

Verbundfestigkeiten verschiedener Aufbaukomposite zu faserverstärkten Wurzelkanalstiften

Zusammenfassung

Zur Rekonstruktion tief zerstörter Zähne können Glas- bzw. Quarzfaserstifte verwendet werden. Verlorene Zahnhartsubstanz wird dann mit Aufbaukompositen ersetzt. In dieser Studie wurden die Verbundfestigkeiten verschiedener Aufbaukomposite zu zwei Typen von Wurzelkanalstiften *in vitro* bestimmt. Dazu wurden die glasfaserverstärkten Wurzelkanalstifte ER DentinPost und die quarzfaserverstärkten Wurzelkanalstifte DT Light Post® mit drei verschiedenen Aufbaumaterialien kombiniert. Als Aufbaukomposite wurden Clearfil™ Core, CoreRestore 2™ und MultiCore® Flow verwendet. Die Stifte wurden auf die Länge von 15 mm gekürzt und die oberen 3 mm mit normierten zylindrischen Aufbauten gefasst. Danach wurden die Verbundkräfte in einem Zugversuch ermittelt. Clearfil™ Core hatte zu DT Light Post® (230,5 N ± 42,2 N) und zu ER DentinPost (154,7 N ± 33,6 N) die grössten Verbundfestigkeiten von allen in dieser Studie verwendeten Kompositen. Die Verbundkräfte von CoreRestore 2™ zu DT Light Post® (149,9 N ± 29,5 N) lagen höher als die Werte von MultiCore® Flow in Kombination mit DT Light Post® (140,9 N ± 31,4 N) und MultiCore® Flow in Verbindung mit ER DentinPost (122,5 N ± 19,1 N). Die niedrigsten Haftwerte wurden bei der Verwendung von CoreRestore 2™ in Kombination mit ER DentinPost gemessen (80,1 N ± 19,4 N). Der Verbund von Aufbaukomposit zu Stift wird vom Stiftdesign und den Aufbaumaterialien beeinflusst. Die Kombination von Stift- und Aufbaumaterial hat grossen Einfluss auf die Verbundfestigkeit.

Schweiz Monatsschr Zahnmed 116: 136–141 (2006)

Schlüsselwörter: Glasfaserstifte, Abzugskräfte, Aufbaukomposite, Zugversuch

KARL-THOMAS WRBAS¹, ANNEKATRIN LENZ¹,
JÖRG F. SCHIRRMESTER¹, MARKUS J. ALTENBURGER¹,
WOLFGANG SCHEMIONEK², ELMAR HELLWIG¹

¹ Klinikum der Albert-Ludwigs-Universität, Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Abteilung für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie

² Freiburger Materialforschungszentrum FMF, Servicegruppe Rheologie und Polymerverarbeitung

Einleitung

Zur Rekonstruktion tief zerstörter endodontisch behandelter Zähne werden eine Vielzahl von Möglichkeiten und Konzepten vorgeschlagen (STOCKTON 1999, BATEMAN et al. 2003, SCHWARTZ & ROBBINS 2004). Durch Fortschritte im Bereich der Adhäsivtechnik und der Entwicklung von Faserverbundstoffen eröffneten sich neue Rekonstruktionsmöglichkeiten für wurzelkanalbehandelte Zähne. Während bei konventionellen Stiftkernaufbauten aus

Korrespondenzadresse:

Dr. Karl-Thomas Wrbas

Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde,
Abteilung für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie,
Hugstetterstr. 55, D-79106 Freiburg i. Br.

Tel. +49-761-270 48 89, Fax +49-761-270 47 62

E-Mail: thomas.wrbas@uniklinik-freiburg.de

Metall möglichst lange Wurzelkanalstifte zur Verankerung des Aufbaumaterials nötig waren, um eine ausreichende Retention für Aufbau und Krone zu erreichen, ermöglicht die Adhäsivtechnik, je nach Zerstörungsgrad und Qualität der Resthartschubstanz, Restaurationen ohne Verwendung von Wurzelkanalstiften. Die Indikation zur Verwendung von Wurzelkanalstiften reduziert sich damit auf Fälle, bei denen ein adhäsiv befestigter Aufbau aus Komposit aufgrund der Restsubstanzhöhe von weniger als zwei Millimetern nicht möglich ist (HEIDEMANN & WEIGL 2004). Glasfaserstifte bestehen aus Glasfasern, die in eine Acrylat- oder Epoxidharzmatrix eingebettet sind. Diese Wurzelkanalstifte sind unter ästhetischen Gesichtspunkten Metall-, Carbon- oder Keramikstiften überlegen und werden aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften unter den derzeit zur Verfügung stehenden Materialien von einigen Autoren favorisiert (MANNOCCI et al. 1999, FERRARI & SCOTTI 2004). Adhäsiv befestigte Glasfaserstifte ermöglichen in Kombination mit einem adhäsiven Aufbaumaterial die Rekonstruktion avitaler Zähne bei Erhalt der Restzahnsubstanz. Erste klinische Untersuchungen führten bei entsprechender Indikationsstellung zu guten Resultaten (FERRARI et al. 2000, MALFERRARI et al. 2003). Die Vorteile von glasfaserverstärkten Stiftmaterialien, wie deren Zahnfarbe, Transluzenz, mechanische Belastbarkeit, Revidierbarkeit sowie das verringerte Risiko einer Reinfektion durch die Zeit und Kosten sparende chairside Behandlung, werden immer wieder diskutiert (BATEMAN et al. 2003, SCHWARTZ & ROBBINS 2004).

In diesem Zusammenhang stellt sich häufig die Frage nach einem geeigneten Aufbaumaterial, welches die verlorene Zahnsubstanz ersetzt und sich mit der Restzahnsubstanz sowie dem Glasfaserstift stabil und dauerhaft verbindet. Ziel der vorliegenden Studie war es, die Verbundfestigkeiten von glas-

bzw. quarzfaserverstärkten Wurzelkanalstiften und verschiedenen Kompositaufbausystemen in einem Zugversuch zu ermitteln. Die Hypothese der Untersuchung war, dass moderne Aufbaumaterialien aus Komposit nahezu identische Haftverbundwerte haben und die Bruchflächen adhäsive sowie kohäsive Bruchmuster aufweisen.

Material und Methode

In dieser Studie wurden die Verbundfestigkeiten von verschiedenen Aufbaukompositen zu zwei unterschiedlichen Typen von faserverstärkten Wurzelkanalstiften in einem Zugversuch ermittelt. Dazu wurden die glasfaserverstärkten Wurzelkanalstifte ER DentinPost Grösse III (Komet[®], Lemgo, Deutschland) und die quarzfaserverstärkten Wurzelkanalstifte DT Light Post[®] Grösse III (VDW[®], München, Deutschland) (Tab. I) mit drei verschiedenen Aufbaumaterialien kombiniert. Es ergaben sich somit sechs Gruppen (n=10) für den Zugversuch. Als Aufbaukomposite wurden Clearfil[™] Core (Kuraray, Okayama, Japan), CoreRestore 2[™] (KerrHawe, Bioggio, Schweiz), und MultiCore[®] Flow (Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenstein) (Tab. II) verwendet. Die Komposite wurden zusammen mit den von den Herstellern empfohlenen Haftvermittlern Clearfil[™] New Bond (Kuraray), OptiBond Solo[™] plus (KerrHawe), und AdheseSE[®] (Ivoclar Vivadent) angewendet. Das Haftvermittlersystem Clearfil[™] New Bond ist chemisch härtend, OptiBond Solo[™] plus und AdheseSE[®] sind licht- bzw. dualhärtend bei Verwendung eines zusätzlichen Aktivators.

Die verwendeten Komposite unterscheiden sich ebenfalls in der Art der Aktivierung und Polymerisation. Clearfil[™] Core ist ein selbstpolymerisierendes Hybridkomposit, primär für Aufbauten

Tab. I Materialdaten der Stifte nach Herstellerangaben

	ER DentinPost	DT Light Post [®]
Hersteller	VDW [®]	Komet [®]
Aufbau	Glasfasern in Epoxidharz	Quarzfasern in Epoxidharzmatrix
Form	4,2° Konizitätswinkel	wechselnde Konizitäten 2%, 10%
Länge	20 mm konischer Bereich: 12 mm zylindrischer Bereich: 8 mm	20 mm 2% Konizität: 4,6 mm 10% Konizität: 9,0 mm zylindrischer Bereich: 6,4 mm
Durchmesser	Stiftkopf: 2,0 mm Stiftende: 1,1 mm	Stiftkopf: 2,20 mm Stiftende: 1,20 mm
Faservolumen	65%	60%
Elastizitätsmodul	30 GPa	15 GPa
Verwendete Grösse	90° Winkel zur Achse ISO 110	30° Winkel zur Achse ISO 120

Tab. II Materialdaten der Aufbaukomposite nach Herstellerangaben

	Clearfil [™] Core	CoreRestore2 [™]	Multi Core [®] Flow
Hersteller	Kuraray	Kerr	Ivoclar Vivadent
Aushärtung	selbsthärtend	dual	dual
Inhaltsstoffe	silanisierter Silica kolloidales Silica Bis-GMA Triethylenglycol-Dimethacrylat 78 Gew.-% anorganische Füllkörper (durchschnittliche Grösse: keine Angaben)	Bis-GMA- Kunstharz 83 Gew.-% anorganische Füllkörper (durchschnittliche Grösse: 6 µm)	Urethandimethacrylat Triethylenglycoldimethacrylat Ytterbiumtrifluorid 71 Gew.-% anorganische Füllkörper (durchschnittliche Grösse: 2,3 µm)
Haftvermittler	Clearfil [™] New Bond	OptiBondSOLO [™] plus	AdheseSE [®]

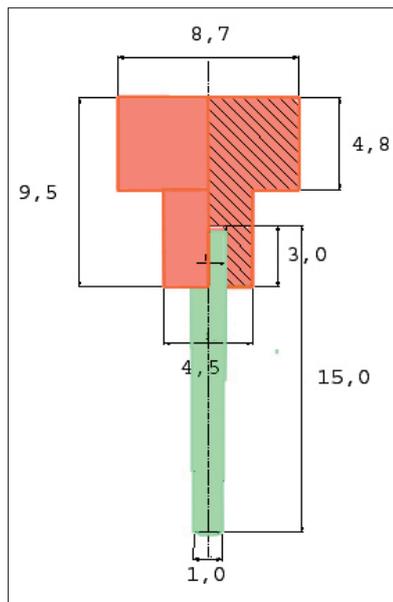


Abb. 1 Schemazeichnung der Aufbaukonstruktion

empfohlen. CoreRestore 2™ ist ein dualhärtendes Hybridkomposit und MultiCore® Flow ist ein niedrigvisköses, fließfähiges, dualhärtendes Stumpfaufbaukomposit. Zur Herstellung der Proben wurden eine spezielle Kompositgiessvorrichtung sowie eine Stiftzentriereinheit, die eine exakte vertikale Ausrichtung der Stifte und die Herstellung eines normierten Kompositaufbaus ermöglichten, entwickelt. Die Stifte wurden mit normierten Aufbauten der verschiedenen Komposite versehen. Die Verbindung der Komposite erfolgte über eine 3 mm lange Strecke am oberen Ende der Stifte, d.h. der Aufbau beginnt bei einem Stift von 15 mm Länge 12 mm oberhalb des unteren Stiftenendes (Abb. 1). Rein rechnerisch ergab sich dabei beim ER DentinPost 21,99 mm² und beim DT Light Post® 23,87 mm² als maximal mögliche Verbundfläche. Die Verbundfläche des DT Light Post® ist folglich um 1,88 mm² (ca. 8,5%) grösser als die des ER DentinPost.

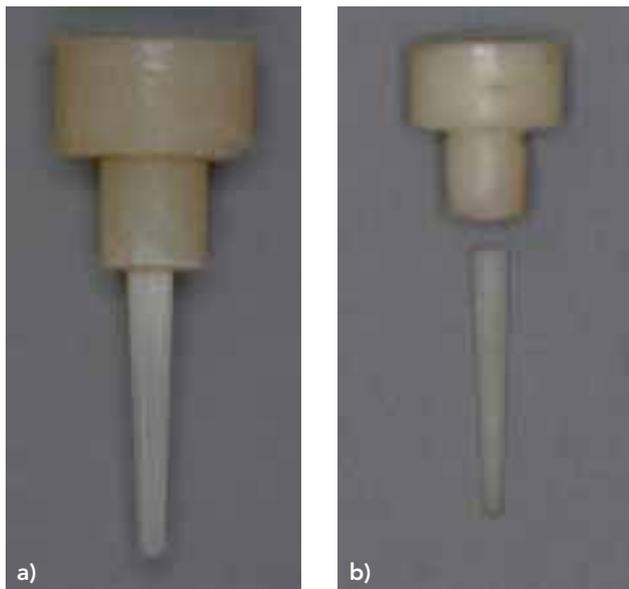


Abb. 2 Glasfaserstift ER DentinPost a) mit einem CoreRestore 2™-Aufbau, b) mit abgezogenem CoreRestore 2™-Aufbau

Zur Gewährleistung einer ausreichenden Stabilität der Proben bei der Durchführung des späteren Abzugsvorgangs mit der Abzugsvorrichtung wurden die Kompositaufbauten T-förmig gestaltet (Abb. 2a). Der untere Teil besteht aus einem kreisrunden Stück mit einer Höhe von 4,7 mm und einem Durchmesser von 4,5 mm, der obere Teil aus einem kreisrunden Anteil mit einer Höhe von 4,8 mm mit einem Durchmesser von 8,7 mm. Nach Einspannen der Stifte in die Zentriereinheit der Kompositgiessvorrichtung erfolgte das Auftragen der entsprechenden Haftvermittler auf die oberen verbleibenden 3 mm der Stifte. Das Anmischen und Verarbeiten der Komposite erfolgte nach Herstellerangaben. Die dualhärtenden Aufbaukomposite CoreRestore 2™ und MultiCore® Flow wurden in 2 mm dicken Abschnitten eingebracht und schichtweise für 60 s lichtgehärtet. Das selbstpolymerisierende Clearfil™ Core wurde auf einmal in die Form eingebracht. Nach dem Entfernen der Proben aus der Giessvorrichtung wurden die dualhärtenden Komposite erneut von allen Seiten für 60 s mit einer Polymerisationslampe (Astralis® 10, Ivoclar Vivadent, Schaan, Lichtenstein) lichtgehärtet. Die Proben wurden spannungsfrei in die Abzugsvorrichtung der Abzugsmaschine (Instron Typ 4204) eingebracht. Die Zugeschwindigkeit des Querhauptes wurde auf 1 mm/min und einer Maximalkraft von 5 kN eingestellt. Die Versuchsdurchführung erfolgte bei einer Raumtemperatur von 23 °C und einer Luftfeuchtigkeit von 50%. Die Stiftproben wurden bis zum Versagen des Haftverbundes belastet und die maximalen Abzugskräfte F_{max} [N] wurden erfasst. Anschliessend erfolgte eine Bruchflächenanalyse. Dabei sollte zwischen Adhäsivbrüchen (Grenzflächen zwischen Stift-Befestigungskomposit) und Kohäsivbrüchen (im Aufbaukomposit) unterschieden werden. Die Stifte wurden nach dem Abzugsversuch unter einem Stereomikroskop (Leica Wild M3Z, Solms, Deutschland) untersucht. Zusätzlich erfolgte eine rasterelektronenmikroskopische Auswertung der Bruchflächen. Der prozentuale Oberflächenanteil mit Resten von Kompositmaterial wurde bestimmt. Die statistische Auswertung der Abzugskräfte erfolgte unter Anwendung der SPSS 12.0 Software für Windows mit dem Tukey's Studentized Range (HSD) Test auf einem Signifikanzniveau von 5%.

Resultate

Die Aufbauten hatten sich alle komplett von den Stiften gelöst (Abb. 2b). Es waren keine Oberflächenanteile der Stifte mit Kompositresten bedeckt. Die Oberflächen der Stiftnetze zeigten nach erfolgter Abzugskraftmessung der Kompositaufbauten bei der lichtmikroskopischen (Abb. 3) und rasterelektronischen Untersuchung (Abb. 4) ausschliesslich adhäsive Bruchmuster. Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Abzugskräfte, die beim Abziehen der Kompositaufbauten von den glasfaserverstärkten Stiften auftraten, sind in Tabelle III und Abbildung 5 dargestellt. Clearfil™ Core hatte zu DT Light Post® (230,5 N ± 42,2 N) und zu ER DentinPost (154,7 N ± 33,6 N) die grössten Verbundfestigkeiten von allen in dieser Studie verwendeten Kompositen. Die Verbundkräfte bei der Verwendung von CoreRestore 2™ mit DT Light Post® (149,9 N ± 29,5 N) lagen höher als die Werte der Gruppe von MultiCore® Flow in Kombination mit DT Light Post® (140,9 N ± 31,4 N) und MultiCore® Flow in Verbindung mit ER DentinPost (122,5 N ± 19,1 N). Die niedrigsten Haftwerte aller Gruppen wurden bei der Verwendung von CoreRestore 2™ in Kombination mit ER DentinPost gemessen (80,1 N ± 19,4 N). Der Vergleich der Abzugskräfte aller sechs Versuchsgruppen führte nach statistischer Auswertung zu drei unterschiedlichen Clustern, den Gruppen A bis C (Tab. III). Die



Abb. 3 Lichtmikroskopische Aufnahme von DT Light Post® nach dem Abzugsvorgang: keine Kompositreste auf der Verbundfläche

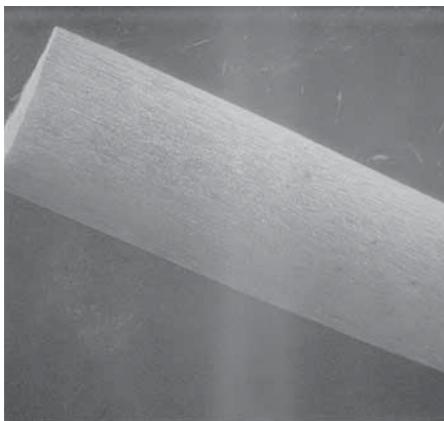


Abb. 4 REM-Aufnahme (20-fache Vergrößerung) von ER DentinPost nach dem Abzugsvorgang: keine Kompositreste auf der Verbundfläche

Tab. III Tukey Grouping: Mittlere Abzugskräfte [N] und Standardabweichung beim Abziehen der Kompositaufbauten von faserverstärkten Stiften.

Tukey Grouping	Mittelwert [N]	n	Materialkombinationen
A.	230,5 ± 42,2 N	10	DT Light Post®/Clearfil™ Core
B.	154,7 ± 33,6 N	10	ER DentinPost/Clearfil™ Core
B.	149,9 ± 29,5 N	10	DT Light Post®/CoreRestore2™
B.	140,9 ± 31,4 N	10	DT Light Post®/Multi Core® Flow
B.	122,5 ± 19,1 N	10	ER DentinPost/Multi Core® Flow
C.	80,1 ± 19,4 N	10	ER DentinPost/CoreRestore2™

Signifikante Unterschiede liegen dann vor, wenn sich die Mittelwerte der Materialkombinationen in unterschiedlichen Gruppen befinden. Die Gruppen mit gleichem Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Alpha kleiner 0,05).

Gruppe Clearfil™ Core in Verbindung mit DT Light Post® hatte signifikant höhere Werte als die Proben der unter Gruppe B aufgelisteten Materialkombination und der Gruppe C. Die Gruppe C (CoreRestore 2™ mit ER DentinPost) hatte die niedrigsten Werte und unterschied sich signifikant von der Gruppe unter A und den Gruppen unter B. Zwischen den Stift- und Aufbaukombinationen lagen innerhalb der Gruppe B keine signifikanten Unterschiede vor.

Diskussion

In der werkstoffkundlichen Prüfung von Kunststoff-Verbundstoffen wird der axiale Zugversuch als Grundversuch der stati-

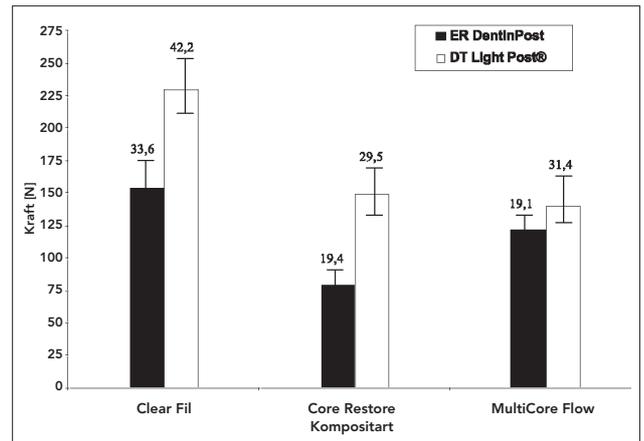


Abb. 5 Vergleich der Mittelwerte der Abzugskräfte [N] beim Abziehen der Kompositaufbauten von zwei faserverstärkten Wurzelkanalstiften

schen Festigkeitsprüfung betrachtet und als ein sensibles Verfahren zur Charakterisierung der Klebeverbundeigenschaften angewandt. Der Zugversuch ist ein sensibler Indikator von sich ändernden Adhäsionen. Dabei soll die einwirkende Zugkraft gleichmässig auf die Verbundfläche einwirken (MARX & HAASS 1992, EICHNER & KAPPERT 2000).

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Haftfestigkeit von adhäsiv befestigten Aufbaumaterialien an faserverstärkten Wurzelkanalstiften im axialen Zugversuch ermittelt. Bei der Konstruktion und Anwendung der Abzugsvorrichtung wurde darauf geachtet, dass der Probenkörper gelenkig aufgehängt werden konnte, wodurch rein axiale Abzugskräfte wirken konnten. Die Proben wurden mit einer speziellen Giessvorrichtung hergestellt, wodurch identische Proben in Form und Stiftplatzierung garantiert waren. Da es sich bei den Kompositmaterialien jeweils um zwei Pasten handelte, war beim Anmischvorgang die Gefahr des Einnischens von Luftblasen in das Material vorhanden. Luft einschließen können die Qualität des Komposits verringern und an den Grenzflächen den Haftverbund unter Umständen mindern (HOFMANN et al. 2001). Durch gleichmässiges Ausstreichen des Kompositmaterials beim Anmischvorgang wurde versucht, dies zu vermeiden.

Die in dieser Studie verwendeten zylindrisch-konischen Stifte ER DentinPost und DT Light Post® unterscheiden sich in ihrem Aufbau und in ihrem Stiftdesign. Matrix und Fasern sind die beiden Hauptbestandteile der Stifte. Bei den Fasern handelt es sich um Quarz- bzw. Glasfasern. Die Quarzfasern beim DT Light Post®, haben laut Herstellerangaben einen Volumenanteil von 60%, die Glasfasern beim ER DentinPost einen Anteil von 65%. Während die Fasern für die mechanischen Eigenschaften wie Elastizität und Frakturfestigkeit verantwortlich sind, wird vermutet, dass die Matrix einen chemischen Verbund mit dem Komposit (Bis-GMA) eingehen kann, welches Bestandteil der meisten adhäsiven Kompositsysteme ist (FERRARI & SCOTTI 2004). Die Analyse der Ergebnisse zeigte, dass die Kraft, die zum Ablösen des Kompositaufbaus vom Stift aufgewendet werden musste, unabhängig vom verwendeten Komposit beim DT Light Post®, grösser war als beim ER DentinPost. Der bessere Verbund der Komposite zum DT Light Post® könnte darin begründet liegen, dass der DT Light Post® einen geringeren Faseranteil im Stift besitzt als der ER DentinPost. Hierdurch besteht eine grössere Matrixoberfläche, die mit dem Komposit einen chemischen Verbund eingehen kann. Zudem ist die berechnete Verbundfläche

aufgrund der Geometrie des DT Light Post® um 1,88 mm² (ca. 8,5%) grösser als die des ER DentinPost.

Die zylindrisch-konische Form der Stifte spielt eine weitere Rolle beim Verbund von Stift und Kompositaufbau. Stifte benötigen eine Insertionstiefe von mindestens 8 mm in den Wurzelkanal. Im apikalen Bereich der Wurzel sollten nach der Präparation des Wurzelkanals ca. 4–5 mm Wurzelkanalfüllung verbleiben, um einen adäquaten Verschluss des Wurzelkanals zu gewährleisten. Aufgrund dieser Anforderungen und der grazilen apikalen Wurzelkanalanatomie ist es häufig nicht möglich, mehr als 12 mm Insertionstiefe für Stifte zu erreichen (SCHWARTZ & ROBBINS 2004). Aus diesem Grund wurden die Stifte ab der Höhe von 12 mm mit einem Aufbau versehen. Während der Kompositaufbau beim ER DentinPost bei einer gedachten Insertionstiefe von 12 mm schon am zylindrischen Teil befestigt ist, reicht dieser beim DT Light Post® noch um 1,6 mm in den konischen Bereich des Stiftes. Dadurch erhält der Kompositaufbau am DT Light Post® eine zusätzliche makromechanische Retentionsstelle, die die Verbundfestigkeit beeinflussen kann. PURTON & PAYNE (1996) untersuchten die Verbundfestigkeit von Metall- und Karbonfaserstiften zu Kompositaufbauten. Zusätzliche Retentionen an den Stiften der Metallstifte hatten einen grossen Einfluss auf die Verbundfestigkeit von Aufbau und Stift. In einer Folgestudie von LOVE & PURTON (1996) wurde gezeigt, dass Retentionsrillen den Verbund von Stift und Kompositaufbau verstärken. Eine Studie von NERGIZ et al. (1991), bei der der Verbund von Titanstiften und Kompositaufbauten mittels Torsionskraftmessung untersucht wurde, zeigte ein ähnliches Ergebnis. Die Stifte mit Retentionsrillen am Stiftpfopf ergaben grössere Werte. Abzugskraftmessungen von Stiften mit Retentionsrillen entlang des ganzen Stiftes zeigten ebenfalls bessere Haftwerte als Stifte mit glatter Oberfläche (NERGIZ et al. 1993).

Die Auswertung der Bruchflächen sollte klären, um welchen Bruchmechanismus es sich bei den abgezogenen Prüfkörpern handelte. Die Wertung der Bruchqualität erfolgte durch Beurteilung der Klebefläche am Stift. Als Kriterium galt das Vorhandensein von «Kompositresten» an der Stiftoberfläche. Es zeigte sich, dass es bei allen Proben zu einem vollständigen Ablösen des Kompositaufbaus kam. Es handelte sich somit ausschliesslich um adhäsive Bruchmuster. In einer Untersuchung von BRAGA et al. (2002) wurde gezeigt, dass die mechanischen Eigenschaften von Haftvermittlern unterschiedlicher Aktivierungsart sehr ähnlich sind. Die Haftmechanismen und die Auswirkungen der Haftvermittler auf den Verbund von Kompositen zu glasfaserverstärkten Stiften sind allerdings bisher nur wenig untersucht und noch nicht exakt definiert (FERRARI & SCOTTI 2004). Die Ergebnisse der Bruchflächenanalyse unserer Studie geben keinen Hinweis darauf, dass ein chemischer Verbund zwischen den Aufbau- und den Stiften stattgefunden hat. Die exakten chemischen Interaktionen der Adhäsivsysteme mit den Matrixsystemen der Stifte sind derzeit nicht geklärt. In einer aktuellen Studie von MANNOCCI et al. (2005) konnte erstmals die Penetration von Monomeren aus Adhäsivsystemen in die Matrix von Glasfaserstiften nachgewiesen werden. Es handelte sich dabei um Stifte mit einer nicht polymerisierten, so genannten Interpretierenden Polymer-Netzwerkmatrix (IPN Struktur). Aus diesen Ergebnissen kann aber kein allgemeines Verhalten der unterschiedlichen Haftvermittlersysteme in Bezug auf die chemische Adhäsion abgeleitet werden. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Studie stellt sich folglich die Frage, wie geeignet Dentinhaftvermittler sind, um den Verbund von Komposit zu Glasfaser zu verbessern oder welche exakten Einflüsse diese überhaupt haben.

Die Ergebnisse unserer Studie zeigen, dass das selbstpolymerisierende Komposit Clearfil™ Core mit den Stiften einen weitaus stärkeren Verbund eingehen kann als die beiden dualhärtenden Komposite CoreRestore 2™ und MultiCore® Flow. Beim Aushärten der Komposite wird die mikromechanische Haftung durch geometrische Effekte und durch Aufschrumpfen des Komposits auf den Stift, den so genannten rheologischen Effekt, beeinflusst (LUTZ et al. 1976). Bei der Applikation selbstpolymerisierender Komposite ist die Polymerisationsschrumpfung im Vergleich zu licht- oder dualhärtenden Kompositen höher (CHUNG & GREENER 1990, VERSLUIS et al. 1996, ASMUSSEN & PEUTZFELD 2003), und kann bei Clearfil™ Core für die hohen Verbundkräfte im Vergleich zu den anderen Materialien verantwortlich sein. Das dualhärtende Komposit MultiCore® Flow zeichnet sich durch die leichte Verarbeitung aufgrund der niedrigviskosen Konsistenz aus. Die verringerte Viskosität wird durch die Reduktion des Füllkörpergehaltes (71 Gew.% Herstellerangabe) und durch einen grösseren Matrixanteil erreicht. Der grössere Matrixanteil erhöht allerdings die Polymerisationsschrumpfung (CHUNG & GREENER 1990, DAVIDSON & FEILZER 1997). Betrachtet man die Verbundfestigkeiten der beiden dualhärtenden Komposite zu ER DentinPost, fällt auf, dass das fließfähige MultiCore® Flow deutlich höhere Haftwerte aufweist als CoreRestore 2™. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass MultiCore® Flow aufgrund des niedrigeren Füllergehaltes und einer dadurch bedingten stärkeren Schrumpfung die Stifte besser umfasst als CoreRestore 2™ mit einem Füllergehalt von 83 Gew.-% (Herstellerangabe). Dieser Unterschied der Verbundkräfte der beiden Materialien ist in Verbindung mit dem DT Light Post® nicht vorhanden. Dies liegt vermutlich daran, dass bei den DT-Light-Post®-Stiften noch 1,6 mm der Verbundfläche im konischen Bereich liegen. Die dadurch bedingte zusätzliche makromechanische Retention der Aufbauten hätte somit die auftretenden Verbundkräfte durch die Schrumpfungseffekte kompensiert. Die Verbundfestigkeiten der Aufbaukomposite mit dem DT Light Post® liegen generell über denen mit dem ER DentinPost. Dieser stärkere Verbund wird vermutlich durch die grössere Oberfläche und der durch die Stiftgeometrie bedingten makromechanischen Retention des DT Light Post® erreicht. Das Design der durchgeführten Studie berücksichtigt hier speziell den unterschiedlichen Oberflächenkontakt der beiden Stifte. Bei der Diskussion und Interpretation der Ergebnisse wird deutlich, dass eine Vielzahl von Parametern Einfluss auf die Verbundfestigkeiten haben, zu deren weiteren Untersuchung die Auswirkungen der Probengeometrie eliminiert werden sollten.

Verdankung

An dieser Stelle sei Herrn Prof. Dr. Dr. C. Friedrich (Freiburger Materialforschungszentrum, Servicegruppe Rheologie und Polymerverarbeitung) für die technische Unterstützung der Studie herzlich gedankt.

Summary

WRBAS K T, LENZ A, SCHIRRMESTER J F, ALTENBURGER M J, SCHEMIONEK W, HELLWIG E: **Tensile bond strength of resin based core materials to fiber posts** (in German). Schweiz Monatsschr Zahnmed 116: 136–141 (2006)

Endodontically treated teeth often have little coronal tooth tissue remaining and as such require a post to retain the core and the restoration. Therefore, tooth coloured adhesive inserted fiber posts in combination with resin based core material can be used.

In this study, the tensile bond strength of core materials to fiber posts was investigated. Three different core materials, Clearfil™ Core, CoreRestore 2™ and MultiCore® Flow in combination with two different fiber posts systems, ER DentinPost and DT Light Post®, were tested. The posts were shortened to the lengths of 15 mm. The specimens were obtained while the upper part (3 mm) of the posts was covered with standardized cylinders of the core materials. Clearfil™ Core in combination with the DT Light Post® (230,5 N ± 42,2 N) and ER DentinPost (154,7 N ± 33,6 N) had the highest tensile bond strengths of all groups. The tensile bond strength of CoreRestore 2™ to DT Light Post® (149,9 N ± 29,5 N) was higher than the tensile bond strengths of the combinations MultiCore® Flow/DT Light Post® (140,9 N ± 31,4 N) and MultiCore® Flow/ER DentinPost (122,5 N ± 19,1 N). The group CoreRestore 2™/ER DentinPost had the lowest tensile bond strengths (80,1 N ± 19,4 N). The adhesion of the resin based core materials to the fiber posts is influenced by the post design and core materials. The combination of core materials with the type of fiber post has a great influence on the tensile bond strength.

Résumé

Après un traitement endodontique les dents présentent souvent une quantité tissulaire coronaire réduite, nécessitant l'utilisation d'un tenon canalaire pour l'ancrage du moignon et de la restauration. Par conséquent, des systèmes de tenons fibrés («esthétiques»), ont été développés pour une application dite «adhésive» en combinaison avec un matériau de reconstitution de type résine composite. Le but de l'étude était d'évaluer la résistance à la traction de l'interface «collée» entre tenon fibré et composite de reconstitution. Trois différents matériaux de reconstitution, à savoir Clearfil™Core, CoreRestore 2™ et MultiCore®Flow ont été testés en combinaison avec les deux systèmes de tenon fibrés ER Dentin Post et DT Light Post®. Les tenons ont été raccourcis à une longueur de 15 mm. Des moignons cylindriques standardisés ont été réalisés avec les différents matériaux de reconstitution, recouvrant la partie coronaire (3 mm) des tenons. Clearfil™Core en combinaison avec le système DT Light Post® (230,5 N ± 42,2 N) et le système ER DentinPost (154,7 N ± 33,6 N) ont révélé la résistance à la traction la plus élevée parmi tous les groupes. La résistance à la traction de CoreRestore 2™ avec DT Light Post® (149,9 N ± 29,5 N) était plus élevée que les valeurs correspondantes des combinaisons MultiCore®Flow/DT Light Post® (140,9 N ± 31,4 N) et MultiCore®Flow/ER Dentin Post (122,5 N ± 19,1 N). Le groupe CoreRestore 2™/ER DentinPost montrait les valeurs les plus faibles (80,1 N ± 19,4 N). Les valeurs d'adhésion entre les matériaux de reconstitution et les tenons sont influencées à la fois par la configuration («design») du tenon et par le type de matériau de reconstitution. En outre, l'étude a montré que les valeurs d'adhésion dépendent fortement de la combinaison entre matériau et type de tenon.

Literaturverzeichnis

ASMUSSEN E, PEUTZFELDT A: Polymer structure of a light-cured resin composite in relation to distance from the surface. *Eur J Oral Sci* 111: 277–279 (2003)

BATEMAN G, RICKETTS D N, SAUNDERS W P: Fibre-based post systems: a review. *Br Dent J* 195: 43–48 (2003)

BRAGA R R, CESAR P F, GONZAGA C C: Mechanical properties of resin cements with different activation modes. *J Oral Rehabil* 29: 257–262 (2002)

CHUNG K H, GREENER E H: Correlation between degree of conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composite resins. *J Oral Rehabil* 17: 487–494 (1990)

DAVIDSON C L, FEILZER A J: Polymerization shrinkage and polymerization shrinkage stress in polymer-based restoratives. *J Dent* 25: 435–440 (1997)

EICHNER K, KAPPERT H F: *Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung*. 7. Aufl. Georg Thieme Verlag. Stuttgart/New York: 385–397 (2000)

FERRARI M, SCOTTI R: Fiber post – Characteristics and clinical applications Masson, Milano: 15–51 (2004)

FERRARI M, VICHI A, MANNOCCI F, MASON P N: Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Am J Dent* 13: 9B–13B (2000)

HEIDEMANN D, WEIGL P: Stifte im Wurzelkanal – Warum? *Endodontie Journal* 3: 24–34 (2004)

HOFMANN N, PAPSTHART G, HUGO B, KLAIBER B: Comparison of photo-activation versus chemical or dual-curing of resin-based luting cements regarding flexural strength, modulus and surface hardness. *J Oral Rehabil* 28: 1022–1028 (2001)

LOVE R M, PURTON D G: The effect of serrations on carbon fibre posts-retention within the root canal, core retention, and post rigidity. *Int J Prosthodont* 9: 484–488 (1996)

LUTZ F, LÜSCHER B, OCHSENBEIN H, MÜHLEMANN H: *Adhäsive Zahnheilkunde*. Juris, Zürich (1976)

MALFERRARI S, MONACO C, SCOTTI R: Clinical evaluation of teeth restored with quartz fiber-reinforced epoxy resin posts. *Int J Prosthodont* 16: 39–44 (2003)

MANNOCCI F, FERRARI M, WATSON T F: Intermittent loading of teeth restored using quartz fiber, carbon-quartz fiber, and zirconium dioxide ceramic root canal posts. *J Adhes Dent* 1: 153–158 (1999)

MANNOCCI F, SHERRIFF M, WATSON T F, VALLITTU P K: Penetration of bonding resins into fibre-reinforced composite posts: a confocal microscopic study. *Int Endod J* 38: 46–51 (2005)

MARX R, HAASS C: Zug- oder Schertest. Welcher Test ist für den Verbund Metall/Kunststoff aussagekräftiger? *Dtsch Zahnärztl Z* 47: 165–169 (1992)

NERGIZ I, PLATZER U: Retention von Kunststoffaufbauten an silanisierten Titan-Wurzelstiften. *Dtsch Zahnärztl Z* 46: 410–412 (1991)

NERGIZ I, SCHMAGE U, PLATZER U: Abzugskraftmessungen bei Wurzelstiften mit verschiedenen Oberflächen. *Dtsch Zahnärztl Z* 48: 661–664 (1993)

PURTON D G, PAYNE J A: Comparison of carbon fiber and stainless steel root canal posts. *Quintessence Int* 27: 93–97 (1996)

SCHWARTZ R S, ROBBINS J W: Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *J Endod* 30: 289–301 (2004)

STOCKTON L W: Factors affecting retention of post systems: a literature review. *J Prosthet Dent* 81: 380–385 (1999)

VERSLUIS A, DOUGLAS W H, CROSS M, SAKAGUCHI R L: Does an incremental filling technique reduce polymerization shrinkage stresses? *J Dent Res* 75: 871–878 (1996)