

Wissenschaftliche Information

# **Physikalische Parameter zur Randintegrität und Stabilität von OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill**

## Physikalische Parameter zur Randintegrität von OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill

**Im Gegensatz zu Amalgam und Glasionomerezementen schrumpfen alle Composites während der Aushärtungsreaktion. Dies ist einer der Gründe, warum es zwingend erforderlich ist, Composites adhäsiv an die Zahnhartsubstanz zu binden. Nur durch eine starke und intakte Befestigung kann die Entstehung von Randspalten verhindert werden, die langfristig zur Entstehung von Sekundärkaries führen könnte. Um der Entstehung von Randspalten auch langfristig entgegenzuwirken, müssen in der Entwicklung von Füllungsmaterialien auf Composite-Basis alle Faktoren bedacht werden, welche zu Zug-, Druck- oder Scherkräften auf den Adhäsivverbund beitragen. In der Vergangenheit wurde dies vor allem an einem Wert festgemacht: der Volumenschrumpfung. Der Theorie nach übt ein Composite dann geringen Stress auf die Kavitätenwand aus, wenn der Grad der Schrumpfung gering ist. Dieser Ansatz allein ist allerdings zu kurz gesprungen, da auch andere Faktoren Einfluss auf den Stress nehmen. Diese werden nachfolgend ausführlich dargestellt.**

### Schrumpfung

Die Ursache der Schrumpfung liegt in der Ausbildung des dreidimensionalen Polymernetzwerkes während der Polymerisation. Hierbei trägt lediglich der Harzanteil eines Composites zur Schrumpfung bei. Moderne Multi-Hybrid Composites bieten hier einen großen Vorteil: Die Verwendung von speziell entwickelten Multi-Hybrid Füllstoffen ermöglicht es, Composites mit höheren Füllstoffgehalten zu entwickeln. Bei Mikrohybrid-Composites setzt die zunehmende Viskosität bei höheren Füllstoffgehalten einen Grenzwert von ca. 80 Gew.-%. Wird bei einem Mikrohybrid der Füllstoffgehalt weiter erhöht, so wird das Material für die Verarbeitung zu fest. Bei Verwendung von speziellen Multi-Hybrid Füllstoffen ist dies anders, denn diese Füllstoffe verhalten sich in einer Matrix bis zu einem gewissen Anteil wie eine Flüssigkeit. Ein Gehalt von 50-60 Gew.-% isolierter Multi-Hybrid Füllstoffe beeinflusst die Konsistenz des Materials nicht maßgeblich. In OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill konnte durch die Verwendung speziell entwickelter Multi-Hybrid Füllstoffe ein Gesamtfüllstoffgehalt von 86% erreicht werden. Dieser Füllstoffgehalt bedeutet in einer umgekehrten Betrachtungsweise, dass sich lediglich 12% Harz im Composite befinden (ca. 1% Photokatalysator, Stabilisatoren und Pigmente). Nur 12% des Materials schrumpfen damit während der Aushärtungsreaktion, was im Vergleich gerade gegenüber Mikrohybriden zu einer deutlich reduzierten Volumenschrumpfung führt.

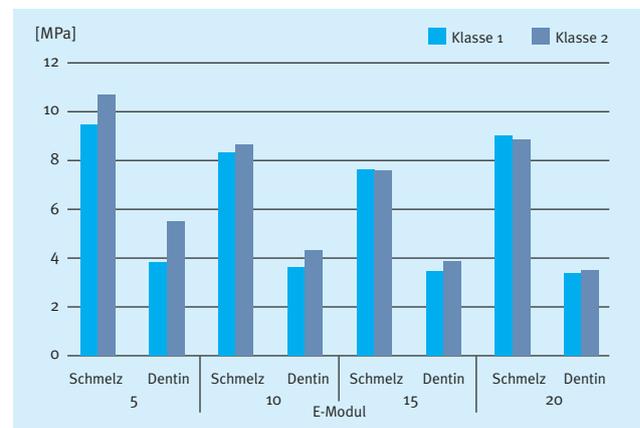
### Schrumpfstress

Die Relevanz der Volumenschrumpfung ist in jüngerer Zeit durch die Diskussion des Schrumpfstresses erweitert worden. Wie oben beschrieben, ist die Schrumpfung ein Wert, der in Volumenprozent angegeben wird. In der klinischen Realität ist eine reine Volumenschrumpfung an gebondeten Oberflächen aber nicht möglich, so dass hier durch die Schrump-

fung eine Zugkraft auf das Bondingmaterial entsteht. Diese Zugkraft wird auch als Schrumpfstress bezeichnet. Die Messmethoden für die Größe dieser Zugkraft unterscheiden sich stark. Es wurden sowohl optische als auch mechanische, statische als auch dynamische Verfahren entwickelt. Allen Verfahren gemein ist die Vermessung von sehr großen Inkrementen. In vielen Messungen werden Prüfkörper in Größen angefertigt, die nicht dem Volumen der Composites bei der Applikation in der Schichttechnik entsprechen. Zudem werden in diesen Testverfahren stets gegenüberliegende Kavitätenwände mit einem Inkrement verbunden, eine Vorgehensweise die durch die Schichttechnik gerade zu verhindern versucht wird. Nichtsdestotrotz ist ein Blick auf diese Messwerte nützlich, da sie zumindest einen Vergleich diverser Materialien zulässt, auch wenn die Größe der gemessenen Schrumpfkraft höher ist als in der klinischen Realität. Im Bereich Schrumpfstress zeigt OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill zwar die geringsten Werte der untersuchten Materialien, entscheidend ist gerade in diesem Kapitel jedoch nicht die einzelne Disziplin. Ein Fazit kann erst nach Betrachtung aller Parameter gegeben werden.

### Elastizitätsmodul

Der Schrumpfstress stellt eine statische Belastung für die Adhäsivschicht dar. Ein Bonding-System unterliegt aber nicht nur dieser statischen Belastung, auch dynamische Belastungen treten täglich auf. Die wichtigste dynamische Belastung stellt in diesem Zusammenhang der Kaustress dar. Während des Kauvorganges wirken täglich große Kräfte auf eine Füllung. Inwieweit diese Kräfte gleichmäßig über die Restauration abgeleitet werden, wird maßgeblich vom Elastizitätsmodul, dem E-Modul, bestimmt. Dieser beschreibt das Verformungsverhalten von Materialien bei Belastung. Je näher das Elastizitätsverhalten des Füllungsmaterials am Verhalten der natürlichen Zahnhartsubstanz liegt, desto besser ist die Verteilung der auftretenden Kräfte im gesamten „System Zahn“. Die Abhängigkeit der Größe des Kaustresses vom E-Modul der Materialien wurde von Asmussen et al. (2008) untersucht. In Abbildung 1 ist das Ergebnis dieser Studie gezeigt.



**Abb. 1:** Abhängigkeit des Kaustresses (y-Achse) vom E-Modul des Restaurationmaterials (x-Achse) auf Schmelz und Dentin in Klasse I und II Füllungen.

Wie der Graphik zu entnehmen ist, sinkt die Belastung auf den Adhäsivverbund mit zunehmendem E-Modul (oder besser zahnähnlicherem E-Modul) des Materials. Ein niedriger E-Modul, der in Bezug auf den statischen Stress leichte Vorteile bringt, da er auftretende Schrumpfungskräfte durch elastische Deformation kompensieren kann, wirkt sich also in der täglichen Kaubelastung negativ aus. Die meisten Composites besitzen einen E-Modul von 8-12 GPa (fließfähige Composites liegen nochmals darunter). Diese Werte liegen deutlich unterhalb der Werte für die natürliche Zahnhartsubstanz.

## Untersuchungen

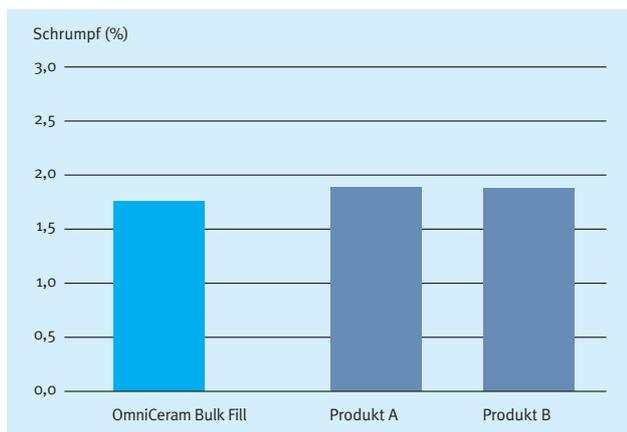
### Schrumpfung

#### Messverfahren

Die Polymerisations-Volumenschrumpfung wurde gemäß der von Prof. Watts (Universität Manchester) beschriebenen „bonded-disc“ Methode bestimmt.<sup>[1-3]</sup> Hierzu wurde ein scheibenförmiger Probenkörper des Composite-Materials mit einem Durchmesser von ca. 8 mm und einer Höhe von ca. 1 mm für insgesamt 40 Sekunden von der Unterseite belichtet. Währenddessen wurde die Polymerisationsschrumpfung mit einem Messfühler von der gegenüberliegenden Seite (Oberseite) über einen Zeitraum von 30 Minuten aufgezeichnet.

#### Ergebnisse

Mit einer Volumenschrumpfung von nur 1,78 % liegt OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill an der Spitze der hier untersuchten Füllungs-Composites (Abb. 2).



**Abb. 2:**  
Volumenschrumpfung der untersuchten Composites während der Lichtpolymerisation

#### Literatur

<sup>[1]</sup> Kim und Watts, 2004.

<sup>[2]</sup> Watts und Cash, 1991.

<sup>[3]</sup> Watts und Marouf, 2000.

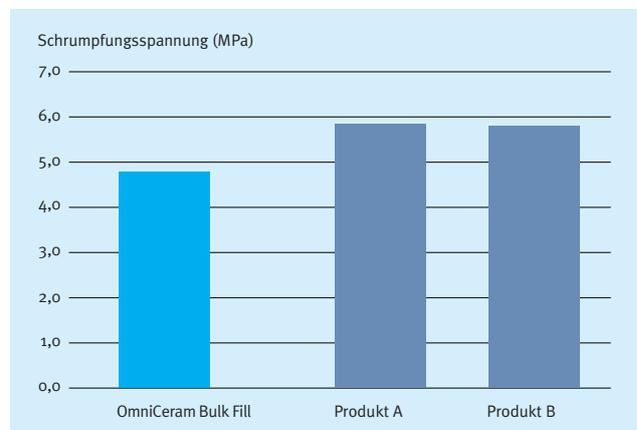
### Schrumpfungsstress

#### Messverfahren

Der Schrumpfungsstress nach Polymerisation wurde nach der von Prof. Watts (Universität Manchester) entwickelten, sogenannten „bioman“-Methode bestimmt.<sup>[1-2]</sup> Hierfür wird eine zylindrische Probe des Materials mit einer Höhe von 0,75 mm und einem Durchmesser von 8 mm von unten durch eine fest-sitzende Glasplatte für 40 Sekunden belichtet. Auf der Oberseite des Composites befindet sich ein mit der Messapparatur verbundener Stahl-zylinder, der zuvor mit einem Sandstrahler angeraut wird. Die auf diesen Zylinder ausgeübte Kraft wird dann über einen Zeitraum von 30 Minuten aufgezeichnet und anschließend die daraus resultierende Polymerisations-Spannung des Composites berechnet.

#### Ergebnisse

Die Schrumpfungsstressspannungen liegen bei den meisten getesteten Materialien um 6 MPa. OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill besitzt einen Schrumpfungsstress von 4,84 MPa und liegt damit leicht unter den Werten von Produkt A und Produkt B (Abb. 3).



**Abb. 3:**  
Ausmaß der Polymerisations-Schrumpfungsstressspannungen [MPa] getesteter Composites.

#### Literatur

<sup>[1]</sup> Watts und Satterthwaite, 2008.

<sup>[2]</sup> Watts et al., 2003.

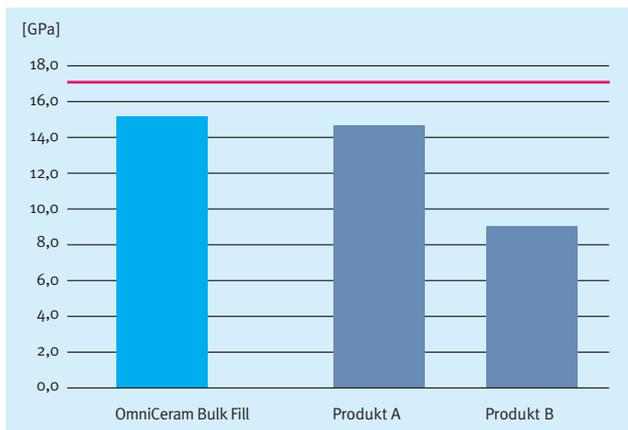
## Elastizitätsmodul

### Messverfahren

Der E-Modul wurde aus den Messungen der 3-Punkt Biegefestigkeiten durch Berechnung der Steigung im linearen Bereich der entsprechenden Biegefestigkeits-Messkurve ermittelt.<sup>[1]</sup>

### Ergebnisse

Mit einem E-Modul von 15,1 GPa zeigt OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill das dentinähnlichste Elastizitätsverhalten der hier untersuchten Composites. In der Literatur wird der E-Modul von Dentin zwischen 16,55 GPa und 18,62 GPa angegeben (rote Linie).<sup>[2]</sup> In Bezug auf das Elastizitätsverhalten verhält sich OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill genau so wie die natürliche Zahnhartsubstanz (Abb. 4).



**Abb. 4:**  
Elastizitätsmodul [GPa] verschiedener Composites.

#### Literatur

<sup>[1]</sup> Ilie, 2004.

<sup>[2]</sup> Craig und Peyton, 1958.

## Zusammenfassung

Die langfristige Qualität des Adhäsivverbundes wird durch viele Faktoren beeinflusst. Hierzu gehören Volumenschrumpfung, Schrumpfungsstress, Elastizitätsverhalten und auch das thermische Verhalten des Composite-Materials. Um eine bestmögliche Qualität zu erreichen ist es unabdingbar, die statischen Belastungen, welche bei der Polymerisation auftreten, zu reduzieren. Mit OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill konnte die Schrumpfung während der Polymerisation auf ein sehr geringes Ausmaß begrenzt werden. Auch dem bei der Lichthärtung entstehenden Schrumpfungsstress wurde bei der Entwicklung von OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill entsprechende Beachtung geschenkt. Auf diese Faktoren kann aber auch bereits während der Füllungslegung durch eine adäquate Schichttechnik positiv Einfluss genommen werden. Ebenso entscheidend ist aber auch ein dem Zahn ähnliches Verhalten des Füllungsmaterials, welches zu einer Minimierung der dynamischen Belastungen durch Kaukräfte und thermische Einflüsse beiträgt. Hier zeigt OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill mit einem Elastizitätsmodul von 15,10 GPa einen vergleichbaren Wert wie Dentin (E-Modul Dentin: 18,50 GPa; Willems et al. 1993).

OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill bietet beim Blick auf alle Faktoren ein zahnähnliches Verhalten und somit beste Aussichten für langfristig intakte Füllungsänder.



## Physikalische Parameter zur Stabilität von OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill

**Füllungsmaterialien werden täglich starken Belastungen unterworfen. Die häufigste und wichtigste Belastung stellt dabei der Kaudruck dar. Diese Kraft beträgt im Durchschnitt  $30,6 \pm 5,6$  MPa (Miyaura et al., 1999), wobei der Druck bei kleinerer Auflagefläche (z.B. Nusschalensplitter) deutlich höher ausfällt. Ein Füllungsmaterial muss diese Kräfte schadlos überstehen. Um die Stabilität von Materialien zu beschreiben, werden diverse physikalische Parameter bestimmt: Biegefestigkeit(en), Druckfestigkeit, Kantenstabilität, Zugfestigkeit u.v.m.**

### Biegefestigkeit und Ermüdungsresistenz

Composites sind elastische Materialien, die sich bei Krafteinwirkung verformen. Ab welcher Belastung diese Verformungen zu Brüchen des Materials führen, wird in Biegefestigkeitsmessungen untersucht. Dabei werden verschiedene Verfahren angewendet. Während bei 3- und 4-Punkt Biegefestigkeitsmessungen lediglich die Art der Belastung variiert wird, werden in der Messung der Ermüdungsresistenz auch kumulative Schäden durch Verformungen untersucht. Das Füllungsmaterial soll ja nicht nur einem Kauzyklus widerstehen, sondern über viele Jahre der täglichen Kaubelastung standhalten.

### Druck- und Zugfestigkeit

Die Druck- und Zugfestigkeit sind Parameter, die eng mit der Biegefestigkeit verknüpft sind. Man könnte sagen, dass diese beiden Werte die Biegefestigkeit aufschlüsseln. Wird ein Körper gebogen, so wirken an der Oberfläche der konkaven Seite hohe Druckkräfte auf das Material, während auf der konvexen Seite Zugkräfte überwiegen. Inwieweit diese einzelnen Belastungen zu einem Versagen des Materials führen, wird in diesen Untersuchungen bestimmt.

### Kantenstabilität

Die Kantenstabilität ist ein Wert, der besonders wichtig bei der Gestaltung von tragenden Höckern im Seitenzahnbereich ist. Der Wert beschreibt die Bruchresistenz an Seitenrändern von Composite-Prüfkörpern und beschreibt damit die Tendenz, einem Chipping zu widerstehen.

### Haftung

Die Haftung von Composites hängt naturgemäß stärker vom verwendeten Adhäsivsystem ab, als vom Composite selbst. Nichtsdestotrotz muss ein Composite einen guten Haftverbund zum Bonding herstellen. Dieser Wert allein ist allerdings nicht messbar, so dass in der Betrachtung der Haftkraft stets der Verbund Zahn/Bonding-System/Composite gemessen wird.

### Abrasion

Die Abrasion beschreibt, inwieweit ein Abrieb eines Materials an der Oberfläche stattfindet. Zur Messung dieses Parameters hat sich in der Zahnheilkunde das sogenannte ACTA-Verfahren etabliert. Die ACTA-Abrasion ist ein Testverfahren, welches von der Universität Amsterdam entwickelt wurde (Academisch Centrum for Tandheelkunde Amsterdam). In diesem Verfahren wird der langfristige Abrieb durch "Kauen" fester Nahrungspartikel simuliert. Ein Füllungsmaterial sollte eine möglichst große Abrasionsresistenz aufweisen.

## Untersuchungen

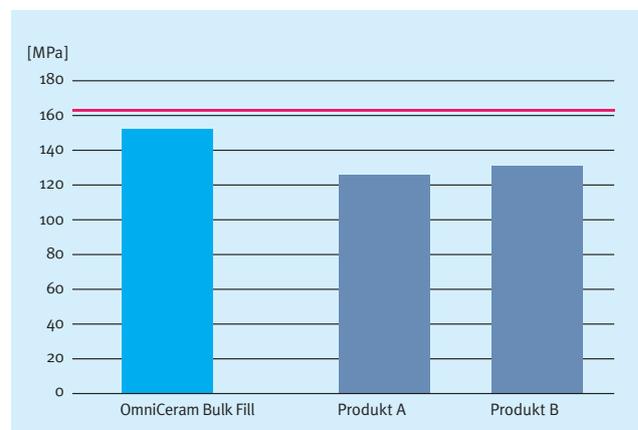
### 3-Punkt Biegefestigkeit

#### Messverfahren

Das Verfahren zur Ermittlung der 3-Punkt Biegefestigkeit wird in der ISO 4049 beschrieben.<sup>[1]</sup> Gemäß dieser Norm wurden fünf Prüfkörper mit den Maßen  $2 \times 2 \times 25$  mm vorbereitet und in einem Kraft-Weg Messgerät mit insgesamt  $0,75 \pm 0,25$  mm/min belastet. Die Prüfkörper liegen dabei zwei Stäben auf, während von oben der Druck mittig über einen dritten Stab appliziert wird. Die angegebene Biegefestigkeit ist derjenige Wert, bei dem der Prüfkörper bricht. In der ISO Norm ist ein Minimalwert von 80 MPa für lichterhärtende Füllungsmaterialien auf Composite-Basis vorgeschrieben.

#### Ergebnisse

OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill liefert in diesem Test mit 153 MPa den höchsten Wert für die Biegefestigkeit. Interessant ist ein Vergleich mit Dentin, für das in der Literatur eine Biegefestigkeit von 165,6 MPa angegeben ist (Abb 5: rote Linie).<sup>[2]</sup>



**Abb. 5:**  
3-Punkt Biegefestigkeit [MPa] der getesteten Composites.

Literatur

<sup>[1]</sup> ISO 4049, International Organization for Standardization.

<sup>[2]</sup> Jameson et al., 1993.

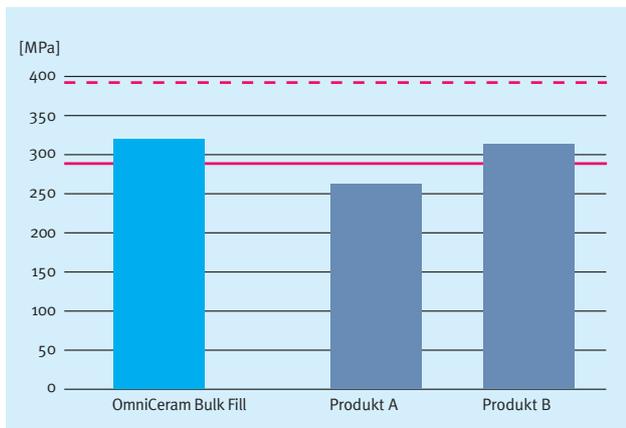
## Druckfestigkeit

### Messverfahren

Die Messung der Druckfestigkeit wurde analog des in der ISO 9917 beschriebenen Verfahrens zur Prüfung von Zementen durchgeführt.<sup>[1]</sup> Dazu wurde ein 6 mm hoher Zylinder mit einem Durchmesser von 3 mm hergestellt. Der Prüfkörper wurde anschließend mit einer Kraft von  $50 \pm 16$  N/min belastet, bis dieser unter der aufgelegten Last versagt. Die Last, unter der der Prüfkörper zerbricht, wird als Druckfestigkeit bezeichnet.

### Ergebnisse

Mit einer Druckfestigkeit von 313 MPa erreicht OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill in dieser Messung den höchsten Wert. Dies bedeutet, dass OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill eine höhere Druckfestigkeit als Dentin (Abb. 6: 297 MPa<sup>[2]</sup> - rote Linie; Schmelz 384 MPa<sup>[3]</sup> - gestrichelte Linie). OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill liegt damit zwar unter dem Wert der Druckfestigkeit des Schmelzes, ist aber dennoch in der Lage, hohen Spitzenbelastungen zu widerstehen.



**Abb. 6:**  
Druckfestigkeiten [MPa] aller getesteten Composites.

### Literatur

<sup>[1]</sup> ISO 9917, International Organisation for Standardization.

<sup>[2]</sup> Craig und Peyton, 1958.

<sup>[3]</sup> Craig et al., 1961.

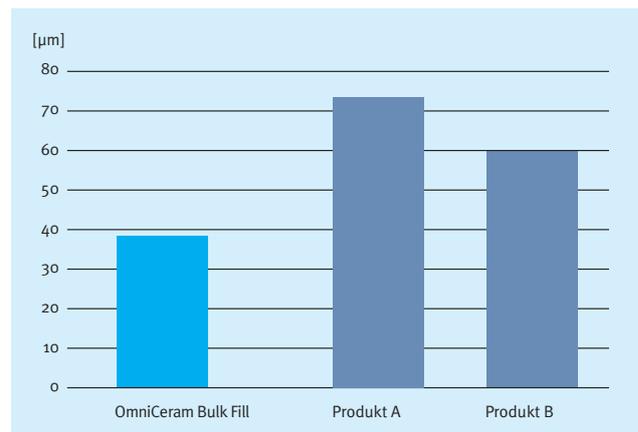
## ACTA-Abrasion

### Messverfahren

Die 3-Medien ACTA-Abrasion wurde gemäß der am „Academisch Centrum Tandheelkunde Amsterdam“ entwickelten Methode ermittelt.<sup>[1]</sup> In diesem Test wird das Material an einem Rad befestigt, das mit einer Umdrehung pro Sekunde rotiert. Mit einer Andrückkraft von 15 N bewegt sich ein zweites Rad aus Stahl in die entgegengesetzte Richtung. Zwischen beiden Rädern befindet sich ein Brei aus gemahlenem Reis und gemahlener Hirse. Nach 200000 Zyklen wird der Abtrag des Composite-Materials bestimmt.

## Ergebnisse

Es wird nur ein minimaler Abrieb von OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill ermittelt, der mit 39  $\mu\text{m}$  unter den Werten der anderen getesteten Composites liegt. Eine solch hohe Abrasionsresistenz ist Garant für langfristig intakte Oberflächen sowie einen anhaltenden Glanz der Füllung (Abb. 7).



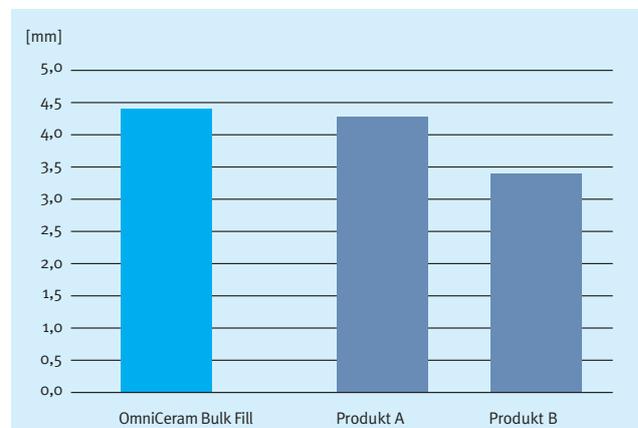
**Abb. 7:**  
Abrasionswerte [ $\mu\text{m}$ ] verschiedener Composites.

### Literatur

<sup>[1]</sup> De Gee und Pallav, 1994.

## Durchhärtetiefe

Die Durchhärtetiefe wurde mit einer Lampe mit der Leistung von  $800 \text{ mW}/\text{cm}^2$  und einer Belichtungszeit von 10 s bestimmt. Aus dem Diagramm ist deutlich zu erkennen, dass OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill mit 4,46 mm deutlich tiefer durchhärtet als die ausgewiesenen 4,00 mm. Mitbewerber hingegen härteten mit weniger als 3,50 mm unzureichend aus.



**Abb. 8:**  
Durchhärtetiefe [mm] verschiedener Composites.

## Zusammenfassung

Was die Festigkeit von Composites betrifft, so sind hohe Werte wünschenswert. Messungen der Biegefestigkeit bescheinigen OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill in den hier vorliegenden Untersuchungen die höchsten Werte. Was die Druckfestigkeit betrifft, zeigt OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill Werte, die in den Bereich von Zahnschmelz kommen. Eine solch hohe Festigkeit war vor wenigen Jahren nur durch den Einsatz von indirekten Restaurationen aus Metall oder Keramik möglich.

In Bezug auf Festigkeit und Stabilität ist OMNIDENT OmniCeram Bulk Fill nicht nur in den Einzeldisziplinen stets in der Spitzengruppe zu finden sondern nimmt in der Summe der physikalischen Eigenschaften eine herausragende Stellung ein.

## Literaturverzeichnis

**Abdallah A, Mirmohammadi H, Kleverlaan Feilzer CA:** *Effect of Thermocycling on Enamel-bond Strength of Self-etch Adhesives, IADR Barcelona 2010, Poster #127147.*

**Asmussen E, Peutzfeldt A:** *Class I and Class II restorations of resin composite: an FE analysis of the influence of modulus of elasticity on stresses generated by occlusal loading, Dent Mater 2008, 24: 600-605.*

**Bedini R, Manzoni L, Fratto G, Pecci R:** *Microhardness and morphological changes induced by Nd:Yag laser on dental enamel: an in vitro study, Ann Ist Super Sanita 2010, 46: 168-172.*

**Craig RG, Peyton FA:** *Elastic and mechanical properties of human dentin, J Dent Res 1958, 37: 710-718.*

**Craig RG, Peyton FA, Johnson DW:** *Compressive properties of enamel, dental cements and gold, J Dent Res 1961, 40: 936-945.*

**De Gee AJ, Pallav P:** *Occlusal wear simulation with the ACTA wear machine, J Dent Suppl 1 1994, 22: 21-27.*

**El Hejazi AA, Watts DC:** *Creep and visco-elastic recovery of cured and secondary-cured composites and resin-modified glass-ionomers, Dent Mater 1999, 15: 138-143.*

**Ernst CP, Canbek K, Euler T, Willershausen B:** *In vivo validation of the historical in vitro thermocycling temperature range for dental materials testing, Clin Oral Investig 2004, 8: 130-138.*

**Ilie N:** *Messmethoden zur Charakterisierung von Compositefüllungswerkstoffen, Dissertation, Ludwig-Maximilian-Universität München 2004.*

**Jameson MW, Hood JAA, Tidmarsh BG:** *The effects of dehydration and rehydration on some mechanical properties of human dentine, J Biomech 1993, 26: 1055-1065.*

**Kim SH, Watts DC:** *Polymerization shrinkage-strain kinetics of temporary crown and bridge materials, Dent Mater 2004, 20: 88-95.*

**Miyaura K, Matsuka Y, Morita M, Yamashita A, Watanabe T:** *Comparison of biting forces in different age and sex groups: a study of biting efficiency with mobile and non-mobile teeth, J Oral Rehabil 1999, 26: 223-227.*

**Ohring M:** *Engineering Material Science, Academic Press Inc 1995.*

**Watts DC, Cash AJ:** *Determination of polymerization shrinkage kinetics in visible-light-cured materials: methods and development, Dent Mater 1991, 7: 281-287.*

**Watts DC, Marouf AS, Al-Hindi AM:** *Photo-polymerization shrinkage-stress kinetics in resin-composites: methods development, Dent Mater 2003, 19: 1-11.*

**Watts DC, Marouf AS:** *Optical specimen geometry in bonded-disk shrinkage-strain measurements on light-cured biomaterials, Dent Mater 2000, 16: 447-451.*

**Watts DC, Satterthwaite JD:** *Axial shrinkage-stress depends upon C-factor and composite mass, Dent Mater 2008, 24: 1-8.*

**Willems G, Lambrechts P, Braem M, Vanherle G:** *Composite resins in the 21st century, Quintessence Int 1993, 24: 641-658.*

**Xu HC, Liu WY, Wang T:** *Measurement of thermal expansion coefficient of human teeth, Aust Dent J. 1989, 34: 530-535.*

