

Zugversuche an faserverstärkten Wurzelstiften

Einsetztiefe von Wurzelstiftsystemen bleibt auch bei adhäsiv eingegliederten Stiften aus Faserverbundwerkstoff ein entscheidender Faktor für die Retention

Endodontisch behandelte Zähne mit weitreichender Destruktion der klinischen Krone benötigen Stiftstumpfaufbauten, um der Kronenrestauration ausreichenden Halt zu geben.¹⁶ Bei der Verwendung von Stiftmaterialien, die einen vom Dentin weit abweichenden Elastizitäts-Modul (E-Modul) besitzen (z.B. Stifte aus Metall und Zirkonoxidkeramik), treten hohe lokale Spannungen auf, die häufig eine Fraktur der Zahnwurzel zur Folge haben.^{1,11}

Dr. med. dent. Katrin Babenhauserheide, Prof. Dr. med. dent. W.B. Freesmeyer/Berlin

■ Seit den 90er-Jahren fanden aufgrund dieser Problematik faserverstärkte Stifte (Faserstifte) großes Interesse in der Zahnmedizin. Faserstifte besitzen einen dentinähnlichen E-Modul, sodass eine gleichmäßigere Kraftübertragung bei Belastung entsteht.¹⁰ Die adhäsive Befestigung der Stifte unterstützt die gleichmäßige Verteilung der Belastung.¹³ In zahlreichen Untersuchungen zeigten Faserstiftsysteme eine höhere Bruchresistenz als herkömmliche metallische Stiftsysteme.^{1,4,12} Die Rekonstruktion der klinischen Krone mittels eines Stiftstumpfaufbaues ist häufig auch bei der Versorgung mit kombiniertem Zahnersatz notwendig. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, wie belastbar der Verbund zwischen Komposit und Faserstift auf Zugkräfte ist. In einer vorausgegangenen Untersuchung wurden Metall-, Zirkonoxidkeramik- und Faserstift-Systeme auf Scherbelastung getestet.² Cytec blanco Glasfaserstifte

und Cytec carbon Karbonfaserstifte (Hahnenkratt GmbH, Königsbach-Stein/D) erzielten dabei die höchsten Scherbelastungswerte. Für vorliegende Untersuchungen wurden die gleichen Glas- und Karbonfaserstift-Systeme auf Zug geprüft. Die Einsetztiefe betrug 7,0 mm. Für die Glasfaserstifte wurde zusätzlich eine Einsetztiefe von 10,0 mm mit in die Untersuchungen aufgenommen.

Material und Methode

In drei Versuchsreihen werden Cytec blanco Glasfaserstifte mit 7,0 mm (Glas7) und 10,0 mm (Glas10) Einsetztiefe sowie Cytec carbon Karbonfaserstifte mit 7,0 mm Einsetztiefe (Karbon7) untersucht (Tab. I). Sowohl die Glasfaser- als auch die Karbonfaserstifte sind aus longi-

Stiftmaterial	Probenabkürzung	Stift (Fabrikat)	Durchmesser koronal (mm)	Einsetztiefe	Befestigung
Glasfaserverstärkter Kunststoff	Glas7	Cytec blanco	1,8 mm	7,0 mm	Panavia F Kuraray
	Glas10	Hahnenkratt GmbH		10,0 mm	
Karbonfaser-verstärkter Kunststoff	Karbon7	Cytec carbon Hahnenkratt GmbH		7,0 mm	

Tab. I: Untersuchte Stiftsysteme.

Größenangebot von Cytec blanco und Cytec carbon Stiften					
Durchmesser	zervikal (mm)	1,2	1,4	1,8	2,2
	apikal (mm)	0,65	0,83	1,03	1,23
Länge (mm)		20,0	20,0	20,0	20,0

Tab. II: Dimensionierung von Cytec Wurzelkanalstiften.

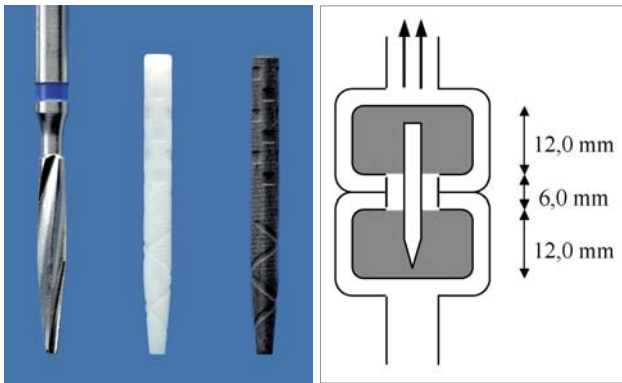


Abb. 1: Cytec blanco und Cytec carbon Wurzelstifte. – Abb. 2: Versuchsaufbau.

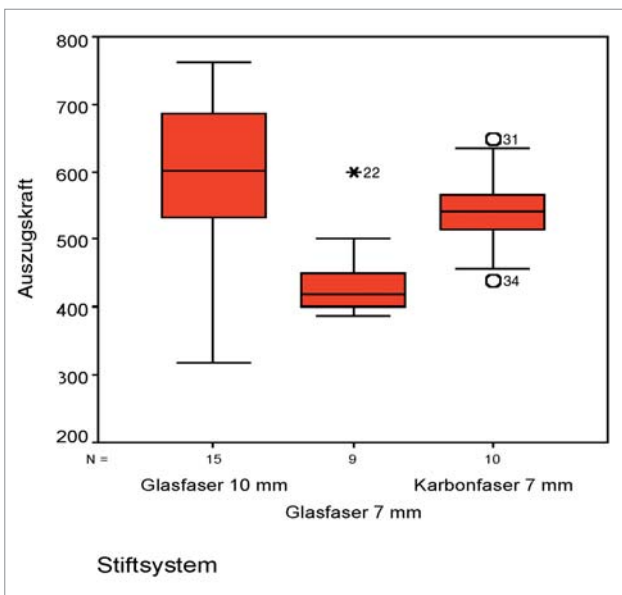


Abb. 3: Box-Plot-Diagramm der ermittelten Zugkräfte.

tudinal parallel angeordneten Fasern in einer Epoxidharzmatrix aufgebaut. Die Faserstifte sind 20,0 mm lang und zylindrokönisch geformt. Die Stiftköpfe sind mit flachen Einkerbungen, der apikale Stiftanteil mit spiralförmigen Abflussrillen versehen, die eine Dekompression bei Insertion sicherstellen (Abb. 1). Der zervikale Durchmesser der in der Untersuchung verwendeten Faserstifte beträgt 1,8 mm, der apikale 1,03 mm (Tab. II). Zu den angebotenen vier Cytec Stiftgrößen gehören ein universal einsetzbarer Pilotbohrer (Kanalerweiterer) sowie jeweils ein Kalibrierbohrer. Für die Verankerung der Stifte wurden Kunststoff-Blöcke aus kaltpolymerisierendem Kunststoff auf Basis von Methylmethacrylat (Technovit 4004, Heraeus Kulzer, Hanau/D) hergestellt. In den Blöcken wurden künstliche Wurzelkanäle angelegt. Hierzu fand mittels eines Parallelfräsgerätes (Typ F1, Degussa, Frankfurt/D) eine senkrechte Bohrung mit den Kalibrierbohrern bis zu einer Tiefe von 7,0 mm bzw. 10,0 mm statt. Die Kanalwandung wurde mit einem Diamantbohrer angeraut. Nach dem Entfetten der Kanäle und der Stifte mit Alkohol wurden die Stifte mit dem All-in-One Adhäsiv-System ED Primer (Kuraray, Osaka/J) beschickt. Das füllstofffreie Adhäsiv diente einer besseren Benetzung der Stiftoberfläche und wurde nach dem

Auftragen auf die Stifte dünn ausgeblasen. Es schloss sich das Anmischen des Panavia F (Kuraray, Osaka/J), dem dazugehörigen dualhärtenden Befestigungskomposit auf Bis-GMA-Basis im Verhältnis 1:1 für 20 Sekunden an. Mittels eines Lentulos wurde das Panavia F in die Kanäle eingebracht und auf den Stiften verteilt. Es folgte das Einsetzen der Stifte in langsamer, pumpender Weise. Überschüsse wurden entfernt. Die Aushärtung erfolgte mit UV-Licht und unter Sauerstoffausschluss. Die Proben wurden in die untere Halterung der Zugvorrichtung eingespannt und der obere Anteil der Vorrichtung so positioniert, dass der Stiftkopfbereich mit Technovit 4004 (Heraeus Kulzer, Hanau/D) eingebettet werden konnte (Abb. 2). Die Proben wurden in der Prüfvorrichtung (Zwick/Roell, Ulm/D) bis zum vollständigen Kraftabfall auf Zug belastet. Die Prüfgeschwindigkeit betrug 2 mm/min. Anschließend erfolgte eine mikroskopische Analyse (Stereomikroskop DRC, ZEISS, Jena/D) der Stiftoberflächen und der Wandungen der künstlichen Kanäle bei 8-facher Vergrößerung. Mithilfe des U-Testes von Mann und Whitney (1947) wurde auf signifikante Unterschiede (Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,05$) untersucht.

Ergebnisse

Die Mediane der ermittelten Zuglastwerte sind für das System Glas7 419,7 N, für das System Glas10 602,0 N und für das System Karbon7 542,3 N (Tab. III). Die grafische Darstellung der Werte ist in Abbildung 3 zu finden. Die Zuglastwerte von 7,0 mm und 10,0 mm tief eingesetzten Glasfaserstiften (Glas7; Glas10) und die Zuglastwerte von 7,0 mm tief eingesetzten Glasfaser- und Karbonfaserstiften (Glas7; Karbon7) unterscheiden sich signifikant voneinander (Tab. IV). Zwischen den Werten der Systeme Glas10 und Karbon7 traten keine Signifikanzen auf. Die mikroskopische Analyse zeigte ein Versagen innerhalb des Zementes. Die Abflussrillen der Stifte waren mit Zement gefüllt. Die Stiftoberflächen und die aufgetrennten Wurzelkanäle wiesen Zementreste auf.

System	Median (N)	s (N)	x _{min} (N)	x _{max} (N)
Glas7	419,7	68,2	387,8	598,5
Glas10	602,0	141,1	319,1	761,1
Karbon7	542,3	66,6	438,4	648,9

Tab. III: Ermittelte Zuglastwerte.

System	Glas7	Karbon7
Glas7		Signifikant*
Glas10	Signifikant*	nicht signifikant
* Irrtumswahrscheinlichkeit $p < 0,05$		

Tab. IV: Ergebnisse der Signifikanzuntersuchung aller Systeme untereinander.

Diskussion

Ziel dieser Untersuchung war die vergleichende Prüfung von Glasfaser- und Karbonfaserstiften und dem zur Befestigung empfohlenen Komposit Panavia F sowie die Prüfung des Einflusses der Einsetztiefe auf die Retention der Stifte. Um ein möglichst einheitliches Versuchsdesign zu gewährleisten, wurden artifizielle Wurzelkanäle in Technovit 4004 angelegt. Große Streuungen der Messwerte, wie sie bei der Verwendung von natürlichem Zahnmaterial zu erwarten sind, konnten so vermieden werden.⁶

Cytec blanco Glasfaser- und Cytec carbon Karbonfaserstifte haben das gleiche Design und die gleichen Abmessungen. Trotzdem konnten bei einer Einsetztiefe von 7,0 mm signifikant höhere Zuglastwerte für Karbonfaserstift-Proben festgestellt werden (Tab. IV). Es muss folglich eine bessere Verhaftung zwischen Panavia F und den Karbonfaserstiften bestanden haben. Eine vermutlich schlechtere apikale Aushärtung des Panavia F bei den Karbonfaserstift-Proben, aufgrund fehlender Lichtleitung der Stifte, bestätigte sich nicht. Die Materialeigenschaften der Stifte sind durch die Faserart und -güte, dem Faseranteil sowie der Zusammensetzung der Matrix gekennzeichnet.^{5,7} Laut Herstellerangaben weisen beide Stifte einen Faseranteil von 63 Vol.-% auf und die Epoxidharzmatrix beider Stifte ist identisch. Einfluss auf die Ergebnisse können folglich nur die Fasereigenschaften und ihr Verbund in der Matrix genommen haben.

Glasfasern besitzen eine hohe Zugfestigkeit und chemische Beständigkeit, allerdings sind sie relativ spröde. Triolo (1999) stellte eine zweimal so hohe Sprödigkeit wie bei Karbonfasern fest. Die Matrix der Stifte besitzt eine geringe Viskosität, sodass es zu Faserverschiebungen bei Belastung kommt.¹⁰ Werden die Weg-Kraft-Diagramme der Proben gegenübergestellt, ist ein unterschiedlicher Anstieg der Zugbelastungskurven von Karbonfaserstift-Proben und Glasfaserstift-Proben erkennbar. Der zurückgelegte Weg für einen Kraftanstieg von 200 N auf 380 N ist für Glasfaserstifte signifikant kürzer als für Karbonfaserstifte. Die höhere Dehnbarkeit der Karbonfasern stellt eine gleichmäßigere Kraftverteilung innerhalb des Stiftes und des Stiftsystems sicher. Der Verbund von Komposit und Stift wurde somit gleichmäßiger beansprucht und das System Karbon7 erreichte höhere Zuglasten als das System Glas7. Die Ergebnisse stehen im Einklang mit den vorausgegangenen Bruchbelastungsuntersuchungen.² Beide Untersuchungen bestätigen, dass Karbonfasern zu einer gleichmäßigeren Kraftverteilung innerhalb des Systems führen und höhere Belastungswerte mit diesem System erzielt werden. Weiter ist den Ergebnissen zu entnehmen, dass auch die Einsetztiefe Einfluss auf die Beständigkeit gegen abziehende Kräfte besitzt.³ Dies liegt einerseits in einer größeren Verbundfläche begründet, andererseits ist bei den zylindrokonischen Stiften bei tiefer Insertion ein größerer Teil des zylindrischen Stiftanteils in die Verankerung einbezogen. Ein größerer parallelwandi-

Probeabo

1 Ausgabe kostenlos!



Erscheinungsweise: 4 x jährlich
 Abopreis: 35,00 €
 Einzelheftpreis: 10,00 €
 Preis zzgl. Versandkosten und MwSt.

Fax an 03 41 / 4 84 74-2 90

Ja, ich möchte das Probeabo beziehen.
 Bitte liefern Sie mir die nächste Ausgabe frei Haus.

Sobald Sie bis 14 Tage nach Erhalt der kostenlosen Ausgabe keine schriftliche Ablehnung von mir erhalten, möchte ich die cosmetic dentistry im Jahresabonnement zum Preis von 35EUR/Jahr beziehen. Das Abonnement verlängert sich automatisch um ein weiteres Jahr, wenn es nicht sechs Wochen vor Ablauf des Bezugszeitraumes schriftlich gekündigt wird (Poststempel genügt).

Vorname: _____

Nachname: _____

Strasse: _____

PLZ/Ort: _____

Telefon/Fax: _____

E-Mail: _____

Unterschrift *X* _____

Widerrufsbelehrung: Den Auftrag kann ich ohne Begründung innerhalb von 14 Tagen ab Bestellung bei der OERTUS MEDIA AG, Holbeinstr. 29, 04229 Leipzig schriftlich widerrufen. Rechtzeitige Anzeigung genügt.

Unterschrift *X* _____

OERTUS MEDIA AG
 Holbeinstr. 29, 04229 Leipzig
 Tel.: 03 41 4 84 74-0, Fax 03 41 4 84 74-2 80
 E-Mail: gruener@oertus-media.de



ger Anteil bedeutete schon bei konventioneller Zementierung stets eine größere Retention, sodass auch hierüber die Zugwiderstände höher gelegen haben könnten.^{8,14,15,17}

Die höheren Zuglastwerte bei tieferer Insertion der Stifte wurden vermutlich auch über eine größere Fassung von Abflusssrillen erreicht. Die Abflusssrillen fungieren dabei als Makroretentionen.¹⁹ Trotz der geringeren Bedeutung von Stiftlänge und Form durch den Einsatz von Adhäsivsystemen muss festgestellt werden, dass die Stiftlänge bzw. ihr Design weiterhin eine bedeutende Rolle bei der Versorgung mit postendodontischen Aufbauten spielt.

Schlussfolgerung

Cytec carbon Faserstifte weisen bessere Verbundeigenschaften als Cytec blanco Faserstifte zum Komposit Panavia F auf. Die tiefere, adhäsive Insertion von Glasfaserstiften bewirkt eine signifikant höhere Zugbelastbarkeit. Festzuhalten ist, dass die ermittelten Zuglastwerte von Cytec blanco und Cytec carbon Faserstiften mehr als 100 % über den für die Versorgung mit künstlichen Kronen geforderten Werten liegen.⁹ Die höheren Zugbelastungen bei Versorgung mit kombiniertem Zahnersatz ist jedoch zu berücksichtigen.

Zusammenfassung

Der Verbund von Glas- und Karbonfaserstiften und dem Befestigungskomposit Panavia F wurde im Zugversuch getestet. Hierzu wurden Glasfaserstifte 7,0 und 10,0 mm tief, Karbonfaserstifte 10,0 mm tief in artifizielle Wurzelkanäle eingesetzt. Die 10,0 mm tief eingesetzten Glas- und die 7,0 mm tief eingesetzten Karbonfaserstifte weisen keinen signifikanten Unterschied untereinander auf (Glas10: 602,0 ± 141,1 N; Karbon7: 542,3 ± 66,6 N). Die Zuglastwerte von 7,0 mm tief eingesetzten Glasfaserstiften sind signifikant niedriger (Glas7: 419,7 ± 68,2 N). Die Einsetztiefe von Glasfaserstiften besitzt auch bei adhäsiver Eingliederung signifikanten Einfluss auf deren Retention. ■

Literatur

- 1 Akkayan B., Gulmez T.: Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosthet Dent* 87:431–7 (2002).
- 2 Babenhauserheide K.: Untersuchungen zur mechanischen Belastbarkeit und zum Verlauf der Bruchflächen verschiedener Stiftstumpfaufbausysteme nach künstlicher Alterung, FU Berlin, Berlin (2004).
- 3 Borer R. E., Britto L. R., Haddix J. E.: Effect of dowel length on the retention of 2 different prefabricated posts. *Quint Int* 38:173.e 164–168 (2007).
- 4 Dean J. P., Jeansonne B. G., Sakar N.: In vitro evaluation of a carbon fiber post. *J Endod* 24:807–810 (1998).
- 5 Galhano G. A., Valandro L. F., de Melo R. M., Scotti R., Bottino M. A.: Evaluation of the flexural strength of carbon fiber-, quartz fiber-, and glass fiber-based posts. *J Endod* 31:209–211 (2005).
- 6 Heydecke G., Butz F., Strub J. R.: Einfluss des endodontischen Aufbaus auf die Frakturfestigkeit überkronter Zähne. *Dtsch Zahnärztl Z* 54:637–640 (1999).

- 7 Janda, R.: Kunststoffverbundsysteme. Weinheim VCH Verlags GmbH 1990.
- 8 Johnson J. K., Sakumura J. S.: Dowel form and tensile force. *J Prosthet Dent* 40:645–649 (1978).
- 9 Kawata T., Yoda N., Kawaguchi T., Kuriyagawa T.: Behaviours of three-dimensional compressive and tensile forces exerted on a tooth during function. *J Oral Rehabil* 34:259–266 (2007).
- 10 King P. A., Setchell D. J.: An invitro evaluation of a prototype CFRC prefabricated post developed for the restoration of pulpless teeth. *J Oral Rehabil* 17:599–609 (1990).
- 11 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).
- 12 Ottl P., Hahn L., Lauer H.-Ch., Fay M.: Fracture characteristics of carbon fibre, ceramic and non-palladium endodontic post systems at monotonously increasing loads. *J Oral Rehabil* 29:175–183 (2002).
- 13 Pierresnard L., Bohin F., Renault P., Barquins M.: Corono-radicular reconstruction of pulpless teeth: A mechanical study using finite element analysis. *J Prosthet Dent* 88:442–448 (2002).
- 14 Qualtrough A. J., Chandler N. P., Purton D. G.: A comparison of the retention of tooth-colored posts. *Quintessence Int* 34:199–201 (2003).
- 15 Robbins D. W.: Restoration of the endodontically treated tooth. *Dent Clin North Am* 46:367–384 (2002).
- 16 Schwartz R. S., Robbins J.: Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *J of Endod* 30:289–301 (2004).
- 17 Standlee J. P., Caputo A. A., Collard E. W., Pollack M. H.: Analysis of stress distribution by endodontic posts. *Oral surg Oral Med Oral Pathol* 33:952–960 (1972).
- 18 Triolo P. T., Trajtenberg C., Paowers J. M.: Flexural properties and bond strength of an esthetic post. *J Dent Res* 78:548 (1999).
- 19 Metzger A.: Die Verbundfestigkeit von glas- und quarzfaserverstärkten Wurzelstiften und verschiedenen Kompositaufbausystemen, Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg (2007).

Summary

The leakage of glass- and carbon fibre posts to the composite cement Panavia F was studied out by a tensile test. There for glass fibre posts were placed in to artificially root canals by a depth of 7 and 10 mm. Carbon fibre posts were placed to a depth of 10 mm. The 10.0 mm deep inserted glass and the 7.0 mm deep inserted carbon fibre posts show no significant differences (Glas10: 602.0 ± 141.1 N; Karbon7: 542.3 ± 66.6 N). The forces measured for pull-out testing of 7 mm deep inserted glass fibre posts are significantly lower then measured forces of the other tested groups (Glas7: 419.7 ± 68.2 N). The depth of insertion has an influence over the resistance offered to tensile forces.

KONTAKT

Dr. med. dent. Katrin Babenhauserheide
wissenschaftliche Mitarbeiterin
CharitéCentrum 3
Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde
Abteilung für restaurative Zahnmedizin,
Alterszahnmedizin und Funktionslehre
Aßmannshäuserstraße 4–6
14197 Berlin
Tel.: 0 30 | 84 45 63 70
E-Mail: katrin.babenhauserheide@charite.de