

# Spezialausgabe

## Ivocerin® – ein Meilenstein in der Komposit-Technologie



[www.ivoclarvivadent.com](http://www.ivoclarvivadent.com)

Ivoclar Vivadent AG

Bendererstr. 2 | FL 9494 Schaan | Liechtenstein | Tel.: +423 235 35 35 | Fax: +423 235 33 60

Ivoclar Vivadent GmbH

Dr. Adolf-Schneider-Str. 2 | D-73479 Ellwangen, Jagst | Deutschland | Tel. +49 7961 889 0 | Fax +49 7961 6326 | [www.ivoclarvivadent.de](http://www.ivoclarvivadent.de)

ivoclar  
vivadent®  
passion vision innovation



# Inhalt

Seite 4	aus DZW 38/13 vom 18.09.2013
	<b>1 Neue Klasse von Photoinitiatoren für die Komposit-Technologie</b> Dr. Thomas Hirt
Seite 5-6	aus DZW 39/13 vom 25.09.2013
	<b>2 Stand der Technik: Photopolymerisation in der Zahnmedizin</b> Prof. Dr. Norbert Moszner
Seite 7-8	aus DZW 40/13 vom 02.10.2013
	<b>3 Photoinitiator Ivocerin im Vergleich zu Campherchinon</b> Dr. Peter Burtscher
Seite 9-12	aus DZW 41/13 vom 09.10.2013
	<b>4 Lichtinitiator für neues Füllungsmaterial</b> Dipl.-Ing. Karin Vogel
Seite 13-15	aus DZW 42/13 vom 16.10.2013
	<b>5 Materialwissenschaftliche Beurteilung eines neuen Bulk-Fill-Materials</b> Joanna-Claire Todd
Seite 16-18	aus DZW 43/13 vom 23.10.2013
	<b>6 Simulationsprüfungen im Labor zum neuen Bulk-Fill-Material und deren klinische Bedeutung</b> Dr. Siegward Heintze
Seite 19-20	aus DZW 44/13 vom 30.10.2013
	<b>7 Sicheres Aushärten des Komposits auch bei fehlerhafter Polymerisation</b> Dr. Siegward Heintze
Seite 21-23	aus DZW 45/13 vom 06.11.2013
	<b>8 Ein neues Bulk-Fill-Material in der klinischen Anwendung</b> Dr. med. dent. Arnd Peschke

# 1 Neue Klasse von Photoinitiatoren für die Komposit-Technologie

Dr. Thomas Hirt über Ivocerin

Über viele Jahre bildete die Zwei-Millimeter-Inkrement-Technik in der direkten Füllungstherapie den Standard. Im Laufe der Zeit wurden die Eigenschaften von Kompositen immer weiter verbessert. Daneben wurde auch die Haftkraft von Adhäsiven optimiert. Das Initiatorsystem und die Lichtausbeute der Photopolymerisation blieben jedoch über Jahre unverändert.

Doch auch hier gibt es jetzt Weiterentwicklungen. In einer Artikelserie haben wir die Grundlagen der Photopolymerisation und Informationen zu einem neuen Photoinitiator – *Ivocerin* (Ivoclar Vivadent) – zusammengestellt. Wir beschreiben die Entwicklung, Funktionsweise und Anwendung einer neuen Klasse von Photoinitiatoren für den sichtbaren Spektralbereich und die Photopolymerisation im Allgemeinen. *Ivocerin* ermöglichte die Entwicklung eines neuen Bulk-Fill-Materials mit einer Durchhärtungstiefe von vier Millimetern (*Tetric EvoCeram Bulk Fill*, Ivoclar Vivadent).

Der neue Photoinitiator *Ivocerin* zeichnet sich durch eine hohe Quantenausbeute, starkes Absorptionsvermögen und sehr gutes Bleichverhalten aus.

## Schrittweise Weiterentwicklung

Nachdem die Grundlagenentwicklung vielversprechende Daten zeigte, ging es darum, die Synthese von *Ivocerin* zu optimieren, um das Molekül reproduzierbar in größeren Mengen und hoher Reinheit herstellen zu können. Gleichzeitig wurden erste Erfolge mit experimentellen Kompositen mit vier Millimetern Durchhärtungstiefe erzielt. In-vitro-Studien haben zudem sehr gute Daten bezüglich Randqualitäten, Retention und Ästhetik geliefert und eine sehr gute Vergleichbarkeit

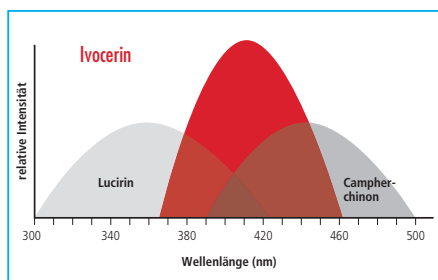


Abb. 1: Schematische Absorptionsspektren der verschiedenen Photoinitiatoren

Quelle: Ivoclar Vivadent

zu *Tetric EvoCeram* in Zwei-Millimeter-Inkrementen gezeigt. Daraufhin wurde *Tetric EvoCeram* zu *Tetric EvoCeram Bulk Fill* weiterentwickelt, das *Ivocerin* in Kombination mit anderen Photoinitiatoren enthält. Außerdem



Abb. 2: *Tetric EvoCeram Bulk Fill* mit *Ivocerin* in der klinischen Anwendung: präoperative Situation mit großer Amalgamfüllung und Approximalkaries mesial



Abb. 3: Großer, unterminierender Defekt nach Entfernung der Füllung und Kariesexkavation



Abb. 4: Auffüllen des Defekts mit *Tetric EvoCeram Bulk Fill* (IVA)



Abb. 5: Die fertige Füllung zeigt trotz des tiefen und unterminierenden Defekts eine sehr gute Integration in die umgebende Zahnhartsubstanz.

Abb. 2 bis 5: Dr. Arnd Peschke, Schaan (Liechtenstein)



Der Autor dieses Beitrags, Dr. Thomas Hirt, ist Chief Technology Officer der Ivoclar Vivadent AG in Schaan. Kontakt zum Autor unter E-Mail: [thomas.hirt@ivoclarvivadent.com](mailto:thomas.hirt@ivoclarvivadent.com)

wurde auch das Monomer-Füllersystem für eine exzellente Ästhetik, tiefe Schrumpfungsspannung und hohe Durchhärtungstiefe optimiert. Für die Entwicklung von *Tetric EvoCeram Bulk Fill* wurden damit drei patentierte Technologien von Ivoclar Vivadent eingesetzt: *Ivocerin* als Photoinitiator (Licht-Initiator), ein Lichtstabilisator (Licht-Controller) und eine Füller-Technologie (Schrumpfungstress-Relaxator).

## Interessante Alternative

Mit *Ivocerin* steht uns eine sehr interessante Alternative zu den bisher etablierten Photoinitiatoren Campherchinon/Amin, Phenylpropandion und Acylphosphinoxiden (Lucirin TPO) zur Verfügung. Im Vergleich zu den Acylphosphinoxiden absorbiert *Ivocerin* bei höherer Wellenlänge, sodass es mit allen auf dem Markt erhältlichen Polymerisationsgeräten (Halogen, LED) aktiviert werden kann (Abb. 1). Im Vergleich zu Campherchinon/Amin sind mit *Ivocerin* aminfreie Komposite möglich, die unter künstlichem Sonnenlicht farbstabil sind und mit sauren Monomeren keine Wechselwirkungen zeigen. Für *Tetric EvoCeram Bulk Fill* hat sich die Kombination von *Ivocerin* mit Campherchinon/Amin speziell bewährt, um bei hohen Inkrementstärken (vier Millimeter) eine sehr gute Aushärtung in der Tiefe zu gewährleisten (Einen klinischen Fall zeigen die Abb. 2 bis 5).

**Dr. Thomas Hirt, Schaan (Liechtenstein)**

Dieser Beitrag ist erstmals als Langfassung erschienen in: *F&E-Report*, Ivoclar Vivadent AG, Nr. 19, Juli 2013

## 2 Stand der Technik: Photopolymerisation in der Zahnmedizin

Prof. Dr. Norbert Moszner über chemische Zusammenhänge und Entwicklungen



Prof. Dr. Norbert Moszner ist Leiter der Abteilung „Grundlagen Polymerchemie“ der Ivoclar Vivadent AG, Schaan (Liechtenstein). Kontakt zum Autor unter [norbert.moszner@ivoclarvivadent.com](mailto:norbert.moszner@ivoclarvivadent.com)

Lichthärtende Füllungsmaterialien sind seit den 70er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts auf dem Markt. Bei diesen Kompositen sind Monomer, Füller und die im Monomer gelösten Initiatoren, Stabilisatoren und Zusatzstoffe in einem Material vereint. Der Anwender hat genügend Zeit zur direkten Applikation in die Kavität und kann die Aushärtung sozusagen auf Kommando durchführen.

Da die Lichtdurchlässigkeit durch das Komposit limitiert ist, muss die Füllung in mehreren Schichten appliziert werden, wobei jede einzelne Schicht polymerisiert werden muss. Üblicherweise ist die Schichtstärke auf zwei Millimeter limitiert, da bei dickeren Schichten die Aushärtung beeinträchtigt ist. Um die Inkrementeschichtstärke erhöhen zu können,

sind all jene Parameter zu berücksichtigen, die die Durchhärtungstiefe beeinflussen, wie Transparenz, Einfärbung, Initiatoren und deren Konzentration, Belichtungszeit und Lichtintensität. Ein wichtiger Faktor dabei ist der verwendete Photoinitiator. Der von Ivoclar Vivadent gemeinsam mit der Technischen Universität (TU) Wien entwickelte Photoinitiator *Ivocerin* leistet zum Beispiel bei *Tetric EvoCeram Bulk Fill* einen wichtigen Beitrag zur Erhöhung der Inkrementeschichtstärke, ohne auf die optischen Eigenschaften des Komposits, wie Transparenz und Farbe, gravierend Einfluss zu nehmen.

### Chemie von Ivocerin

Auf der Suche nach alternativen Photoinitiatoren, die mit sichtbarem Licht (SB) verwendet werden können, konnten in Zusammenarbeit mit Prof. Robert Liska von der TU Wien maßgeschneiderte SB-Photoinitiatoren auf der Basis von Germanium-Verbindungen entwickelt werden. Obwohl aus der Literatur schon bekannt war, dass sich bei der Photospaltung zum Beispiel von organischen Germaniumverbindungen Radikale bilden [1], war

das Potenzial dieser Verbindungen als Photoinitiatoren für den sichtbaren Spektralbereich (SB) bis zu unseren Arbeiten nicht erkannt worden. So konnten wir erstmals zeigen, dass Germaniumverbindungen wie Benzoyltrimethylgermanium (Ge-1) beziehungsweise Dibenzoyldiethylgermanium (Ge-2, Abb. 1) sehr effiziente Photoinitiatoren im sichtbaren Bereich für Methacrylatharze darstellen [2, 3].

Die Photoinitiatoren Ge-1 beziehungsweise Ge-2 ergeben im Vergleich zum Campherchinon (CC) im SB-Bereich eine viel intensivere Absorption. Für die Photospaltung von Ge-2 konnte eine Quantenausbeute von 0,85 bestimmt werden. Die Quantenausbeute für Campherchinon-Amin-Photoinitiatoren liegt unter 0,10 und damit deutlich niedriger. Außerdem konnte für Ge-1 beziehungsweise Ge-2 eine schnelle Entfärbung bei Bestrahlung mit Licht festgestellt werden.

Deutliche Vorteile gegenüber Campherchinon-Amin-Photoinitiatoren zeigten sich auch bei der Untersuchung von dentalen Kompositen auf der Basis von Ge-1 beziehungsweise Ge-2 [3, 4]. Neben einer schnelleren Aushärtung ergab sich ein exzellentes Bleichverhalten, zudem war für vergleichbare mechanische Eigenschaften eine deutlich geringere Photoinitiatorkonzentration notwendig. Analog zu Campherchinon-Amin-basierenden Kompositen zeigen Komposite auf der Basis von Ge-1 beziehungsweise Ge-2 auch eine hohe Lagerstabilität.

In Zusammenarbeit mit Prof. Georg Gescheidt und Prof. Robert Saf von der TU Graz sowie mit Prof. Liska von der TU Wien wurde der Mechanismus der Photolyse von Acylgermanen am Beispiel von Ge-2 mit modernsten

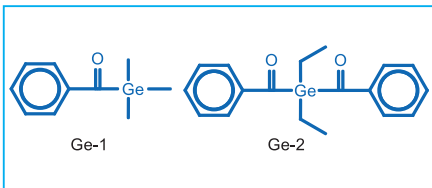


Abb. 1: Struktur der Germanium-Photoinitiatoren Ge-1 und Ge-2

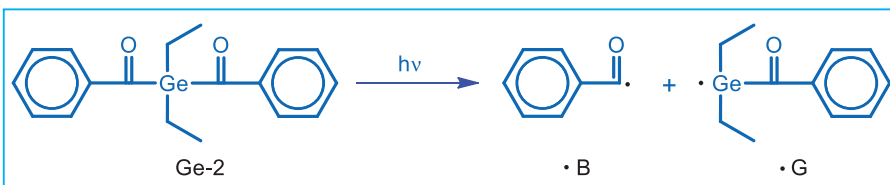


Abb. 2: Spaltung der Germanium-Verbindung Ge-2

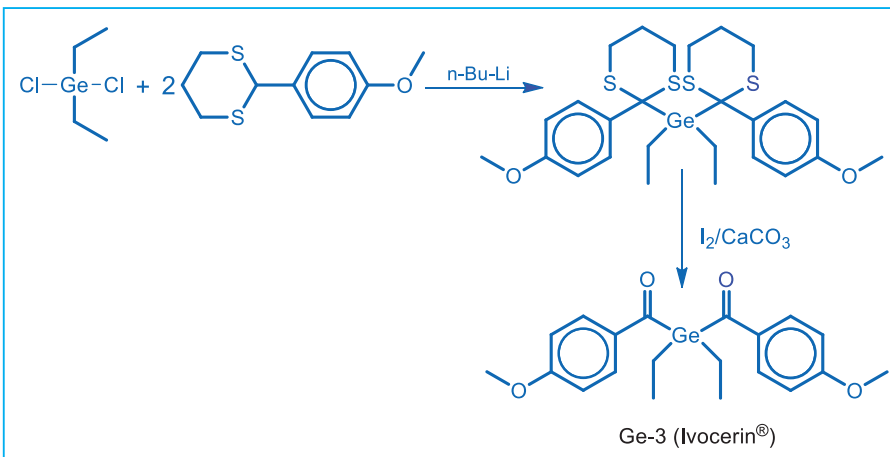


Abb. 3: Synthese des Ge-Photoinitiators Ivocerin

Methoden analysiert [5]. Dabei wurde die Photospaltung von Ge-2 unter unterschiedlichen Bedingungen untersucht. Die durchgeführten Untersuchungen belegten die Bildung

nität bestätigt werden. Die Germanium-Verbindungen konnten umfangreich patentrechtlich geschützt werden, die US- und EP-Patente wurden im Jahre 2009 erteilt [10].

tionsauslösenden Radikale durch einfache Photospaltung von Ivocerin, sodass keine zusätzlichen Co-Initiatoren oder Beschleuniger notwendig sind. Die Effizienz (Quantenausbeute) der Radikalbildung ist um ein Vielfaches höher im Vergleich zu Campherchinon.

Vor diesem Hintergrund nimmt *Tetric EvoCeram Bulk Fill* eine Sonderstellung ein. Neben der sicheren Vier-Millimeter-Durchhärtung in zehn Sekunden, bei einer Lichtleistung von mehr als 1.000 Milliwatt pro Quadratzentimeter, erlaubt *Ivocerin* eine im Vergleich zu anderen Bulk-Fill-Materialien leicht höhere Opazität des Komposits. Daher konnte die Transluzenz des Materials so eingestellt werden, dass sie in Kombination mit dem günstigen Brechungsindex des Komposits eine optimierte Passung der optischen Eigenschaften zur umgebenden Zahnhartsubstanz (insbesondere Schmelz) gewährleistet.

**Prof. Dr. Norbert Moszner,  
Schaan (Liechtenstein)**

*Dieser Artikel ist erstmals als Langfassung erschienen in: F&E-Report, Ivoclar Vivadent AG, Nr: 19, Juli 2013*



Abb. 4: *Tetric EvoCeram Bulk Fill* ist das erste Material mit Ivocerin. Alle Abb.: Ivoclar Vivadent

von Benzoyl (B-) und Germyl-Radikalen (G-) als direkte Spaltungsprodukte von Dibenzoyldiethylgermanium Ge-2 (Abb. 2).

Damit ist auch der Beweis erbracht, dass bei der Photopolymerisation mit dem Dibenzoyldiethylgermanium Ge-2 die durch die photolytische Spaltung erzeugten Benzoyl- (B-) und Germyl-Radikale (G-) die polymerisationsauslösenden Radikale sind.

Ausgehend von diesen mechanistischen Untersuchungen, von der Evaluierung verschiedener Synthesewege und einiger Strukturvariationen der Germanium-Verbindungen wurde als optimaler Photoinitiator Bis-(4-methoxybenzoyl)diethylgermanium Ge-3 (Abb. 3) ausgewählt und unter der Marke *Ivocerin* geschützt. Dabei konnte Ge-3 ( $\lambda_{\text{max}} = 408$  Nanometer) mit sehr guter Ausbeute in einer zweistufigen Synthese hergestellt werden und zeigte die stärkste Absorption im SB-Bereich [6].

Ge-3 ist ein intensiv gelb gefärbter Feststoff mit einem Schmelzpunkt von ca. 50 Grad Celsius, der in Wasser unlöslich ist. Die Synthese von Ge-3 erfolgt ausgehend von geschütztem 4-Methoxybenzaldehyd zunächst durch Metallierung mit n-Butyllithium und Kopplungsreaktion mit Dichlordiethylgermanium. In der zweiten Stufe wird dann die Schutzgruppe abgespalten (Abb. 3). *Ivocerin* lässt sich in hoher Reinheit (> 96 Prozent bestimmt durch Hochleistungsflüssigkeitschromatographie – HPLC) herstellen.

Neben der chemischen Charakterisierung und den Anwendungsuntersuchungen von *Ivocerin* wurden auch toxikologische Abklärungen durchgeführt [7] und ein umfangreicher Patentschutz eingeleitet. Außerdem wurden zwei Mutagenitätstests durchgeführt. Sowohl mit dem Ames-Test (in vitro) [8] wie auch dem Mouse Micronucleus Assay [9] (in vivo) konnte die Unbedenklichkeit hinsichtlich der Mutagenität

Der neuartige Germanium-Photoinitiator *Ivocerin* zeichnet sich im Vergleich zu den konventionellen Campherchinon-Amin-Photoinitiatorsystemen durch eine intensive Absorption im sichtbaren Bereich, durch eine höhere Photoreaktivität und sehr gutes Bleaching-Verhalten darauf basierender Komposite aus. Dabei erfolgt die Bildung der polymerisations-

## L I T E R A T U R

- [1] Taraban MB, Maryasova VI, Leshina TV, Rybin LI, Gendin DV, Vyazankin NS. About the mechanism of the photolysis of benzoyltriethylgermane, Et<sub>3</sub>GeCOPh. *J Organomet Chem* 326 (1987) 347-355
- [2] Ganster B, Fischer UK, Moszner N, Liska R. New photocleavable structures, 4. Acylgermane-based photoinitiator for visible light curing. *Macromol Rapid Commun* 29 (2008) 57-62
- [3] Ganster B, Fischer UK, Moszner N, Liska R. New photocleavable structures, Diacylgermane-based photo-initiators for visible light curing. *Macromolecules* 41 (2008) 2394-2400
- [4] Ganster B, Fischer UK, Moszner N, Liska R, Rheinberger V. Benzoyl germanium derivatives as novel visible light photoinitiators for dental materials. *Dent Mater* 24 (2008) 901-907
- [5] Neshchadin D, Rosspeintner A, Griesser M, Gorelik V, Liska R, Hametner C, Ganster B, Saf R, Moszner N, Gescheidt G. Phototrig-
- gered reactivity of acylgermanes: Short-lived intermediates and follow-up products. *J Amer Chem Soc* 135 (2013) 17314-1732
- [6] Moszner N, Zeuner F, Lamparth I, Fischer UK. Benzoylgermanium Derivatives as novel visible-light photoinitiators for dental composites. *Macromol Mater Eng* 294 (2009) 877-886
- [7] Heppenheimer A. Cytotoxicity assay in vitro: Evaluation of test items in the XTT-Test with K69, RCC-CCR Study, 1191102, July 2008
- [8] Sokolowski A. Salmonella typhimurium and Escherichia coli reverse mutation assay with K-69, RCC-CCR Study 1120104, Oktober 2007
- [9] Honarvar N. Micronucleus assay in bone marrow cells of the mouse with K69, RCC-CCR, 1191101, Sept 2008
- [10] N. Moszner, U. K. Fischer, U. Salz, R. Liska, P. Burtscher, F. Zeuner, B. Ganster, H. Gruber. Polymerisierbare Zusammensetzungen mit Acylgermaniumverbindungen als Initiatoren. US-Patent 7,605, 190 B2 (20.10.2009), EP-Patent 1,905,415 B1

### 3 Photoinitiator Ivocerin im Vergleich zu Campherchinon

Dr. Peter Burtscher über spezifische Eigenschaften von Photoinitiatoren für die Zahnmedizin



Dr. Peter Burtscher ist Direktor Organische Chemie der Ivoclar Vivadent AG, Schaan (Liechtenstein). Kontakt unter E-Mail: peter.burtscher@ivoclarvivadent.com

Alle handelsüblichen Komposite werden mit blauem Licht polymerisiert. Somit haben die lichtabsorbierenden Initiatoren eine gelbe Eigenfarbe, die der Komplementärfarbe des Blaulichts entspricht (Abb. 1 bis 3). Bei der Aushärtung des Komposits erfolgt eine nahezu komplette Entfärbung des Initiators. Ein leichter Gelbstich bleibt aber immer zurück, sodass mit Blaulichthärtenden Materialien keine schneeweißen Restaurationen hergestellt werden können. Der leichte Gelbstich wird vom

Praktiker akzeptiert, da die natürlichen Zähne immer eine leicht gelbe Tönung aufweisen.

Die Abbildungen 1 bis 3 zeigen die Initiatoren in reiner Form. Auffallend ist die starke gelbe Eigenfarbe von Campherchinon (CC) und speziell von *Ivocerin*. Die Abbildung 4 zeigt das Absorptionsspektrum von gebräuchlichen Initiatoren im Vergleich zu *Ivocerin*. Beachtenswert ist die starke Absorption von *Ivocerin* im Vergleich zu Campherchinon, obwohl dessen Konzentration wesentlich geringer ist. Acylphosphinoxid, zum Beispiel Lucirin TPO, absorbiert überwiegend im UV-Bereich. Daher zeigt es nur eine schwach gelbe Eigenfarbe, wie in Abbildung 2 auch zu sehen ist.

#### Untersuchungen zu Ivocerin

Zur Untersuchung der Eignung von *Ivocerin* in Kompositen wurden umfangreiche Untersuchungen gestartet. Dabei wurde der folgenden Frage nachgegangen: Welche Konzentration an *Ivocerin* ist erforderlich, um die gleiche Aushärtung wie mit Campherchinon zu erhalten? Campherchinon wird üblicherweise in einer Konzentration von 0,3 Gewichtsprozent (Gew.-%) in Monomer eingesetzt. Bei tieferen Konzentrationen nimmt die Reaktivität ab, und bei höheren Konzentrationen reduziert sich die Durchhärtungstiefe, da die Eigenfarbe von Campherchinon das Blaulicht verstärkt absorbiert.

Campherchinon kann nicht alleine eingesetzt werden, es ist immer ein Co-Initiator in Form eines, meist tertiären, aromatischen Amins notwendig. Zur Untersuchung der Re-

aktivität eines Standardmonomers mit 0,3 Gew.-% Campherchinon und 0,6 Gew.-% Amin im Vergleich zu *Ivocerin* wurden Monomere mit 0,1 bis 0,4 Gew.-% *Ivocerin* angemischt und in Tetric-ähnlichen Formulierungen getestet.

Die Tabelle 1 zeigt, dass mit 0,2 Prozent *Ivocerin* im Monomer eine vergleichbare Festigkeit erhalten wird wie mit Campherchinon/Amin in einer üblichen Konzentration. Höhere Konzentrationen an *Ivocerin* resultieren in einer höheren Festigkeit des Komposits.

#### Einfluss der Konzentration auf die Durchhärtungstiefe

Analog den Ergebnissen zur Biegefestigkeit zeigt auch Tabelle 2, dass bezüglich der Durchhärtungstiefe mit 0,2 Prozent *Ivocerin* die gleichen Werte erhalten werden wie mit Campherchinon/Amin in der Standardkonzentration, und dass mit 0,4 Prozent *Ivocerin* im Monomer die Durchhärtungstiefe signifikant erhöht werden kann.

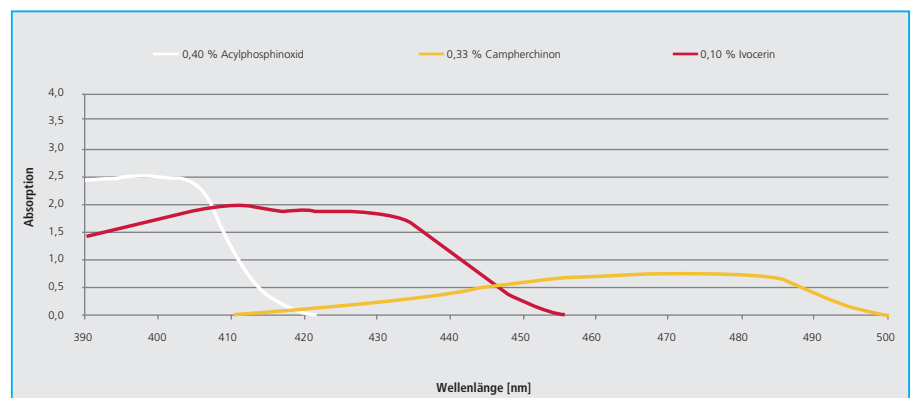
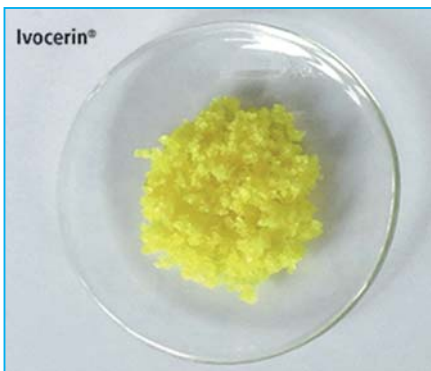


Abb. 4: Absorptionsspektren von Acylphosphinoxid (z.B. Lucirin TPO), Campherchinon und Ivocerin  
Quelle: F&E Ivoclar Vivadent, 2012

Abb. 1 bis 3: Photoinitiatoren in reiner Form

### Kombination mit anderen lichtaktivierten Initiatoren

Interessant war die Fragestellung, ob *Ivocerin* in Kombination mit anderen Initiatoren zu einer Erhöhung der Durchhärtungstiefe führt. Idealerweise bietet sich die Kombination mit Campherchinon/Amin an, wobei die Amin-Konzentration stets doppelt so hoch ist wie die Campherchinon-Konzentration.

Die Bestimmung der Durchhärtungstiefe ist eine schnelle Methode, um die Reaktivität eines Komposits untersuchen zu können. Aussagekräftiger sind jedoch Vickershärteuntersuchungen, bei denen das Komposit in der empfohlenen Inkrementschichtstärke polymerisiert wird und die Vickershärte an der Ober- und Unterseite des Prüfkörpers bestimmt wird. Gemäß einer Publikation von Da-

vid Watts (Universität Manchester) ist die Aushärtung ausreichend gut, wenn an der Unterseite des Prüfkörpers eine Härte erreicht wird, die nicht weniger als 80 Prozent der Oberflächenhärte ist [Watts D, Amer O, Combe E. Characteristics of visible light-activated composite systems. *Br Dent J* 156 (1984) 209-215]. In den nachfolgenden Untersuchungen wurde der Einfluss des Initiatorsystems auf die Durchhärtungstiefe (DHT, Belichtung mit zehn Sekunden *Bluephase G1 HIP*) und auf die Vickershärte (gleiche Belichtung) untersucht.

Es zeigt sich, dass sowohl die Durchhärtungstiefe als auch die Aushärtung von 4 Millimetern (mm) Inkrementen signifikant verbessert werden kann, wenn *Ivocerin* in Kombination mit Campherchinon angewendet wird. Es ist aber auch zu sehen, dass mit erhöhten Konzentrationen an *Ivocerin* keine weiteren Steigerungen in der Polymerisationsleistung zu erreichen sind (Tab. 3).

### Zusammenfassung

Die unterschiedlichsten Untersuchungen mit *Ivocerin* haben gezeigt, dass dieser Initiator als Alternative zu Campherchinon/Amin eingesetzt werden kann. Sehr gute Produkteigenschaften werden erreicht, wenn *Ivocerin* in Kombination mit Campherchinon/Amin verwendet wird. Speziell bei Inkrementen mit Schichtstärken von 4 mm wird eine hervorragende Aushärtung in der Tiefe des Inkrements erzielt, sodass diese Initiatormischung bei *Tetric EvoCeram Bulk Fill* erstmals zur Anwendung gekommen ist.

Die Grundlagenuntersuchungen mit *Ivocerin* sind in die Entwicklung von *Tetric EvoCeram Bulk Fill* eingeflossen. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Einflussmöglichkeiten von *Ivocerin* auf die physikalischen Eigenschaften eines Komposits wurde die Konzentration von *Ivocerin* absichtlich tief gewählt, um die Kompositfarbe vor der Polymerisation nur mäßig zu beeinflussen und den Schrumpfungstress tief zu halten. In Kombination mit der Farbeinstellung von *Tetric EvoCeram Bulk Fill* konnte ein Komposit entwickelt werden, das in drei Farben die Grundbedürfnisse einer ästhetischen Versorgung im Seitenzahnbereich abdeckt und 4-mm-Inkmente bei einer Belichtung von zehn Sekunden mit der *Bluephase Style* (1.100 Milliwatt pro Quadratzentimeter – mW/cm<sup>2</sup>) erlaubt.

**Dr. Peter Burtscher,  
Schaan (Liechtenstein)**

Initiator im Monomer	Biegefestigkeit (MPa)	E-Modul (MPa)
0,10 % Ivocerin	124 ± 8	7200 ± 300
0,15 % Ivocerin	124 ± 14	8500 ± 200
0,20 % Ivocerin	135 ± 9	9400 ± 600
0,40 % Ivocerin	140 ± 15	10300 ± 300
0,30 % CC / 0,60 % Amin	138 ± 10	9200 ± 600

Tab. 1: Biegefestigkeit und E-Modul in Abhängigkeit der Ivocerin-Konzentration im Vergleich zum Standard-Initiatorsystem

Initiator im Monomer	Durchhärtungstiefe (mm)
0,2 % Ivocerin	4,7
0,4 % Ivocerin	5,1
0,3 % CC / 0,6 % Amin	4,7

Tab. 2: Durchhärtungstiefe in Abhängigkeit der Ivocerin-Konzentration im Vergleich zum Standard-Initiatorsystem

Initiator-Konzentration im Monomer	DHT (mm)	Vickershärte oben (N/mm <sup>2</sup> )	Vickershärte unten 4 mm	
			Wert (N/mm <sup>2</sup> )	% von der Oberflächenhärte
0,2 % Ivocerin	4,7	489	333	68
0,2 % Ivocerin / 0,1 % CC	4,9	511	378	74
0,2 % Ivocerin / 0,2 % CC	5,1	524	414	79
0,4 % Ivocerin	5,1	536	437	82
0,4 % Ivocerin / 0,3 % CC	5,6	538	462	86
0,6 % Ivocerin / 0,3 % CC	5,6	546	465	85

Tab. 3: Durchhärtungstiefe (DHT) und Vickershärte von Composites mit unterschiedlichen Initiatorkonzentrationen  
Abbildungen: Ivoclar Vivadent

Dieser Artikel ist erstmals als Langfassung erschienen in: *F&E-Report, Ivoclar Vivadent AG, Nr. 19, Juli*



# 4 Lichtinitiator für neues Füllungsmaterial

Dipl.-Ing. Karin Vogel über den Weg von Tetric EvoCeram zu Tetric EvoCeram Bulk Fill



Dipl.-Ing. Karin Vogel ist Senior Research Associate: Restaurative und Prothetik bei der Ivoclar Vivadent AG, Schaan. Kontakt zur Autorin unter: [karin.vogel@ivoclarvivadent.com](mailto:karin.vogel@ivoclarvivadent.com)

Seit annähernd zehn Jahren ist Tetric EvoCeram auf dem Markt und wird erfolgreich klinisch eingesetzt. Das Material erfüllt sehr gut die Anforderungen an ein langlebiges und ästhetisches Füllungsmaterial. Es wurde bezüglich Schrumpfung, Schrumpfstress und gleichzeitig sehr guten Oberflächeneigenschaften (Polierbarkeit und Verschleiß) entwickelt.

Da ein neues Bulk-Fill-Material ohne Deck-schicht auskommen musste, waren die Anforderungen an die Oberflächeneigenschaften vergleichbar zu Tetric EvoCeram. Neben diesen klassischen Eigenschaften eines Komposits kam noch die Herausforderung eines Vier-Millimeter-Bulk-Inkrements in einer zahn-ähnlichen Einfärbung hinzu. Durch den Zusatz von Ivocerin ist es möglich geworden, ein Komposit zu entwickeln, welches eine schmelz-ähnliche Einfärbung besitzt und gleichzeitig eine Vier-Millimeter-Bulkaushärtung ermöglicht.

**Optimierung der Monomermischung:** Neben den in den ersten drei Teilen dieser Serie beschriebenen Eigenschaften des neuen Initiators Ivocerin sind in Tetric EvoCeram Bulk Fill die Initiatoren Campherchinon und 2,4,6-Trimethylbenzoyldiphenylphosphinoxid (Acylophosphinoxid – vergleichbar mit Lucirin TPO) enthalten. Sie werden in einer abge-

stimmten Mischung bezüglich Reaktivität, Verarbeitungszeit, Durchhärtungstiefe und Festigkeit eingesetzt.

**Lichtunempfindlichkeit (Verarbeitungszeit bei Umgebungslicht):** Durch die Verwendung der Lichtinitiatoren Campherchinon, Acylophosphinoxid und Ivocerin kann Tetric EvoCeram Bulk Fill in Vier-Millimeter-Schichten appliziert und lichtgehärtet werden. Wesentlich dabei ist jedoch, dass die dadurch erzielte erhöhte Reaktivität nicht zu einer vorzeitigen Aushärtung führt, das heißt, dass die Verarbeitungszeit nicht verkürzt wird, die vor dem Start der Polymerisation für das Einbringen und Modellieren des Komposits zur Verfügung steht. Da lichthärtende Komposite generell Photoinitiatoren enthalten, die auf Blaulicht reagieren, kann durch den Blaulichtanteil von Umgebungs- und Operationslicht eine vorzeitige Polymerisation ausgelöst werden (Abb. 1).

Tetric EvoCeram Bulk Fill enthält einen patentierten Licht-Controller, der eine vorzeitige Polymerisation verhindert und für eine Verarbeitungszeit von mehr als drei Minuten (200 Sekunden) unter definierten Lichtbedingungen (ISO 4049:2009) von 8.000 Lux sorgt. Gängige phenolische Stabilisatoren (MeHQ, BHT) müssen in einer Konzentration von mindestens 1.000 Parts per Million (ppm) bezüglich des Monomers eingesetzt werden, um eine verzögernde Wirkung bei der Empfindlichkeit gegenüber Umgebungslicht zu erzeugen.

Der Licht-Controller kommt mit einem Zehntel der Menge aus. Dies hat einen großen Vorteil. Die geringe Menge an Stabilisator/Inhibitor verzögert eine Polymerisation bei

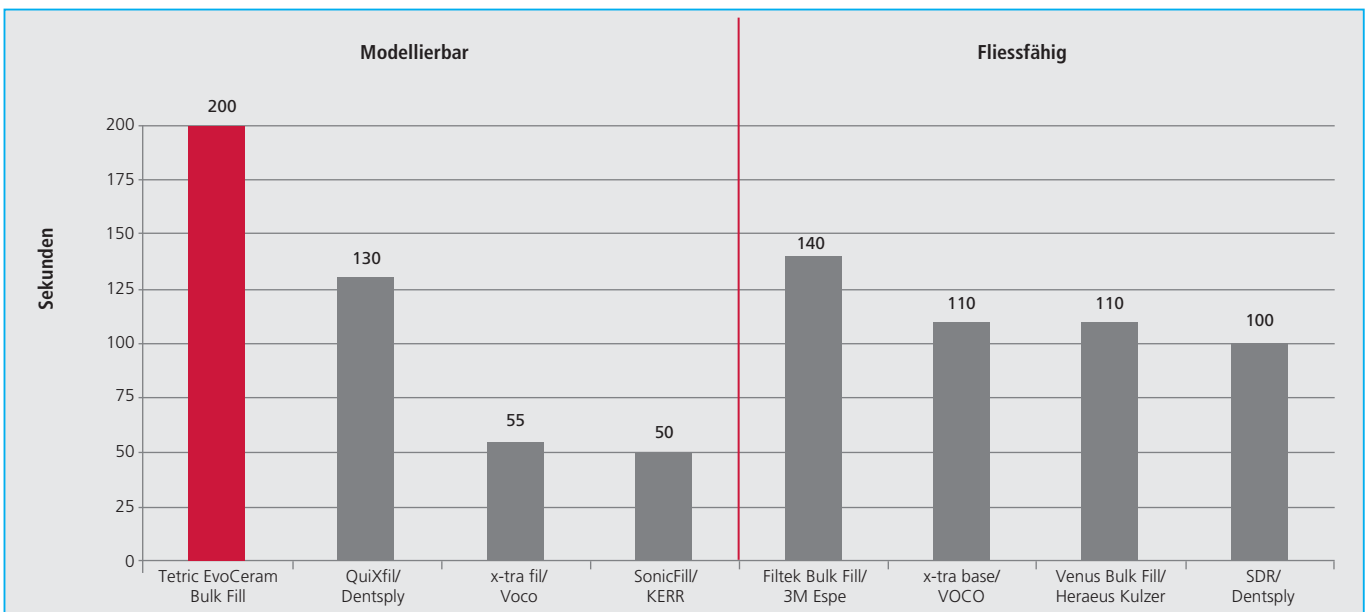


Abb. 1: Empfindlichkeit gegenüber Umgebungslicht/Verarbeitungszeit von verschiedenen Bulk-Fill-Kompositen, gemessen gemäß ISO 4049 (F&E Ivoclar Vivadent AG, Juni 2011)

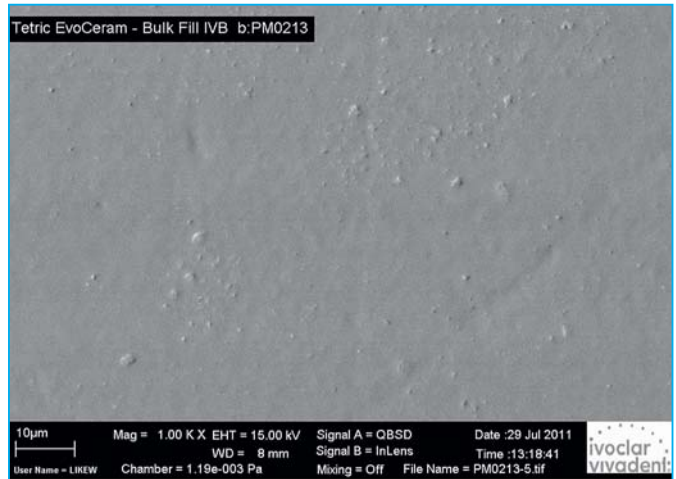
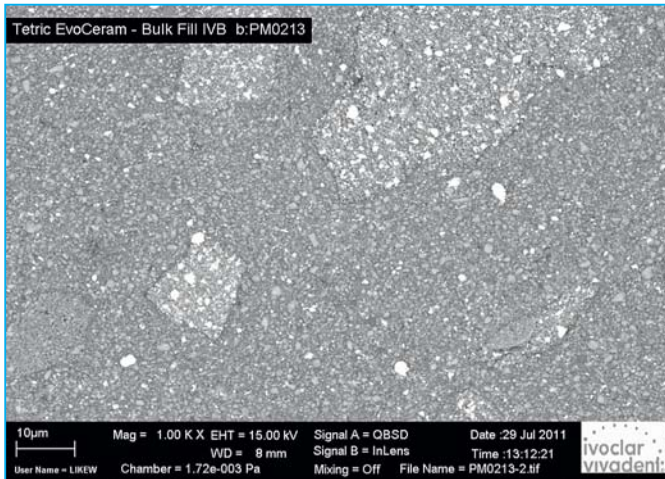


Abb. 2 und 3: Füllerszusammensetzung und Oberflächenstruktur von Tetric EvoCeram Bulk Fill, mittels Rasterelektronenmikroskop (Vergrößerung 1.000-fach, F&E Ivoclar Vivadent AG, 2011)

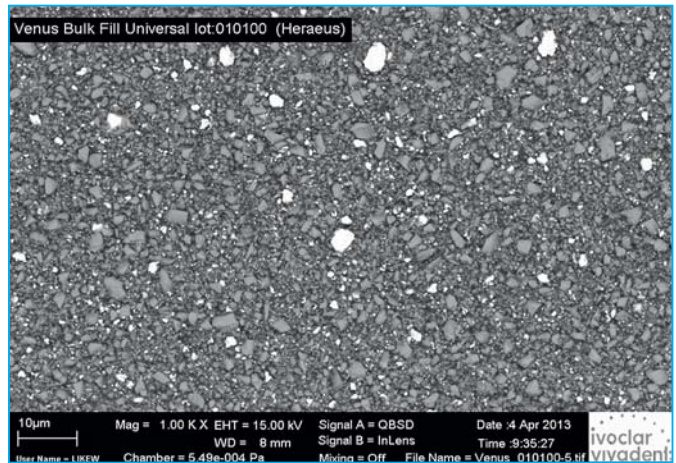
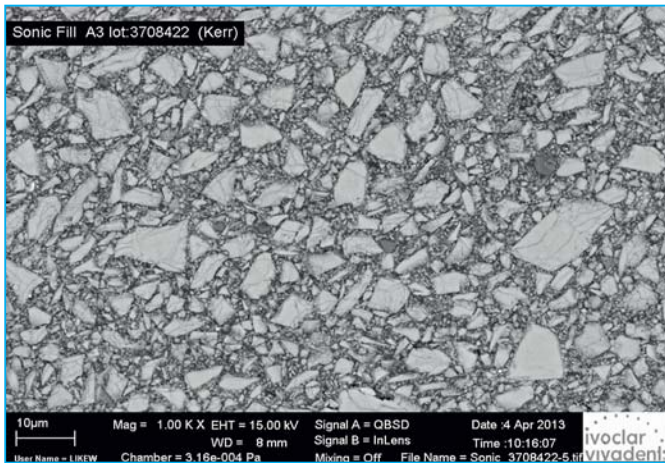


Abb. 4: SonicFill/Kerr (Vergrößerung 1.000-fach F&E, Ivoclar Vivadent AG, 2011)

Abb. 5: Venus Bulk Fill/Heræus Kulzer (Vergrößerung 1.000-fach, F&E Ivoclar Vivadent AG, 2011)

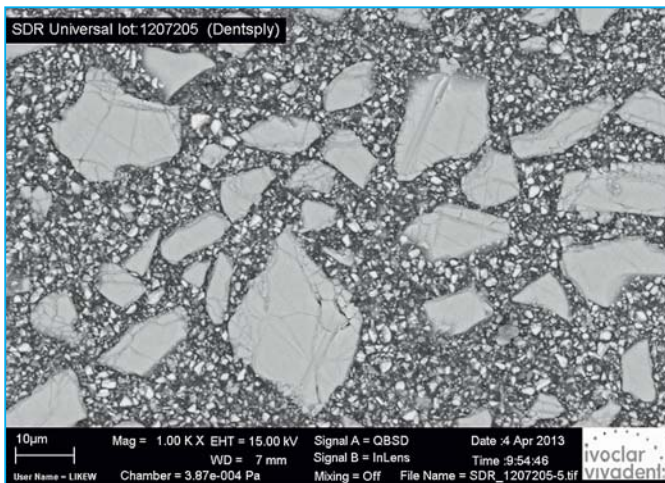


Abb. 6: SDR/Dentsply (Vergrößerung 1.000-fach, F&E Ivoclar Vivadent AG, 2011)

geringer Blaulichtintensität, ohne die Durchhärtungstiefe zu reduzieren und andere Polymerisationseigenschaften zu beeinträchtigen.

**Optimierung Füllermischung:** Die Füllertechnologie von Tetric EvoCeram Bulk Fill ba-

ximale Teilchengröße der anorganischen Füller des Bulk-Fill-Materials beträgt 3 Mikrometer (µm). Der Kompositfüller hat eine maximale Teilchengröße von 50 µm. Im polymerisierten Zustand verhält er sich wie die kleinen, darin enthaltenen anorganischen Pri-

siert auf jener des klinisch bewährten Tetric EvoCeram. Um die gewünschten Komposit-Eigenschaften zu erhalten, kommen im Bulk-Fill-Material verschiedene Füller zum Einsatz (Abb. 2 und 3). Die feinteiligen Primärteilchen der Füller sorgen für einen geringen Verschleiß und günstige Poliereigenschaften, wie geringe Oberflächenrauigkeit und hohen Glanz. Die ma-

märtpartikel. Keine großen Füllerpartikel ragen aus der Oberfläche heraus und die Füllung lässt sich auf Hochglanz polieren.

Andere Anbieter von Bulk-Fill-Materialien (Abb. 4 bis 6) setzen vorwiegend grobe Füller ein. Damit kann der Füllgrad erhöht und der Polymerisationschumpf reduziert werden. Aber wenn dieses Material auch als oberste Schicht eingesetzt wird, hat das sichtbaren Einfluss auf die Rauigkeit, Polierbarkeit, Verschleiß und Plaquesiedlung.

**Polierbarkeit:** Die Polierbarkeit spiegelt die Auswahl und Größenzusammensetzung der Füllerteilchen wider. Tetric EvoCeram Bulk Fill, bei dem die gleichen Füllergrößen wie in Tetric EvoCeram eingesetzt werden, besitzt die gleich gute Polierbarkeit wie dieses. Die zwei Komposite (SonicFill/Kerr, SDR Flow/Dentsply) mit den groben anorganischen Füllern zeigen auch nach 30 Sekunden Polieren einen sehr geringen Glanz (Abb. 7).

**Verschleiß:** Neben der Polierbarkeit hat die Füllerauswahl einen großen Einfluss

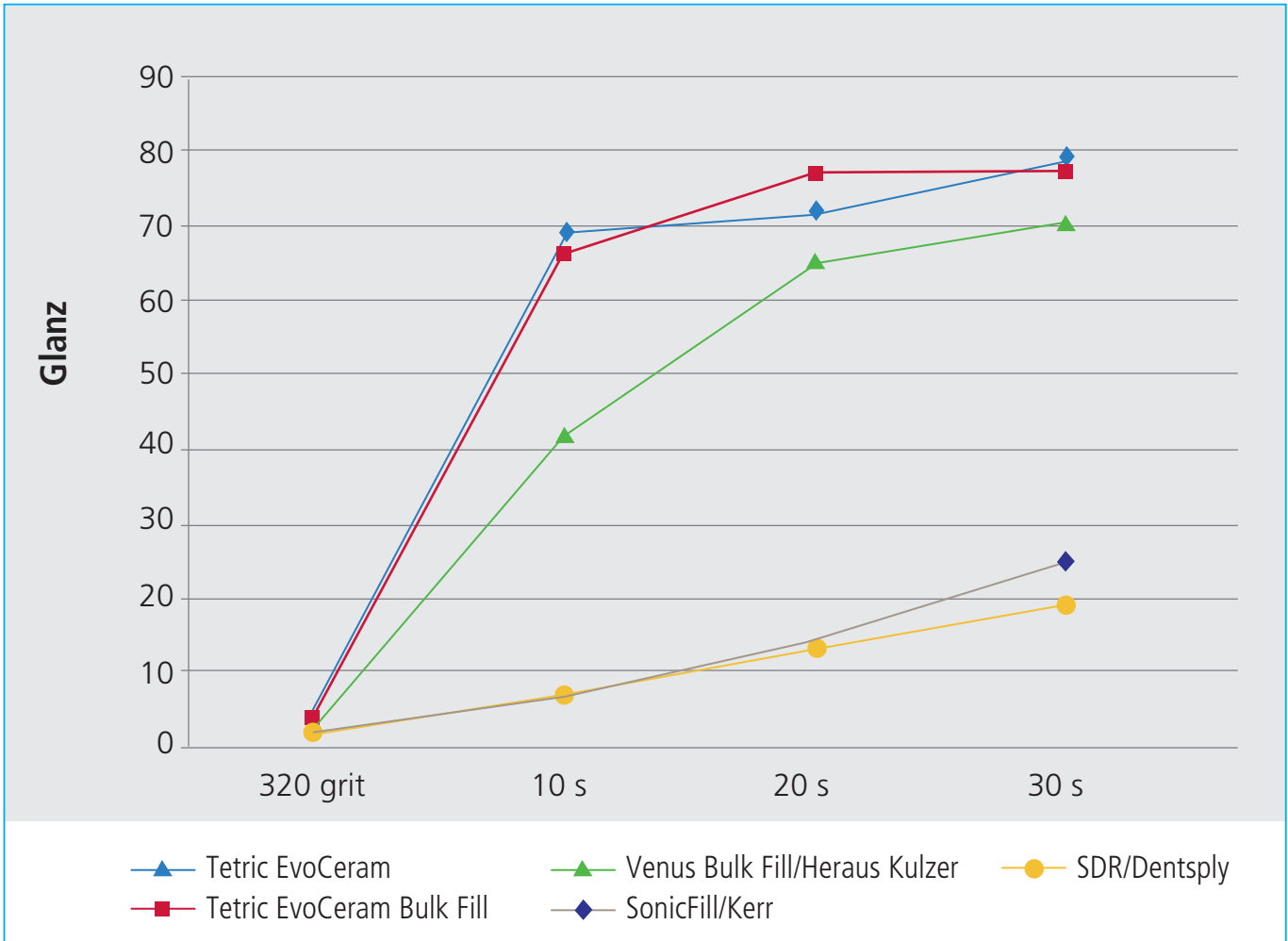


Abb. 7: Mittlerer Oberflächenglanz von fünf verschiedenen Komposit-Materialien im Vergleich zu Tetric EvoCeram Bulk Fill nach Politur mit OptraPol Next Generation – in Abhängigkeit von der Polierzeit (F&E Ivoclar Vivadent AG, 2011)

auf den Verschleiß des Komposits. Auch beim Verschleiß zeigen die Komposite mit einem sichtbar größeren Füller einen größeren Materialverschleiß als die Komposite mit kleineren Füllerteilchen (Abb. 8).

**Schrumpfung und Schrumpfungskraft und deren Einflussfaktoren:** Der Kompositfüller ist für eine reduzierte Polymerisations-schrumpfung und den geringeren Schrumpfungstress verantwortlich. In Tetric EvoCeram Bulk Fill kommt ein spezieller

Kompositfüller als Schrumpfungstress-Relaxator zum Einsatz.

Der Volumenschrumpf von Tetric EvoCeram Bulk Fill und SonicFill liegt nach einer Stunde unter 2 Prozent und ist somit vergleichbar zu schrumpfungsaarmen konventionellen Kompo-

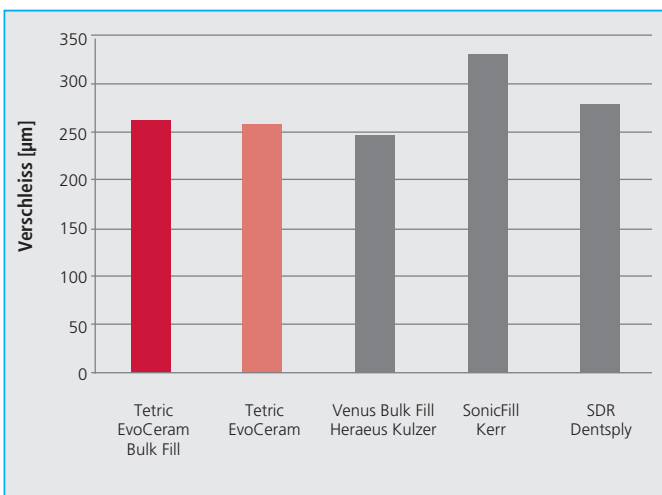


Abb. 8: Mittlerer vertikaler Verschleiß von Tetric EvoCeram Bulk Fill im Vergleich zu Tetric EvoCeram und anderen Bulk-Fill-Materialien (F&E Ivoclar Vivadent AG, 2011)

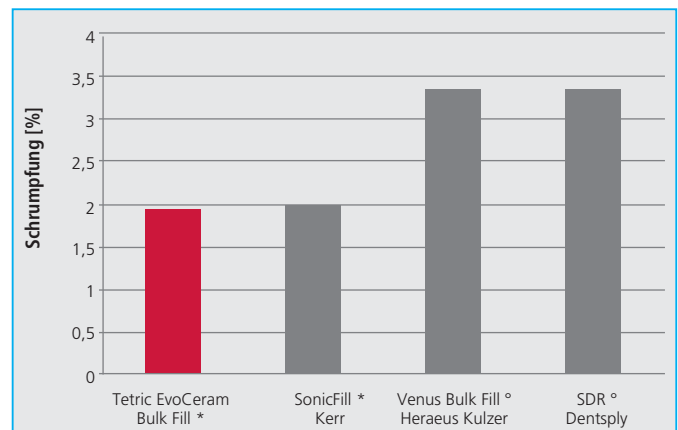


Abb. 9: Volumenschrumpfung von Bulk-Fill-Kompositen. (\*) gemessen mit dem Hg-Dilatometer nach 60 Minuten; (°) gemessen nach dem Archimedes-Prinzip. (Vogel K, Rheinberger V. Shrinkage and contraction force of bulk filling and microhybrid composites. AADR Abstract, 858, Florida 2012)

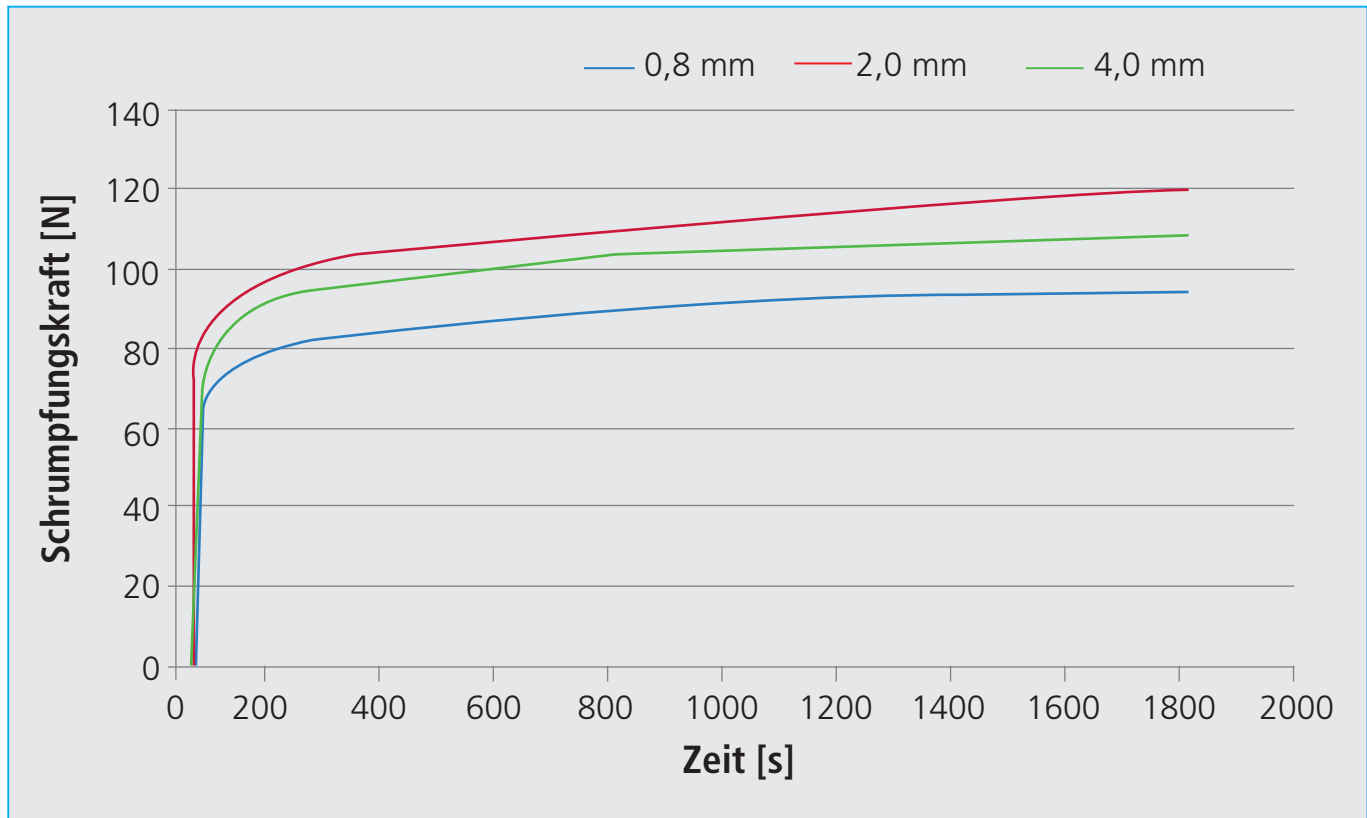


Abb. 10: Schrumpfungskraft von Tetric EvoCeram Bulk Fill in verschiedenen Schichtstärken (F&E Ivoclar Vivadent AG, Februar 2011)

**Schrumpfungstress im Vergleich zu anderen Bulk Fill- und konventionellen Composites**

Schichtstärke	Modellierbare Bulk-Fill-Composites			Fließfähige Bulk-Fill-Composites		Konventionelle Composites		
	Tetric EvoCeram Bulk Fill	SonicFill / Kerr	x-tra fil / Voco	SDR / Dentsply	Venus Bulk Fill / Heraeus Kulzer	Filtek Supreme XTE / 3M Espe	Filtek Z250 / 3M Espe	Herculite XRV Ultra / Kerr
0,8 mm	1,21 MPa	1,38 MPa	1,16 MPa	1,11 MPa	1,34 MPa	1,51 MPa	1,22 MPa	1,64 MPa
2,0 mm	1,51 MPa	1,77 MPa	1,8 MPa	nicht messbar		1,93 MPa	1,63 MPa	1,60 MPa
4,0 mm	1,40 MPa	1,77 MPa	1,83 MPa			nicht indiziert		

Tab. 1: Schrumpfungstress von Bulk-Fill- und konventionellen Kompositen bei verschiedenen Schichtstärken (F&E Ivoclar Vivadent AG, Februar 2013)

siten (Abb. 9). Der Schrumpf der fließfähigen Bulk-Fill-Komposite liegt mit 3,3 Prozent deutlich darüber.

Auf der anderen Seite wirkt der Komposit-Füller als Schrumpfungstress-Relaxator. Er ist ein sanfter Riese. Durch sein geringes E-Modul von 10.000 Megapascal (MPa) im Vergleich zu 70.000 MPa bei konventionellen Glasfüllern ist er in der Lage, den Schrumpfungstress abzufedern, was bei einem Bulk-Fill-Material besonders wichtig ist.

Mit einer Zunahme der Schichtstärke von 0,8 auf 2,0 mm steigt die Schrumpfungskraft an, wobei der Anstieg in den ersten Sekunden bei der höheren Schichtstärke geringer ist (Abb. 10). Durch den langsameren Anstieg ist

die Gefahr für Randspalten reduziert. Bei einer 4-mm-Schicht ist die Schrumpfungskraft kleiner als bei 2 mm und der Anstieg der Kurve ist nochmals deutlich flacher als bei einer Schichtstärke von 0,8 und 2,0 mm.

**Schrumpfungstress im Vergleich:** Mit der Zunahme der Schichtstärke von 0,8 auf 2,0 Millimeter steigt der Schrumpfungstress. Bei einer weiteren Zunahme der Schichtstärke auf 4 Millimeter wurde keine weitere Erhöhung des Schrumpfungstress gefunden. Auch weisen Bulk-Fill-Komposite in einer Vier-Millimeter-Schicht keinen höheren Stress auf als konventionelle Komposite in einer Zwei-Millimeter-Schicht. Von den model-

lierbaren Bulk-Fill-Materialien hat Tetric EvoCeram Bulk Fill den geringsten Schrumpfungstress bei 2 und 4 Millimetern (Tab. 1).

Dank Ivocerin ist es gelungen, ein ästhetisches Bulk-Fill-Material zu entwickeln, welches in einer 4-mm-Schicht innerhalb von 10 Sekunden aushärtet und gleichzeitig dem Vergleich in Bezug auf Oberflächenqualität, Verarbeitungszeit und Farbanpassung mit den aktuellen direkten Füllungscomposites Stand hält.

**Dipl.-Ing. Karin Vogel, Schaan (Liechtenstein)**

Dieser Artikel ist erstmals als Langfassung erschienen in: F&E-Report, Ivoclar Vivadent AG, Nr: 19, Juli 2013

# 5 Materialwissenschaftliche Beurteilung eines neuen Bulk-Fill-Materials

**Joanna-Claire Todd zu den materialwissenschaftlichen Untersuchungen von Tetric EvoCeram Bulk Fill mit neuem Photoinitiator**



Joanna-Claire Todd (BA, MPH) ist Research Associate im Wissenschaftlichen Dienst der Ivoclar Vivadent AG, in Schaan (Liechtenstein). Autorenkontakt unter E-Mail: joanna-claire.todd@ivoclarvivadent.com

Bevor Bulk-Fill-Komposite auf den Markt kamen, wurde standardmäßig die Anwendung der Zwei-Millimeter-Technik gelehrt [1, 2]. Damit sollten minimaler Schrumpfstress und eine ausreichende Durchhärtungstiefe gewährleistet werden. Auch die Transparenz und die Farbe beeinflussen die Durchhärtungstiefe. Je dunkler und opaker ein Komposit ist, desto geringer ist seine Durchhärtungstiefe [3]. *Tetric EvoCeram Bulk Fill* besitzt eine schmelzähnliche Transparenz von 15 Prozent. Durch den neuen Photoinitiator *Ivocerin* ist eine ausreichend tiefe Durchhärtung von bis zu 4 Millimetern (mm) sichergestellt, ohne die Ästhetik zu beeinträchtigen. Die folgenden Untersuchungen der Forschung und Entwicklung (F&E) der Ivoclar Vivadent AG in Schaan und die externen Untersuchungen belegen die Wirksamkeit der *Ivocerin*-Formulierung.

### Vickershärte

Zur Vickershärte erfolgte eine Untersuchung durch die F&E der Ivoclar Vivadent AG: Proben aus *Tetric EvoCeram Bulk Fill* in allen drei Farben wurden geschnitten und die Vickershärte an der Oberseite und in 4 mm Tiefe gemessen. Die Oberflächenwerte wurden gleich 100 Prozent gesetzt und die bei 4 mm gemessenen Werte in Relation dazu angegeben. Professor David Watts (Universität Man-

chester, Großbritannien) definierte eine akzeptable Durchhärtungstiefe, wenn die Härte an der Unterseite der Probe mindestens 80 Prozent der Oberflächenhärte beträgt [4]. Es wurde bei unterschiedlichen Lichtintensitäten gemessen, wobei die Belichtungszeiten entsprechend angepasst wurden, um einen ähnlichen Licht-Output zu erreichen. Bei allen Farben überstieg der bei 4 mm gemessene Wert 80 Prozent der Oberflächenhärte bei allen gewählten Belichtungsparametern (Abb. 1 bis 3).

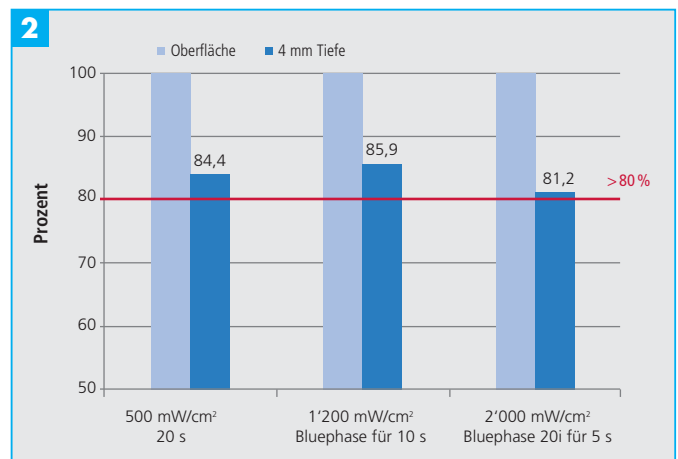
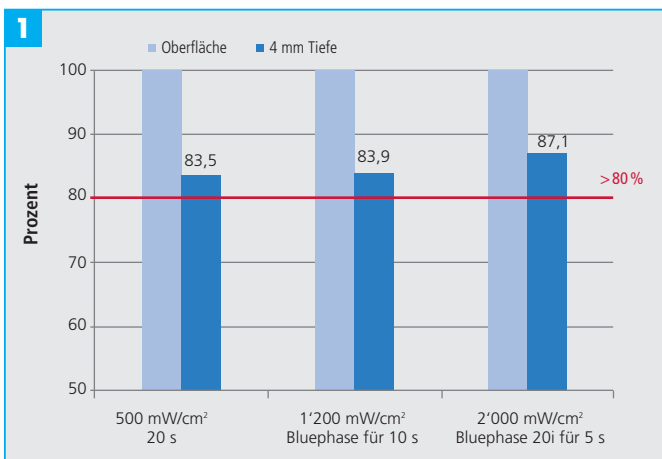
### Durchhärtung im Vergleich zu anderen Kompositen

Die Durchhärtung von *Tetric EvoCeram Bulk Fill* mit *Bluephase* und *Bluephase Style* im Vergleich zu anderen Kompositen wurde von Dr. A. Rzanny und M. Facht am Universitätsklinikum Jena (Deutschland) im Juli 2012 untersucht: Rzanny et al. verglichen die Durchhärtung und Vickershärte mit *Tetric EvoCeram Bulk Fill* (IVA), *Venus Bulk Fill* (Universal, Heraeus Kulzer) und *Tetric EvoCeram* (A3) nach einer Polymerisationszeit von zehn Sekunden mit *Bluephase G2* (1.200 Milliwatt pro Quadratzentimeter – mW/cm<sup>2</sup>) beziehungsweise *Bluephase Style* (1.100 mW/cm<sup>2</sup>).

Für die Durchhärtungstiefe (nach ISO 4049) wurden folgende Ergebnisse ermittelt: Für keines der Komposite zeigten sich signifikante Un-

terschiede zwischen den beiden Lichtgeräten. Bei den beiden Bulk-Fill-Kompositen *Tetric EvoCeram Bulk Fill* und *Venus Bulk Fill* überstiegen die ermittelten Werte die vom Hersteller angegebene zulässige Schichtdicke (4 mm) im Hinblick auf den Durchhärtungsgrad bei weitem (ca. 5 mm). *Tetric EvoCeram* ist kein „Bulk-Fill“-Komposit und daher für die Zwei-Millimeter-Schichttechnik indiziert (Abb. 4).

Vickershärte in dieser Untersuchung: Alle für *Tetric EvoCeram Bulk Fill* ermittelten Vickershärte-Messwerte überstiegen die notwendigen 80 Prozent. Bei der Aushärtung mit *Bluephase G2* betrug der Wert 87,6 Prozent nach 24 Stunden und 83,6 Prozent nach sieben Tagen. Bei Lichthärtung mit *Bluephase Style* lagen die Werte bei 80,3 Prozent nach 24 Stunden und 87,5 Prozent nach sieben Tagen. Die Autoren schlussfolgern, dass sowohl *Bluephase G2* als auch *Bluephase Style* sich gleichermaßen für die Lichthärtung der drei untersuchten Komposite eignen.



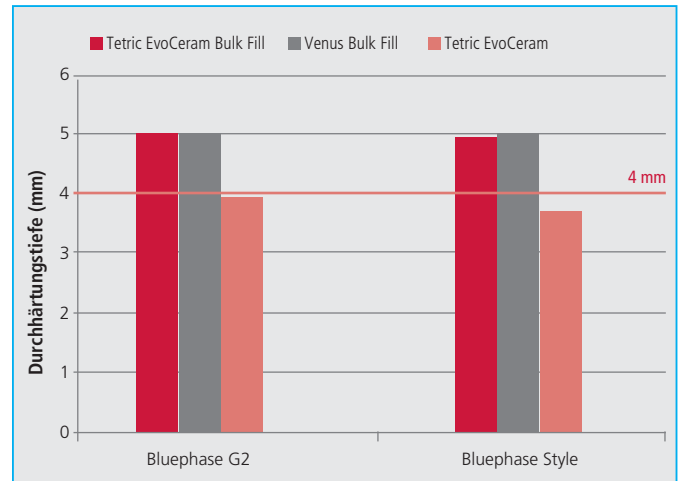
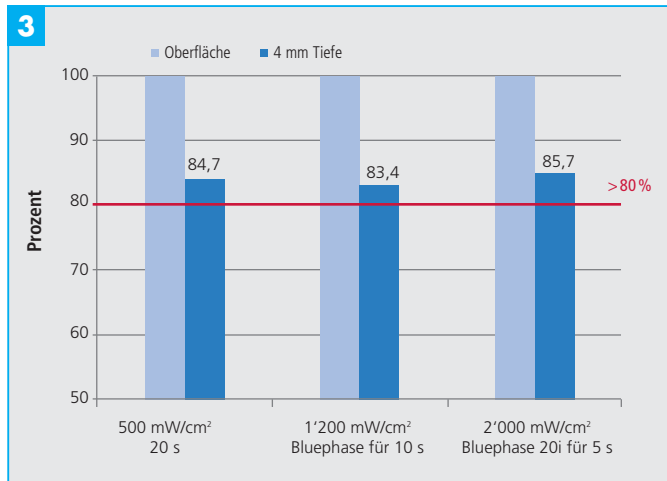


Abb. 1 bis 3: Tetric EvoCeram Bulk Fill Farben IVA ①, IVB ② und IVW ③ – Oberflächenhärte und prozentuale Härte in 4 mm Tiefe bei unterschiedlichen Lichtintensitäten Quelle: F&E, Ivoclar Vivadent

Abb. 4: Durchhärtungstiefe verschiedener Composite, mit Bluephase G2 und Bluephase Style zehn Sekunden lichtgehärtet Quelle: Dr. A. Rzanny, M. Facher, Universitätsklinikum Jena, Deutschland

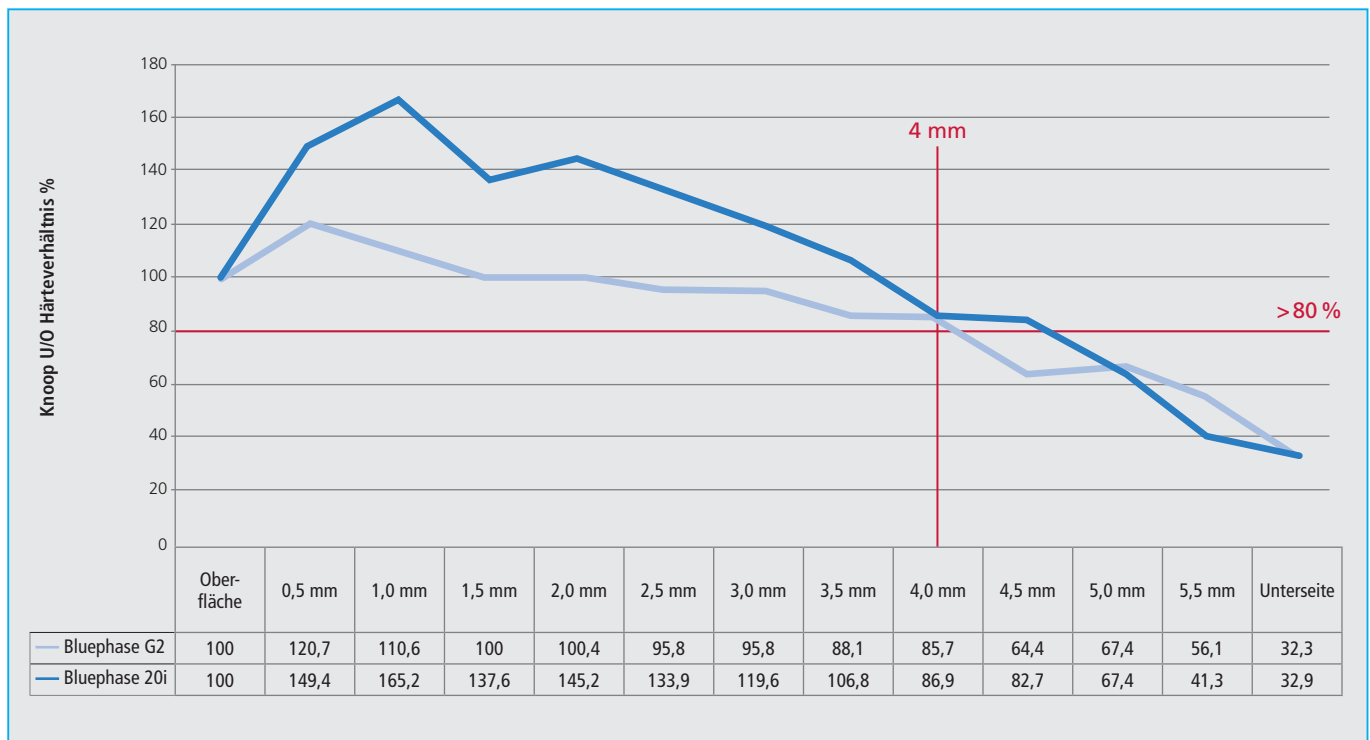


Abb. 5: Knoop-Härtewerte von Tetric EvoCeram Bulk Fill, gemessen in Abständen von 0,5 mm von oben nach unten Quelle: Sabatini, Oktober 2012

### Durchhärtungstiefe und Mikro-Oberflächenhärte

Die Untersuchung der Durchhärtungstiefe und Mikro-Oberflächenhärte eines neuen Bulk-Fill-Komposit-Systems wurde von C. Sabatini am Dental Biomaterials Research Laboratory, State University of New York, Buffalo, USA, im Oktober 2012 vorgenommen: Mittels Knoop-Härte-Tests untersuchte Sabatini die Durchhärtungstiefe und Mikro-Oberflächenhärte von Tetric EvoCeram Bulk Fill sowie von x-tra fil (Voco) und SonicFill (Kerr), beides ebenfalls Bulk-Fill-Materialien. Tetric EvoCeram diente als Kontrolle. Zwei verschiedene Lichtgeräte wurden verwendet: Bluephase G2 (1.200 mW/cm<sup>2</sup>) und Bluephase 20i Turbo-Modus

(2.000 mW/cm<sup>2</sup>), die Belichtungszeiten waren jeweils zehn beziehungsweise fünf Sekunden.

Ergebnisse: Die zweifaktorielle Varianzanalyse (Anova) ergab keinen Unterschied zwischen den durchschnittlichen u/o-Härteverhältnissen im Hinblick auf die verwendeten Lichtpolymerisationsgeräte. Jedoch ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen einzelnen Komposit-Füllungswerkstoffen, die mit demselben Lichtgerät ausgehärtet wurden ( $p < 0.001$ ), wie die Tabelle zeigt.

Bei der Polymerisation mit Bluephase G2 wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen x-tra fil, Tetric EvoCeram Bulk Fill und Tetric EvoCeram festgestellt. Aber alle unterschieden sich signifikant von SonicFill. Bei Po-

lymerisation mit der Bluephase 20i ergaben sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen x-tra fil, Tetric EvoCeram Bulk Fill und Tetric EvoCeram, die Werte von SonicFill waren signifikant niedriger als jene von Tetric EvoCeram Bulk Fill und Tetric EvoCe-

	x-tra fil / Voco (4 mm)	SonicFill / Kerr (5 mm)	Tetric EvoCeram Bulk Fill (4 mm)	Tetric EvoCeram (2 mm)
Bluephase G2	70,6 %	47,1 %	85,7 %	85,1 %
Bluephase 20i	69,4 %	55,6 %	86,9 %	81,4 %

Tabelle: Durchschnittliche u/o-Härteverhältnisse der einzelnen Materialien bei empfohlener Schichtdicke Quelle: Sabatini, Oktober 2012

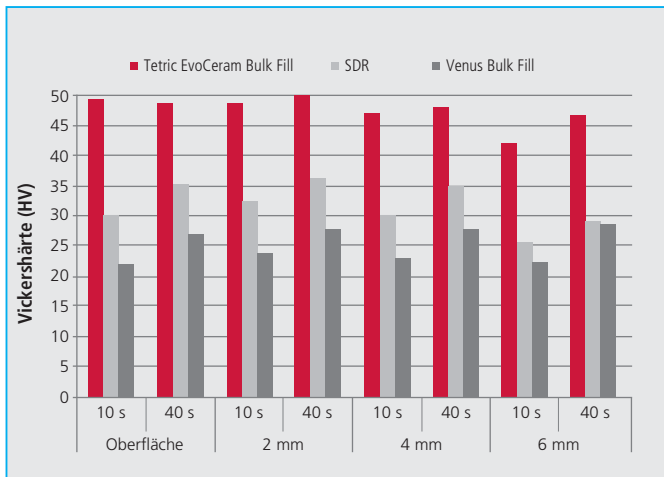


Abb. 6: Mikrohärtigkeit (HV) von verschiedenen Kompositen, gemessen in verschiedenen Tiefen und bei verschiedenen Belichtungszeiten

Quelle: S. Zawawi, Boston University, USA

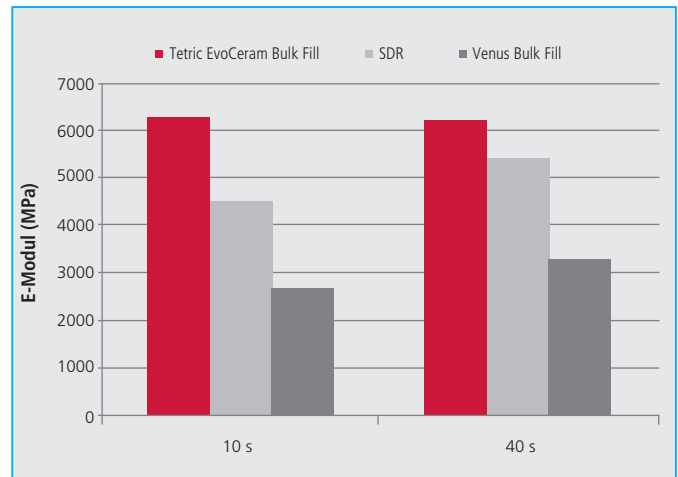


Abb. 7: Durchschnittlicher Elastizitätsmodul verschiedener Komposite bei einer Belichtungszeit von zehn beziehungsweise 40 Sekunden

Quelle: S. Zawawi, Boston University, USA

ram, aber nicht signifikant niedriger als jene von *x-tra fil*. Zu bemerken ist, dass *Tetric EvoCeram Bulk Fill* bei 4 mm und *Tetric EvoCeram* bei 2 mm das Watts-Kriterium von 80 Prozent bei allen Messungen überschritten. *X-tra fil* und *SonicFill* haben die 80 Prozent in dieser Untersuchung nicht erreicht.

Die Grafik in **Abbildung 5** zeigt die in verschiedenen Tiefen gemessenen u/o-Knoop-Härteverhältnisse von *Tetric EvoCeram Bulk Fill*, wenn mit den beiden angegebenen Lichtgeräten ausgehärtet wurde. Die Untersuchung zeigte, dass in einer Tiefe von 4 mm der u/o-Knoop-Härteverhältnisse von *Tetric EvoCeram Bulk Fill* die notwendigen 80 Prozent bei weitem überstieg, unabhängig von der Lichtquelle. *Tetric EvoCeram* zeigte dieselben Ergebnisse bei 2 mm.

### Auswirkungen der Belichtungsdauer auf Durchhärtungstiefe und Elastizitätsmodul

In einer Studie wurden die Auswirkungen der Belichtungsdauer auf Durchhärtungstiefe und Elastizitätsmodul von Bulk-Fill-Kompositen [5] untersucht. S. Zawawi et al. am Department für Restorative Sciences and Biomaterials, Boston University, Boston (MA) USA, haben Vickershärtewerte ermittelt, um den Einfluss der Belichtungsdauer auf die Durchhärtungstiefe und den Elastizitätsmodul der Bulk-Fill-Komposite *Tetric EvoCeram Bulk Fill*, *SDR* (Dentsply) und *Venus Bulk Fill* (Heraeus Kulzer) zu untersuchen. Für die Polymerisation (zehn beziehungsweise 40 Sekunden) wurde die *Bluephase 16i* (1.600 mW/cm<sup>2</sup>) verwendet. Die Härte an der Oberfläche und in zwei, vier und 6 mm Tiefe wurde ermittelt.

In den Ergebnissen zeigte *Tetric EvoCeram Bulk Fill* eine höhere Mikrohärtigkeit als *SDR* und *Venus Bulk Fill*, unabhängig von Messtiefe und Belichtungszeit (Abb. 6).

Der mittlere Elastizitätsmodul jedes Bulk-Fill-Komposits nach zehn beziehungsweise 40 Sekunden Belichtungszeit wurde ebenfalls ermittelt (Abb. 7). Bei *Tetric EvoCeram Bulk Fill* ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen 10 und 40 Sekunden lang belichteten Proben; was bei *SDR* und *Venus Bulk Fill* anders war. Es wurden klare Unterschiede bei einer Belichtung von zehn und 40 Sekunden (Erhöhung) erkennbar.

Schlussfolgerung: *Tetric EvoCeram Bulk Fill* erreicht bessere mechanische Werte als vergleichbare Produkte, und sie werden von der Belichtungszeit praktisch nicht beeinflusst

(zehn beziehungsweise 40 Sekunden). Zu bemerken ist, dass bei *Tetric EvoCeram Bulk Fill* die Vickershärte an der Unterseite sowohl bei 4 mm (10 Sekunden = 95,5 Prozent, 40 Sekunden = 98,5 Prozent) als auch bei 6 mm (10 Sekunden = 85,7 Prozent, 40 Sekunden = 96,2 Prozent) weit über den von Watts empfohlenen 80 Prozent liegt. Die Studien zu Vickershärte und Knoop-Härte belegen die Wirksamkeit der *Ivocerin*-Formulierung, das heißt, die Durchhärtungstiefe von mindestens 4 mm wird mit *Tetric EvoCeram Bulk Fill* erfüllt.

**Joanna-Claire Todd (BA, MPH),  
Schaan (Liechtenstein)**

Dieser Artikel ist erstmals als Langfassung erschienen in: *F&E-Report, Ivoclar Vivadent AG, Nr. 19, Juli 2013.*

## L I T E R A T U R

- [1] Pilo R, Oelgiesser D, Cardash H. A survey of output intensity and potential for depth of cure among light-curing units in clinical use. *J Dent* 27 (1999) 235-259.
- [2] Sakaguchi R, Douglas W, Peters M. Curing light performance and polymerization of composite restorative materials. *J Dent* 20 (1992) 183-8.
- [3] Kawaguchi M, Fukushima T, Miyazaki M. The relationship between cure depth and transmission coefficient of visible-light-activated resin composites. *J Dent Res* 73 (1994) 516-521.
- [4] Watts D, Amer O, Combe E. Characteristics of visible light activated composite systems. *Br Dent J* (1984) 209-215.
- [5] Zawawi S, Brulat N, Nathanson D. Curing duration vs. depth of cure and modulus of bulk fill composites. Brazil (2012) IADR Abstract 121.

# 6 Simulationsprüfungen im Labor zum neuen Bulk-Fill-Material und deren klinische Bedeutung

**Dr. Siegward Heintze über In-vitro-Tests mit Tetric EvoCeram Bulk Fill mit neuem Photoinitiator**

Für Jahrzehnte wurde Studentinnen und Studenten der Zahnmedizin beigebracht, bei direkten Füllungen aus Komposit dieses in Schichten in die Kavität einzubringen. Der Hauptgrund war die geringe Durchhärtungstiefe gängiger Komposite (ein bis zwei Millimeter [mm]). Andere genannte Gründe waren die bei der Polymerisation des Komposits auftretende Schrumpfung beziehungsweise Schrumpfungsspannung, die man glaubte mittels Schichttechnik teilweise kompensieren zu können. Es wurde proklamiert, dass die Schrumpfung des Komposits zu Randspalten führen kann, zur Ablösung vom Kavitätenboden oder/und – bei gutem Verbund zum Zahn – zur Bewegung der verbliebenen Restzahn-

substanz (Höckerbewegung); letztere soll ein Risiko bezüglich der Bildung von Schmelz-/Dentnrissen, Infraktionen und Höckerfrakturen darstellen.

Wie wäre es, wenn man ein Kompositmaterial hätte, das mit einem normalen Polymerisationsgerät in dicken Schichten bis 4 mm komplett aushärtet und zudem noch sehr unempfindlich gegenüber Behandlungsfehlern ist, zum Beispiel, ob man den Lichtleiter schräg oder mit deutlicher Entfernung von der Füllung polymerisiert? Tatsächlich gibt es ein solches Material, und welche Fehler es verzeiht beziehungsweise wie es sich in den Kavitäten extrahierter Zähne verhält, soll in der Folge dargestellt werden.



*Dr. Siegward Heintze ist Leiter der Abteilung Präklinik der Ivoclar Vivadent AG in Schaan (Liechtenstein), Autorenkontakt unter: siegward.heintze@ivoclarvivadent.com*

und zwar mit 4 mm Tiefe approximal, 3 mm Tiefe okklusal und einer Breite von oral nach bukkal von 5 mm (Abb. 1). Auf der einen Seite des Zahns wurde *Tetric EvoCeram Bulk Fill* in einer Schicht appliziert, auf der anderen Seite des Zahns *Tetric EvoCeram* in drei Schichten – eine horizontale gingival und je eine schräge bukkal beziehungsweise oral (Abb. 2 und 3). Jede Schicht wurde mit dem **Blu-ephase G2**-Polymerisationsgerät für 10 Sekunden polymerisiert (1.200 Milliwatt pro Quadratzentimeter – mW/cm<sup>2</sup>). Es wurden zwei Adhäsivsysteme untersucht, das Einkomponenten Etch-&-Rinse-System *Excite F* und das selbstätzende Zweikomponenten-System *AdheSE*.

Pro Prüfgruppe wurden acht Füllungen gelegt; der gesamte Füllungsrand lag im Schmelz. Nach Legen der Füllung, Entfernung der Überschüsse und Politur wurden die so gefüllten Zähne zunächst 24 Stunden in Wasser gelagert und danach zehn Tage einer Temperaturwechselbelastung unterzogen (10.000 Zyklen zwischen 5 Grad Celsius und 55 Grad Celsius). Danach wurden Replikate hergestellt und die Randqualität mittels Rasterelektronenmikroskop (REM) evaluiert (Abb. 4 und 5).

In der **Abbildung 6** ist der prozentuale Anteil an regelmäßigem Rand im axioapproximalen Teil dargestellt. Auf den ersten Blick fällt auf, dass es zwischen Bulk- und Schichttechnik keinen Unterschied gibt, und dass das Adhäsivsystem der bestimmende Faktor für die Randqualität ist und nicht die Art der Schichttechnik: Das Etch-&-Rinse-System, bei dem der präparierte Schmelz mit 36 Prozent Phosphorsäure angeätzt wurde, zeigt signifikant bessere Füllungsänder



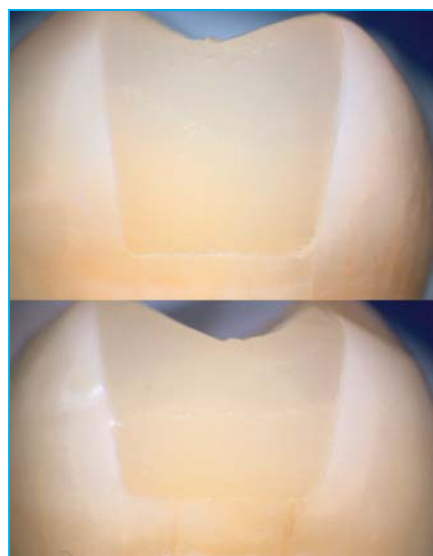
*Abb. 1: Extrahierter UK-Molar mit zweiflächigen Kavitäten*



*Abb. 2: Nach dem Legen der Füllungen und Entfernung der Überschüsse. Linke Seite: Tetric EvoCeram Bulk Fill in einer Schicht; rechte Seite: Tetric EvoCeram in 3 Schichten*

## Tetric EvoCeram Bulk Fill und Randspalten

Es galt die Vermutung zu erhärten oder zu widerlegen, ob „dicke“ Inkremente von Kompositen im Vergleich zur üblichen Schichttechnik eine schlechtere Randqualität erzeugen. Um dies zu prüfen, wurde als Prüfmodell ein extrahierter Unterkiefer-Molar verwendet, bei dem mesial und distal je eine approximal-okklusale Kavität präpariert worden ist,



*Abb. 3: Approximale Ansicht – oben Tetric EvoCeram Bulk Fill, unten Tetric EvoCeram*



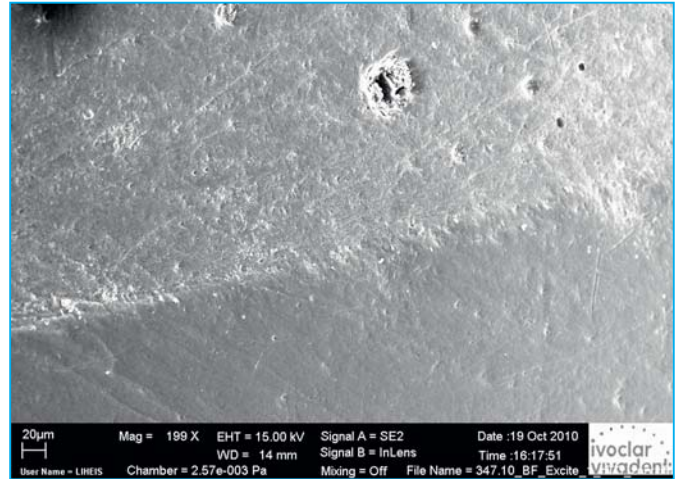
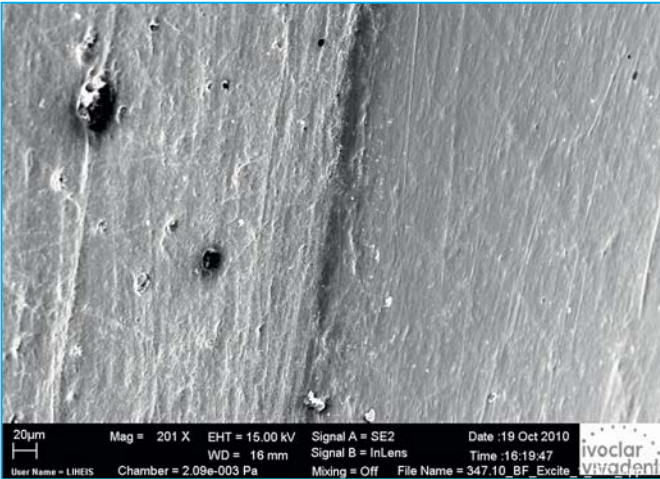


Abb. 4 und 5: REM-Aufnahmen ( $\times 200$ ) des Randes einer Füllung mit Tetric EvoCeram Bulk Fill und dem Etch-&-Rinse-System Excite F an einem extrahierten Molaren nach 10.000 Zyklen Temperaturwechselbelastung

Abb. 4 axio-approximaler Schmelz, Abb. 5 zervikaler Schmelz

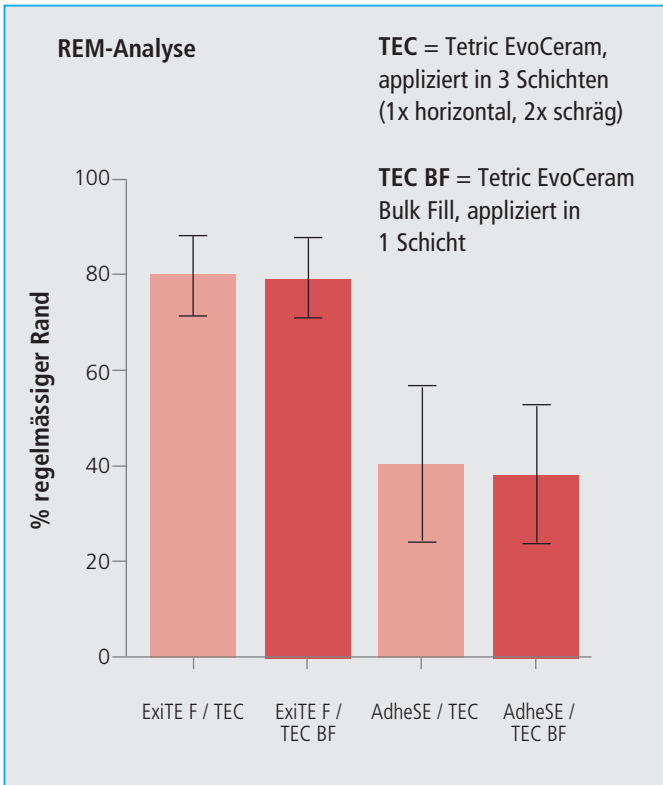


Abb. 6: Prozentualer Anteil an regelmäßigem Rand (und Standardabweichung) nach REM-Analyse ( $\times 200$ ) von Füllungen an extrahierten Unterkiefer-Molaren nach 10.000 Zyklen Temperaturwechselbelastung in Relation zum Füllmaterial und zur Fülltechnik

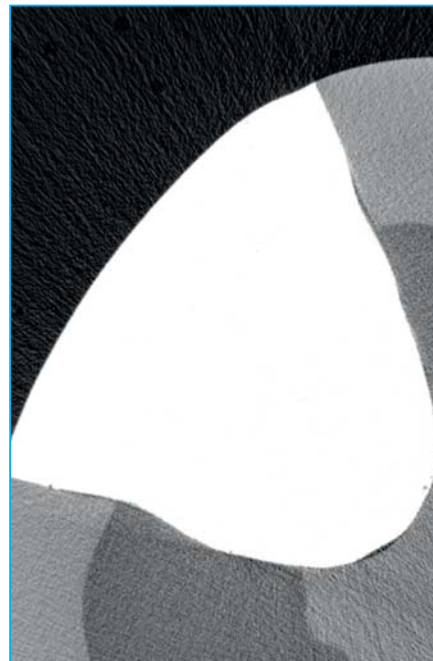


Abb. 7: Zweiflächige Füllung mit Tetric EvoCeram Bulk Fill an einem Molaren; horizontaler Schnitt einer Micro-CT-Aufnahme (Auflösung 7 Mikrometer; mit freundlicher Genehmigung von Scanco Medical, Switzerland). Es sind eine gute Adaptation zum Rand und wenige Luftblasen zu sehen

Quelle: Scanco Medical

von Füllungen waren Randkaries und Füllungsfrakturen, wobei bei Randkaries überwiegend bei Patienten mit hohem Kariesrisiko auftrat. Eine andere Studie derselben Forschergruppe, bei der bei 59 Probanden Klasse-II-Füllungen mit Excite und Tetric Ceram eingesetzt wurden, kam zu einem ähnlichen Ergebnis [2]: Nach sieben Jahren zeigten nur ca. 10 Prozent der Füllungen Randverfärbungen, und nur 2 Füllungen wiesen Randkaries auf. Dieses Ergebnis stimmt auch mit den oben dargestellten Ergebnissen in-vitro überein. Andere Studien mit Excite und AdheSE belegen die klinische Überlegenheit hinsichtlich Randqualität von Seitenzahnfüllungen mit Excite im Vergleich zu AdheSE [3-5].

(weniger Spalten und Unregelmäßigkeiten) als das selbstständige System.

In Abbildung 7 ist das Schnittbild einer Zahnfüllung dargestellt, die mit einem hoch auflösenden Mikro CT geröntgt worden ist. Die Füllung adaptiert sich gut am Kavitätenrand, und es sind kaum größere Luftblasen zu erkennen.

Wenn es nun im Labor keinen Unterschied zwischen den Füllungen mit Tetric EvoCeram Bulk Fill (eine Schicht) und Tetric EvoCeram (drei Schichten) gab, so könnte man die Er-

gebnisse klinischer Studien mit konventionell geschichteten Kompositen heranziehen, bei denen Excite F (oder ein anderes Etch-&-Rinse-System) und AdheSE verwendet worden sind. Man könnte dann erwarten, dass man mit Tetric EvoCeram Bulk Fill ähnliche Ergebnisse erzielen müsste.

Diese Studien gibt es. Zu Tetric EvoCeram und Excite liegen klinische Ergebnisse bis zu sechs Jahren vor. Bei einer Studie waren nach sechs Jahren noch fast 90 Prozent der Füllungen intakt [1]; der Hauptgrund für den Ersatz

von Seitenzahnfüllungen mit Excite im Vergleich zu AdheSE [3-5].

Da für diese Gruppen mit den beiden Adhäsivsystemen (Excite F und AdheSE) klinische Daten für Klasse-II-Füllungen der internen Klinik vorliegen, sowie Daten aus anderen publizierten klinischen Studien mit anderen Kompositen, die die gute klinische Performance der Füllungen mit AdheSE und Excite belegen, kann man klinisch – vorbehaltlich der Limitation von Laborprüfungen sowie der Berücksichtigung anderer Kenndaten wie Bie-

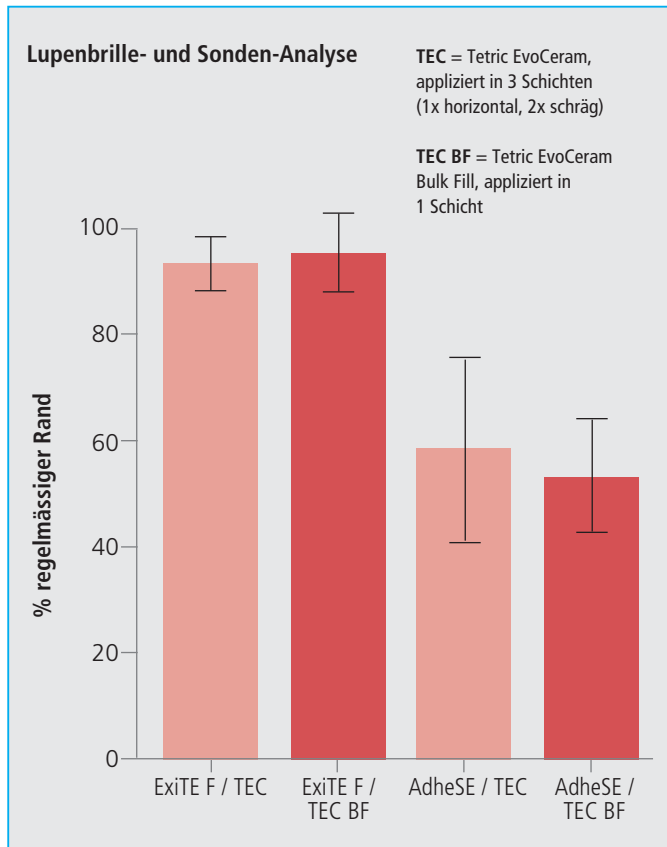


Abb. 8: Prozentualer Anteil an regelmäßigem Rand (und Standardabweichung) nach Analyse mit Lupenbrille und Sonde von Füllungen an extrahierten Unterkiefer-Molaren nach 10.000 Zyklen Temperaturwechselbelastung in Relation zum Füllmaterial und Fülltechnik

Abb. 1 bis 6 und 8: Ivoclar Vivadent AG, Schaan

gefestigkeit, Expansion, Schrumpf etc. – annehmen, dass die klinischen Ergebnisse der mit *Tetric EvoCeram Bulk Fill* gelegten Füllungen jener der Füllungen mit geschichteten

Sonde –, ist der Unterschied weniger deutlich (Abb. 8) [6].

Die Füllungsrandbereiche mit Spalten und Unregelmäßigkeiten führen jedoch selten zu

*Tetric EvoCeram* entsprechen werden.

Wie kommt es nun aber, dass klinisch – bezüglich Randverfärbungen – zwischen den Füllungen mit dem selbststärkenden Zweikomponenten-System und dem Etch- & Rinse-System nicht so eine große Differenz zu beobachten gewesen war, wie es die Labordaten vermuten ließen? Die Antwort liegt einfach darin, dass man die Füllungsrande mit dem Mikroskop viel zu genau evaluiert und schon kleine Unregelmäßigkeiten und Spalten sieht und notiert, die klinisch keine Auswirkungen haben. Wenn man die Füllungen in-vitro genau evaluiert wie es der Zahnarzt am Patienten macht – nämlich mit Lupenbrille und spitzer

Randkaries, können aber mit der Zeit Randverfärbungen verursachen, welche der Zahnarzt als Randkaries fehldeutet und die Füllung unnötigerweise ersetzt. Eine unlängst veröffentlichte Meta-Analyse von 59 klinischen Studien von Seitenzahnfüllungen mit Kompositen ergab, dass im Mittel nach zehn Jahren Randverfärbungen siebenmal häufiger diagnostiziert worden waren als Randkaries (21 Prozent der Füllungen versus 3 Prozent der Füllungen) [7]; das Auftreten von Randkaries war im Übrigen unabhängig von der Art des Adhäsivsystems. Randkaries tritt meist bei Patienten mit hoher Kariesaktivität auf.

**Zusammenfassung**

*Tetric EvoCeram Bulk Fill* mit dem neuartigen Initiatorsystem *Ivocerin* ist ein ideales Material für die direkte Füllungstechnik, das es erlaubt, Kavitäten mit großen Inkrementen bis 4 mm aufzufüllen. Die Applikation von 4-mm-Kavitäten mit einer Schicht *Tetric EvoCeram Bulk Fill* führt im Vergleich zu einer Fülltechnik mit drei Inkrementen nicht zu mehr Randspalten im Schmelz. Verschiedene Untersuchungen haben gezeigt, dass der bestimmende Faktor für die Randqualität nicht das Komposit ist, sondern das Adhäsivsystem. *Tetric EvoCeram Bulk Fill* erlaubt eine effiziente Seitenzahnversorgung, ohne qualitative Kompromisse eingehen zu müssen.

**Dr. Siegwald Heintze, Schaan (Liechtenstein)**

Artikel erstmals als Langfassung erschienen in: *F&E-Report, Ivoclar Vivadent AG, Nr. 19, Juli 2013*

**L I T E R A T U R**

[1] van Dijken JW, Pallesen U. A six-year prospective randomized study of a nano-hybrid and a conventional hybrid resin composite in Class II restorations. *Dent Mater* 29 (2013) 191-198

[2] van Dijken JW, Pallesen U. Clinical performance of a hybrid resin composite with and without an intermediate layer of flowable resin composite: a 7-year evaluation. *Dent Mater* 27 (2011) 150-156.

[3] Boeckler A, Boeckler A, Eppendorf K, Schaller HG, Gernhardt CR. A Prospective, randomized clinical trial of a two-step self-etching vs two-step etch-and-rinse adhesive and SEM margin analysis: Four-year results. *J Adhes Dent* 6 (2012) 582–592.

[4] Palaniappan S, Elsen L, Lijnen I, Peumans M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Nanohybrid and microfilled hybrid versus conventional hybrid composite restorations: 5-year clinical wear performance. *Clin Oral Invest* 16 (2012) 181-190.

[5] Barabanti N, Gagliani M, Roulet JF, Testori T, Özcan M, Cerutti A. Marginal quality of posterior microhybrid resin composite restorations applied using two polymerization protocols: 5-year randomised split mouth trial. *J Dent* 41 (2013) 436–442.

[6] Heintze SD. Clinical relevance of tests on bond strength, microleakage and marginal adaptation. *Dent Mater* 29 (2013) 59-84.

[7] Heintze SD, Rousson V. Clinical effectiveness of direct class II restorations - A metaanalysis. *J Adhes Dent* 14 (2012) 407-431.

## 7 Sicheres Aushärten des Komposits auch bei fehlerhafter Polymerisation

Dr. Siegward Heintze über In-vitro-Tests zur Polymerisation mit Tetric EvoCeram Bulk Fill

Ein Bulk-Fill-Komposit wie *Tetric EvoCeram Bulk Fill* mit dem neuartigen Initiatorsystem *Ivocerin* ist ein ideales Material für die direkte Schichttechnik, das es erlaubt, Kavitäten mit großen Inkrementen bis 4 Millimeter (mm) Stärke aufzufüllen. Doch wie verhält sich das Material hinsichtlich Fehlern bei der Polymerisation, zum Beispiel, wenn man den Lichtleiter schräg aufsetzt oder mit deutlicher Entfernung von der Füllung polymerisiert?

In Vorträgen von Professoren und Opinion Leadern wird immer wieder auf Fehler von Praktikern aufmerksam gemacht, die dazu führen sollen, dass das Kompositmaterial un-

zureichend polymerisiert. So wird gezeigt, dass bei approximalen Füllungen ein Lichtschatten entsteht, wenn der Lichtleiter in Relation zur Füllung abgewinkelt wird (Abb. 1),

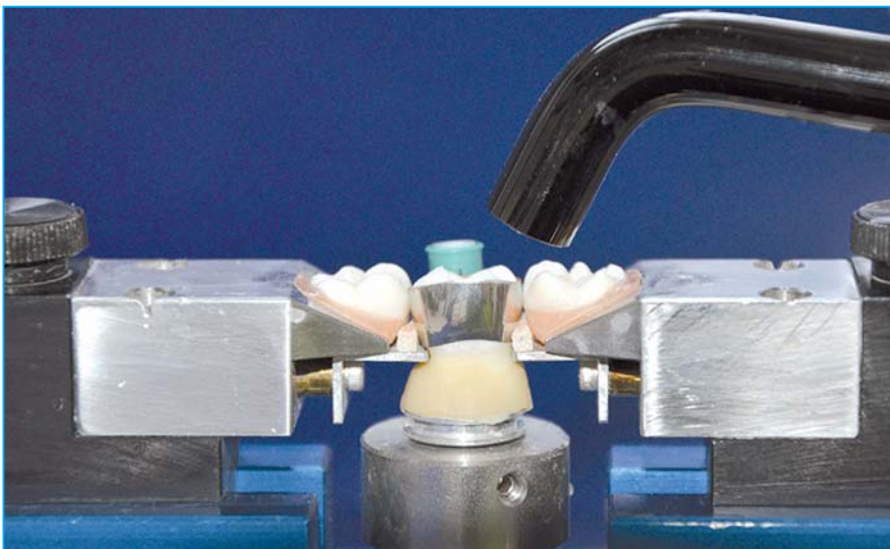


Abb. 1: Schräge Position des Lichtleiters und 5-mm-Abstand vom Zahn

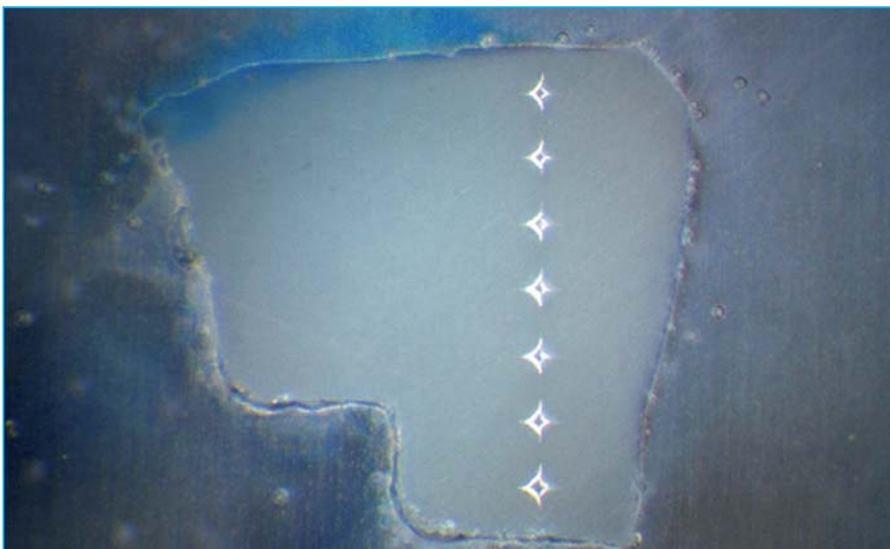


Abb. 2: Eindrücke der Vickershärteprüfung in der 4-mm-Kompositfüllung

wenn der Abstand von Lichtleiter zur Füllung zu groß ist oder wenn der Lichtleiter nicht genau auf der Füllung positioniert ist. Interessanterweise werden diese Aussagen nicht mit Studienergebnissen belegt – und es finden sich auch praktisch keine Studien zu den oben genannten vielfältigen Abweichungen von der Normalposition des Lichtleiters. Allein die Erhöhung des Abstands vom Komposit wurde in einigen wenigen Studien untersucht, und es wurde festgestellt, dass mit steigendem Abstand die Durchhärtung reduziert ist, wobei die Ergebnisse auch von der Art des Polymerisationsgeräts abhängen [1].

Doch wie verhält sich das Material *Tetric EvoCeram Bulk Fill* hinsichtlich Fehlern bei der Polymerisation? Um dieser Frage nachzugehen, wurde ein Prüfplan aufgestellt, bei dem verschiedene Szenarien untersucht worden sind:

- Prüfgruppe 1:** Lichtleiter senkrecht auf Komposit,
- Prüfgruppe 2:** Lichtleiter im Winkel von 40 Grad auf Komposit,
- Prüfgruppe 3:** Lichtleiter senkrecht im Abstand von 5 mm auf Komposit,
- Prüfgruppe 4:** Lichtleiter im Abstand von 5 mm und 40 Grad Abwinkelung auf Komposit,
- Prüfgruppe 5:** Lichtleiter wird senkrecht auf die Mitte des Molarenzahns gehalten, sodass beide approximalen Füllungen nur teilweise Licht bekommen,
- Prüfgruppe 6:** genau wie Gruppe 5, aber mit 5 mm Abstand,
- Prüfgruppe 7:** Lichtleiter senkrecht auf Komposit. Das gesamte Lichtaustrittsfenster ist mit einer Schicht Komposit verklebt (Dicke 0,8 mm).

Als Prüfmodell diente dasselbe Modell, das auch zur Prüfung der marginalen Adaptation verwendet worden ist (siehe Teil 6 dieser Serie, Abb. 1 bis 3). Vor der Applikation des Komposits wurde eine Stahlmatrize mit Holzkeil gelegt und die Kavität leicht mit Glycerin-Gel isoliert, sodass man das Komposit wieder in einem Stück herausbekam. *Tetric EvoCeram Bulk Fill* wurde in einer Schicht appliziert und für zehn Sekunden mit *Bluephase G2* (1.200 Milliwatt pro Quadratzentimeter – mW/cm<sup>2</sup>) polymerisiert – gemäß der oben beschriebenen Prüfgruppen. Pro Gruppe wurden vier Füllungen gelegt. Nach 24 Stunden trockener Lagerung bei 37 Grad Celsius (Wärmeschrank) wurden die Komposit-Prüfkörper im Dunkelraum in Epoxidharz eingebettet, bis zur Mitte beschliffen, poliert und auf der gesamten approximalen Länge ein Härteprofil bestimmt, wobei mit einem Vickershärte-Gerät im Abstand von 0,5 mm Eindrücke generiert worden sind (Abb. 2).

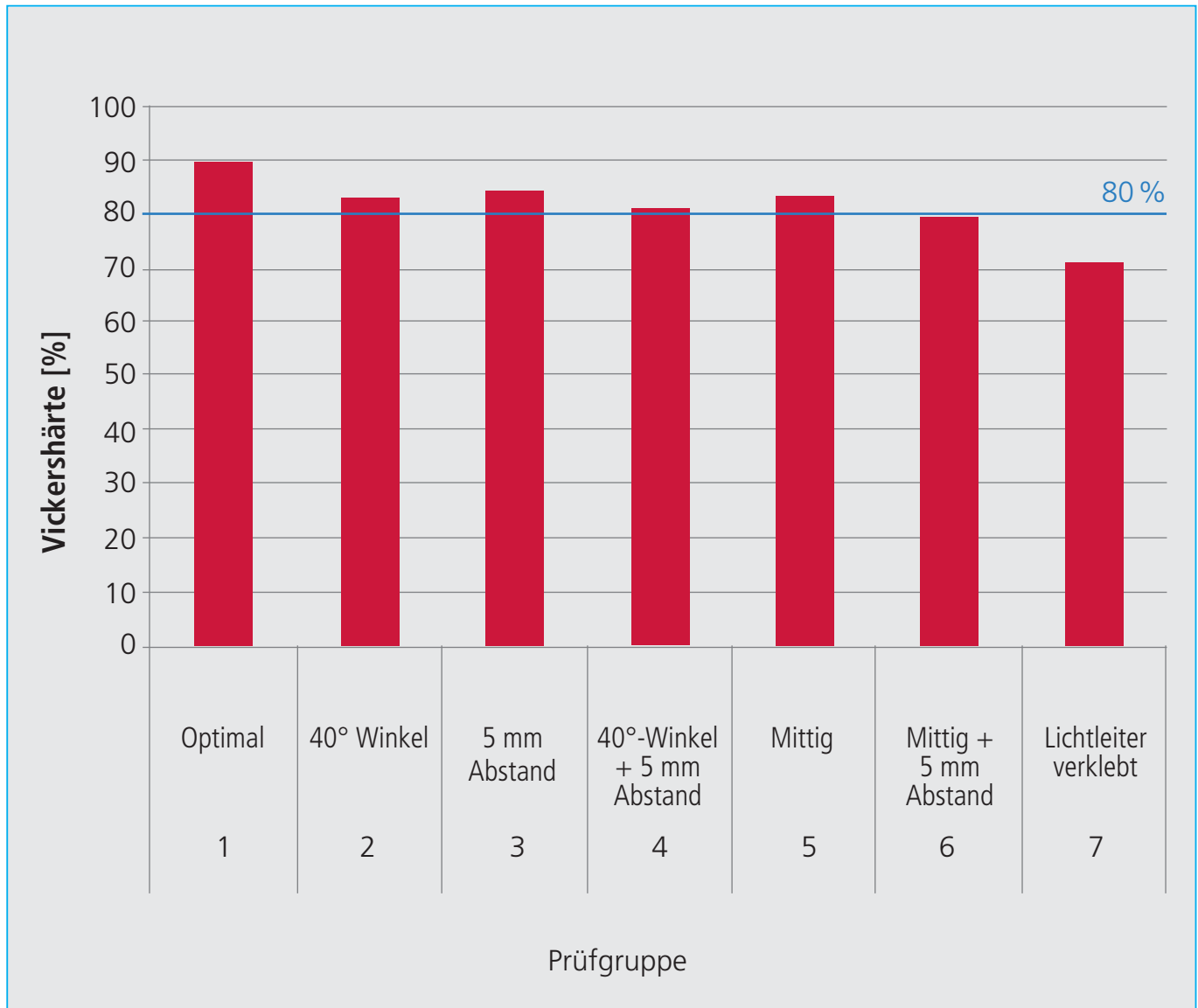


Abb. 3: Relative Vickershärte (in Prozent) des zervikalen Anteils der Füllung mit Tetric EvoCeram Bulk Fill in Relation zur Vickershärte des koronalen Anteils der Füllung – in Abhängigkeit zur Position der Polymerisationslampe Abb.: Ivoclar Vivadent

Die Daten wurden gemittelt und graphisch aufbereitet. Die Ergebnisse sind verblüffend (Abb. 3). Bei keiner der Prüfgruppen 1 bis 6 fiel der Härtewert im zervikalen Bereich des Komposits unterhalb 80 Prozent der Härte der Oberfläche der jeweiligen Gruppe ab. Lediglich bei der Gruppe mit dem verklebten Lichtaustrittsfenster des Lichtleiters wurden zervikal nur 71 Prozent des koronalen Wertes erreicht.

Somit kann man festhalten, dass Tetric EvoCeram Bulk Fill trotz falscher Positionierung des Lichtleiters komplett durchhärtet. Natürlich sollte der Zahnarzt eine Polymerisationslampe mit genügend hoher Leistung verwenden. Diese sollte er auch regelmäßig mit einem Messgerät überprüfen. Ein Feldtest in deutschen Allgemeinpraxen ergab, dass fast die Hälfte der geprüften Lichtgeräte zu beanstanden war [2]. Außerdem sollten Zahnarzt und Team da-rauf achten, dass der Lichtleiter

nicht mit Komposit verunreinigt beziehungsweise verklebt ist; bei dem erwähnten Feldtest waren 37 Prozent der Lichtleiter mit Komposit oder Adhäsiven kontaminiert.

Die Restauration von 4 mm tiefen Kavitäten mit einer Schicht ist mit Tetric EvoCeram Bulk Fill und seinem neuartigen Initiatorsystem Ivocerin möglich. In puncto Polymerisation ist dieses Bulk-Fill-Material verarbeitungsunempfindlich, da es Fehler bei der

Polymerisation verzeiht. Selbst eine unachtsame Positionierung des Lichtleiters führt immer zu einer ausreichenden Polymerisation von 4-mm-Inkrementen.

**Dr. Siegwald Heintze, Schaan (Liechtenstein)**

Dieser Artikel ist erstmals als Langfassung erschienen in: F&E-Report, Ivoclar Vivadent AG, Nr. 19, Juli 2013.

## L I T E R A T U R

- [1] Ernst CP, Meyer GR, Müller J, Stender E, Ahlers MO, Willershausen B. Depth of cure of LED vs QTH light-curing devices at a distance of 7 mm. *J Adhes Dent* 6 (2004) 141–150.
- [2] Ernst CP, Busemann I, Kern T, Willershausen B. Feldtest zur Lichtemissionsleistung von Polymerisationsgeräten in zahnärztlichen Praxen. *Dtsch Zahnärztl Z* 61 (2006) 466–471

# 8 Ein neues Bulk-Fill-Material in der klinischen Anwendung

**Dr. med. dent. Arnd Peschke zu den klinischen Erfahrungen und Bewertungen mit modernen Bulk-Fill-Materialien**



Dr. med. dent. Arnd Peschke ist Direktor Klinik bei der Ivoclar Vivadent AG in Schaan (Liechtenstein). Kontakt zum Autor per E-Mail: arnd.peschke@ivoclarvivadent.com

Seitenzahnfüllungen in dickeren Schichten und somit weniger Arbeitsschritten legen zu können, ist unumstritten wünschenswert. Denn das Applizieren von kleinen Inkrementen zur Kompensation von Schrumpfungsspannungen, wie bei der sogenannten Umhärtungstechnik [1–3] gefordert, ist kompliziert und zudem von fraglichem Vorteil für die klinische Qualität [4, 5]. Bisher beschränkte aber die geringe Durchhärtungstiefe des Komposits die Möglichkeiten, die Applikationstechnik effizient der individuellen anatomischen Situation anzupassen. Sogenannte Bulk-Fill-Komposite sollen diese Einschränkungen beseitigen.

Bulk-Fill-Komposite erlauben mit ihrer erhöhten Inkrementschichtstärke (von in der Regel 4 mm) eine wesentlich effizientere und ergonomischere Arbeitsweise. Jene mit konventionellen Initiatorsystemen zeichnen sich aber in der Regel dadurch aus, grobe Füller zu enthalten, um Schrumpf und Polymerisationsstress entgegenzuwirken, sowie eine sehr hohe Transluzenz aufzuweisen, um eine erhöhte Inkrementschichtstärke sicherzustellen. Beide Eigenschaften sind in Bezug auf die klinischen Eigenschaften, insbesondere Oberflächenqualität und Ästhetik (Abb. 1), kritisch einzuschätzen.

Hinzu kommt, dass zum Erreichen einer sicheren Durchhärtung dieser Materialien zum Teil verlängerte Polymerisationszeiten gefordert werden (Abb. 2) oder die Materialien sehr lichtempfindlich reagieren, was ihre Verarbeitung unter der Behandlungsleuchte

beeinträchtigt (siehe Abb. 1 im Beitrag von Karin Vogel, Seite 9 der DZW 41/13 bezüglich Lichtunempfindlichkeit).

Tetric EvoCeram Bulk Fill zeigt im Vergleich zu anderen Bulk-Fill-Materialien eine vorteilhafte ästhetische Integration (Abb. 1). Die transluzenteren Materialien zeigen keine so gute Farbpassung, was sich insbesondere in Situationen mit verfärbtem Dentin negativ auswirkt.

Tetric EvoCeram Bulk Fill kann in zehn Sekunden polymerisiert werden (Abb. 2) bei einer Lichtintensität von  $\geq 1.000$  Milliwatt pro Quadratcentimeter ( $mW/cm^2$ ). Dieses Material nimmt vor diesem Hintergrund, dank des zusätzlichen, neuen Photoinitiators Ivocerin, eine Sonderstellung ein und zeigt sehr ausgewogene, für den Einsatz im Seitenzahnbereich optimierte Eigenschaften. Dass diese im Labor beziehungsweise präklinischen Tests zu sehr guten Resultaten führen, wurde bereits

ausführlich dargestellt, doch über die endgültige klinische Leistung gibt stets erst eine klinische Studie verlässliche Auskunft.

### Interne klinische Studie

Im Rahmen einer internen klinischen Untersuchung von Tetric EvoCeram Bulk Fill wurden 35 Füllungen (11 Klasse I und 24 Klasse II) in Kombination mit einem Einflaschen-Etch-&-Rinse-Adhäsiv gelegt. Die Restaurationen wurden gemäß FDI-Kriterien [6, 7] beurteilt, wobei eine semiquantitative klinische Evaluation zur Anwendung kam (SQUACE Methode), die es erlaubt, Randdefizite im Verhältnis zum Gesamtfüllungsrand zu dokumentieren [8]. Im Folgenden werden die Resultate zu den klinischen Aspekten – postoperative Beschwerden, ästhetische Inte-



Abb. 1: Standardisierte Klasse-II-Kavitäten in Kunststoffzähnen mit einem mittels IPS Empress Direct Color Grey gefärbten Kavitätenboden und mit verschiedenen Bulk-Fill-Kompositen in unterschiedlichen Transparenzen gefüllt (ICDE Schaan, Dezember 2012)

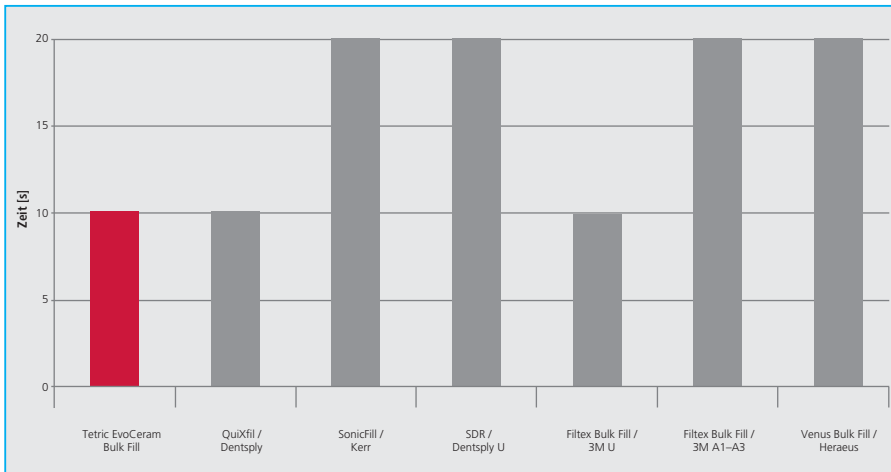


Abb. 2: Polymerisationszeiten verschiedener Bulk-Fill-Materialien gemäß Herstellerangaben (Stand März 2013)

gration, Polierbarkeit, Auftreten von Schmelzrisen und initiale Randqualität – kurz dargestellt.

**Postoperative Sensibilitäten**

Als Ausgangssituation lag beim überwiegenden Teil der Fälle eine insuffiziente Füllung vor (33), nur in zwei Fällen wurde eine Primärkaries behandelt. In 51 Prozent der Fälle (18) lag eine oberflächliche bis mittlere Kariesausdehnung im Hinblick auf Pulpanähe vor, in immerhin 46 Prozent (16 Fällen) eine eher profunde Läsion. Nur bei einem Fall (3 Prozent) wurde wegen der Nähe zur Pulpa auch eine „CP-Behandlung“ (Auftrag eines Kalziumhydroxidpräparats) durchgeführt.

Trotz der zum Teil sehr pulpanahen Läsionen lagen zum Baseline-Befund keine postoperativen Beschwerden vor, die mit dem verwendeten Adhäsiv oder dem Füllungsmaterial in Zusammenhang gebracht werden konnten, und es wurde auch in der Zwischenzeit nichts Entsprechendes berichtet [9].

**Ästhetische Integration**

Die optischen Eigenschaften sind auf die Bedingungen im Seitenzahnbereich optimiert und ermöglichen eine Reduktion des Farbsystems auf nur drei Farben (IVA, IVB und IVW). Der Photoinitiator *Ivocerin* gestattet durch seine hohe Quantenausbeute eine im Vergleich zu anderen Bulk-Fill-Materialien leicht höhere Opazität des Komposits. Daher konnte die Transluzenz des Materials gerade so eingestellt werden, dass sie in Kombination mit dem günstigen Brechungsindex des Komposits eine optimierte Passung der optischen Eigenschaften zur umgebenden Zahnhartsubstanz (insbesondere Schmelz) gewährleistet (Abb. 1). Bei durchschnittlich großen Füllungen und unverfärbtem Dentin lassen sich dadurch nahezu unsichtbare Restaurationen realisieren.

77 Prozent der Füllungen wurden vom Untersucher als „perfekt“ eingestuft [7, 10] und 23 Prozent als „gut“ (geringfügige farbliche Abweichung). Diese Bewertung dokumentiert den ausgeprägten „Chamäleoneneffekt“ des Ma-

terials, insbesondere vor dem Hintergrund, dass in mehr als 80 Prozent der Fälle die Farbe IVA zur Anwendung kam.

Die Fälle, bei denen der Untersucher geringfügige farbliche Abweichungen feststellte, waren in der Regel sehr tiefe Kavitäten oder Situationen mit verfärbtem Dentin. In solchen Indikationen empfiehlt es sich, das Dentin mit einer Schicht eines opakeren Materials – zum Beispiel *Tetric EvoFlow Dentin* – abzudecken (siehe auch die Abb. 3 bis 6).

**Polierbarkeit**

Klinisch bestätigte sich auch die ausgezeichnete Polierbarkeit des Materials. So wurde die Oberfläche bei 77 Prozent der im Rahmen der internen klinischen Studie gelegten Restaurationen (n=35) nach Politur mit dem Kompositpolierer *OptraPol Next Generation* (Ivoclar Vivadent) gemäß FDI-Kriterien als „klinisch perfekt“ bewertet. Nach zwölf Monaten waren es noch 69 Prozent.

**Auftreten von Schmelzrisen**

Dicke Inkremente könnten aufgrund ihres größeren Volumenschumpfs gerade bei guter Adhäsion zum Schmelz Risse generieren [11, 12]. Daher wurde diesem Aspekt bei der klinischen Evaluation besondere Betrachtung geschenkt.

Der überwiegende Teil der versorgten Zähne (71 Prozent) wies bereits vor dem Füllen Schmelzrisse auf, deren Lokalisation notiert wurde, um nachträglich auftretende Risse entsprechend abgrenzen zu können. Zur Detektion diente eine Kaltlichtfaseroptik (Lichtsonde der Firma Lercher). Beim Baseline-Befund wurden jedoch keine zusätzlich aufgetretenen Risse detektiert. Dies spricht dafür, dass *Tetric EvoCeram Bulk Fill* keine größeren Spannungen generiert als andere

FDI-Kriterien/ Bewertung	Exzellent	Gut (Exzellent nach Korrektur)	Akzeptabel	Mangelhaft (Reparabel)	Inakzeptabel (Füllungsaustausch erforderlich)
<b>Anzahl (% aller Füllungen)</b>					
Postoperative Sensibilitäten	35 (100 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Anatomische Form	34 (97 %)	1 (3 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Oberfläche/Glanz/Poren	27 (77 %)	2 (6 %)	6 (17 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Ästhetik	25 (71 %)	10 (29 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Oberflächenverfärbung	35 (100 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Patientenzufriedenheit	34 (97 %)	1 (3 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Materialfraktur	35 (100 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Zahnintegrität	34 (97 %)	1 (3 %)	0 (0 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
Approximalkontakte	33 (94 %)	1 (3 %)	1 (3 %)	0 (0 %)	0 (0 %)
<b>% des gesamten Füllungsrandes</b>					
Randverfärbung	99,9 %	0,1 %	0 %	0 %	0 %
Randdefizite	99,1 %	0,9 %	0 %	0 %	0 %
Unterschuss	99,9 %	0 %	0,1 %	0 %	0 %

Tabelle: Ergebnisse der 12-Monats-Untersuchung anhand der FDI-Kriterien (n=35)

Komposite für den Seitenzahnbereich, die in Inkrementen von 2 mm Stärke appliziert werden. Auch diese klinische Beobachtung ist in guter Übereinstimmung mit den bereits dargestellten präklinischen Ergebnissen. Da davon auszugehen ist, dass die Wasseraufnahme des Komposits in recht kurzer Zeit die Polymerisationsspannungen bereits wieder ausgleicht [13], ist dieser Baseline-Befund nach einer Woche bereits durchaus aussagekräftig.

### Initiale Randqualität

Beim Baselinebefund als auch beim 12-Monats-Recall zeigten die Füllungen aus *Tetric EvoCeram Bulk Fill* eine ausgezeichnete Randqualität. Bezüglich Randverfärbung, Unterschuss und Randunregelmäßigkeiten wur-

den jeweils mehr als 99 Prozent der Randabschnitte als „klinisch perfekt“ beurteilt. Eine Zusammenfassung der klinischen Ergebnisse des 12-Monats-Recalls ist in der Tabelle dargestellt.

### Schlussfolgerungen

Die vorläufigen klinischen Daten zu *Tetric EvoCeram Bulk Fill* bestätigen die guten Resultate der präklinischen Tests. Der eingesetzte Photoinitiator *Ivocerin* ermöglicht ein Material, das nicht nur in 4 mm dicken Inkrementen effizient appliziert werden kann, sondern auch bezüglich Ästhetik auf die Anforderungen im Seitenzahnbereich optimiert werden konnte.

Der Anwender erhält mit der erhöhten Durchhärtungstiefe von *Tetric EvoCeram Bulk*

*Fill* mehr Freiheitsgrade bei der direkten Füllungstherapie. Er kann ohne Qualitätseinbußen eine Kavität zügig mit horizontalen Inkrementen von bis zu 4 mm Stärke füllen, aber er kann auch – und dies ist vielleicht sogar bedeutender – seine Schichttechnik viel eher an individuelle anatomische Gegebenheiten, ergonomische Vorlieben (zum Beispiel Aufbau von Füllungen in der Centripetaltechnik) [14] oder ästhetische Aspekte anpassen.

**Dr. med. dent. Arnd Peschke, Schaan (Liechtenstein)**

*Dieser Artikel ist erstmals als Langfassung erschienen in: F&E-Report, Ivoclar Vivadent AG, Nr. 19, Juli 2013.*



Abb. 3: Kavitätenpräparation am Zahn 16



Abb. 4: Zahn 16 nach der Versorgung mit *Tetric EvoCeram Bulk Fill* in einem Inkrement. Die ästhetische Integration ist nahezu makellos.



Abb. 5: Benachbarte Kavitäten an den Zähnen 15 und 14



Abb. 6: Zähne 14 und 15 in Einschichttechnik mit *Tetric EvoCeram Bulk Fill IVA* gefüllt

Abb. 3–6: Arnd Peschke

## L I T E R A T U R

- [1] Krejci I, Sparr D, Lutz F. Three-layer light hardening procedure with traditional composites for Black Class II restorations. *Quintessenz* 38 (1987) 1217-1229.
- [2] Lutz F, Krejci I, Luescher B, Oldenburg TR. Improved proximal margin adaptation of class II composite resin restorations by use of light-reflecting wedges. *Quintessence Int* (1986) 659- 664.
- [3] Lutz F, Krejci I, Oldenburg TR. Elimination of polymerisation stresses at the margins of posterior composite resin restorations: a new restorative technique. *Quintessence Int* 17 (1986) 777- 784.
- [4] Versluis A, Douglas WH, Cross M, Sakaguchi RL. Does an incremental filling technique reduce polymerization shrinkage stresses? *J Dent Res* 75 (1996) 871-878.
- [5] G. M. Lösche. Marginal adaptation of Class II composite fillings: guided polymerization vs reduced light intensity. *J Adhes Dent* 1 (1999) 31-39.
- [6] Hickel R, Peschke A, Tyas M, et al. FDI World Dental Federation: clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations-update and clinical examples. *J Adhes Dent* 12 (2010) 259-272.
- [7] Hickel R, Roulet JF, Bayne S, et al. Recommendations for conducting controlled clinical studies of dental restorative materials. Science Committee Project 2/98–FDI World Dental Federation study design (Part I) and criteria for evaluation (Part II) of direct and indirect restorations including onlays and partial crowns. *J Adhes Dent* 9 Suppl 1 (2007) 121-147.
- [8] Peschke A. The semi-quantitative evaluation of restorations (SQUACE) – a tool to increase sensitivity als Teil des Symposiums: New Criteria for the Clinical Evaluation of Dental Restorations (Hickel, R., Sarrett, D., Peschke, A.). In: Hickel R, ed. IADR/AADR/CADR 87th General Session and Exhibition. Miami Beach, Florida, USA: 3. April 2009.
- [9] Ivoclar Vivadent Report, Nr. 19, Juli 2013. [10] Hickel R, Peschke A, Tyas M, et al. FDI World Dental Federation: clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations-update and clinical examples. *Clin Oral Investig* 14 (2010) 349-366.
- [11] Batalha-Silva S, de Andrada MA, Maia HP, Magne P. Fatigue resistance and crack propensity of large MOD composite resin restorations: direct versus CAD/CAM inlays. *Dent Mater* 29 (2013) 324-331.
- [12] Clark DJ, Sheets CG, Paquette JM. Definitive diagnosis of early enamel and dentin cracks based on microscopic evaluation. *J Esthet Restor Dent* 15 (2003) 391-401; discussion 401.
- [13] Versluis A, Tantbirojn D, Lee MS, Tu LS, DeLong R. Can hygroscopic expansion compensate polymerization shrinkage? Part I. Deformation of restored teeth. *Dent Mater* 27 (2011) 126-133.
- [14] Bichacho N. The centripetal build-up for composite resin posterior restorations. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 6 (1994) 17-23; quiz 24.

# Die **Zukunft** der Composite-**Technologie.**

**Jetzt** erhältlich.



## Das **schnelle Seitenzahn-Composite**

- **Bulk-Füllungen** bis zu 4 mm dank dem neuen Lichtinitiator Ivocerin®
- **Geringe Schrumpfung** und geringer Schrumpfstress für optimale Randqualität
- **Modellierbare Konsistenz**, lange verarbeitbar unter Operationslicht



## Tetric EvoCeram® Bulk Fill

Das modellierbare Bulk-Fill-Composite

Erleben Sie die **Zukunft** der  
Composite-**Technologie** mit Ivocerin:  
[www.ivoclarvivadent.com/bulkfill\\_de](http://www.ivoclarvivadent.com/bulkfill_de)



[www.ivoclarvivadent.com](http://www.ivoclarvivadent.com)

Ivoclar Vivadent AG  
Bendererstr. 2 | 9494 Schaan | Liechtenstein | Tel.: +423 / 235 35 35 | Fax: +423 / 235 33 60

Ivoclar Vivadent GmbH  
Dr. Adolf-Schneider-Str. 2 | 73479 Ellwangen, Jagst | Deutschland  
Tel. +49 (0) 79 61 / 8 89-0 | Fax +49 (0) 79 61 / 63 26

**ivoclar**  
**vivadent**  
passion vision innovation