

# Silanisierung versus Oberflächendesign

## Untersuchung der Retention glasfaserverstärkter Wurzelkanalstifte

Faserverstärkte Stiftstumpfaufbauten (Faserstifte) sind in den vergangenen Jahren intensiv untersucht worden. Ihr dentinähnliches biomechanisches Verhalten, die Möglichkeit eines minimalinvasiven Vorgehens bei der Restauration des Zahnstumpfes und ihre leichte Entfernbareit ohne Zahnschubstanzverluste führten dazu, dass sie große klinische Bedeutung erlangt haben.<sup>2,6,8,10</sup>

Dr. med. dent. Katrin Babenhauserheide, A. Rössner, Prof. Dr. med. dent. Wolfgang B. Freesmeyer/Berlin

■ Insbesondere glasfaserverstärkte Stifte bieten bei höchsten ästhetischen Anforderungen eine gute Alternative zu den sehr spröden und schlecht entfernbaren Keramikstiften. In zahlreichen In-vitro-Tests wurden metallische, keramische und faserverstärkte Stiftaufbauversorgungen gegenübergestellt.<sup>1,14</sup> Untersuchungen bezüglich des Stiftdesigns und der Stiftlänge bei Faserstiftversorgungen liegen jedoch bisher nicht in ausreichendem Umfang vor. Unklar ist, in welchem Umfang die Stiftlänge oder mechanische Retentionen der Stifte bei adhäsiver Eingliederung Einfluss auf deren Haltbarkeit im Wurzelkanal nehmen. Auch die Notwendigkeit der Silanisierung und Silikatisierung von Glasfaserstiften wird in der Literatur noch kontrovers diskutiert.<sup>4,18</sup> Folgende Untersuchung hat daher ein oberflächensilikatisiertes und silanisiertes Glasfaserstiftsystem (DT light post SL, VDW) einem Glasfaserstiftsystem mit spiralförmigen Retentionsrillen (Cytec blanco, Hahnenkratt GmbH, Deutschland) gegenübergestellt.

### Material und Methode

Cytec blanco (Hahnenkratt GmbH, Deutschland) und DT light SL (VDW, Deutschland) Glasfaserstifte wurden bei einer Einsetztiefe von 7,5 mm, der Cytec blanco Stift zusätzlich bei einer Einsetztiefe von 5,0 mm, im Zugversuch getestet (Tab. 1). Die DT light SL Stifte (DT-Stifte) haben eine glatte Stiftoberfläche und sind für eine bessere Verbundhaftung bereits durch den Hersteller silanisiert und silikatisiert (PVD-Beschichtung), bekannt als SL-Safety Lock Beschichtung.<sup>7</sup> Die Cytec blanco Stifte besitzen flache Einkerbungen im Stiftpfopfbereich und spiralförmige Abflussrillen im apikalen Stiftanteil; sie sind nicht PVD beschichtet (Abb. 1). Die Fasern

beider Stiftsysteme sind longitudinal parallel in einer Epoxidharzmatrix ausgerichtet; im Fall der Cytec-Stifte handelt es sich um Glasfasern mit einem Volumenanteil von 63,25 Vol.-%, bei den DT-Stiften sind Quarzfasern eingelagert, die etwa 64 Gew.-% des gesamten Stiftes ausmachen. Die Cytec-Stifte sind zylindrokönisch, die DTSL-Stifte besitzen eine zweifache Konizität (Abb. 2). Letztere bildet im apikalen Stiftabschnitt eine Konizität von 2 % und im zervikalen Anteil eine Konizität von 6 %. Die zervikale Konizität nimmt bei den DT light SL-Stiften mit den angebotenen Stiftdurchmessern zu (Abb. 2).

Zu den angebotenen Stiften gehören universal einsetzbare Pilotbohrer (Kanalerweiterer) sowie jeweils zu den Stiftdurchmessern passende Kalibrierbohrer.

Für die Verankerung der Stifte wurden Kunststoffblöcke aus kaltpolymerisierendem Kunststoff auf Basis von Methylmethacrylat (Technovit 4004, Heraeus Kulzer, Hanau, Deutschland) hergestellt. In den Blöcken wurden künstliche Wurzelkanäle angelegt. Hierzu fand mittels eines Parallelfräsgerätes (Typ F1, Degussa, Frankfurt am Main, Deutschland) eine senkrechte Bohrung mit den Kalibrierbohrern bis zu einer Tiefe von 5,0 mm bzw. 7,5 mm statt. Die Kanalwandung wurde mit einem Diamantbohrer angeraut. Um ein Versagen der Verbundstelle künstlicher Wurzelkanal und Komposit zu verringern, wurden unter sich gehende Bereiche in den Kunststoffblöcken angelegt. Mit einem Rosenbohrer von 1,0 mm Durchmesser wurde eine horizontal durch das Kunststoffblöckchen gehende Bohrung 2,5 mm unterhalb des gedachten Limbus alveolares angebracht (Abb. 3). Die Befestigung der Stifte in den künstlichen Wurzelkanälen wurde mit den von Herstellerseite empfohlenen Kompositen vorgenommen (Tab. 1). Die Cytec-Stifte wurden, nach dem Entfetten der Kanäle und der

Stifte mit Alkohol, mit dem All-in-one Adhäsiv-System ED Primer (Kuraray, Osaka, Japan) beschickt. Panavia F (Kuraray, Osaka, Japan), das dazugehörige dualhärtende Befestigungskomposit auf Bis-GMA Basis wurde im Verhältnis 1:1 angemischt, anschließend in die Kanäle eingebracht und auf den Stiften verteilt. Es folgte das Einsetzen der Stifte in langsamer, pumpender Weise.

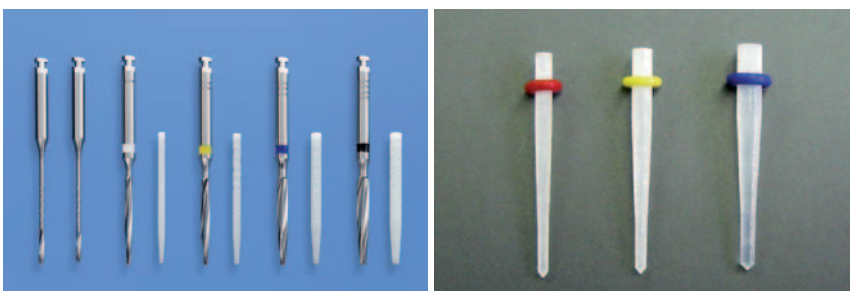


Abb. 1: Cytec blanco Wurzelstifte. – Abb. 2: DT light SL Wurzelstifte.

Glasfaserstift (Fabrikat)	Proben-abkürzung	Durchmesser koronal (mm)	Einsetztiefe	Befestigung
Cytec blanco, Hahnenkratt	Cytec 5	1,4 mm	5 mm	Panavia F, Kuraray
	Cytec 7,5	1,4 mm	7,5 mm	
DT light SL, VDW	DTS 7,5	1,5 mm	7,5 mm	Calibra, DENTSPLY

**Tab. 1:** Untersuchte Stiftsysteme.

Überschüsse wurden entfernt. Die Aushärtung erfolgte mit UV-Licht und unter Sauerstoffausschluss.

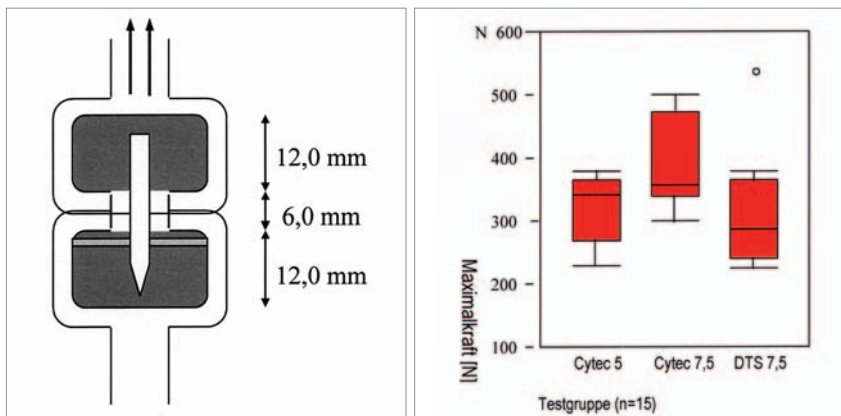
Die DTSL-Stifte und die dazugehörigen Kanäle wurden ebenfalls mit Alkohol entfettet. Calibra (DENTSPLY, Milford, USA), ein dualhärtendes Befestigungskomposit, wurde im Verhältnis 1:1 angemischt, in die Kanäle gegeben und auf den Stiften verteilt. Das Einsetzen der Stifte folgte in der gleichen Weise wie bei den Cytec-Stiften. 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, Deutschland) eingebettet werden konnte (Abb. 3). Die Proben wurden in der Prüfvorrichtung (Zwick/Roell, Ulm, Deutschland) bis zum vollständigen Kraftabfall auf Zug belastet. Die Prüfgeschwindigkeit betrug 1 mm/min. Anschließend erfolgte eine mikroskopische Analyse (Stereomikroskop DRC, ZEISS, Jena) der Stiftoberflächen und der Wandungen der artifiziellen Kanäle. 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 Cytec 5: 332 N, für das System Cytec 7,5: 367 N und für das System DTSL 5: 280,0 N (Tab. 3). Die höchsten Zugwerte wurden mit den 7,5 mm tief eingegliederten Cytec blanco-Stiften erreicht (Cytec 7,5:  $394,8 \pm 63,8$  mm). Niedrigste Werte wurden mit den DT light post SL-Stiften erzielt (DTSL 5:  $308,7 \pm 82,0$ ). Die Zuglastwerte unterscheiden sich alle signifikant voneinander (Tab. 4). Die grafische Darstellung der Werte ist in Abbildung 4 zu finden. Die mikroskopische Analyse zeigte ein Versagen innerhalb des Zementes. Die Stiftoberflächen und die aufgetrennten Wurzelkanäle wiesen Zementreste auf.

## Diskussion

Ziel der Untersuchung war es, den Einfluss von Oberflächenbeschaffenheit und Design von Glasfaserstiften auf deren Retention im Wurzelkanal sowie den Einfluss der Insertionstiefe zu prüfen. Um ein möglichst einheitliches



**Abb. 3:** Versuchsaufbau. – **Abb. 4:** Box-Plot-Diagramm der ermittelten Zugkräfte.

Größenangebot von Cytec blanco-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. 2a: Dimensionierung von Cytec Wurzelkanalstiften.

Größenangebot von DT light SL-Stiften					
Durchmesser	zervikal (mm)	1,25	1,5	1,8	2,2
	apikal (mm)	0,8	0,9	1,0	1,2

Tab. 2b: Dimensionierung von DT light SL Wurzelkanalstiften.

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.<sup>11</sup>

Cytec blanco und DT light SL sind Glasfaserstifte, die unterschiedliche Formen und eine unterschiedliche Oberflächenbeschaffenheit besitzen (Abb. 1 und 2).

Cytec blanco-Stifte verfügen über industriell gefertigte Retentionsrillen, die einerseits für eine Dekompression bei der Stifteingliederung und andererseits als Makroretentionen fungieren. Wirken abziehende Kräfte auf diese Stifte, muss im Bereich der Rillen erst eine Fraktur im Befestigungskomposit verursacht werden, um die Stiftverankerung zu lösen. Dem gegenüber steht die industriell vorkonditionierte Oberfläche der DT light SL-Stifte. Hier ist die Oberfläche durch den Hersteller zunächst silikatisiert und anschließend silanisiert worden. Geschützt wird diese Konditionierung durch eine Schicht aus vorwiegend Methylmethacrylat. Somit ist die Außenfläche zwar glatt, es soll aber zu einer Interdiffusion zwischen den Monomeren der Schutzschicht und den Monomeren des Befestigungskomposits und so zu einem innigen Verbund in der Grenzfläche kommen.<sup>7,13</sup>

Die Vorkonditionierung von Stiften wird in der Literatur kontrovers diskutiert und die genauen chemischen Interaktionen sind derzeit noch nicht ausreichend untersucht.<sup>5,9,15</sup> Die hier untersuchten Stiftsysteme weisen hochsignifikante Unterschiede bezüglich der ermittelten Zugkräfte auf (Cytec 7,5:  $394,8 \pm 63,8$  mm; DTSL 5:  $308,7 \pm 82$ ). Es ist zu vermuten, dass die mechanisch wirkenden Retentionen einen größeren Einfluss auf den Widerstand der Stifte gegen abziehende Kräfte haben als die chemischen Verbindungen. Dies könnte in der Praxis eine deutlich zuverlässigere Retention von Faserstiften bei einer Kombination aus adhäsiver Befestigung und vorgefertigten Makroretentionen am Stift bedeuten.

Für die Wahl der Stiftlänge gilt bei konventioneller Zementierung, dass der Stift mindestens so lang wie die spätere klinische Krone gewählt und ideal 2/3 der Wurzellänge betragen sollte;<sup>3,16</sup> wobei dies oft durch eine erforderliche Restwurzelfüllung von mind. 4 mm<sup>12</sup> eingeschränkt wird. Durch die adhäsive Befestigung der Stifte mit Kompositen werden ein besserer Dentinverbund

System	Median (N)	m (N)	$\sigma$ (N)	$x_{\min}$ (N)	$x_{\max}$ (N)
Cytec 5	332	315,67	53	228	379
Cytec 7,5	367	394,8	63,8	302	498
DTS 7,5	280	308,67	82	225	537

Tab. 3: Ermittelte Zuglastwerte.

System	Cytec 5	Cytec 7,5	DTSL 7,5
Cytec 5	–	signifikant	signifikant
Cytec 7,5	–	–	signifikant

\* Irrtumswahrscheinlichkeit  $p < 0,05$

Tab. 4: Ergebnisse der Signifikanzuntersuchung.

und eine gleichmäßigere Kraftübertragung auf den Zahn hervorgerufen,<sup>4</sup> sodass die Notwendigkeit einer tiefen Kanalaussschachtung zur Retentionsicherung der Faserstifte zur Diskussion steht.

In vorliegenden Untersuchungen wurden Cytec blanco Glasfaserstifte 5,0 mm und 7,5 mm tief in artifiziellen Wurzelkanälen befestigt. Die Zugversuche zeigen signifikante Unterschiede der Retentionswerte (Cytec 5:  $315,7 \pm 53,0$  mm; Cytec 7,5:  $394,8 \pm 63,8$  mm).

Dies erklärt sich einerseits in einer größeren Verbundfläche, andererseits sind bei den zylindrokonischen Stiften bei tiefer Insertion ein größerer Teil des zylindrischen Stiftanteils und insbesondere ein höherer Anteil an Abflussrillen in die Verankerung einbezogen. Die Bedeutung der Stiftlänge für die Verankerung des adhäsiv eingegliederten Stiftes ist mit Bezugnahme auch auf das Stiftdesign durch weitere Untersuchungen abzuklären.

## Schlussfolgerung

Der dauerhafte und sichere Verbund zwischen Wurzelkanalstift und Befestigungssystem trägt maßgeblich zum Erfolg der Rekonstruktion unter kaufunktioneller Belastung bei. Insbesondere bei der Versorgung von Pfeilerzähnen, auf die hohe Abzugkräfte durch die spätere prothetische Versorgung wirken, scheinen Stifte mit makroretentiven Oberflächen eine günstigere Verankerung und einen höheren Schutz gegen einen Verlust durch Debonding zu bieten. ■

*Eine Literaturliste kann in der Redaktion angefordert werden.*

## KONTAKT

### Dr. med. dent. Katrin Babenhauserheide

wissenschaftliche Mitarbeiterin

CharitéCampus Benjamin Franklin Universitätsmedizin Berlin Centrum 3 für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde,

Abteilung für Zahnärztliche Prothetik,

Alterszahnmedizin und Funktionslehre

Aßmannshäuserstr. 4–6, 14197 Berlin

Tel.: 030/4 50 56 27 45

E-Mail: katrin.babenhauserheide@charite.de