerkannten modifizierten USPHS-Kriterien sind wegen ihrer Wertungsmöglichkeit sinnvoll (Reusens et al., 1999). Ein eindeutiges Untersuchungskriterium für die Wirksamkeit eines Adhäsivsystems ist die Retention der Füllung. Damit eine Füllung möglichst lange in situ verbleiben kann, muss gewährleistet sein, dass die Dentinoberfläche der Kavität, der so genannte Pulpa-Dentin-Komplex, vollständig versiegelt ist. Die Beurteilungskriterien müssen diesem Sachverhalt Rechnung tragen. So werden in den meisten klinischen Studien, die die Wirksamkeit eines Adhäsivsystems bzw. die Leistungsfähigkeit eines Füllungsmaterials beurteilen, die Randbeschaffenheit und mit ihr die Parameter sichtbare Randunregelmäßigkeiten, Füllungsrandverfärbungen, Randbeschaffenheit (Sondentest), Auftreten von Füllungsrandkaries und Kontur der Füllung bewertet. Füllungsrandverfärbungen und tastbare Füllungsänder lassen einen Randspalt vermuten und weisen auf Undichtigkeiten hin. Füllungsrandkaries deutet auf ein vollständiges Versagen des adhäsiven Verbundes hin.

Grundsätzlich ist es schwierig, die Kriterien Füllungsrandverfärbung, Randunregelmäßigkeit und Sekundärkaries an approximal-zervikalen Kavitätenrändern voneinander sicher zu unterscheiden (Sakaguchi, 2005). Zahnfarbene Füllungsmaterialien haben unter anderem die Aufgabe, die ästhetischen Bedürfnisse des Patienten zu befriedigen, daher wurden die Kriterien Verfärbung der Füllungsfläche und Ästhetik mit aufgenommen. Der Grad der Verfärbung einer Kompositfüllung ist abhängig von der Oberflächenrauigkeit des Materials und natürlich von den Ernährungsgewohnheiten, d.h. dem Gehalt an Farbstoffen in Lebens- bzw. Genussmitteln (Lu et al., 2005).

Mit der Prüfung der Sensibilität des Zahnes sollte festgestellt werden, ob alle Zähne während des Untersuchungszeitraumes vital geblieben sind. Wird ein Zahn im Verlauf der Studie desensibel, lässt das eine ungenügende Versiegelung des Pulpa-Dentin-Komplexes vermuten.

Positive Angaben zur postoperativen Hypersensibilität des Zahnes lassen den Schluss zu, dass hier entweder eine Pulpairritation post operationem vorliegt oder die Versiegelung des Pulpa-Dentin-Komplexes nicht erfolgreich war. Das potentielle Risiko von Pulpaschädigungen durch Adhäsivsysteme konnte bisher allerdings nicht nachgewiesen werden (Pameijer und Stanley, 1995). Plaque- und Gingivaindex charakterisieren die Mundhygiene des Patienten, lassen aber auch Rückschlüsse auf die Qualität des zervikalen Füllungsrandes zu (Mülleijans et al., 2003).

6.1.7. Klinische Auswertung

Bei der Qualitätsbeurteilung von Füllungen können direkte und indirekte Methoden zur Anwendung kommen. Die direkte Methode beinhaltet die Beurteilung der Restauration in situ. Bei den von Ryge vorgeschlagenen und als USPHS- Kriterien etablierten Beurteilungsmerkmalen (Ryge, 1981), handelt es sich um ein relativ grobes Bewertungsschema. Es sieht drei Güteklassen vor:

- Alpha- die Füllung weist keine Mängel auf,
- Bravo- die Füllung weist leichte Mängel auf, ist aber klinisch noch akzeptabel und
- Charly- die Füllung weist erhebliche Mängel auf und ist klinisch nicht mehr akzeptabel.

Dieses Schema wurde im Hinblick auf die einzelnen Kriterien vielfältig modifiziert (Reusens et al., 1999).

Die Restaurationen wurden in der vorliegenden Studie von zwei Untersuchern kontrolliert, die sich am Patienten auf eine gemeinsame Beurteilung einigten. Neben der direkten Methode können auch indirekte Verfahren angewandt werden. So kann der Füllungsrand mittels einer Abformung oder eines Fotos untersucht bzw. dokumentiert und anschließend beurteilt werden. Vorteil der Abformung ist die Präzision und Rekonstruierbarkeit, Nachteil ist der hohe Aufwand und die Problematik der erschwerten Abformung subgingivaler Kavitätenränder. Mit Hilfe eines Fotos können Mängel an einer Restauration durch mehrere Untersucher beurteilt werden, es ersetzt aber keineswegs die klinische Beurteilung (fehlende Sondierbarkeit) derselben.

6.1.8. Statistische Auswertung

Problematisch bei der mathematisch-statistischen Bearbeitung der gefundenen Unterschiede war die kleine Gruppengröße. Da aber in der vorliegenden Studie aus ethischen Gründen Gruppe 1A und 2A nicht weiter fortgeführt werden konnten, musste ein Kompromiss insofern eingegangen werden, dass die Füllungen weiter nachuntersucht wurden. Bei der Berechnung der Signifikanzen wurde daher der exakte Fisher-Test angewendet.

6.2. Diskussion der Ergebnisse

6.2.1. Retention

Keine der gelegten Füllungen ging im Verlauf des Untersuchungszeitraumes von drei Jahren verloren. Somit hätte *Excite* in Kombination mit dem Komposit *Tetric Ceram* den von der American Dental Association (ADA) aufgestellten Richtlinien zur Zulassung adhäsiv befestigter Füllungsmaterialien entsprochen (ADA, 2001; ADA, 2001). Die Richtlinien erlauben einen Verlust von 10 % aller Füllungen nach einem Beobachtungszeitraum von 18 Monaten. Diese gestattete Misserfolgsrate bezieht sich -bei der Testung von Adhäsivsystemen- allerdings nur auf Klasse-V-Kavitäten. In Studien, in denen Adhäsivsysteme an unpräparierten Zähnen mit so genannten keilförmigen Defekten getestet wurden, liegt die Retentionsrate deutlich niedriger als in Studien mit Klasse-II-Kavitäten (Tyas, 1991; Van Meerbeek et al., 1994). Dies kann damit begründet werden, dass bei funktioneller Belastung des Zahnes der Zahnhals besonders hohen Spannungskräften ausgesetzt ist und damit auch der adhäsive Verbund (Klimm und Graehn, 1993).

In den Kontrollgruppen 2A und 2B (*Scotchbond MP/ Z100*) ging ebenfalls keine Füllung verloren.

6.2.2. Klinisches Erscheinungsbild

6.2.2.1. Randschluss/ Randverfärbung

Sichtbare Randunregelmäßigkeiten, Füllungsrandverfärbungen und positive Befunde beim Sondentest nahmen in allen Gruppen im Verlauf der Studie zu. Wie die Abnahme der Randschlussqualität zeigt, lässt sich trotz hoher Haftwerte der verwendeten Adhäsivsysteme die Bildung von Randspalten nicht vermeiden (Oberländer et al., 2001).

Bei Betrachtung der Ergebnisse hinsichtlich des Einflusses der Lage des zervikalen Kavitätenrandes, traten erstaunlicherweise besonders an zirkulär schmelzbegrenzten Kavitäten tendenziell häufiger Randspalten auf, als bei den Kavitäten mit zervikalen Rändern im Dentin.

Dafür eine Erklärung zu finden fällt jedoch schwer. *Frankenberger et al.* konnten in einer In-vitro-Studie nachweisen, dass beim Einbringen des Adhäsivs auch die Schmelzränder einer Kavität mit den Applikatoren berührt werden und die Haftung am Schmelz damit negativ beeinflusst wird (Frankenberger et al., 1997).

Eine andere Erklärung wäre folgende: Die Kavitäten, deren proximale Kavitätenränder im Dentin endeten, wurden in gleich großen Inkrementen geschichtet wie die schmelzbegrenzten Kavitäten. Allerdings reichte die Lichtintensität der Polymerisationslampe nicht aus, auf den wesentlich tiefer liegenden Dentinstufen die ersten Inkremente bei gleicher Belichtungszeit vollständig auszuhärten. Das heißt, die zervikal liegenden Kompositsschichten besitzen eine geringere Konversionsrate und auf die Kavitätenränder wirkte während der Polymerisation eine geringere Schrumpfkraft (Lutz et al., 1986). Erkenntnissen einer In-vitro-Studie von *Schmeiser und Hannig* zufolge könnte eine weitere Erklärung in der Tatsache gefunden werden, dass an schmelzbegrenzten, zirkulär angeschrägten Kavitäten beim Legen der Füllung häufig Überschüsse entstehen, die dann als tastbarer Übergang sondiert werden können (Schmeiser und Hannig, 1999). Grundsätzlich konnten keine Unterschiede im Randverhalten zwischen dem Einfaschen-Adhäsivsystem *Excite* und dem Zweiflaschen-Adhäsivsystem *Scotchbond MP* festgestellt werden. In-vitro-Studien zum Vergleich eines Einfaschen-Adhäsivs mit einem Mehrkomponenten-System bestätigen dieses Ergebnis ebenso wie eine aktuelle In-vivo-Studie (Gallo et al., 2005; Tjan et al., 1996; Wilder et al., 1998).

6.2.2.2. Ästhetik

Beide Materialgruppen erfüllten die hohen ästhetischen Ansprüche. Nur wenige Füllungen waren aus einem Meter Abstand als solche erkennbar. Nach 3 Jahren wurden 9,1 % der *Tetric Ceram*-Füllungen und 15,8 % der *Z100*-Füllungen als erkennbar vom Behandler eingeschätzt. Die Patienten waren mit dem ästhetischen Erscheinungsbild ihrer Füllungen ausnahmslos zufrieden.

Das Kriterium Verfärbung der Füllungsoberfläche entspricht diesem Ergebnis, es wurden kaum Verfärbungen beobachtet, nach 3 Jahren traten diese zu 7,1 % bei den *Tetric Ceram*-Füllungen und zu 5,3 % bei den *Z100*-Füllungen auf. Diese Ergebnisse sind vergleichbar mit denen vorangegangener Studien (Lundin und Rasmusson, 2004; Türkün und Aktener, 2001).

6.2.2.3. Postoperative Hypersensibilität

Postoperative Sensibilitäten traten in vier Fällen sofort nach Legen der Füllung auf. In drei Fällen davon musste die Füllung ausgetauscht werden. In einem Fall legte sich das Phänomen nach kurzer Zeit. Im späteren Verlauf der Studie reagierte ein Zahn einer Patientin sowohl auf Sondenberührung als auch auf den Luftspray empfindlich, die Patientin wurde allerdings mehrfach im Rahmen einer Parodontitistherapie in dieser regio kürettiert.

Die Häufung der positiven Befunde konnte noch spezifiziert werden, alle postoperativen Sensibilitäten, die dazu führten, dass die Patienten ein Entfernen der Restauration wünschten, traten in der Materialgruppe 1A (*Excite* dünn verblasen / *Tetric Ceram*) und dort nur in Kavitäten mit zervikalen Kavitätenrändern im Schmelz auf.

Als Ursache dafür wird in der Literatur hauptsächlich die Wirkung des Adhäsivsystems auf den Pulpa-Dentin-Komplex diskutiert. Während einige Forschungsgruppen immer wieder versuchen, eine pulpentoxische Wirkung nachzuweisen, indem sie die Adhäsivsysteme und einzelne Inhaltsstoffe auf ihre Zytotoxizität und antibakterielle Wirkung hin untersuchen (Bouillaguet et al., 1996; Demarco et al., 2001; Hashieh et al., 1999; Hebling et al., 1999; Koliniotou-Koubia et al., 2001; Pameijer und Stanley, 1995; Schedle et al., 1998), führen andere Autoren die Ursache lediglich auf die unzureichende Versiegelung des Pulpa-Dentin-Komplexes zurück (Costa et al., 2000). Entsprechend der hydrodynamischen Theorie entsteht der Schmerz bzw. die Hypersensibilität durch Flüssigkeitsbewegungen in den Dentintubuli (Brännström und Aström, 1972). Diese Flüssigkeitsbewegungen werden durch Temperaturwechsel und mechanische Reize hervorgerufen.

In der vorliegenden Studie wurde anfänglich das Adhäsivsystem *Excite* streng nach Herstellerangaben angewandt. Interessanterweise wurde in einer zeitgleich im Hause durchgeführten In-vitro-Studie herausgefunden, dass die vom Hersteller

empfohlene Applikationstechnik signifikant schlechtere Randqualitäten im Dentin erzielt (Abb.6.1).

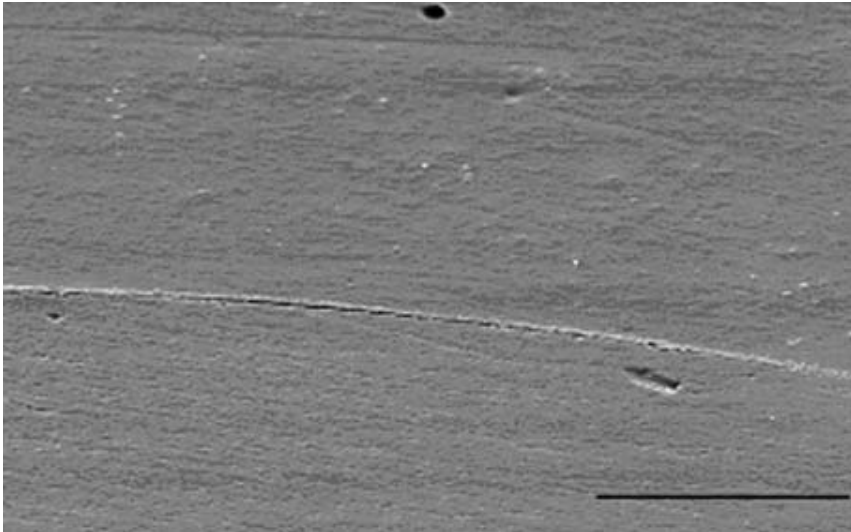


Abb. 6.1.: REM-Bild Rand Excite dünn verblasen (200fache Vergrößerung)

Dieser Umstand hatte für die In-vivo-Studie insofern Konsequenzen, als dass nach Rücksprache mit dem Hersteller der Applikationsmodus verändert wurde. Die In-vitro-Ergebnisse bestätigten diese Entscheidung, da in der Gruppe, in der das Adhäsivsystem im Überschuss aufgetragen wurde, sehr gute Ergebnisse zu verzeichnen waren (Abb.6.2). Die Arbeitsgruppe von *Choi* konnte nachweisen, dass mit der Erhöhung der Schichtstärke eines Adhäsivs die Kontraktionsspannungen sanken (Choi et al., 2000).

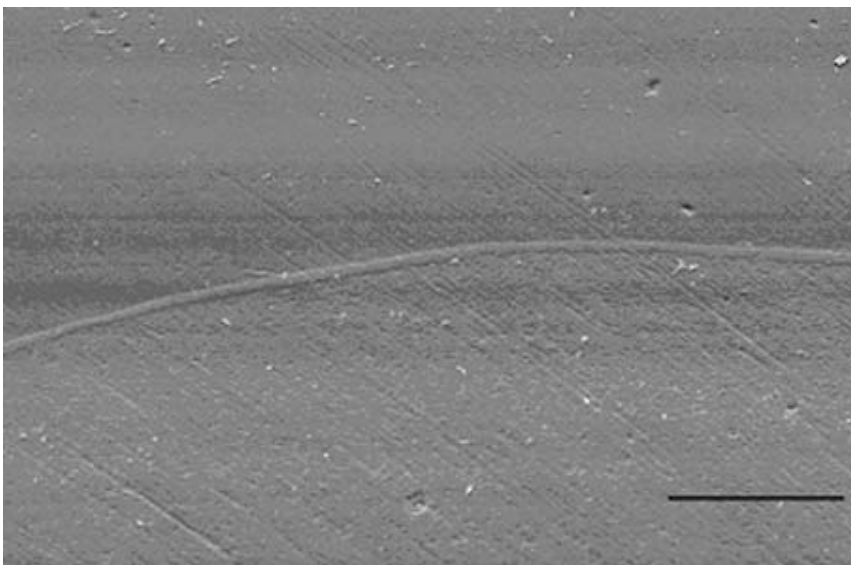


Abb. 6.2.: REM-Bild Excite im Überschuss (200fache Vergrößerung)

Wurde das Adhäsiv zu dünn verblasen, reichte seine Schichtstärke offensichtlich nicht aus, eine ausreichend dicke Hybridschicht zu generieren und den bei der anschließenden Polymerisation des Komposits auftretenden Spannungen entgegenzuwirken. Dies hätte einen Abriss bzw. die unvollständige Versiegelung der Kavität zu Folge.

An der Oberfläche der Adhäsivschicht blockieren die Sauerstoffmoleküle die zur Polymerisation notwendigen Radikale, es entsteht eine so genannte Sauerstoffinhibitionsschicht, die nicht vollständig aushärtet. Wird die Adhäsivschicht sehr stark verblasen, steigt der Sauerstoffpartialdruck und die Schicht wird sehr dünn. *Finger* und *Dreyer* konnten zeigen, dass eine Schichtstärke von weniger als 25 µm kritisch zu beurteilen ist (*Finger und Dreyer, 1976; Rueggeberg und Margeson, 1990*).

Neuere Studien zum Einfluss der Schichtstärke des Adhäsivs brachten ganz unterschiedliche Resultate. Bei einem Material stiegen mit Erhöhung der Schichtstärke die Zugkräfte am Dentin, bei einem anderen Adhäsivsystem sanken die Zugkräfte erheblich. Die Autoren versuchen dieses Phänomen damit zu erklären, dass besonders bei Adhäsiven mit Ethanol und Wasser als Lösungsmittel, Ethanol schneller verdunstet und dann eine Entmischung des Adhäsivs resultiert, was dann bei seiner Aushärtung Schwachstellen aufzeigt (*Zheng et al., 2001*).

6.2.2.4. Sekundärkaries

Im Verlauf der vorliegenden klinischen Studie konnte an keiner der gelegten Füllungen Sekundärkaries beobachtet werden. Dieses Ergebnis deckt sich mit dem anderer klinischer Studien zu Klasse-II-Restaurationen mit ähnlich langen oder längeren Beobachtungszeiträumen (*Baratieri und Ritter, 2001; Mair, 1998; Spreafico et al., 2005*). *Spreafico et al.* begründen ihre sehr guten Ergebnisse damit, dass einerseits die gelegten Füllungen nicht zu groß sind und andererseits alle Füllungen von demselben erfahrenen Behandler gelegt wurden. Auch in der vorliegenden Studie sind alle Füllungen von einem Behandler gelegt worden. Allerdings wurden nicht nur Zähne mit Primärkaries behandelt, sondern größtenteils insuffiziente und zum Teil auch große Füllungen ausgetauscht. Der Einflussfaktor Patient bzw. die individuelle Mundhygiene spielt hier eine entscheidende Rolle. Ist das Kariesrisiko hoch, ist auch die Wahrscheinlichkeit der

Ausbildung einer Sekundärkaries entsprechend hoch (Köhler et al., 2000). Patienten aus einer mundhygienegeschulten und regelmäßig in einem Recallsystem betreuten Klientel wie z.B. aus dem Patientenstamm einer Universitätsklinik bilden keinen repräsentativen Querschnitt der Bevölkerung. In der vorliegenden Studie wurden ausschließlich Patienten aus der Stammklientel des Zentrums für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde der Charité behandelt. Plaque- und Gingiva- Index der Patienten verbesserte sich im Verlauf der Studie, so dass davon ausgegangen werden kann, dass die Oberflächenbeschaffenheit der beiden Materialgruppen ausreichend glatt war, um einer Plaqueanheftung entgegen zu wirken. In diesem Zusammenhang spielt natürlich auch der Hawthorne-Effekt (Studieneffekt - Teilnehmer einer Studie verändern ihr natürliches Verhalten) eine wichtige Rolle.

6.2.3. Klinische Relevanz

Der Erfolg einer Restauration hängt wie schon eingangs erwähnt von vielen Faktoren ab. In der vorliegenden klinischen Untersuchung zeigten die getesteten Materialien nach drei Jahren Kaubelastung verschiedene Veränderungen im Randbereich. Randverfärbungen, die auf einen Randspalt hinweisen, traten bei bis zu 36 % der Füllungen auf. Interessanterweise konnte keinerlei Sekundärkaries gefunden werden. Möglicherweise ist dies auf die gute Mundhygiene der Studienteilnehmer zurückzuführen.

Der Behandler wird in mehreren Publikationen als wichtiger Einflussfaktor diskutiert; so hat seine Erfahrung im Umgang mit den in Bezug auf Anwendungsfehler sehr störanfälligen Adhäsivsystemen eine große Bedeutung (Bouillaguet et al., 2002; Finger und Balkenhol, 1999)

Die Aussage der vorliegenden Studie ist bei einem Untersuchungszeitraum von drei Jahren von Bedeutung, trotzdem müssen weitere Langzeituntersuchungen zur Dauerhaftigkeit des Dentin-Komposit-Verbundes durchgeführt werden, um die gewonnenen Erkenntnisse zu bestätigen.