

M. Eisenburger¹, J. Riechers¹, L. Borchers¹, M. Stiesch¹

Belastbarkeit direkt hergestellter provisorischer Brücken mit Glasfaserverstärkung*

Mechanische Stabilität glasfaserverstärkter provisorischer Brücken



M. Eisenburger

Die Belastbarkeit direkt hergestellter provisorischer viergliedriger Brücken aus Protemp, Luxatemp und CronMix mit zwei Materialien zur Glasfaserverstärkung wurde untersucht. Aus jedem Kunststoff wurden mit einer Versorgungsabformung 30 Brücken hergestellt, von denen je zehn unverstärkt blieben und je zehn eine Faserverstärkung mit Stick bzw. everStick erhielten. Nach Thermowechselbelastung wurden die Brücken in einer Universalprüfmaschine bis zum Bruch belastet.

Die mittlere Bruchlast der unverstärkten Brücken variierte von 486 N bis 612 N. Bei Verstärkung mit Stick wurden 390 N bis 674 N, mit everStick 262 N bis 589 N ermittelt. Die Lage der Fasern im Brückenkörper beeinflusste die Belastbarkeit deutlich. Im Rasterelektronenmikroskop konnte ein guter Verbund von everStick zum Matrixkunststoff nachgewiesen werden. Stick dagegen wies einen unvollständigen Verbund zur Matrix auf.

Die Glasfaserverstärkung provisorischer Brücken aus Protemp, Luxatemp und CronMix mit Stick oder everStick kann bei direkter Herstellung mit einer Versorgungsabformung wegen der unvorhersehbaren Faserlage nicht empfohlen werden. Für eine Erhöhung der Belastbarkeit ist eine Anfertigung der Brücken im Dentallabor erforderlich, die eine Positionierung der Fasern auf der Zugseite gewährleistet.

Schlüsselwörter: Glasfaserverstärkung, provisorische Brücken, Belastbarkeit, Bruchversuch, direkte Provisorien

Fibre reinforcement of chair-side produced four-unit provisional composite bridges*

Mechanical stability of provisional bridges with fibre reinforcement

In the current study, the load-bearing capacity of four-unit provisional bridges, directly produced from the materials Protemp, Luxatemp or CronMix and reinforced with two different glass fibre systems, was investigated. Using a silicone template, 30 provisional bridges were made from each material, ten without reinforcement, ten each reinforced with Stick and with everStick. After thermocycling, load tests were performed in a universal testing machine.

Mean load-bearing capacity of bridges without fibre reinforcement varied from 486 N to 612 N. Reinforcement with Stick and everStick resulted in mean load-bearing capacities between 390 N and 674 N and between 262 N and 589 N, respectively. The position of fibres within the bridge was shown to be crucial for mechanical stability. A good adhesion of everStick to the pre-impregnation resin could be seen on SEM pictures. In contrast, Stick was poorly attached to the resin matrix.

Fibre reinforcement of direct provisional bridges made from Protemp, Luxatemp or CronMix cannot be recommended as fibre position is not controllable when a template is used. If needed, provisional bridges with increased load-bearing capacity should be produced in the dental laboratory whereby placing of the fibres at the tension side is ensured.

Keywords: fibre-reinforced composite, fixed provisional bridges, load-bearing capacity, load test, direct provisional restorations

¹ Klinik für Zahnärztliche Prothetik und Biomedizinische Werkstoffkunde, Medizinische Hochschule Hannover

* Modifizierte Version einer Publikation: Load-bearing capacity of direct four unit provisional composite bridges with fibre reinforcement. Journal of Oral Rehabilitation 2008

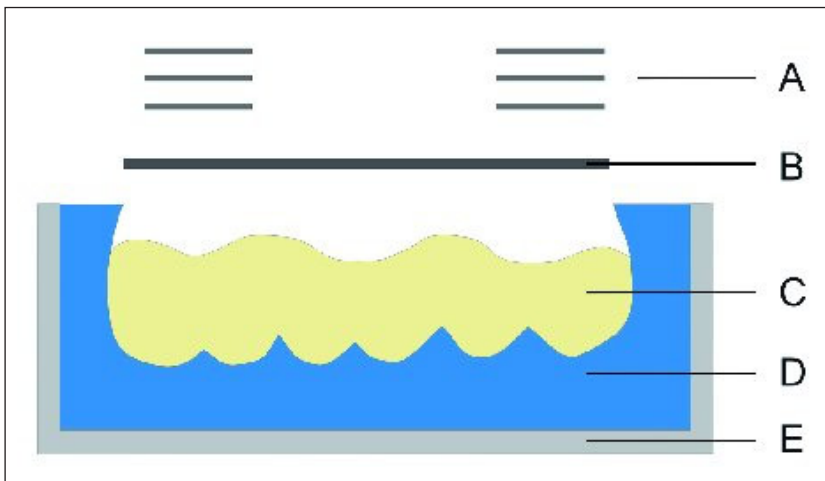


Abbildung 1 Explosionszeichnung der Materialanordnung in der Versorgungsabformung bei Faserverstärkung. A: Drei Schichten aus StickNet bzw. everStickNet; B: Zwei Faserbündel aus Stick bzw. StickNet; C: Provisorischer Kunststoff; D: Versorgungsabformung; E: Individueller Abformlöffel. (Abb. 1 u. 3: M. Eisenburger)

Figure 1 Exploded drawing of a composite bridge including fibre reinforcement. A: Three layers of StickNet or everStickNet; B: Two fibre bundles of Stick or everStick; C: Composite resin; D: Silicone impression; E: Individual impression tray.

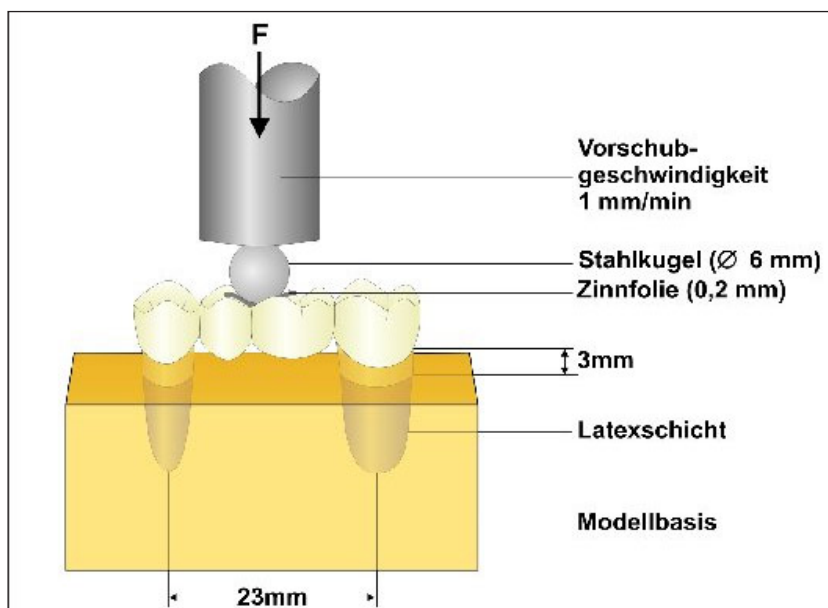


Abbildung 2 Auf dem Testmodell zementierte Brücke in der Universalprüfmaschine.

Figure 2 Bridge cemented on the abutment teeth and positioned in the universal testing machine for load test. (Abb. 2: K. Schulz, P. Schneemann)

1 Einleitung

Nach einer Zahnpräparation werden provisorische Kronen oder Brücken eingliedert, um die präparierte Zahnoberfläche vor biologischen, mechanischen und physikalischen Einflüssen zu schützen. Die Tragedauer der Provisorien kann von einigen Tagen bis zu mehreren

Wochen variieren. Insbesondere weit-spannige Brücken können bei längerer Tragedauer unter okklusaler Belastung frakturieren. Daher wurde in der Vergangenheit die Festigkeit der provisorischen Kunststoffe erhöht.

In den letzten Jahren wurde die Glasfaserverstärkung bei Wurzelstiften [2, 5], bei Totalprothesen [14, 20] oder

auch bei indirekt hergestellten provisorischen Brücken [4, 11, 19] angewandt. Dabei konnte eine Verbesserung der mechanischen Belastbarkeit und auch ein guter Verbund zwischen den Glasfasern und dem Kunststoff der provisorischen Brücke gezeigt werden [12, 19, 21]. Glasfasergerüste werden auch für den adhäsiven Ersatz fehlender Zähne im Front- oder Seitenzahnbereich eingesetzt [1, 7, 15].

Die meisten Veröffentlichungen zum Thema Faserverstärkung beschäftigen sich mit deren Anwendung bei laborgefertigten Brücken. Die Glasfasern werden aber auch zur Verstärkung von direkt hergestellten provisorischen Brücken aus autopolymerisierenden Kunststoffen angeboten, um hier die Frakturanfälligkeit zu verringern. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Positionierung der Fasern im Brückenkörper bei der direkten Technik komplizierter ist als bei der Anfertigung im Dental-labor. Die Lage der Glasfasern auf der Basalseite des Brückenzwischengliedes ist entscheidend für eine mechanische Verstärkung der Brücken, da nur die auf der Zugseite befindlichen Fasern bei der Belastung der Brücke Kraft aufnehmen können.

Das Ziel dieser Studie ist, die okklusale Belastbarkeit direkt hergestellter viergliedriger Brücken aus drei verschiedenen autopolymerisierenden Kunststoffen mit und ohne Glasfaserverstärkung zu untersuchen. Dabei sollen ein vorimprägniertes und ein vom Anwender zu imprägnierendes System zur Anwendung kommen. Beide Systeme bestehen aus Faserbündeln für den Brückenkörper und aus Fasernetzen zur Stabilisierung der Ankerkronen. Um die klinische Relevanz der Ergebnisse zu gewährleisten, erfolgt die Herstellung der provisorischen Brücken analog dem klinischen Vorgehen.

2 Material und Methode

Künstliche Übungszähne aus Kunststoff (Zähne 24 und 27, Frasco OK AG3, Franz Sachs und Co., Tettang, Deutschland) wurden für die Aufnahme einer viergliedrigen Brücke in einem Oberkiefermodell präpariert. Die Präparation erfolgte mit einer 1,0 mm breiten zirkulären Hohlkehle und einer okklusalen Reduktion von 1,5 mm. Die beiden Anker-

Faserverstärkung	Provisorischer Kunststoff
Ohne	Protemp 3 Garant Luxatemp Automix Plus CronMix K plus
Stick/StickNet	Protemp 3 Garant Luxatemp Automix Plus CronMix K plus
everStick/everStickNet	Protemp 3 Garant Luxatemp Automix Plus CronMix K plus

Tabelle 1 Kombinationen der provisorischen Kunststoffe und der Art der Faserverstärkung.

Table 1 Combinations of composite material and type of fibre reinforcement.

(Tab.1: M. Eisenburger)

zähne wurden jeweils neunfach in Polyurethan (PUR; AlphaDie Top, Schütz Labortechnik, Rosbach) doubliert. Um die natürliche Zahnbeweglichkeit durch das Parodontium zu simulieren, wurde eine Latexschicht (Erkosin, Erkodent, Pfalzgrafenweiler) mit einer Schichtstärke von 0,35 mm bis 0,55 mm auf die Wurzeln aufgetragen [8, 18].

Jeweils zwei doublierte Pfeilerzähne wurden anschließend in PUR-Sockel (45 mm x 25 mm x 20 mm) eingegossen, wobei ihre gegenseitige Lagebeziehung mit Hilfe einer Abformung des Ausgangsmodells sichergestellt wurde. Die PUR-Modelle wurden später wiederholt für die Bruchversuche verwendet. Ein weiteres Modell wurde hergestellt, um darauf eine Brücke aus Phantommetall (Phantommetall NF, Degudent, Düsseldorf) anzufertigen. Von dieser Brücke wurden mit einem individuellen Löffel die später benötigten Versorgungsabformungen aus Silikon (Silagum, DMG, Hamburg) genommen.

Aus den autopolymerisierenden provisorischen Bis-GMA-Kompositen Protemp 3 Garant (3M Espe Dental, Seefeld), Luxatemp Automix Plus (DMG, Hamburg) und CronMix K plus (Merz, Lütjenburg) wurden insgesamt neun Gruppen mit je zehn provisorischen Brücken nach der direkten Technik hergestellt. Dabei wurde aus jedem Material eine Kontrollgruppe ohne Faserverstärkung und je eine Testgruppe mit Glasfaserverstärkung durch Stick/StickNet bzw. everStick/everStickNet (StickTech Ltd, Turku, Finnland) angefertigt (Tab. 1).

Bei der Herstellung der Brücken der Kontrollgruppe wurde der Kunststoff in

die Versorgungsabformung eingefüllt und diese auf das Polyurethanmodell gesetzt. Gemäß den Herstellerangaben wurde die Aushärtung des Kunststoffes abgewartet und danach die Versorgungsabformung vom Modell entfernt. Abschließend wurde die Brücke mit rotierenden Instrumenten ausgearbeitet und poliert (tool kit set, Heraeus Kulzer, Hanau).

Die Anfertigung der Brücken mit Faserverstärkung wurde nach dem gleichen Prinzip durchgeführt. Die Verarbeitung der Glasfasern erfolgte nach Herstellerangaben. Bei den Brücken mit einer Verstärkung durch everStick/everStickNet wurden zwei 30 mm lange Faserbündel aus everStick auf dem in die Versorgungsabformung eingebrachten Kunststoff plaziert, so dass sie vom Zahn 24 bis zum Zahn 27 über die gesamte Länge der Brücke einschließlich der Ankerkronen verliefen. Danach wurden an den Zähnen 24 und 27 je drei Schichten des Fasernetzes everStickNet mit einer Größe von 18 mm x 18 mm an die Faserbündel adaptiert (Abb. 1). Die Fasernetze waren untereinander im Winkel von je 30 °C verdreht. Anschließend wurde die Versorgungsabformung auf das Modell aufgesetzt. Nach der Aushärtung des provisorischen Kunststoffes wurde die Versorgungsabformung vom Modell abgenommen. Beide Ankerkronen und jedes Brückenglied wurden für 40 s lichtgehärtet. Anschließend wurde die Brücke wie oben beschrieben ausgearbeitet.

Für die Herstellung der mit Stick/StickNet verstärkten Brücken wurden

die Glasfasern mit StickResin (StickTech Ltd, Turku, Finnland) nach Herstellerangaben imprägniert. Dazu wurden die Stick-Fasern für vier Minuten in drei Tropfen StickResin getränkt. Bei den Fasernetzen betrug die Einwirkzeit zehn Minuten. Die übrigen Schritte bei der Anfertigung der Brücken verliefen wie oben beschrieben.

Alle Brücken wurden 10000 Temperaturwechseln zwischen 5 °C und 55 °C in Wasser bei einer Eintauchdauer von jeweils 30 s unterzogen. Anschließend wurden die Brücken an der Luft für 12 h getrocknet. Die Ankerzähne in den Polyurethanmodellen wurden mit Aluminiumoxid mit 110 µm Partikelgröße für 10 s bei einem Strahldruck von 2 bar abgestrahlt. Danach wurden alle Brücken mit einem provisorischen Befestigungszement (Temp Bond, Kerr, Bioggio, Schweiz) auf die PUR-Modelle zementiert.

Nach einer Aushärtungszeit von 60 Minuten wurden die Brücken in einer Universalprüfmaschine (Type 20K, UTS Testsysteme, Ulm, Deutschland) einem Bruchversuch unterzogen. Die okklusale Belastung erfolgte durch eine auf einer 0,2 mm dicken Zinnfolie im Bereich der mesialen Fissur des Zahnes 26 positionierte Stahlkugel mit einem Durchmesser von 6 mm (Abb. 2). Für die Bruchversuche wurde eine Vorschubgeschwindigkeit der Traverse von 1 mm/min verwendet. Als Bruchereignis wurde ein Lastabfall von mehr als 10 N definiert.

Für eine mikroskopische Untersuchung wurden alle Brücken interdental zwischen den Zähnen 25 und 26 mit einer wassergekühlten Innenlochsäge (Microslice 2, Metals Research Ltd., Royston, UK) getrennt. Die Schnittflächen der distalen Brückenhälften wurden auf einer Poliermaschine (DAP-7, Struers, Kopenhagen, Dänemark) mit SiC-Papier der Körnung 800 und 1200 und anschließend mit Diamantpolierpaste mit 1 µm Partikelgröße poliert. Nach einer Säuberung der Probekörper im Ultraschallbad für eine Minute wurden die Schnittflächen im Auflichtmikroskop untersucht. Dabei wurden sie anhand der Lage der Fasern innerhalb des Brückenkörpers in zwei Gruppe eingeteilt: Lage der Glasfasern auf der Zugseite oder mittige bzw. okklusale Faserlage. Eine weitergehend differenzierte Aufteilung der Faserlage wurde nicht

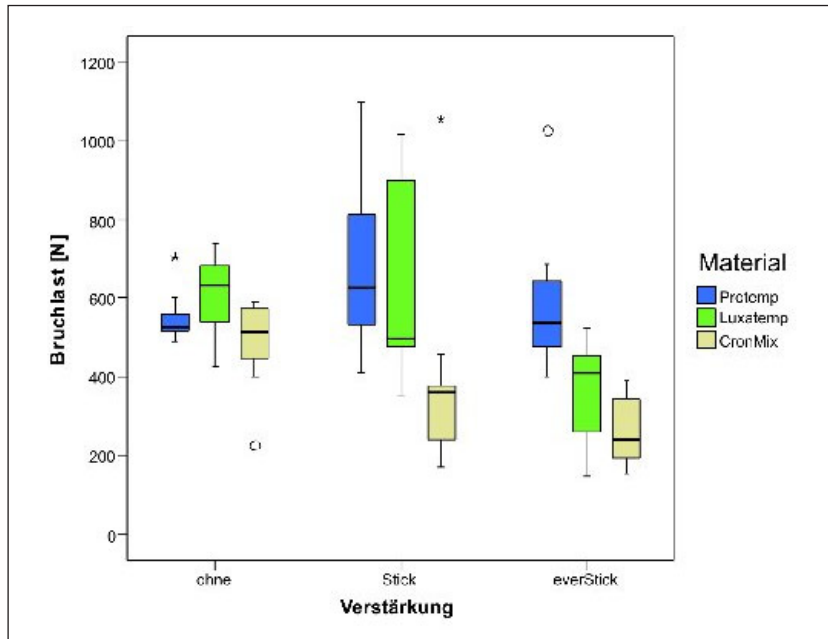


Abbildung 3 Bruchlast für Brücken aus Prottemp, Luxatemp und CronMix ohne Glasfaserverstärkung und mit Verstärkung durch Stick oder everStick.

Figure 3 Force at fracture for bridges consisting of Prottemp, Luxatemp and CronMix without fibre reinforcement and with Stick and everStick fibres.

vorgenommen, da dies zu sehr kleinen Gruppengrößen geführt hätte.

Aus jeder Gruppe wurden je drei Probestkörper für eine elektronenmikroskopische Untersuchung ausgewählt und mit einer Gold-Palladiumlegierung beschichtet. Bei 30-facher Vergrößerung wurden zunächst Übersichtsaufnahmen erstellt. Um die Verbindung der Glasfasern zum Matrixkunststoff und zum autopolymerisierenden provisorischen Kunststoff darzustellen, wurden Ausschnitte bei 200-facher Vergrößerung aufgenommen.

Zudem wurden aus jedem provisorischen Kunststoff in Kombination mit beiden Glasfasermaterialien je drei weitere Brücken wie zuvor beschrieben hergestellt. Die Brücken wurden keinem Bruchversuch unterzogen, sondern gleich getrennt und mikroskopisch untersucht.

Statistik

Die Normalverteilung der Daten wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test überprüft. Da jeweils Normalverteilung gegeben war, wurden zur weiteren Analyse parametrische Tests verwendet. Der Einfluss der Herstellungsart auf die Belastbarkeit wurde jeweils mit einer univariaten Varianzanalyse, der Einfluss der

Faserlage mit dem t-Test untersucht. Für Post-hoc-Vergleiche wurde der Tukey-Test benutzt. Das Signifikanzniveau war jeweils zu $p = 0,05$ festgesetzt.

3 Ergebnisse

Bei den unverstärkten Brücken aus Prottemp betrug die mittlere Bruchlast 550,5 N ($\pm 61,9$ N). Bei den Brücken aus Luxatemp wurden 612,1 N ($\pm 99,9$ N) und bei den Brücken aus CronMix 485,5 N ($\pm 110,9$ N) ermittelt. Die Faserverstärkung mit Stick/StickNet führte bei Prottemp mit 673,9 N ($\pm 210,0$ N) und bei Luxatemp mit 630,3 N ($\pm 238,8$ N) zu einer Erhöhung der mittleren Belastbarkeit. Bei den Brücken aus CronMix verringerte sich die mittlere Bruchlast auf 389,5 N ($\pm 249,2$ N). Die Einlagerung von everStick/everStickNet führte bei Prottemp zu einer geringen Vergrößerung der mittleren Bruchlast auf 588,8 N ($\pm 176,2$ N) im Vergleich zu den unverstärkten Brücken. Bei den Brücken aus Luxatemp und aus CronMix verringerte sich die mittlere Belastbarkeit auf 367,3 N ($\pm 119,2$ N) bzw. 261,6 N ($\pm 89,2$ N) (Abb. 3).

Die univariate Varianzanalyse zeigte beim Vergleich der mittleren Bruchlast

der drei Gruppen ohne Faserverstärkung statistisch signifikante Unterschiede ($p = 0,019$). Die Post-hoc-Tests zeigten, dass sich die Brücken aus Luxatemp signifikant von den Brücken aus CronMix unterschieden ($p = 0,014$). Zwischen den Brücken aus Prottemp ohne Faserverstärkung und den mit Stick oder everStick verstärkten Brücken konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden ($p = 0,237$). Bei Luxatemp zeigte sich, dass die Brücken mit einem Gerüst aus everStick-Fasern eine signifikant geringere Belastbarkeit hatten als die Brücken mit einem Gerüst aus Stick ($p = 0,004$) oder ohne Faserverstärkung ($p = 0,007$). Bei CronMix wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den Brücken mit everStick-Fasern und den unverstärkten Brücken nachgewiesen ($p = 0,015$).

Die mikroskopische Untersuchung zeigte, dass die Stick-Fasern bei fünf von zehn Brücken aus Prottemp auf der Zugseite am Brückenzwischenstück lagen, also auf der Basalseite. Bei den restlichen fünf Brücken verliefen die Fasern in der Mitte des Zwischenstückes oder in der Nähe der Okklusalfäche. Die everStick-Fasern lagen bei vier Brücken auf der Zugseite. Bei den Brücken aus Luxatemp befanden sich die Stick-Fasern in vier Fällen auf der Zugseite. Nur bei einer Brücke aus CronMix lag die Verstärkung mit Stick auf der Zugseite. Alle everStick-Fasern befanden sich bei den Brücken aus Luxatemp und aus CronMix in der Mitte des Brückenzwischenstückes oder in der Nähe der Okklusalfäche.

Nach dem Bruchversuch wiesen alle Brücken multiple vertikale Frakturlinien im Bereich der Brückenzwischenstücke, der interdentalen Konjektoren oder der Kronenwandungen auf. Die einzelnen Anteile wurden bei den verstärkten Brücken durch die Fasern zusammengehalten. Alle unverstärkten Brücken mit Ausnahme einer Brücke aus Luxatemp waren interdental zwischen den Brückengliedern 25 und 26 komplett zerbrochen. Bei Luxatemp und CronMix war die Belastbarkeit signifikant höher, wenn sich die Stick-Fasern auf der Zugseite befanden ($p < 0,001$). Die Faserlage hatte keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die Bruchlast bei Prottemp-Brücken mit Verstärkung durch Stick ($p = 0,121$) oder everStick ($p = 0,248$).

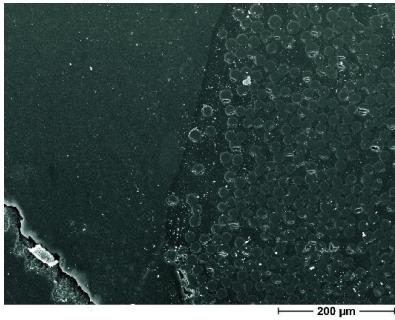


Abbildung 4 Die elektronenmikroskopische Aufnahme zeigt einen guten Verbund zwischen everStick-Fasern und dem Matrixkunststoff sowie dem provisorischen Kunststoff bei einer Brücke aus CronMix.

Figure 4 SEM picture showing good adhesion of everStick glass fibres to the pre-impregnation polymer and the surrounding composite material (bridge made from CronMix).

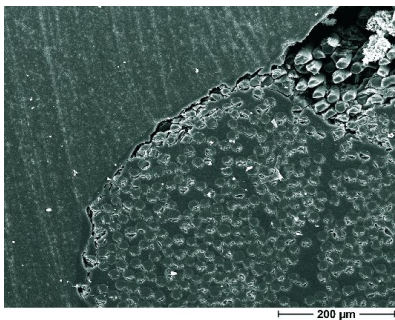


Abbildung 6 Typischer Verlauf der Frakturlinien zwischen den Faserbündeln und dem Kunststoff in einer mit everStick-Fasern verstärkten Brücke aus CronMix.

Figure 6 SEM picture showing typical localization of fracture lines separating the fibre bundles from the composite resin (CronMix reinforced with everStick fibres).

Für die everStick-Fasern konnte im Rasterelektronenmikroskop ein guter Verbund zwischen den Glasfasern und dem Matrixkunststoff sowie zwischen dem Matrixkunststoff und allen drei Kompositmaterialien nachgewiesen werden (Abb. 4). Bei einer Verstärkung mit Stick zeigten sich dagegen Hohlräume zwischen den Fasern sowie ein un-

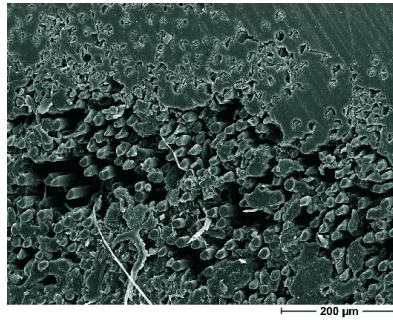


Abbildung 5 Die elektronenmikroskopische Aufnahme zeigt einen unvollständigen Verbund zwischen den Stick-Fasern und dem Matrixkunststoff bei einer Brücke aus Luxatemp.

Figure 5 SEM picture showing incomplete adhesion between glass fibres and the impregnation polymer for reinforcement with Stick (bridge made from Luxatemp).

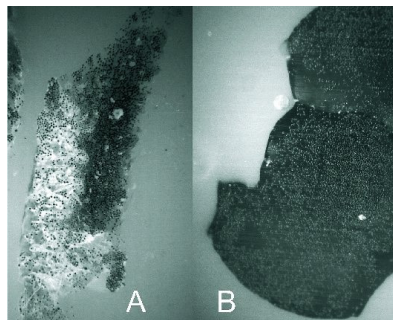


Abbildung 7 Schnittflächen der unbelasteten Kontrollbrücken (40-fache Vergrößerung). Die Bündel aus Stick-Fasern (A) weisen Hohlräume auf (Brücke aus Protemp). Bei everStick (B) ist ein guter Verbund der Fasern untereinander und zum provisorischen Kunststoff erkennbar (Brücke aus Luxatemp).

Figure 7 Microscopic picture showing fibres in the control bridges which were not subjected to the load test (40 fold magnification). A: Pores in Stick fibre bundles in a bridge made from Protemp. B: Good adhesion of everStick fibres to matrix resin and composite.

vollständiger Verbund zwischen Fasern und Matrix (Abb. 5). Bei allen Gruppen verliefen die Frakturlinien am Übergang zwischen den Faserbündeln und dem Polymer. Dadurch wurden die Fasern vom Komposit und teilweise auch vom Matrixkunststoff getrennt (Abb. 6). Auch bei den unbelasteten Brücken wurde ein guter Verbund der everStick-Fa-

sern sowohl zum Matrixkunststoff als auch zum provisorischen Kunststoff gefunden. Zwischen den Stick-Fasern fanden sich dagegen zahlreiche Hohlräume (Abb. 7).

4 Diskussion

In der Literatur wurde eine Vergrößerung der Belastbarkeit von indirekt im zahnmedizinischen Labor hergestellten glasfaserverstärkten Kunststoffbrücken nachgewiesen [14, 17, 19]. Dabei kommt der Lage der Fasern innerhalb der Brücke eine besondere Bedeutung für die Stabilisierung durch das Fasergestüt zu [9, 16]. Da die Glasfasern eine mechanische Belastung nur dann aufnehmen können, wenn sie auf Zug belastet werden, ist es entscheidend, dass sich die Fasern auf der Basalseite des Brückenzwischenstückes befinden. Eine Anfertigung der Brücken nach der indirekten Technik mit schichtweisem Aufbau des Kompositmaterials ermöglicht eine genaue Positionierung der Faserlage innerhalb der Brücke. So konnten Stiesch-Scholz et al. [19] eine bis zu fünffache Erhöhung der Belastbarkeit provisorischer Brücken mit einer Verstärkung durch everStick im Vergleich zu unverstärkten Brücken zeigen. Auch andere Arbeitsgruppen beobachteten eine Vergrößerung der mechanischen Belastbarkeit an standardisiert hergestellten faserverstärkten Probekörpern [3, 10, 13]. Auch Kim und Watt [13] berichteten von einer um den Faktor 4,4 bis 5,5 größeren Belastbarkeit.

In der vorliegenden Studie wurden die Bruchversuche wie in der Literatur beschrieben an trockenen Brücken durchgeführt [19]. Dadurch können höhere Werte für die Belastbarkeit der Brücken gemessen worden sein, als wenn die Versuche in wässrigem Medium durchgeführt worden wären. Da die Versuchsbedingungen innerhalb dieser Studie einheitlich waren, ist eine Vergleichbarkeit der Werte zwischen den einzelnen Gruppen gegeben. Zudem ermöglicht dieses Vorgehen einen Vergleich mit den Ergebnissen einer anderen Untersuchung, bei der mit dem gleichen Versuchsaufbau indirekt hergestellte Brücken getestet wurden. In jener Untersuchung wurde eine Belastbarkeit für faserverstärkte Brücken aus drei lichterhärtenden Kompositen zwi-

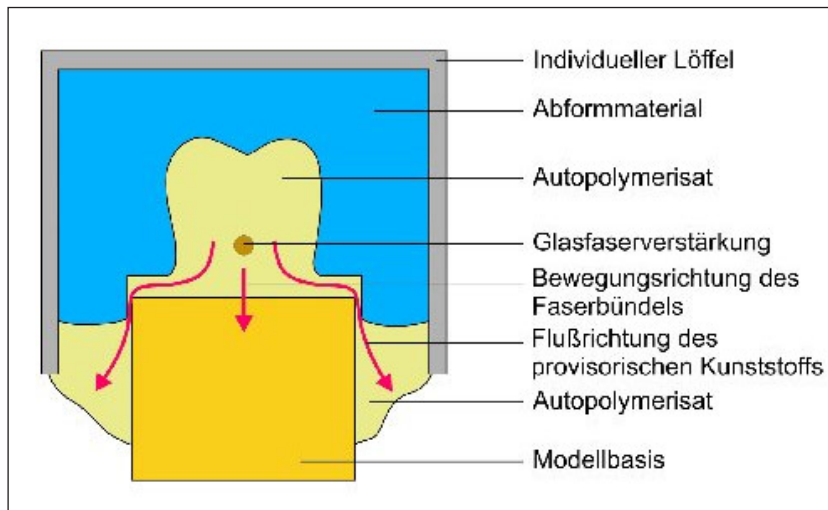


Abbildung 8 Erklärung für die Verlagerung der biegsamen Stick-Fasern auf die gingivale Seite des Brückenwischengliedes bei der Anfertigung von Provisorien mit einer Versorgungsabformung. Die Fasern in der Mitte des Brückenwischengliedes werden durch den aus der Gegend der Pfeilerzähne herausgepressten Kunststoff beim Aufsetzen der Versorgungsabformung nach unten verlagert.

Figure 8 Possible mechanism of transferring flexible Stick fibres to the gingival side of the pontic during direct bridge production. The fibre bundle in the middle of the pontic is pressed downwards by the composite material flowing out of the area of the abutment teeth when the template is seated onto the model. (Abb. 4-8: J. Riechers)

schen 615 N und 1137 N gemessen [19]. Diese höhere Belastbarkeit kann durch die präzise definierte Lage der Glasfasern auf der Zugseite der Brückenwischenglieder erklärt werden, die durch die Laborfertigung ermöglicht wird.

In dieser Untersuchung wurden die Brücken nach der direkten Technik so hergestellt, dass das klinische Vorgehen bei der Anfertigung der Provisorien mit Hilfe einer Versorgungsabformung simuliert wurde. Da bei der direkten Technik die Faserlage nicht beeinflusst werden kann, hängt sie im Wesentlichen vom Fließverhalten des Kunststoffes beim Aufsetzen der Versorgungsabformung ab. Daher wurden die Fasern bei der Untersuchung der Schnittflächen sowohl im Bereich der Okklusalfäche als auch in der Mitte des Brückenwischengliedes und an der Basalfäche vorgefunden. In Abhängigkeit davon ist die Folge eine Stabilisierung einiger Brücken mit Erhöhung der Tragfähigkeit oder aber eine Verringerung der mechanischen Stabilität, wie sie bei den Brücken aus CronMix eintrat. Da in der Mitte des Brückenkörpers und im okklusalen Bereich vornehmlich Druckspannungen herrschen und der Verstär-

kungsmechanismus der Fasern durch Übernahme von Zugspannungen nicht wirken kann, führt die Anwesenheit der Fasern hier lediglich zu einer Reduzierung des tragenden Kompositquerchnitts und somit zu einer Schwächung der Brücke.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Faserverstärkung für Protemp bei der Herstellung der Brücken nach der direkten Technik nicht signifikant vorteilhaft ist. Dennoch zeigt sich die Tendenz einer vergrößerten Belastbarkeit bei einer Verstärkung mit Stickfasern. Der gleiche positive Effekt für Stick zeigte sich auch zusammen mit Luxatemp. Im Gegensatz dazu verringerten die everStick-Fasern die mechanische Stabilität der Luxatemp-Brücken. Bei CronMix führten beide Faserarten zu einer Schwächung der Brücken. Positiv fiel bei den faserverstärkten Brücken auf, dass Bruchstücke nach dem Bruchversuch nicht auseinanderfielen. Die Ankerkronen waren weiterhin auf den Zähnen zementiert und beide Anteile der frakturierten Brücke wurden durch die Fasern zusammengehalten. Im Gegensatz dazu waren alle unverstärkten Brücken komplett in zwei Teile zerbrochen.

Es ist denkbar, dass in der vorliegenden Untersuchung die Lage der Fasern innerhalb der Brücke durch die Viskosität des Komposits und durch die Flexibilität der Faserbündel beeinflusst wurde. Nach dem Imprägnieren waren die Stick-Fasern weicher und flexibler als die vorimprägnierten everStick-Fasern. Daher ist es möglich, dass die steiferen everStick-Fasern in der Mitte des Brückenkörpers oder in der Nähe der Okklusalfäche zu liegen kamen. Der beim Aufsetzen der Versorgungsabformung im Überschuss ausgepresste Kunststoff kann die flexiblen Stick-Faserbündel durchgebogen und so auf die Zugseite der Brücke verlagert haben (Abb. 8).


Die in den elektronenmikroskopischen Aufnahmen gezeigten Hohlräume zwischen den Stick-Fasern wurden in ähnlicher Weise auch von *Chai et al.* [6] beschrieben. Dennoch führten die Stick-Fasern zu einer Verbesserung der mechanischen Belastbarkeit der Brücken aus Luxatemp und CronMix, wenn sie auf der Zugseite lagen. Da auch bei den unbelasteten Kontrollgruppen Hohlräume zwischen den Stick-Fasern zu sehen waren (Abb. 7), kann ausgeschlossen werden, dass die Fasern als Folge der Durchbiegung beim Bruchversuch voneinander getrennt wurden. Es kann statt dessen angenommen werden, dass die Hohlräume auf den Vorgang des Imprägnierens der Stick-Fasern mit StickResin bei der Brückenherstellung zurückzuführen sind. Daraus kann abgeleitet werden, dass die vorimprägnierten everStick-Fasern hinsichtlich der Faserqualität den vom Anwender zu imprägnierenden Stick-Fasern überlegen sind.

5 Schlussfolgerung

Die Anwendung einer Faserverstärkung durch Stick oder everStick für direkt hergestellte provisorische Brücken aus Protemp, Luxatemp und CronMix kann nicht prinzipiell empfohlen werden, da die Lage der Fasern bei der Herstellung mit Hilfe einer Versorgungsabformung nicht beeinflusst werden kann. Wenn provisorische Brücken mit einer erhöhten Belastbarkeit erforderlich sind, sollten laborgefertigte Brücken mit einer Glasfaserverstärkung bevorzugt werden.

Im Rahmen der Studie konnte gezeigt werden, dass Stick-Fasern geeignet sind, die mechanische Stabilität von Brücken aus Prottemp und Luxatemp zu erhöhen, sofern sie sich auf der Zugseite des Brückenzwischenstückes befinden. Die Faserlage innerhalb der Brücke scheint wichtiger zu sein als der Verbund der Fasern zum Kunststoff.

Danksagung

Die Studie wurde freundlicherweise von den Firmen StickTech, 3M Espe Dental DMG und Merz unterstützt. Die Autoren danken zudem Frau *Bergmann* aus der Klinik für Zahnerhaltungskunde, Parodontologie und präventive Zahnheilkunde der Medizinischen Hochschule Hannover für die Anfertigung der elektronenmikroskopischen Aufnahmen. 

Korrespondenzadresse:

PD Dr. Michael Eisenburger PhD
Medizinische Hochschule Hannover
Klinik für Zahnärztliche Prothetik und
Biomedizinische Werkstoffkunde
Carl-Neuberg-Straße 1
30625 Hannover
Tel.: 05 11 / 5 32 47 69
Fax: 05 11 / 5 32 47 90
E-Mail: Eisenburger.Michael@
mh-hannover.de

Literatur

- Artega S, Meiers JC: Technique for placement of a posterior prefabricated fiber-reinforced composite bridge. *Gen Dent* 54, 393 (2006)
- Bateman G, Ricketts DN, Saunders WP: Fibre-based post systems: a review. *Br Dent J* 195, 43 (2003)
- Behr M, Rosentritt M, Lang R, Handel G: Flexural properties of fiber reinforced composite using a vacuum/pressure or a manual adaptation manufacturing process. *J Dent* 28, 509 (2000)
- Behr M, Rosentritt M, Leibrock A, Schneider-Feyrer S, Handel G: In-vitro study of fracture strength and marginal adaptation of fibre-reinforced adhesive fixed partial inlay dentures. *J Dent* 27, 163 (1999)
- Boschian Pest L, Guidotti S, Pietrabissa R, Gagliani M: Stress distribution in a post-restored tooth using the three-dimensional finite element method. *J Oral Rehabil* 33, 690 (2006)
- Chai J, Takahashi Y, Hisama K, Shimizu H: Water sorption and dimensional stability of three glass fiber-reinforced composites. *Int J Prosthodont* 17, 195 (2004)
- Chan DC, Giannini M, De Goes MF: Provisional anterior tooth replacement using nonimpregnated fiber and fiber-reinforced composite resin materials: a clinical report. *J Prosthet Dent* 95, 344 (2006)
- Dietrichs G, Kiel V, Svoboda R: Vergleichende Festigkeitsprüfung laborgefertigter Brückenprovisorien aus Kunststoff (Comparison of fracture strength of temporary resin bridges). *Dtsch Zahnärztl Z* 51, 661 (1996)
- Dyer SR, Lassila LV, Jokinen M, Vallittu PK: Effect of fiber position and orientation on fracture load of fiber-reinforced composite. *Dent Mater* 20, 947 (2004)
- Ellakwa AE, Shortall AC, Marquis PM: Influence of fiber type and wetting agent on the flexural properties of an indirect fiber reinforced composite. *J Prosthet Dent* 88, 485 (2002)
- Jokstad A, Gokce M, Hjortsjo C: A systematic review of the scientific documentation of fixed partial dentures made from fiber-reinforced polymer to replace missing teeth. *Int J Prosthodont* 18, 489 (2005)
- Kangasniemi I, Vallittu P, Meiers J, Dyer SR, Rosentritt M: Consensus statement on fiber-reinforced polymers: current status, future directions, and how they can be used to enhance dental care. *Int J Prosthodont* 16, 209 (2003)
- Kim SH, Watts DC: Effect of glass-fiber reinforcement and water storage on fracture toughness (KIC) of polymer-based provisional crown and FPD materials. *Int J Prosthodont* 17, 318 (2004)
- Kim SH, Watts DC: The effect of reinforcement with woven E-glass fibers on the impact strength of complete dentures fabricated with high-impact acrylic resin. *J Prosthet Dent* 91, 274 (2004)
- Meiers JC, Freilich MA: Design and use of a prefabricated fiber-reinforced composite substructure for the chairside replacement of missing premolars. *Quintessence Int* 37, 449 (2006)
- Nohrstrom TJ, Vallittu PK, Yli-Urpo A: The effect of placement and quantity of glass fibers on the fracture resistance of interim fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 13, 72 (2000)
- Pfeiffer P, Grube L: In vitro resistance of reinforced interim fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 89, 170 (2003)
- Scharnagl P, Behr M, Rosentritt M, Leibrock A, Handel G: Simulation of physiological tooth mobility in In-Vitro stress examination of dental restorations in the masticator. *J Dent Res* 77, Abst 431 (1998)
- Stiesch-Scholz M, Schulz K, Borchers L: In vitro fracture resistance of four-unit fiber-reinforced composite fixed partial dentures. *Dent Mater* 22, 374 (2006)
- Tacir IH, Kama JD, Zortuk M, Eskimez S: Flexural properties of glass fibre reinforced acrylic resin polymers. *Aust Dent J* 51, 52 (2006)
- Vallittu PK: Flexural properties of acrylic resin polymers reinforced with unidirectional and woven glass fibers. *J Prosthet Dent* 81, 318 (1999)