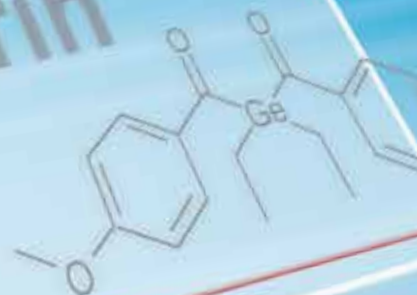


REPORT

Aus der Forschung und Entwicklung der Ivoclar Vivadent AG, 9494 Schaan / Liechtenstein

Aessencio-
Technologie

Ivocerin



Tetric EvoCeram® Bulk Fill
modellierbar

Tetric EvoFlow® Bulk Fill
fliessfähig



Dr. Andreas Facher

Head of Department

Restaurative und Prothetik, Forschung & Entwicklung

Vor fast vier Jahren, im Jahr 2011, brachte Ivoclar Vivadent das Composite Tetric EvoCeram® Bulk Fill auf den Markt. Tetric EvoCeram Bulk Fill ist die Weiterentwicklung des seit zehn Jahren klinisch bewährten Universal-Composites Tetric EvoCeram® [1]. Das modellierbare Seitenzahn-Composite Tetric EvoCeram Bulk Fill kann in grossen Schichtstärken von bis zu vier Millimetern mit kurzen Belichtungszeiten ausgehärtet werden. Ermöglicht wird dies durch den patentierten, hochreaktiven Photoinitiator Ivocerin® [2]. Zudem besitzt Tetric EvoCeram Bulk Fill hervorragende Handhabungseigenschaften und ermöglicht ästhetisch ansprechende Ergebnisse in den drei schmelzähnlichen Universalfarben ^{VA}, ^{VB} und ^{VW}. Dadurch lassen sich die Restaurationen optimal in den natürlichen Zahn integrieren.



natürlich wirkendes ästhetisches Ergebnis wurde eine neue Technologie – die Aessencio-Technologie – von Ivoclar Vivadent entwickelt. Diese ermöglicht Tetric EvoFlow Bulk Fill eine dentinähnliche niedrige Transluzenz. Im Zusammenspiel mit dem Ivocerin-Photoinitiator ermöglicht die Aessencio-Technologie bei Tetric EvoFlow Bulk Fill eine Lichthärtung bis zu vier Millimeter Schichtstärke und gleichzeitig die dentinähnliche Transluzenz, die unter anderem das Kaschieren verfärbter Zahnhartsubstanz zulässt. Mit der Aessencio-Technologie ist es gelungen die natürliche optische Wirkung von Bulk-Füllungen weiter zu verbessern und den scheinbaren technologischen Widerspruch zwischen hoher Durchhärtungstiefe und gleichzeitig niedriger Transluzenz zu überwinden.

Das modellierbare Tetric EvoCeram Bulk Fill wurde nun in einem nächsten Schritt der Tetric-Evolution mit dem fließfähigen Tetric EvoFlow® Bulk Fill ergänzt. Tetric EvoFlow Bulk Fill basiert im Wesentlichen auf Tetric EvoCeram Bulk Fill und kann ebenfalls in grossen Schichtstärken bis zu vier Millimeter mit kurzen Belichtungszeiten ausgehärtet werden. Das Material richtet sich an Anwender, die bei Restaurationen der Klassen I und II in der ersten Schicht ein Flowable für den Volumenersatz anwenden, sowie zur Versorgung von Milchzahnfüllungen. Exzellentes Anfließen an die Kavitätenwände unterstützt die Anwendungen perfekt.

In der Summe ist Tetric EvoFlow Bulk Fill damit die perfekte Ergänzung zum bewährten Tetric EvoCeram Bulk Fill. Beide Composites sind in ihren Eigenschaften hinsichtlich der Handhabung und Bulk-Applikation, der Einfärbung und abgestimmten Transluzenzen für Volumenersatz und Deckschicht sowie der bewährten materialtechnischen Tetric EvoCeram-Basis ideal aufeinander abgestimmt. Die folgenden Beiträge zeigen dies mit Informationen zu den Materialeigenschaften von Tetric EvoFlow Bulk Fill sowie zu klinischen Aspekten auf.

Das Flow wird bei Restaurationen der Klassen I und II mit einem kaukrafttragenden Composite überschichtet. Die Farben ^{VA}, ^{VB} und ^{VW} sind für die gemeinsame Anwendung auf Tetric EvoCeram Bulk Fill abgestimmt. Für ein besonders

Literatur

- [1] Ivoclar Vivadent AG, Scientific Report 10 Jahre Tetric EvoCeram, Vol. 01, 2014
 [2] Ivoclar Vivadent AG, Report aus der Forschung und Entwicklung der Ivoclar Vivadent AG, Ivocerin® – ein Meilenstein der Composite-Technologie, Nr.19, 2013

2005

Tetric EvoCeram®



2007

Tetric EvoFlow®



2011

Tetric EvoCeram® Bulk Fill



2015

Tetric EvoFlow® Bulk Fill



Aessencio-Technologie



Inhalt

4 | Dr. Andreas Facher

Tetric EvoFlow Bulk Fill, das Flowable zu Tetric EvoCeram Bulk Fill – Der nächste Schritt der Tetric-Evolution

6 | Dipl. Ing. Karin Vogel

Von Tetric EvoCeram zu Tetric EvoCeram Bulk Fill und weiter zu Tetric EvoFlow Bulk Fill

Die Ivoclar Vivadent-Schlüsseltechnologien

- Ivocerin
- Schrumpfungstress-Relaxator
- Licht-Controller
- Viscosity Controller
- NEU: Aessencio-Technologie in Tetric EvoFlow Bulk Fill
- Wie verhält es sich mit dem „Transluzenzwechsel“ bei auf dem Markt befindlichen Bulk-Fill-Composites?
- Lichtdurchlässigkeit während der Polymerisation
- Zusammenfassung
- Literatur

in vitro-Untersuchungen

- Durchhärtungstiefe
- Transluzenzvergleich
- Lichtempfindlichkeit
- Volumenschrumpfung in %
- Schrumpfungstress in MPa

19 | Dr. Siegward Heintze

Bulk Fill-Materialien – über jeden Zweifel erhaben?

- Wie schätzen Zahnärzte Bulk-Fill-Materialien ein?
- Vorteile von Bulk-Fill-Materialien
- Härten die Bulk-Fill-Materialien wirklich bis zu einer Tiefe von vier bis fünf Millimeter aus?
- Die richtige Polymerisation des Composites ist entscheidend.
- Effizienz bei der Verwendung von Bulk-Fill-Materialien
- Die Bulk-Fill-Materialien unterscheiden sich.
- Warum und bei welchen Indikationen verwenden Zahnärzte fließfähige Composites?
- Wie sieht es mit der Porenbildung im Material aus?
- Füllungen mit grossen Schichten zeigen einen guten Randschluss
- Gibt es klinische Studien mit Bulk-Fill-Materialien?
- Zusammenfassung und Ausblick
- Danksagungen
- Literatur

Dr. Andreas Facher

*Head of Department
Restaurative und Prothetik, Forschung & Entwicklung*



Tetric EvoFlow® Bulk Fill, das Flowable zu Tetric EvoCeram® Bulk Fill – Der nächste Schritt der Tetric-Evolution

In vielen Fällen wird heutzutage bei der direkten adhäsiven Versorgung als erste Schicht ein fließfähiges Composite verwendet. Somit wird ein gleichmässiger Kavitätenboden geschaffen und gleichzeitig die Adaptation des anschliessend verwendeten Füllungsmaterials erleichtert. Niedrigviskose, fließfähige Bulk-Füllungsmaterialien bieten darüber hinaus die Möglichkeit mit der ersten Schicht einen Grossteil des Volumens „aufzufüllen“, fungieren also als Volumenersatz. Tetric EvoFlow® Bulk Fill wurde vor diesem Hintergrund als passende Ergänzung zu dem modellierbaren Bulk-Füllungsmaterial Tetric EvoCeram® Bulk Fill entwickelt. Die Anwendung eines Flowable als Volumenersatz bedarf eines exzellenten Anfließverhaltens an die Kavitätenwände. Die Fließfähigkeit und die Konsistenz von Tetric EvoFlow Bulk Fill wurden mit Klinikern speziell darauf abgestimmt.

Tetric EvoFlow Bulk Fill ist wie Tetric EvoCeram Bulk Fill ein Bulk-Füllungsmaterial für den Seitenzahnbereich. Wie Tetric EvoCeram Bulk Fill kann es in grossen Schichtstärken von bis zu vier Millimeter innerhalb kurzer Zeit ausgehärtet werden. Mit modernen Polymerisationsgeräten mit einer Lichtintensität von mindestens 1'000 mW/cm² – zum Beispiel der Bluephase® Style (1'100 mW/cm²) – kann Tetric EvoFlow Bulk Fill in zehn Sekunden in vier Millimeter Schichtstärke ausgehärtet werden. Aufgrund des höheren Monomeranteils des Flowables und der damit verbundenen niedrigeren Oberflächenhärte im Vergleich zu modellierbaren Composites wird Tetric EvoFlow Bulk Fill wie andere Flowables mit einem höherviskosen Composite okklusal überschichtet. Als ideales Material hierfür eignet sich Tetric EvoCeram Bulk Fill mit den abgestimmten Farben ^{VA}, ^{VB} und ^{VW}. Während Tetric EvoCeram Bulk Fill eine schmelzähnliche Transluzenz von 15 Prozent besitzt, ist bei Tetric EvoFlow Bulk Fill die Transluzenz von <10 Prozent dentinähnlich. Somit ist es für den Dentinvolumenersatz und für verfärbte Zahnhartsubstanz geeignet. Auch Dentinverfärbungen können kaschiert

werden (Siehe Beitrag von Dr. S. Heintze „Die Bulk-Fill-Materialien unterscheiden sich, Seite 22 und folgende“). Die niedrige dentinähnliche Transluzenz des Flowable verbessert das ästhetische Ergebnis.

Im Gegensatz zu Tetric EvoFlow Bulk Fill haben bisher zahlreiche Bulk-Flowables eine unnatürlich hohe Transluzenz für die Anwendung als dentinähnliches Volumenersatzmaterial (Abbildung 1). Der besondere Ansporn bei der Entwicklung von Tetric EvoFlow Bulk Fill war, die bisher scheinbar widersprüchlichen Eigenschaften einer niedrigen dentinähnlichen Transluzenz bei gleichzeitiger Aushärtung einer vier Millimeter Schichtdicke für die Farben ^{VA}, ^{VB} und ^{VW} zu realisieren. Um das zu erreichen, ist der erste wesentliche Baustein der bereits in Tetric EvoCeram Bulk Fill angewandte und bewährte, hochreaktive Photoinitiator Ivocerin® [1, 2, 3, 4]. Der zweite Baustein ist eine eigens entwickelte neue Technologie, die Aessencio-Technologie.

Vor der Aushärtung besitzt Tetric EvoFlow Bulk Fill eine hohe Transluzenz von 28 Prozent. Dadurch ist das Material durchlässig für das blaue, die Polymerisation auslösende Licht, so dass eine Aushärtung bis in tiefe Schichten stattfinden kann. Mit fortschreitender Polymerisation sinkt die Transluzenz durch die Veränderung des Brechungsindex der unpolymerisierten Monomere zur Polymermatrix auf <10 Prozent.

Neben diesem Fortschritt in der Weiterentwicklung von Bulk-Füllungsmaterialien basiert Tetric EvoFlow Bulk Fill wie auch Tetric EvoCeram Bulk Fill auf den nun mehr als zehn Jahren bewährten Technologien von Tetric EvoCeram. Der Schrumpfstress wird mit Composite-Füllern (Schrumpfstress-Relaxator) minimiert, und der Licht-Controller ermöglicht lange Verarbeitungszeiten unter dem Licht der OP-Leuchte.

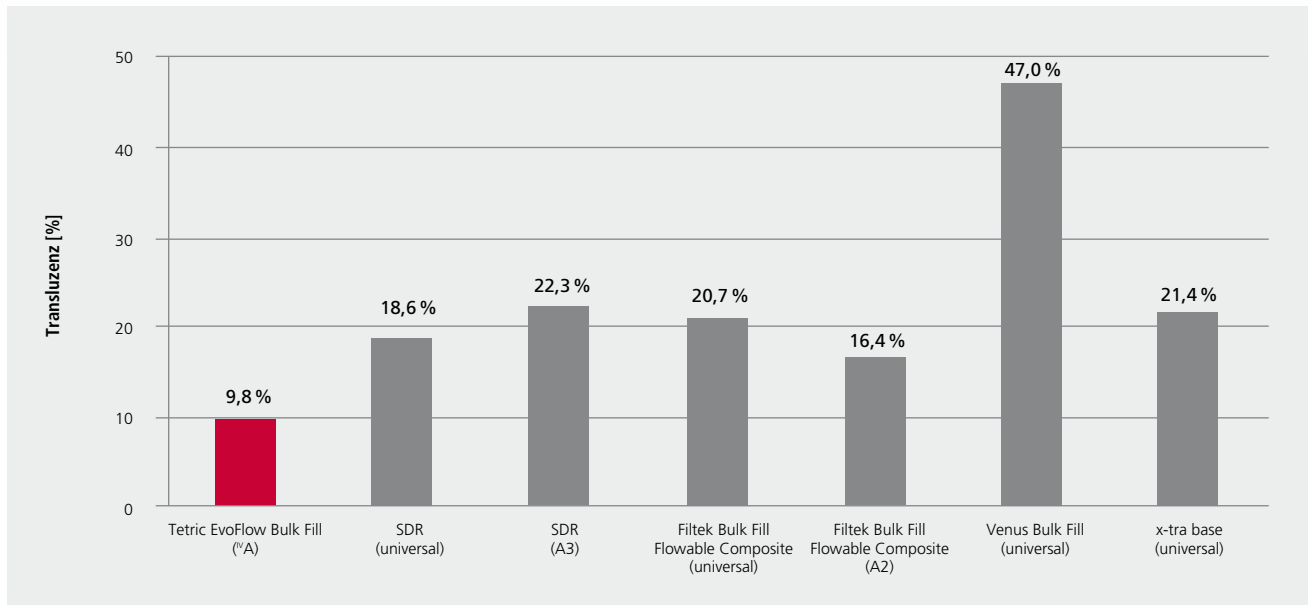


Abb. 1 Ergebnisse der Transluzenzmessung für die fließfähigen Bulk-Füllungsmaterialien Tetric EvoFlow Bulk Fill ("A) (Ivoclar Vivadent), SDR (universal) (Dentsply), SDR (A3) (Dentsply), Filtek Bulk Fill Flowable Composite (universal) (3M Espe), Filtek Bulk Fill Flowable Composite (A2) (3M Espe), Venus Bulk Fill (universal) (Heraeus Kulzer), x-tra base (universal) (Voco), Messungen: F&E Ivoclar Vivadent AG, Dezember 2014

Tetric EvoCeram Bulk Fill und Tetric EvoFlow Bulk Fill sind optimal aufeinander abgestimmte Composite für den Seitenzahnbereich in modellierbarer und fließfähiger Konsistenz. Tetric EvoFlow Bulk Fill setzt auf bewährte und neue Technologien. Mit dem hochreaktiven Initiator Ivocerin und der neuen Aessencio-Technologie ist es gelungen, die natürliche Wirkung von Bulk Füllungen mit Tetric EvoFlow Bulk Fill weiter zu verbessern und den scheinbaren technologischen Widerspruch zwischen hoher Durchhärtungstiefe und gleichzeitig niedriger dentinähnlicher Transluzenz zu überwinden. Tetric EvoFlow Bulk Fill ist damit der nächste Schritt in der Weiterentwicklung der Bulk-Füllungsmaterialien.

Literatur

- [1] Ivoclar Vivadent AG, Report aus der Forschung und Entwicklung der Ivoclar Vivadent AG, Ivocerin® – ein Meilenstein der Composite-Technologie, Nr.19, 2013
- [2] Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. Clin Oral Invest published online: 11. January 2014
- [3] Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. Dent Mat 30 (2014):149-154.
- [4] Special Edition Tetric EvoCeram Bulk Fill, Moderne Füllungstherapie im Seitenzahnbereich, Prof. Dr. Jürgen Manhart / Prof. Dr. Dipl.-Ing. Nicoleta Ilie, 2015

Dipl. Ing. Karin Vogel
Senior Research Associate
Restaurative und Prothetik



Von Tetric EvoCeram® zu Tetric EvoCeram® Bulk Fill und weiter zu Tetric EvoFlow® Bulk

Die Ivoclar Vivadent-Schlüsseltechnologien

Seit mehr als zehn Jahren ist Tetric EvoCeram® auf dem Markt erhältlich und wird klinisch erfolgreich eingesetzt [1]. Das Material erfüllt sehr gut die Anforderungen an ein langlebiges und ästhetisches Füllungsmaterial. Tetric EvoCeram wurde hinsichtlich Schrumpfung, Schrumpfungsstress und gleichzeitig sehr guter Oberflächeneigenschaften (Polierbarkeit und Verschleiss) entwickelt. Diese Eigenschaften erfüllt auch Tetric EvoCeram Bulk Fill. Neben den ästhetischen und funktionellen Eigenschaften erlaubt das Material, in einer Schicht von bis zu vier Millimeter in zehn Sekunden auszuhärten.

Tetric EvoCeram Bulk Fill wird seit fast vier Jahren erfolgreich klinisch angewandt. Das Vertrauen in die Wirksamkeit eines Bulk-Fill-Composites durch den hochreaktiven Photoinitiator Ivocerin [2, 3, 4, 5] in Tetric EvoCeram Bulk Fill wurde bestätigt (siehe Beitrag von Dr. S. Heintze „Die Bulk-Fill-Materialien unterscheiden sich“, Seite 22 und folgende). Jetzt war es soweit, diese Technologie weiter zu entwickeln. Basis der Entwicklung sind die Säulen, aus denen auch Tetric EvoCeram Bulk Fill besteht.

- Hoch reaktives Initiatorsystem (= Ivocerin und Campherchinon)
- Schrumpfungsstresskontrolle durch die Verwendung eines Composite-Füllers (= Schrumpfungsstress-Relaxator)
- Ausreichende Bearbeitungszeit (= Licht-Controller)

Alle drei Komponenten sind patentgeschützt.

Was zeichnet diese Komponenten aus?

Ivocerin

Auf dem Gebiet der Initiatoren hat sich seit der ersten Verwendung des Campherchinon 1976 [6] in Compositen nicht viel ereignet. Die Füller haben sich von Makro- zu Microfüllern und weiter zu Microhybriden entwickelt. Die Lampenleistungen wurden immer stärker, so dass Polymerisationszeiten von zehn Sekunden und darunter möglich wurden. Nur bei den Initiatoren passierte nicht viel. Nach wie vor wird Campherchinon in Kombination mit einem Amin eingesetzt. Hinzu kamen UV-Initiatoren, welche nicht nur im UV-Bereich absorbieren, sondern auch noch bei sichtbaren Wellenlängen. Beispiel hierfür ist die Gruppe der Acylphosphinoxide (zum Beispiel Lucirin TPO). Durch ihre geringe Absorption im sichtbaren Bereich sind sie nur schwach gelblich gefärbt und werden deshalb gerne unterstützend bei Bleach-Farben eingesetzt. Ein Vorteil der Acylphosphinoxide ist, dass sie einerseits keinen Partner benötigen und direkt mit den Monomeren reagieren können, andererseits sind sie deutlich reaktiver als Campherchinon.



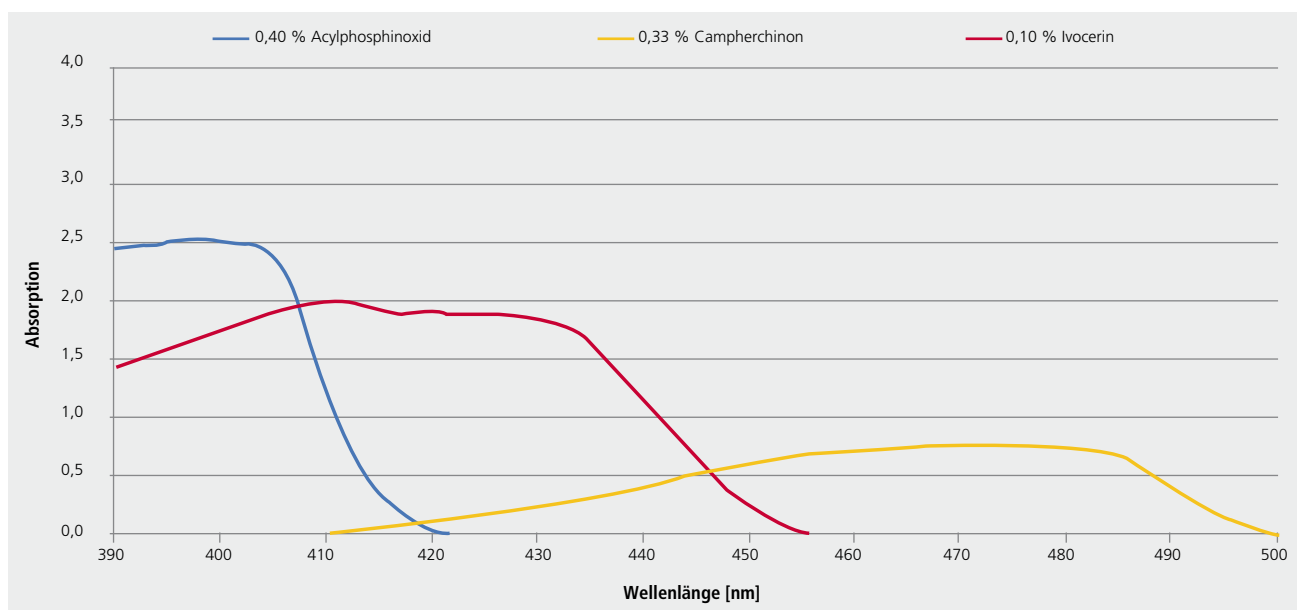


Abb. 1 Absorptionsspektren von Acylphosphinoxid (zum Beispiel Lucirin TPO), Campherchinon und Ivocerin (F&E Ivoclar Vivadent, 2012).

Auch bei Ivoclar Vivadent war man auf der Suche nach alternativen Photoinitiatoren und konnte in Zusammenarbeit mit Prof. R. Liska von der Technischen Universität Wien massgeschneiderte Photoinitiatoren auf der Basis von Germanium-Verbindungen entwickeln. Neben einer schnelleren Aushärtung, ergab sich bei Composites mit Ivocerin ein exzellentes Bleichungsverhalten und eine, für die Erzielung vergleichbarer mechanischer Eigenschaften, deutlich geringere Photoinitiator-konzentration (Abbildung 1) [2].

Schrumpfungstress-Relaxator

Der Schrumpfungstress-Relaxator ist in erster Linie ein Füller, der auf den zweiten Blick seine multiplen gewünschten Eigenschaften offenbart. Warum kann ein Füller den Schrumpfungstress reduzieren? Der Schrumpfungstress zeigt sich, wenn das Composite in der Kavität aushärtet, gleichzeitig zu schrumpfen beginnt und hierbei gehindert wird, da es mittels Adhäsiv an der Kavitätenwand fixiert ist. Die Möglichkeit trotz

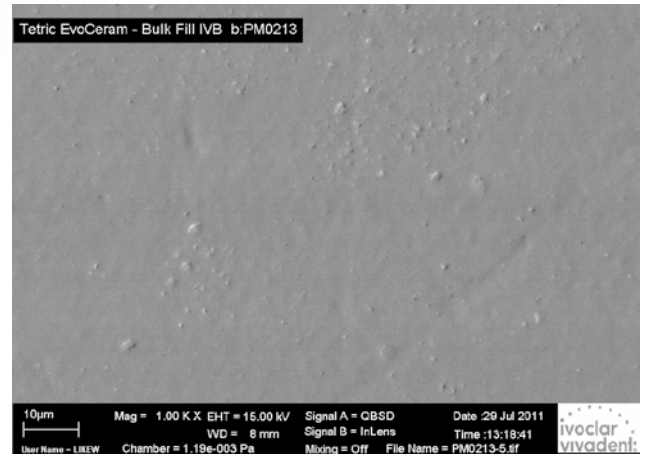
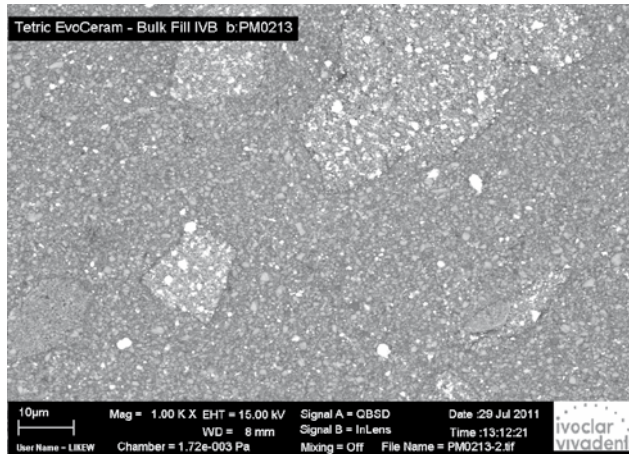


Abb. 2a und b Polierte Oberfläche von Tetric EvoCeram Bulk Fill. Die Composite-Füller sind vollständig in der Matrix integriert, der Übergang zur Matrix ist fließend. (Rasterelektronenmikroskop, Vergrößerung: 1'000x) (F&E Ivoclar Vivadent AG, 2011)

der Schrumpfung der Matrix sich der neuen Form ohne Probleme anzupassen, kann durch das Füllersystem positiv beeinflusst werden. Konventionelle Glasfüller haben einen Elastizitätsmodul von zirka 70 GPa, das heisst das Material ist sehr spröde, hart, unelastisch und gibt bei Zugbelastung kaum nach. Der Composite-Füller in Tetric EvoCeram und allen folgenden Composites von Ivoclar Vivadent hat einen Elastizitätsmodul von zehn GPa. Dementsprechend kann er elastisch nachgeben, wenn während der Aushärtung Zugkräfte auf die Füllung einwirken. Durch die relativ grosse Partikelgrösse ($\varnothing = 28 \mu\text{m}$) hat der Composite-Füller eine geringe Oberfläche, wodurch der Anteil der Matrix im Composite möglichst niedrig gehalten werden kann und der Volumenschwund des Composites reduziert wird. Der Composite-Füller besteht aus einer Monomermatrix und einer feinteiligen Füllermischung. Da er vollständig im Composite integriert ist, verschmelzen die Übergänge von Composite-Füller und Monomermatrix. Das resultiert in einem geringen Verschleiss und guter Polierbarkeit. (Abbildung 2 a und b).

Licht-Controller

Der Wunsch des Anwenders nach einer langen Verarbeitungszeit unter guter Beleuchtung und anschliessender schneller Aushärtung erscheint auf den ersten Blick wie ein Widerspruch. Denn das Licht (Wellenlängenbereich), welches zur Aushärtung

benötigt wird, liegt im blauen sichtbaren Bereich und entspricht der Wellenlänge des Polymerisationsgerätes. Entsprechend schwierig ist es, eine optimale Verarbeitungszeit (Lichtempfindlichkeit im sichtbaren Licht) und gleichzeitig eine kurze Aushärtezeit zu erzielen.

Tetric EvoCeram Bulk Fill und Tetric EvoFlow Bulk Fill enthalten zusätzlich den Initiator Ivocerin. Ohne Licht-Controller würde dessen hohe Reaktivität mit Erhöhung der Konzentration die Lichtempfindlichkeit verschlechtern. Neben einer abgestimmten Menge an Campherchinon und Ivocerin ist der Licht-Controller die Lösung für eine ausreichend lange Verarbeitungszeit und gleichzeitig schnelle Polymerisationszeit. IPS Empress® Direct, Tetric EvoCeram, Tetric EvoFlow, Tetric EvoCeram Bulk Fill und Tetric EvoFlow Bulk Fill enthalten einen Licht-Controller, der eine vorzeitige Polymerisation verhindert und für eine Verarbeitungszeit von über drei Minuten unter definierten Lichtbedingungen (ISO 4049:2009) von 8'000 Lux sorgt. Gängige phenolische Stabilisatoren (MeHQ, BHT) müssen in einer Konzentration von mindestens 1'000 ppm bezüglich des Monomers eingesetzt werden, um eine verzögernde Wirkung bei der Empfindlichkeit gegenüber Umgebungslicht zu erzeugen. Der Licht-Controller kommt mit 1/10 der Menge aus, was einen grossen Vorteil hat. Die geringe Menge an Stabilisator/Inhibitor verzögert eine Polymerisation bei geringer Blaulichtintensität, ohne die Durchhärtungstiefe zu reduzieren oder andere Polymerisationseigenschaften zu beeinträchtigen.

Viscosity Controller in Tetric EvoCeram® Bulk Fill

Für die Applikation sind dem Anwender die Handhabungseigenschaften eines Composites besonders wichtig. Im Fall von modellierbaren Composites soll die Konsistenz eine gute Adaptation, die Ausarbeitung eines Kontaktpunkts und das Modellieren von okklusalen Strukturen ermöglichen. Hierzu muss die Viskosität des Materials perfekt eingestellt werden. Als Viscosity Controller werden Schichtsilikate eingesetzt; komplexe organisch-anorganische Verbindungen, die ein dreidimensionales Netzwerk bilden.

Mit Hilfe eines aufwendigen Verfahrens wird die Monomermatrix des Composites zusätzlich in das Netzwerk des Schichtsilikats eingelagert. Über Wasserstoffbrückenbindungen steht das Monomer mit dem Schichtsilikat in Wechselwirkung, wodurch dem Composite eine standfeste Gelstruktur verliehen wird. Diese Gelstruktur ist eine der wichtigsten Eigenschaften, die vom Schichtsilikat im Composite bewirkt wird. Sie garantiert gleichbleibende kontrollierte Verarbeitungseigenschaften und eine leichte Modellierbarkeit. Die Konsistenz ist weder zu hart noch zu klebrig, unabhängig von den Scherkräften, die bei der Applikation eines Composites auftreten können.

NEU Aessencio-Technologie in Tetric EvoFlow® Bulk Fill

Um die neue Technologie in Tetric EvoFlow Bulk Fill zu erklären, müssen einige physikalische Prozesse beschrieben werden, welche bei der Polymerisation ablaufen.

Dem Brechungsindex kommt eine grosse Bedeutung zu. Der Brechungsindex ist wie folgt definiert:

$$\text{Refraktion} = n = \frac{c_O}{c_M} = \frac{\text{Lichtgeschwindigkeit im Vakuum}}{\text{Lichtgeschwindigkeit im Medium}}$$

Der Brechungsindex charakterisiert eine optische Eigenschaft eines Materials. Diese Eigenschaft kann an der Grenzfläche zweier Medien (chemische Substanzen) beim Übergang von Licht einer bestimmten Wellenlänge von einem Medium in das andere sichtbar gemacht werden. Er ist für jede Substanz charakteristisch. (Abbildung 3).



Abb. 3
Hier wird der Laserstrahl beim Ein- und Austritt aus dem Körper gebrochen.

Composite:

Jeder Bestandteil eines Composites hat einen Brechungsindex, wobei man einfachheitshalber der Monomermischung einen Brechungsindex zuordnet und den einzelnen Füllern. Der Brechungsindex einer Monomermischung setzt sich aus den Brechungsindizes der einzelnen Bestandteile zusammen. Die Füller besitzen jeder für sich einen charakteristischen Brechungsindex.

Was passiert bei der Polymerisation?

Die Initiatoren werden angeregt und bilden Radikale, diese Radikale reagieren mit den Monomeren, die wiederum miteinander reagieren und ein Netzwerk bilden. Dieses neu gebildete Netzwerk hat einen höheren Brechungsindex als die unausgehärtete Monomermischung. Das hat zur Folge, dass das Licht im Composite nach der Polymerisation anders gebrochen wird und das Material optisch anders erscheint. Denn nur der Brechungsindex der Matrix hat sich geändert, aber nicht der Brechungsindex der Füller.

Dieser Prozess der Brechungsindexänderung während der Polymerisation lässt sich gerade für die Bulk-Aushärtung optimal nutzen. Ziel bei einem Bulk-Fill-Material ist eine gute Aushärtung bei einer hohen Schichtstärke. Um das zu erreichen, wird der Brechungsindex der unausgehärteten Monomermischung so eingestellt, dass er mit den Brechungsindizes der Füller übereinstimmt. Die Konsequenz ist eine sehr transluzente Paste. Wenn das Composite polymerisiert wird, kann das Licht optisch ungehindert die transluzente Füllung durchstrahlen. Aufgrund des hochreaktiven Initiators Ivocerin

polymerisiert die Füllung gut und schnell in der Tiefe, also an der Grenzfläche zum Zahn. Mit der Polymerisation reduziert sich die Transluzenz und das Composite wird opak. Mit dieser tieferen Transluzenz hat das Füllungsmaterial deckende zahnfarbene Eigenschaften.

Wie verhält es sich mit dem „Transluzenzwechsel“ bei auf dem Markt befindlichen Bulk-Fill-Composites?

Bei der Entwicklung von Composites war die Transluzenz der unausgehärteten Paste kein Thema. Ziel war immer, eine ästhetische Füllung nach der Aushärtung zu erhalten. Dem Transluzenzwechsel der Paste aufgrund der Brechungsindexzunahme der Matrix wurde keine Aufmerksamkeit gewidmet. Das war auch verständlich, da die Bleichwirkung

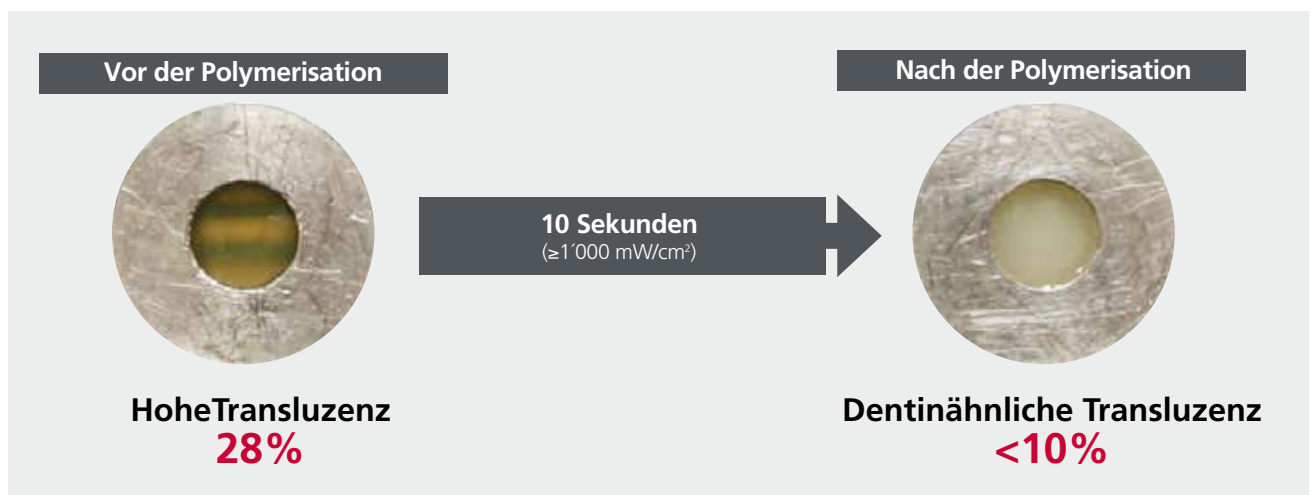


Abb. 4 Aessencio-Technologie



Abb. 5 Messaufbau mit Ulbrichtkugel

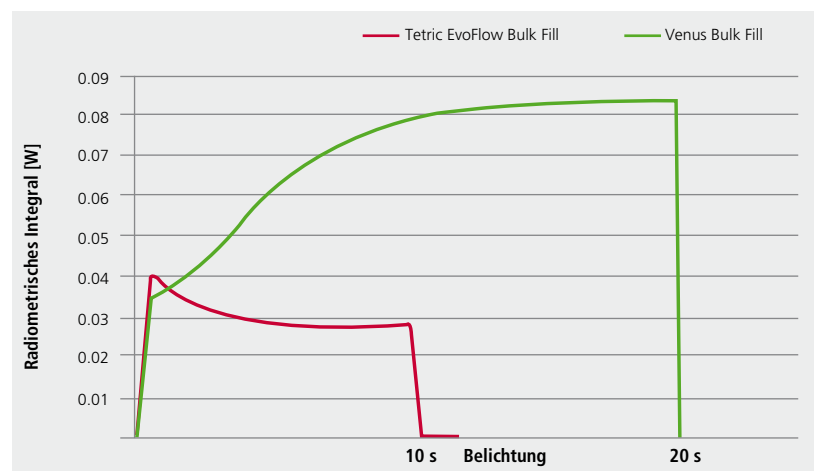


Abb. 6 Aufgezeichnete Lichtleistung bei der Bestrahlung durch eine vier Millimeter Composite-Schicht während der Belichtung von Tetric EvoFlow Bulk Fill (Ivoclar Vivadent), Venus Bulk Fill (Heraeus Kulzer) (F+E Ivoclar Vivadent AG, 2014)

der Paste durch den Zerfall des Initiators gleichzeitig abließ und somit für den Betrachter viel deutlicher sichtbar erschien. Zusätzlich war bei Bulk-Fill-Composites das Ziel eine hohe Durchhärtungstiefe, was ohne Ivocerin und Aessencio-Technologie nur über eine hohe Transluzenz des ausgehärteten Composites ermöglicht werden konnte.

Lichtdurchlässigkeit während der Polymerisation

Der Transluzenzwechsel ist nur der offensichtliche Effekt. Ziel der neuen Technologie ist es, eine grosse Menge an Licht für eine gute Bulk-Aushärtung in tiefere Schichten zu bringen, ohne Nachteile wie mangelnde Ästhetik oder schlechte Aushärtung in Kauf nehmen zu müssen. Ein Nachweis der optimierten Lichtdurchlässigkeit ist mittels Ulbrichtkugel möglich (Abbildung 5). Dabei wird die abnehmende Lichtdurchlässigkeit durch Messung der Lichtleistung bei einer Belichtung durch einen vier Millimeter dicken Prüfkörper erfasst. Bei der Messung wird eine Ulbrichtkugel so platziert, dass eine Metallblende mit einem Durchmesser von sechs Millimetern auf dem Eintrittsfenster des Messinstrumentes zu liegen kommt. Auf dieser Blende wird eine vier Millimeter hohe zylindrische Kavität aus weissem Kunststoff mit sechs Millimeter Durchmesser platziert. Die mit Composite gefüllte Kavität wird belichtet und zeitgleich die Leistung des Belichtungsgeräts mittels der Ulbrichtkugel während der Polymerisation gemessen (Abbildung 6).

Bei Venus Bulk Fill (Heraeus Kulzer) steigt die gemessene Lichtleistung mit zunehmender Belichtung. Das bedeutet, dass mit zunehmender Aushärtung mehr Licht durch das Material durchtritt und das Composite transluzenter wird. Bei Tetric EvoFlow Bulk Fill sinkt die Lichtdurchlässigkeit mit zunehmender Belichtung, was an der Transluzenzabnahme deutlich sichtbar wird.

Zusammenfassung

Dank Ivocerin und der Aessencio-Technologie ist es gelungen, ein Tetric EvoFlow Bulk Fill mit dentinähnlicher Transluzenz zu entwickeln, welches in einer vier Millimeter Schicht innerhalb von zehn Sekunden aushärtet und in seinen optischen Eigenschaften einen Vergleich mit den aktuellen direkten Füllungs-Composites nicht scheuen muss.

Literatur

- [1] Ivoclar Vivadent AG, Scientific Report 10 Jahre Tetric EvoCeram, Vol. 01, 2014
- [2] Ivoclar Vivadent AG, Report aus der Forschung und Entwicklung der Ivoclar Vivadent AG, Ivocerin® – ein Meilenstein der Composite-Technologie, Nr.19, 2013
- [3] Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. Clin Oral Invest published online: 11. January 2014
- [4] Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. Dent Mat 30 (2014):149-154.
- [5] Special Edition Tetric EvoCeram Bulk Fill, Moderne Füllungstherapie im Seitenzahnbereich, Prof. Dr. Jürgen Manhart / Prof. Dr. Dipl.-Ing. Nicoleta Ilie, 2015
- [6] Frederick A. Rueggeberg, State-of-the-art: Dental photocuring – A review, dental materials 27 (2011) 39-52

in vitro-Untersuchungen

Durchhärtungstiefe mittels Vickershärtemessung an der Oberfläche und in vier Millimeter Tiefe bei unterschiedlicher Aushärtung

Material:

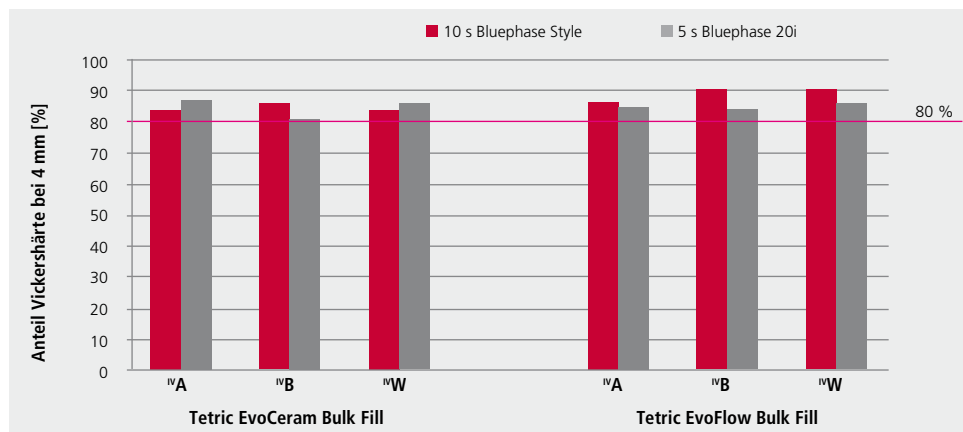
Tetric EvoCeram Bulk Fill ^{iv}A, ^{iv}B, ^{iv}W

Tetric EvoFlow Bulk Fill ^{iv}A, ^{iv}B, ^{iv}W

Methode:

Es wurden Prüfkörper mit einer Höhe über vier Millimeter mit dem jeweiligen Belichtungsprogramm von beiden Materialien in allen drei Farben ausgehärtet. Nach einer Lagerung über 24 Stunden bei 37°C wurde die Vickershärte an der Oberfläche und in einer Tiefe von vier Millimeter gemessen. Der ermittelte Wert an der Oberfläche wird als 100 Prozent definiert. Der Wert bei vier Millimeter entspricht dem prozentualen Anteil dieses Wertes. Die Messung erfolgte mit unterschiedlichen Lichtintensitäten und Belichtungszeiten.

Resultate:



F&E Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Dezember 2014

Zusammenfassung:

Professor David Watts von der Universität in Manchester (GB) postuliert eine akzeptable Aushärtungstiefe, wenn die Härte in der Tiefe 80 Prozent der Oberflächenhärte erreicht [1]. Beide Materialien erreichen mindestens 80 Prozent der Oberflächenhärte in einer Tiefe von vier Millimeter bei allen drei Farben.

Fazit:

Die geforderten 80 Prozent der Oberflächenhärte wurden bei beiden Aushärtebedingungen und bei beiden Materialien für alle Farben erfüllt. Die empfohlene Schichtstärke für Tetric EvoCeram Bulk Fill beziehungsweise Tetric EvoFlow Bulk Fill beträgt bis zu vier Millimeter.

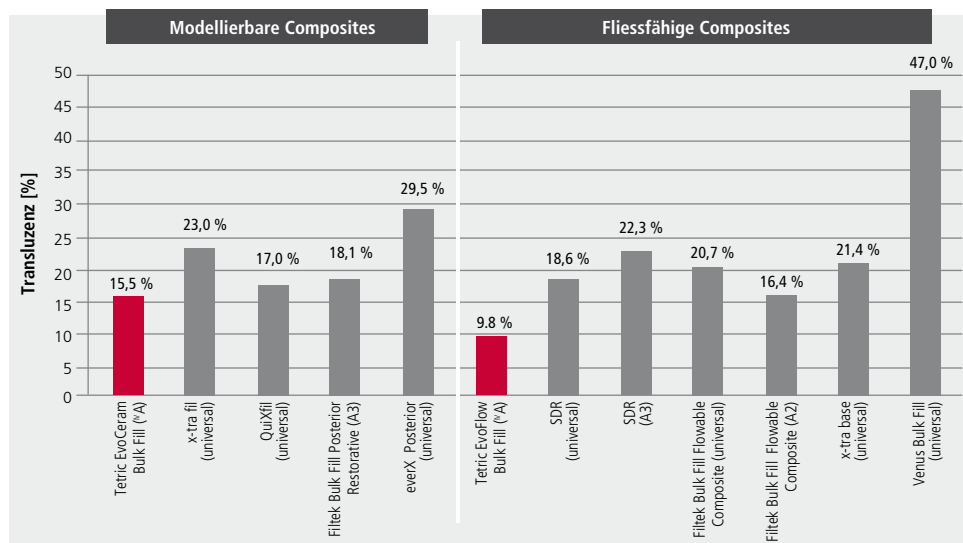
[1] D. Watts, O. Amer, E. Combe. Characteristics of visible light-activated composite systems. Br Dent J 156 (1984) 209-215

Transluzenzvergleich

Methode:

Die Transluzenz nach der Polymerisation wurde von den in der Grafik erwähnten Composites gemessen. Die Messung erfolgte mit einem Spectrophotometer Minolta CM-5. Dabei wird das durch eine ein Millimeter starke, polymerisierte Composite-Scheibe durchtretende Licht gemessen.

Resultate:



Messung: F&E Ivoclar Vivadent AG, Dezember 2014

Zusammenfassung:

Mit 15 Prozent zeigt Tetric EvoCeram Bulk Fill eine Transluzenz, die auch in konventionellen Composites in der direkten Füllungstherapie eingesetzt wird. Alle anderen Composites sind transluzenter. Nur Tetric EvoFlow Bulk Fill hat eine Transluzenz von zehn Prozent und besitzt als einziges Bulk-Füllungscomposite eine dentinähnliche Transluzenz mit welchem Dentinverfärbungen kaschiert werden können.

Fazit:

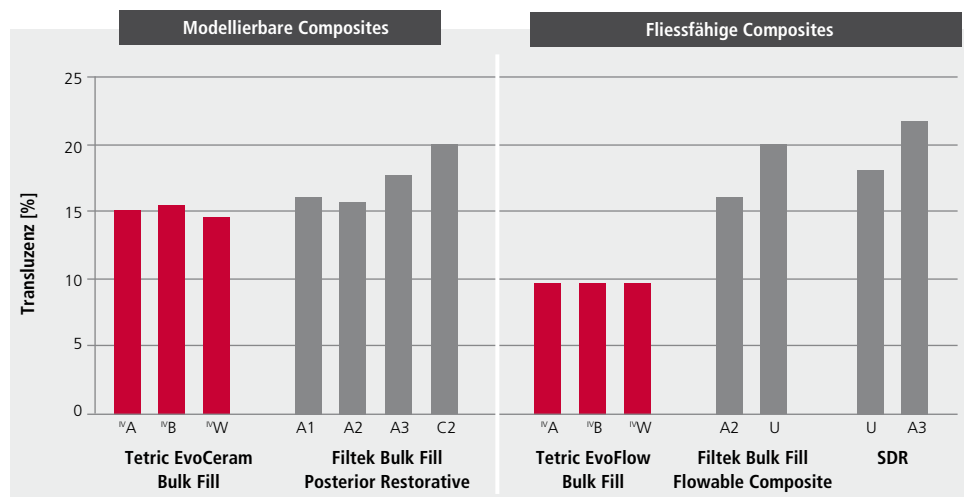
Für Tetric EvoCeram Bulk Fill und Tetric EvoFlow Bulk Fill werden die gleichen Farben angeboten. Die Transluzenz dieser Farben ist für das jeweilige Material gleich und abgestimmt auf die jeweilige Anwendung (Tetric EvoFlow Bulk Fill = dentinähnliche Transluzenz, Tetric EvoCeram Bulk Fill = dentin- und schmelzähnliche Transluzenz).

Transluzenzvergleich von verschiedenen Farben

Methode:

Die Transluzenz des ausgehärteten Materials wurde bei folgenden Composites gemessen: Tetric EvoCeram Bulk Fill, Tetric EvoFlow Bulk Fill in den Farben ^{IV}A, ^{IV}B und ^{IV}W, Filtek Bulk Fill Posterior Restorative (3M Espe) in den Farben A1, A2, A3, C2, Filtek Bulk Fill Flowable Composite (3M Espe) in den Farben A2 und U und SDR (Dentsply) in den Farben U und A3. Die Messung erfolgte mittels Spectrophotometer Minolta CM-5. Dabei wird das durch eine ein Millimeter starke, polymerisierte Composite-Scheibe durchgehende Licht gemessen.

Resultate:



Messung: F&E Ivoclar Vivadent AG, Dezember 2014

Zusammenfassung:

Tetric EvoCeram Bulk Fill mit einer Transluzenz von ca. 15 % und Tetric EvoFlow Bulk Fill mit < 10 % zeigen eine auf den natürlichen Schmelz und Dentin abgestimmte Transluzenz. Diese Transluzenzen gelten sowohl für Tetric EvoCeram Bulk Fill als auch für Tetric EvoFlow Bulk Fill für alle drei Einfärbungen. Bei der fließfähigen Variante Filtek Bulk Fill Flowable Composite als auch bei SDR liegt die Transluzenz signifikant höher als bei Tetric EvoFlow Bulk Fill. Dazu variiert die Transluzenz in Abhängigkeit von der Farbe sowohl bei Filtek Bulk Fill Posterior Restorative und Filtek Bulk Fill Flowable Composite als auch bei SDR. Dunklere Farben haben eine höhere Transluzenz als hellere Farben.

Fazit:

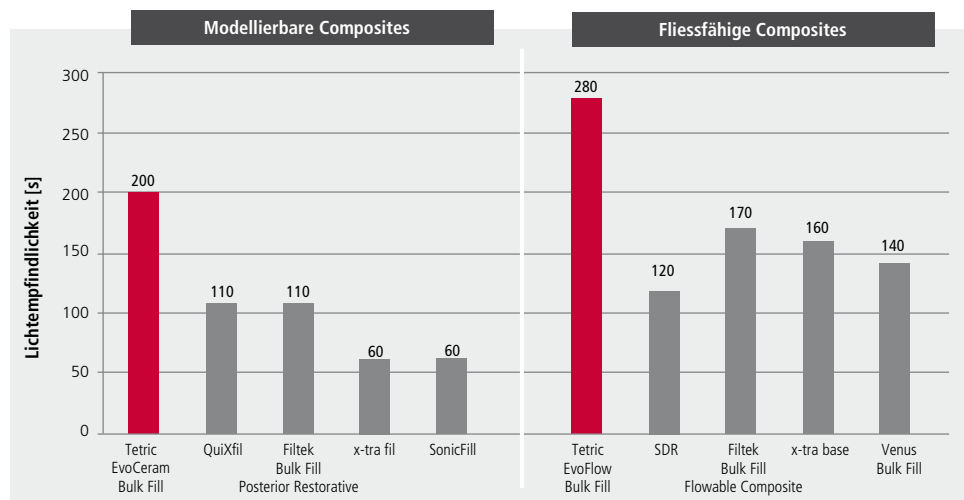
Für Tetric EvoCeram Bulk Fill und Tetric EvoFlow Bulk Fill werden die gleichen Farben angeboten. Die Transluzenz dieser Farben ist für das jeweilige Material gleich und abgestimmt auf die jeweilige Anwendung (Tetric EvoFlow Bulk Fill = dentinähnliche Transluzenz, Tetric EvoCeram Bulk Fill = dentin- und schmelzähnliche Transluzenz).

Empfindlichkeit gegenüber Umgebungslicht (= Bearbeitungszeit)

Methode:

Die Empfindlichkeit gegenüber Umgebungslicht wurde von folgenden Composites gemessen: Tetric EvoCeram Bulk Fill, Tetric EvoFlow Bulk Fill, SDR (Dentsply), QuiXfil (Dentsply), Venus Bulk Fill (Heraeus Kulzer), Filtek Bulk Fill Flowable Composite (3M Espe), Filtek Bulk Fill Posterior Restorative (3M Espe), x-tra fil (Voco), x-tra base (Voco), SonicFill (Kerr). Die Messung erfolgte gemäss dem ISO-Standard 4049. Dabei wird eine geringe Menge an Composite einer Xenon-Hochdrucklampe bei einer Beleuchtungsstärke von 8'000 Lux ausgesetzt. Es wird die Zeit notiert, bei der das Composite noch nicht polymerisiert ist.

Resultate:



Messung ISO 4049 (8'000 Lux), F&E Ivoclar Vivadent AG, Dezember 2014

Zusammenfassung:

Sowohl Tetric EvoCeram Bulk Fill mit 200 Sekunden, als auch Tetric EvoFlow Bulk Fill mit 280 Sekunden zeigen eine signifikant längere Zeit ohne Aushärtung unter der Hochleistungslampe als die Vergleichsmaterialien. Die Anforderungen der Norm (>55 s) erfüllen alle getesteten Composites.

Fazit:

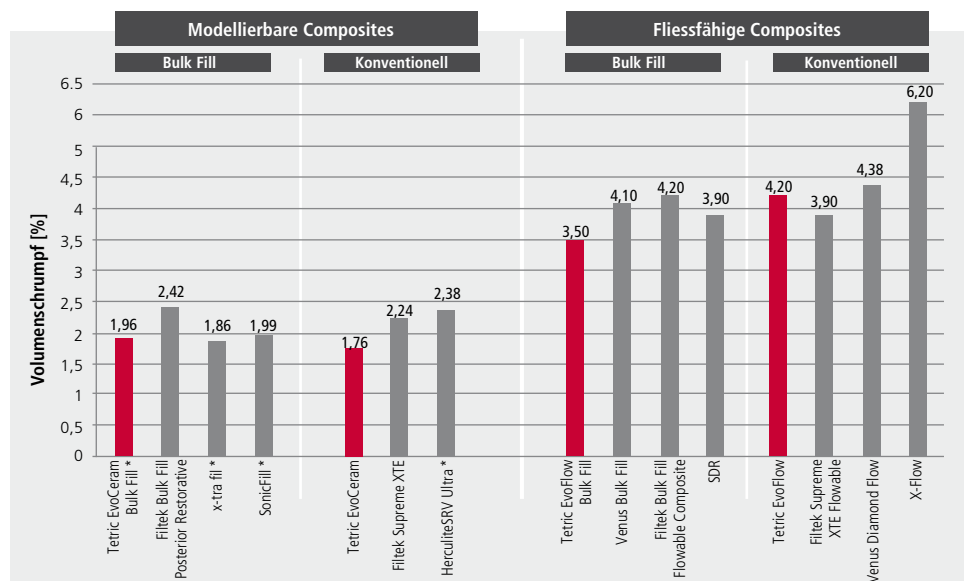
Tetric EvoCeram Bulk Fill und Tetric EvoFlow Bulk Fill unterscheiden sich deutlich von den Mitbewerbern. Die Empfindlichkeit gegenüber Umgebungslicht, welche ein Zeichen für die Verarbeitbarkeit bei sichtbarem Licht ist, ist bei beiden Materialien aufgrund des Licht-Controllers deutlich besser.

Vergleichende Schrumpfungsmessung von verschiedenen Composites

Methode:

Gemessen wurde die Polymerisationsschrumpfung von vier stopfbaren Bulk-Füllungscomposites: Tetric EvoCeram Bulk Fill, Filtek Bulk Fill Posterior Restorative (3M Espe), x-tra fil (Voco), SonicFill (Kerr), drei konventionellen stopfbaren Composites: Tetric EvoCeram, Filtek Supreme XTE (3M Espe), Herculite XRV Ultra (Kerr), von vier fließfähigen Bulk-Füllungscomposites: Tetric EvoFlow Bulk Fill, Venus Bulk Fill (Heraeus Kulzer), Filtek Bulk Fill Flowable Composite (3M Espe), SDR (Dentsply) und von vier konventionellen fließfähigen Composites: Tetric EvoFlow, Filtek Supreme XTE Flowable (3M Espe), Venus Diamond Flow (Kerr), X-Flow (Dentsply). Die Schrumpfung der modellierbaren Composites wurde mittels Hg-Dilatometer während einer Stunde gemessen. Die fließfähigen Composites wurden gemäss ISO 17304 (Archimedes Prinzip) nach 24 Stunden bestimmt.

Resultate:



Messung: F&E Ivoclar Vivadent AG, Dezember 2014 / *AADR 2012 Abstract 858

Zusammenfassung:

Die stopfbaren Composites zeigen aufgrund des geringeren Monomergehaltes eine geringere Schrumpfung als die fließfähigen Composites. Bei der ISO-Methode wird der Messwert erst nach 24 Stunden erfasst, wobei noch eine leichte Nachschrumpfung im Vergleich zur Messung mit dem Hg-Dilatometer beiträgt. Beim Vergleich der konventionellen Composites zu den Bulk-Füllungscomposites gibt es keinen Unterschied.

Fazit:

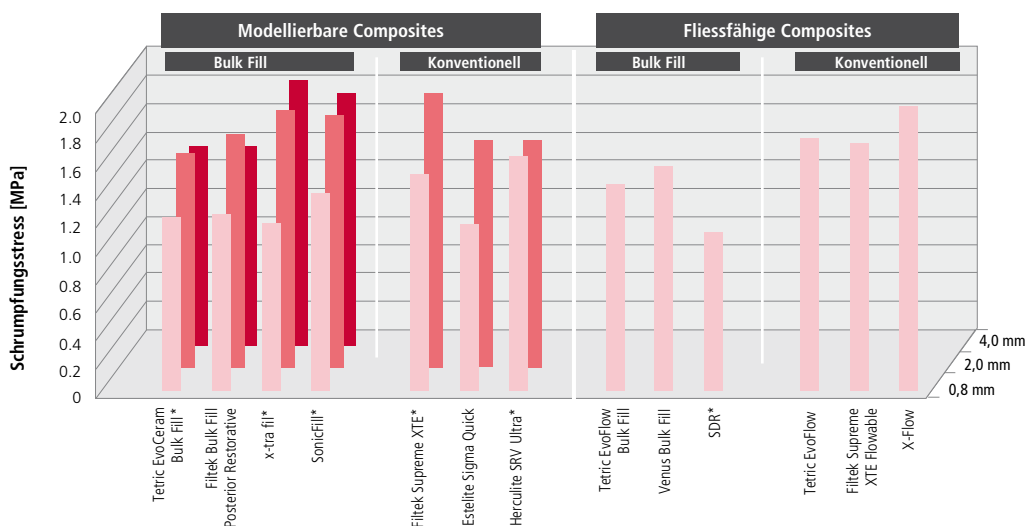
Tetric EvoCeram, Tetric EvoCeram Bulk Fill und x-tra-fil zeigen bei den stopfbaren Composites den geringsten Polymerisationsschrumpf. Bei den fließfähigen Bulk-Füllungscomposites zeigt Tetric EvoFlow Bulk Fill den niedrigsten Wert.

Vergleichende Schrumpfungsstressmessungen von verschiedenen Composites

Methode:

Gemessen wurde der Schrumpfungsstress von vier stopfbaren Bulk-Füllungscomposites: Tetric EvoCeram Bulk Fill, Filtek Bulk Fill Posterior Restorative (3M Espe), x-tra fil (Voco), SonicFill (Kerr), von drei konventionellen stopfbaren Composites: Filtek Supreme XTE (3M Espe), Estelite Sigma Quick (Tokuyama), Herculite XRV Ultra (Kerr), von drei fließfähigen Bulk-Füllungscomposites: Tetric EvoFlow Bulk Fill, Venus Bulk Fill (Heraeus Kulzer), SDR (Dentsply) und von drei konventionellen fließfähigen Composites: Tetric EvoFlow, Filtek Supreme XTE Flowable (3M Espe), Venus Diamond Flow (Kerr). Der Schrumpfungsstress wurde mittels einem Bioman Schrumpfungsstress-Messgerät gemessen (D. Watts, Manchester, UK). Hierfür wurden die modellierbaren Bulk-Fill-Composites in Schichten von 0,8 Millimeter, zwei Millimeter und vier Millimeter zwischen einem sandgestrahlten Metallzylinder (befestigt an der Kraftmesseinrichtung) und einer silaniserten Glasplatte gebracht. Die konventionellen Composites konnten aufgrund der Indikation nur in 0,8 Millimeter und zwei Millimeter gemessen werden. Durch die Glasplatte wurde das Composite gemäss Herstellerangaben belichtet. Bei den fließfähigen Composites ist wegen der Flowable-Konsistenz nur die Messung mit einer Schichtstärke von 0,8 Millimeter möglich. Der Verlauf der Schrumpfungskraft wurde über 30 Minuten aufgezeichnet.

Resultate:



Messung: F&E Ivoclar Vivadent AG, Dezember 2014 / *AADR 2012 Abstract 858

Zusammenfassung:

Mit einer Zunahme der Schichtstärke von 0,8 Millimeter auf zwei Millimeter steigt der Schrumpfungstress an. Bei einer weiteren Zunahme der Schichtstärke auf vier Millimeter wurde keine weitere Erhöhung des Schrumpfungstress gemessen. Bulk-Füllungscomposites zeigen in einer 0,8-mm-Schicht einen geringeren Schrumpfungstress als konventionelle Composites. Des Weiteren weisen modellierbare Bulk-Fill-Composites in einer 4-mm-Schicht einen gleichen oder tieferen Stress auf als konventionelle modellierbare Füllungsmaterialien in einer 2-mm-Schicht. Die konventionellen fließfähigen Composites zeigen den höchsten Schrumpfungstress.

Fazit:

Tetric EvoCeram Bulk Fill gehört zu den Composites mit dem geringsten Schrumpfungstress bei 0,8 Millimeter, zwei Millimeter und vier Millimeter. Die modellierbaren Bulk-Füllungscomposites zeigen bei einer 4-mm-Schicht einen gleichen oder tieferen Schrumpfungstress als konventionelle Composites in einer 2-mm-Schicht. Die fließfähigen Bulk-Füllungscomposites zeigen einen geringeren Schrumpfungstress als die konventionellen fließfähigen Composites.

Dr. Siegward Heintze
Head of Department
Prälinik



Bulk-Fill-Materialien – über jeden Zweifel erhaben?

Bulk Fill ist in aller Munde und das im doppelten Sinne des Wortes. Alle grossen Dentalhersteller bieten mittlerweile ein Bulk-Fill-Material an. Sie machen viel Werbung; in den wissenschaftlichen Dentalzeitschriften erscheinen immer häufiger Studien zu Bulk-Fill-Materialien und Zahnärzte verwenden die Materialien immer häufiger, so dass tatsächlich immer mehr Füllungen mit Bulk Fill in den Mündern von Patienten sind.

Ein Zahnarzt in Europa oder den USA legt im Schnitt 20 bis 30 Composite-Füllungen pro Woche. 60 Prozent davon sind Füllungen im Seitenzahnbereich, also das Hauptanwendungsgebiet für Bulk-Fill-Materialien [1]. In den vergangenen zehn Jahren hat die Verwendung von Composite-Materialien im Seitenzahnbereich nicht nur stark zugenommen, sondern so gar jene von Amalgam weit überholt [2].

Der eine oder andere Zahnarzt mag noch Zweifel an Bulk-Fill-Materialien im Allgemeinen haben. Sei es, weil er denkt, dass die Materialien nicht zuverlässig sind, zum Beispiel in Punkto Durchhärtungstiefe oder sei es, weil er denkt, dass grosse Schichten von Composite aufgrund des Schrumpfes und der Schrumpfkraft die Zahnschicht schädigen (Schmelzrisse) oder vermehrt zu Empfindlichkeiten nach Legen der Füllung führen, zum Beispiel auf Kälte oder Kaudruck.

Ist dem wirklich so? Ehe wir uns diesen Fragen widmen, sollte herausgearbeitet werden, was die Vorteile von Bulk-Fill-Materialien sind und welche Eigenschaften sie haben.

Doch zuvor:

Wie schätzen Zahnärzte Bulk-Fill-Materialien ein?

Clinicians Report (Zeitschrift des in den USA sehr bekannten Zahnarztes Dr. Gordon Christensen) [3] hatte unlängst unter amerikanischen Zahnärzten eine Umfrage zu Bulk-Fill-Materialien durchgeführt. 69 Prozent der Befragten hatten Bedenken hinsichtlich der Durchhärtung und 48 Prozent hinsichtlich des Schrumpfes (Abbildung 1). 23 Prozent meinten, diese Materialien könnten vermehrt zu Empfindlichkeiten nach dem Legen der Füllung führen und 26 Prozent fürchteten Luftblasen in der Füllung. Die Ästhetik war bei den Antworten dieser amerikanischen Zahnärzte kein Thema.

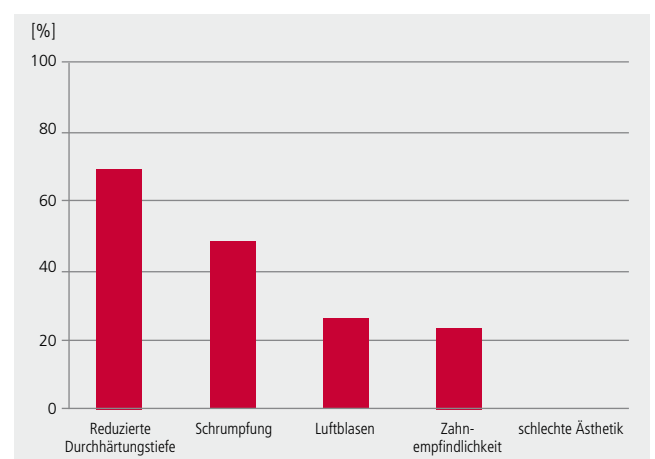


Abb. 1 Ergebnisse einer Umfrage unter amerikanischen Zahnärzten bezogen auf deren Befürchtungen bei der Verwendung von Bulk-Fill-Materialien [3].

Vorteile von Bulk-Fill-Materialien

Unter Bulk Fill versteht man, dass die Kavität in grossen Schichten Composite (bis vier oder fünf Millimeter) gefüllt und anschliessend ausgehärtet werden kann. Das Wort „Bulk“ kommt aus dem Englischen und bedeutet „grosse Menge“. Es leitet sich aus dem altenglischen Wort „bolke“ (= Haufen) ab, wobei auch ähnliche Wörter im Dänischen („Bulk“ = Klumpen) oder Altschwedischen („Bolk“, „Blkast“ = Masse) existieren. Das Prinzip der „Bulk-Füllungen“ ist nicht neu, waren doch schon die ersten Composites der 70er und 80er Jahre des 20. Jahrhunderts selbsthärtende Paste-/Paste-Materialien, die in „Bulk“ gefüllt und ausgehärtet worden sind. Manche Zahnärzte mögen sich noch an Materialien wie Adaptic oder Concise erinnern. Die nun als Bulk-Fill-Materialien beworbenen dentalen Composites sind streng genommen keine Bulk-Fill-Materialien wenn man unterstellt, dass mit „Bulk“ die Füllung jeglicher Kavität in einer Schicht gemeint ist. Die auf dem Markt befindlichen lighthärtenden Bulk-Fill-Materialien haben eine limitierte Schichtstärke von vier bis fünf Millimeter. Damit ist der wesentliche Vorteil der Bulk-Fill-Materialien beschrieben: Der Zahnarzt muss nicht – wie mit herkömmlichen Composite-Materialien – die Kavität mit mehreren kleinen Schichten von 1,5 bis 2 Millimeter füllen und jede Schicht separat aushärten, sondern kann die Kavitäten in grösseren Schichten füllen; allerdings nur bis zu einer Schichtdicke von vier bis fünf Millimeter. Das spart Zeit und erhöht die Sicherheit für Zahnarzt und Patient. Es muss davon ausgegangen werden, dass im Praxisalltag in vielen Fällen bei Verwendung der herkömmlichen Composites schon die maximalen Schichtstärken von 1,5 bis 2 Millimeter nicht eingehalten worden sind und dadurch das Composite in der Tiefe unter Umständen nicht vollständig ausgehärtet war. Nicht ausgehärtetes Composite kann leichter herausgelöst werden, beschleunigt die Bildung von Randkaries und kann durch die Freisetzung von Monomeren allergisierend wirken [4,5]. Studien haben gezeigt, dass bei bis zu 90 Prozent der Kavitäten im Seitenzahnbereich bleibender Zähne (zum Beispiel Ersatz von Amalgam-Füllungen) die Tiefe des approximalen Anteils zwei bis fünf Millimeter beträgt [6]. Nur etwa zehn Prozent der Kavitäten sind tiefer als fünf Millimeter. Der Zahnarzt kann somit in der täglichen Praxis die meisten Kavitäten im Seitenzahnbereich mit einer Schicht von vier bis fünf Millimeter füllen. Bei Milchzähnen kann der Zahnarzt mit Bulk-Fill-Materialien wahrscheinlich 100 Prozent der Zähne mit

einer Schicht füllen – systematische Studien zur Tiefe von Milchzahnkavitäten fehlen jedoch. Daher sind diese Materialien unter anderem speziell für die Milchzahnfüllungstherapie geeignet, ist doch jede Beschleunigung der Behandlung bei Kindern, insbesondere bei behandlungsunwilligen oder schwierigen Kindern, wünschenswert. Somit erhöhen die Bulk-Fill-Materialien die klinische Sicherheit.

Härten die Bulk-Fill-Materialien wirklich bis zu einer Tiefe von vier bis fünf Millimeter aus?

Doch härten die Materialien tatsächlich in den vom Hersteller angegebenen Schichtstärken aus? Diese Eigenschaft wird im Labor geprüft. Es gibt eine ISO-Norm dafür [7]. Bei der Prüfung wird Composite in einer Metallform polymerisiert, der unpolymerisierte Anteil wird mit einem Kunststoffspatel entfernt, die verbliebene Schichtstärke des Composites gemessen und der Messwert durch zwei geteilt. Die Halbierung des Tiefenwertes wird vorgenommen, um sicher zu gehen, dass bis zu dem dann gewonnenen Wert das Material adäquat ausgehärtet ist. Eine weitere Methode, um die Durchhärtungstiefe zu bestimmen, ist die Messung der Oberflächenhärte der Ober- und Unterseite von Prüfkörpern unterschiedlicher Dicke, 24 Stunden nach der Polymerisation. Ein Material gilt als durchgehärtet, wenn die Oberflächenhärte der Unterseite mindestens 80 Prozent jener der Oberseite beträgt [8]. Die 80 Prozent-Regel ist allerdings willkürlich und kann nicht durch systematische Experimente belegt werden. Zudem muss berücksichtigt werden, dass die Composites eine unterschiedliche Härte haben und daher die absoluten Werte nicht miteinander verglichen werden können.

Die Werte beider Prüfmethode korrelieren nicht besonders gut. Das haben sowohl interne Untersuchungen bei Ivoclar Vivadent als auch Untersuchungen anderer Prüfinstitute gezeigt [9]. Besonders bei Bulk-Fill-Materialien wurde teilweise die vier Millimeter Durchhärtungstiefe gemäss ISO-Norm-Prüfung nicht erreicht, wohl aber betrug die Oberflächenhärte der Unterseite 80 Prozent jener der Oberseite des Prüfkörpers. Grund für diese Diskrepanz ist sicherlich, dass die ISO-Prüfung mit einer Metallform vorgenommen wird, was aber nicht den Gegebenheiten im Zahn entspricht. Die Transluzenz von Dentin und Schmelz erlaubt das Weiterleiten des Lichtes der Polymerisationslampe auch in tiefere Schichten. Wenn man

statt Metall einen transluzenten Kunststoff oder Zahnmaterial nimmt, so ist die gemessene Durchhärtung gemäss ISO-Norm deutlich höher [10].

Ob das Composite vollständig polymerisiert, hängt zudem von weiteren Faktoren ab, zum Beispiel der Farbe und Transluzenz des Composites, der Lichtintensität des Polymerisationsgerätes, der Dauer der Belichtung sowie der Distanz zwischen Austrittsfenster des Lichtleiters und dem zu polymerisierenden Composite [11]. Neben eventuell variablem und unzuverlässigem Haftverbund zwischen dem Adhäsivsystem und dem Substrat könnte eine unzureichende Aushärtung des Composites für das häufige Auftreten von Randkaries im gingivalen Anteil von Klasse-II-Restaurationen mit verantwortlich sein. Gemäss klinischen Studien bildet sich etwa 80 Prozent der Randkaries am zerviko-gingivalen Rand von Klasse-II-Füllungen und nur 20 Prozent am okklusalen Rand [12]. Zudem wurden in diesem Bereich auch Randverfärbungen deutlich häufiger festgestellt [13].

Die richtige Polymerisation des Composites ist entscheidend

Tendenziell reduzieren Zahnärzte die empfohlenen Polymerisationszeiten für Composites. Für die Bulk-Fill-Materialien kann es zum Teil empfehlenswert sein, die Belichtungszeit sogar zu verlängern, um die gewünschte Durchhärtung zu erreichen [14,15]. Bei Tetric EvoCeram® Bulk Fill und Tetric EvoFlow® Bulk Fill reichen zehn Sekunden Polymerisation je Schicht, sofern ein Polymerisationsgerät mit $\geq 1'000 \text{ mW/cm}^2$ zum Beispiel eine Bluephase Style ($1'100 \text{ mW/cm}^2$) verwendet wird.

Neben zu geringen Aushärtungszeiten sind die unzureichende Wartung und Überprüfung der Lichtintensität der Polymerisationsgeräte eine mögliche Fehlerquelle. In einem Feldtest in 301 zahnärztlichen Praxen in Deutschland aus dem Jahr 2006 unterschritten 26 Prozent der Geräte die minimal zulässige Lichtleistung von 400 mW/cm^2 [16]. Zudem waren 48 Prozent der Lichtleiter zu beanstanden, weil sie Defekte aufwiesen oder mit Composite-Resten verklebt waren. Gemäss einer neueren Untersuchung desselben Autors gab es bei den neuen LED-Polymerisationsgeräten nur wenige, die die erforderliche Lichtintensität nicht erfüllten.

Die direkte klinische Relevanz der Durchhärtungsprüfung bleibt fraglich. Nicht zuletzt deshalb, weil die Zugänglichkeit für die Polymerisation in der Mundhöhle erschwert ist und der Lichtleiter meist nicht direkt auf der Füllungsoberfläche zu liegen kommt. Zudem wird die Polymerisation häufig von einer Zahnarthelferin vorgenommen, was zu weiteren Ungenauigkeiten bei der Aushärtung führen kann. Diese Variablen sind bislang nicht systematisch untersucht worden. Um die Lücke zu schliessen, wurden bei Ivoclar Vivadent bestimmte Szenarien untersucht, zum Beispiel die Stellung des Lichtleiters schräg zur Füllung (40°), mit Abstand oder Verkleben des Lichtleiters mit Composite [17]. An einem Unterkiefer-Molaren wurden je zwei vier Millimeter tiefe Kavitäten präpariert und diese in einer Schicht mit Tetric EvoCeram Bulk Fill gefüllt, wobei der Lichtleiter unterschiedliche, suboptimale Positionen zur Composite-Oberfläche hatte. Die Schicht wurde für zehn Sekunden mit Bluephase Style polymerisiert. Mit dem relativ kurzen Lichtleiter der Bluephase Style kommt der Zahnarzt gut an die zu polymerisierende Füllung heran. Danach wurden die Füllungen (je Gruppe vier) entfernt, eingebettet und nach einem Tag Lagerung in zwei Hälften getrennt. Bei jeder Hälfte wurde in 0,5-mm-Abständen die Oberflächenhärte (Vickershärte) gemessen. Bei keiner der Prüfgruppen fiel der Härtewert im zervikalen Bereich des Composites 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 besitzen. Diese sollte regelmässig mit einem Messgerät überprüft werden.

Effizienz bei der Verwendung von Bulk-Fill-Materialien

Wie viel Zeit spart ein Zahnarzt, wenn er Füllungen mit Bulk-Fill-Materialien legt? Das wurde von Ivoclar Vivadent untersucht. 32 erfahrene Zahnärzte aus 21 Ländern füllten zweiflächige Kavitäten in Kunststoffzähnen mit einer Schicht Tetric EvoCeram Bulk Fill beziehungsweise mehreren Schichten Tetric EvoCeram. Im Mittel brauchten die Zahnärzte mit der Bulk-Fill-Technik vier Minuten und mit der herkömmlichen

Technik 10,5 Minuten, also gut 60 Prozent weniger Zeit (Abbildung 2). Diese Zeitersparnis bezieht sich allerdings nur auf den Prozess des Füllens der Kavität. Wenn man die Ersparnis auf den gesamten Ablauf der Behandlung bezieht, so macht die Ersparnis immerhin etwa zehn Prozent aus.

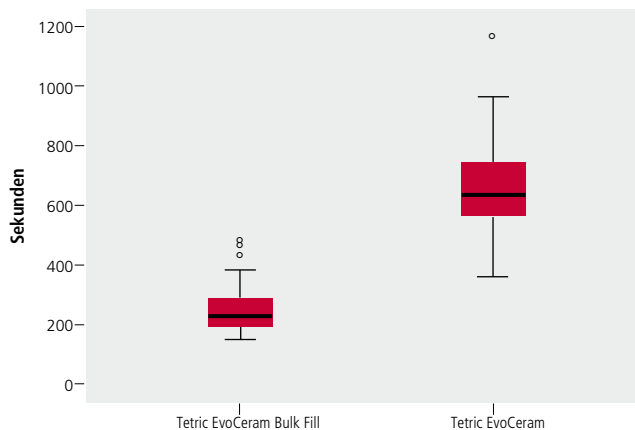


Abb. 2 Boxplot-Diagramm des Zeitbedarfs beim Legen von Füllungen mit Tetric EvoCeram Bulk Fill (eine Schicht, n=32) und Tetric EvoCeram (mehrere Schichten, n=32) in einem Kunststoffzahn. An dem Experiment bei Ivoclar Vivadent haben 32 Zahnärzte teilgenommen.

Erläuterung Boxplot: 50 Prozent der Werte befinden sich in der Box, der schwarze Strich ist der Median, welcher angibt, dass 50 Prozent der Werte darüber liegen und 50 Prozent darunter. Die Linien nach oben und unten geben die Extremwerte an und die Kreise sind Ausreißer.

Wie eingangs erwähnt, sind noch viele Zahnärzte verunsichert und meinen, dass die Materialien nicht das halten, was sie versprechen, besonders dass der Vorteil des Legens in dicken Schichten mit Nachteilen erkauft wird. Ehe wir uns diesen Fragen widmen, wollen wir kurz sehen, wie die Hersteller es erreicht haben, Composites mit höherer Durchhärtungstiefe herzustellen.

Die Bulk-Fill-Materialien unterscheiden sich

Zunächst einmal muss man festhalten, dass sich die Bulk-Fill-Materialien der verschiedenen Hersteller unterscheiden. So gibt es niedrigviskose, fließfähige Materialien und hochviskose, „stopfbare“ Materialien. Verwendet der Zahnarzt fließfähige Bulk-Fill-Materialien, so kann er nicht die gesamte Füllung aus diesem Material herstellen, sondern er muss die letzte Schicht okklusal mit einem hochviskösen Composite-Material ab-

decken. Das hat zum einen rein praktische Gründe: fließfähige Composites lassen sich anatomisch nicht gut gestalten. Zum anderen hat dies materialtechnische Gründe: fließfähige Composites haben aufgrund des hohen Monomergehaltes eine geringe Oberflächenhärte [18], was zu hohem Verschleiss und Degradation führt [18, 19]. Bei den hochviskösen Bulk-Fill-Materialien ist eine „Deckschicht“ natürlich nicht notwendig. Um die höhere Durchhärtungstiefe zu erreichen, haben die meisten Hersteller die Bulk-Fill-Materialien sehr transparent eingestellt. Somit kann das Licht des Polymerisationsgerätes in die tiefen Bereiche des Composite-Materials gelangen, um es auszuhärten. Zusätzlich setzen die meisten Hersteller grobe Füllstoffe ein, die weniger Grenzfläche zur Brechung des Lichts bieten, als viele kleine Füllstoffe. Daraus resultieren jedoch einige Nachteile, zum Beispiel mangelhafte Ästhetik, unzureichende Maskierung verfärbter Dentinanteile oder schlechte Polierbarkeit.

Ivoclar Vivadent ist einen anderen Weg gegangen. Bei Tetric EvoCeram Bulk Fill und Tetric EvoFlow Bulk Fill wird ein spezieller und patentierter Photoinitiator, eine Dibenzoyl-Germaniumverbindung (sog. „Ivocerin“), verwendet [20]. Das ermöglicht ein Absorptionsmaximum im Blaulichtspektrum von etwa 370 bis 460 nm [8]. In der passenden Formulierung wird die Lichtreaktivität erhöht und eine höhere Durchhärtungstiefe erzielt. Mit dem neuartigen Photoinitiator ist es möglich, Composite-Materialien mit einer zahnähnlichen Transluzenz herzustellen [21] – im Gegensatz zu Bulk-Fill-Materialien anderer Hersteller, die die erhöhte Durchhärtung vorwiegend durch Erhöhung der Transluzenz erreicht haben. Die adäquate Durchhärtung von Tetric EvoCeram Bulk Fill in 4-mm-Schichten wurde in vielen Studien bestätigt [8, 21–25]. Bei dem fließfähigen Tetric EvoFlow Bulk Fill wurde zusätzlich für die sichere Aushärtung die sogenannte Aessencio-Technologie eingebaut. Vor der Polymerisation ist das Material sehr transluzent. Nach der Polymerisation des Monomers sinkt die Transluzenz von 28 Prozent auf unter zehn Prozent. Dies wird durch die geschickte Monomer-Füller-Zusammensetzung erreicht, die genau auf den Brechungsindexwechsel der Monomermatrix durch die Aushärtung ausgelegt ist.

Das hochviskose Tetric EvoCeram Bulk Fill enthält kleine Füllstoffe und lässt sich daher gut polieren. Das niedrigviskose Material hat grössere Füllstoffe und lässt sich etwas schlechter polieren. Da fließfähige Composites meist nicht okklusal liegen und mit einem hochviskösen Composite abgedeckt werden, ist die Polierbarkeit nicht als kritisch zu bewerten. Werden

diese dann doch einmal an den zerviko-approximalen Rand von zwei- oder dreiflächigen Seitenzahnfüllungen appliziert, so führt die approximale Metallmatrize zu einer relativ glatten Oberfläche des Composites und muss nicht poliert werden. Bei approximalen Füllungen ist es nicht sinnvoll und praktikabel, den Kontaktpunkt in den Bereich des fließfähigen Composites zu legen. Dass es sehr schwer ist, mit fließfähigen Compositen einen approximalen Kontaktpunkt zu gestalten, mussten auch Praktiker feststellen, die klinisch mit SDR, dem ersten auf dem Markt befindlichen fließfähigen Bulk-Fill-Material, gearbeitet haben: 41 Prozent der Befragten gaben an, dass mit SDR der approximale Kontaktpunkt nur schlecht erzielbar wäre [26].

Der Hauptvorteil von Tetric EvoCeram Bulk Fill und Tetric EvoFlow Bulk Fill ist die im Vergleich zu anderen Bulk-Fill-Materialien geringere Transluzenz. Daraus resultieren bessere ästhetische Ergebnisse und es wird teilweise möglich, auch verfärbtes

Dentin zu kaschieren. Die Transluzenz des hochviskösen Materials beträgt 15 Prozent, die des niedrigviskösen liegt unter zehn Prozent, was bedeutet, dass 15 Prozent beziehungsweise zehn Prozent des Lichtes bei einem ein Millimeter dicken Prüfkörper hindurchkommt. Gemäss einer Publikation aus Korea hat Dentin eine Transluzenz von etwa 16 Prozent, der Schmelz von 19 Prozent [27], wobei es auf die Schichtstärke, das Alter des Zahnes sowie das Messverfahren ankommt. Ferner gibt es Unterschiede von Patient zu Patient, wie in vivo-Messungen an Oberkiefer-Frontzähnen gezeigt haben [28]. Auch wenn man die Unterschiede der Messtechnik und die Variabilität des biologischen Substrates berücksichtigt, kann grob festgehalten werden, dass die Transluzenz von Tetric EvoCeram Bulk Fill der Zahnhartsubstanz nahekommt. Die noch geringere Transluzenz der fließfähigen Variante ermöglicht es, gewisse Verfärbungen im Dentin, die zum Beispiel durch alte Amalgam-Füllungen verursacht sind, zu kaschieren (Abbildung 3).

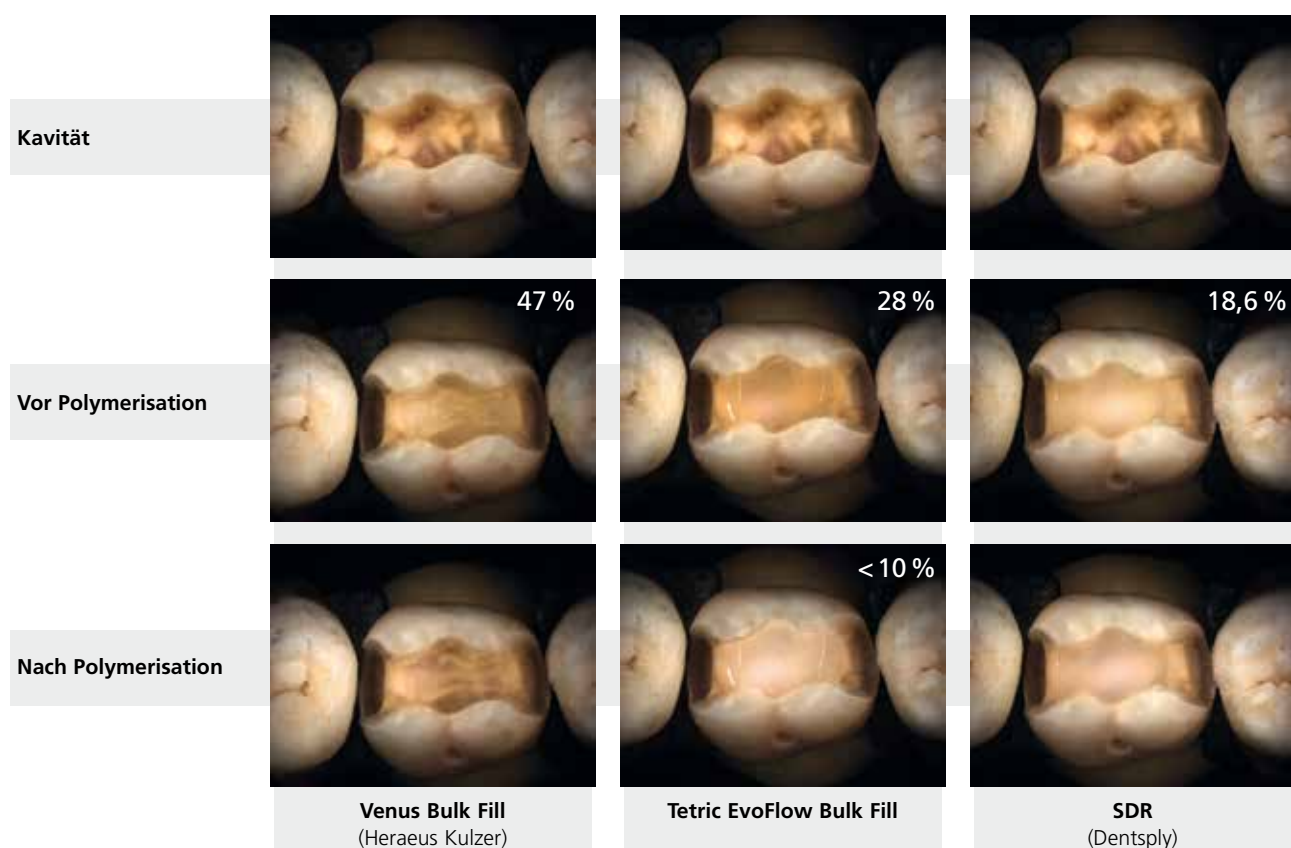


Abb. 3 Bei einer dreiflächigen Kavität mit okklusal verfärbtem Dentin wurden drei verschiedene fließfähige Bulk-Fill-Materialien appliziert, um die deckende Wirkung zu zeigen: links Venus Bulk Fill, in der Mitte Tetric EvoFlow Bulk Fill und rechts SDR. Es ist jeweils das Composite vor und nach der Polymerisation dargestellt. Sehr schön zu sehen ist der Transluzenzwechsel bei Tetric EvoFlow Bulk Fill.
(F+E Ivoclar Vivadent AG, 2014)

Doch wie sehen die Füllungen klinisch aus? Im Abschnitt über die Ergebnisse klinischer Studien zu den beiden Bulk-Fill-Materialien werden je ein klinischer Fall mit Tetric EvoFlow Bulk Fill und Tetric EvoCeram Bulk Fill vorgestellt.

Milchmolaren können im Übrigen allein mit dem fließfähigen Bulk-Fill-Material gefüllt werden; es braucht keine Deckschicht. Warum nicht? Füllungen bei Milchzähnen sind im Vergleich zu Füllungen an bleibenden Zähnen deutlich kleiner. Daher ist auch eine geringere Oberfläche dem Verschleiss ausgesetzt. Ferner sind Kaukräfte bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen wesentlich geringer [29,30]. Milchzähne sind aufgrund der Resorption deutlich schwächer im Alveolarknochen verankert als bleibende Zähne. Beides bedingt einen geringeren Verschleiss bei Milchzahnfüllungen. Da diese aufgrund des Zahnwechsels nur für einen begrenzten Zeitraum im Mund des Kindes verbleiben, ist Verschleiss, sollte er auftreten, weniger kritisch.

Die Ästhetik im Seitenzahnbereich, zumal jene, die auf die Kaufläche beschränkt ist, sollte nicht überbewertet werden. Auf Sprechdistanz sind kleine Abweichungen in Farbe und Transluzenz der Füllung im Vergleich zum Zahn nicht sichtbar – die Patienten werden es ohnehin meist nicht bemerken. Daher gibt es bei den Bulk-Fill-Materialien nur wenige Farben, bei einigen Herstellern sogar nur eine einzige „Universal“-Farbe. Das steigert die Effizienz beim Legen der Füllung zusätzlich, da der Zahnarzt nicht zwischen vielen Farben auswählen oder mehrere Schichten mit verschiedenen Farben applizieren muss, um ein akzeptables Ergebnis zu bekommen. Bei den beiden Bulk-Fill-Materialien von Ivoclar Vivadent gibt es drei Farben, eine A- und B-Farbe sowie eine „Bleach“-Farbe (W = white). Die Farben beider Varianten, der stopfbaren und der fließfähigen, sind aufeinander abgestimmt und daher relativ gut zu kombinieren. Manche Zahnärzte mögen die geringe Zahl an Farben als Nachteil empfinden. Sie sollten jedoch die Bulk-Fill-Materialien klinisch ausprobieren und würden dann gegebenenfalls ihr Urteil revidieren. Das in den USA bekannte Prüfinstitut Dental Advisor liess Tetric EvoCeram Bulk Fill von 31 Zahnärzten testen, die mit dem Material insgesamt 746 Seitenzahnfüllungen gelegt haben: 97 Prozent der Zahnärzte gaben an, dass sie mit dem Material überwiegend sehr zufrieden waren, auch was das ästhetische Ergebnis anbelangt.

Warum und bei welchen Indikationen verwenden Zahnärzte fließfähige Composites?

Eine Umfrage unter 700 Zahnärzten in Deutschland ergab, dass die grosse Mehrheit der Zahnärzte (78 Prozent) fließfähige Composites als Liner unter Composite-Füllungen im Seitenzahnbereich einsetzen [26]. Etwa 70 Prozent füllen damit auch kleine okklusale Kavitäten (Abbildung 4). Die Gründe, warum Zahnärzte einen Composite-Liner verwenden, liegen darin, dass sich die meisten (zirka 70 Prozent) eine bessere Randqualität erhoffen sowie keine oder wenige Hohlräume unter der Füllung oder im Material (Abbildung 5).

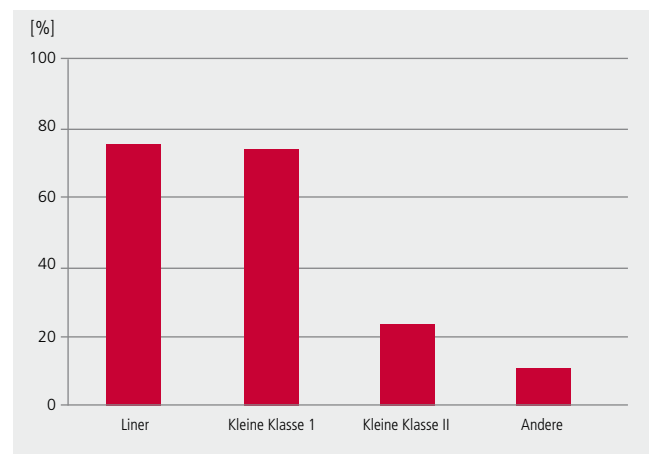


Abb. 4 Ergebnisse einer Umfrage unter deutschen Zahnärzten bezüglich der Indikation für die Verwendung fließfähiger Composites [26]

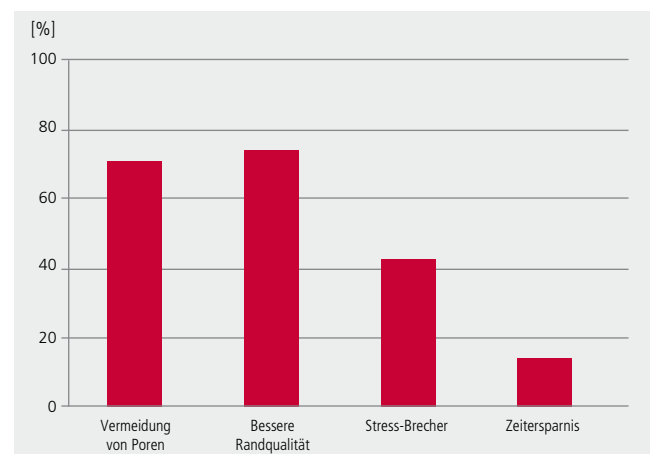


Abb. 5 Ergebnisse einer Umfrage unter deutschen Zahnärzten bezüglich des Grundes für die Verwendung fließfähiger Composites [26]

Nur ca. 40 Prozent glauben daran, dass das fließfähige Composite als „Stress-Brecher“ fungiert und die möglicherweise negativen Folgen des Schrumpfens beziehungsweise der Schrumpfungsspannung des Composites kompensiert. Nur wenige Zahnärzte (zirka 15 Prozent) denken, dass mit der Verwendung des fließfähigen Composites als Liner die Füllung schneller gelegt werden kann. Stimmen diese Vermutungen der Zahnärzte? Im Laborversuch kann man den einen oder anderen Effekt nachweisen. Entscheidend aber ist, ob der Effekt sich auch in der klinischen Praxis zeigt. Hier ist die Faktenlage eindeutig. In allen klinischen Studien, auch solche mit einer Laufzeit von fünf bis acht Jahren, konnte nachgewiesen werden, dass die Füllungen, die mit einem Composite-Liner gelegt worden sind, nicht besser oder schlechter waren als jene Füllungen ohne Composite-Liner; und zwar bei allen relevanten Untersuchungsparametern wie Empfindlichkeiten nach Legen der Füllung (post-operative Hypersensitivitäten), Randverfärbung, Randschluss, Randkaries oder Ersatz der Füllung [31–34]. Selbst bei Füllungen, die einen Monat nach Legen extrahiert und genauestens untersucht worden sind, war im Mikroskop kein Unterschied im Randschluss zwischen jenen Füllungen mit und jenen ohne fließfähigem Liner beobachtet worden [35]. Es obliegt dem subjektiven Gefühl beziehungsweise der Präferenz des einzelnen Zahnarztes, ob er einen Composite-Liner verwendet oder die gesamte Füllung aus einem hochviskosen Composite herstellt. Für den Zahnarzt, der gerne einen Liner verwenden möchte, bieten Composite-Liner mit Bulk-Option den Vorteil, dass nicht mehr darauf geachtet werden muss, diese nur in kleinen Schichtstärken von 1,5 bis zwei Millimeter zu applizieren. Der Zahnarzt kann in grösseren Schichtstärken – allerdings nur bis vier Millimeter –, was die Sicherheit erhöht.

Wie sieht es mit der Porenbildung im Material aus?

Poren im Composite-Material entstehen entweder schon bei der Herstellung des Materials oder werden vom Zahnarzt während der Applikation in das Material hineingebracht [36–38]. Zusätzlich können sich bei einem fließfähigen Material, das in grossen Schichten appliziert wird, durch die Polymerisationskinetik am Rand einer Füllung infolge des Zurückziehens des fließfähigen Materials grössere Poren bilden (Abbildung 6). Die während der Polymerisation entstehenden



Abb. 6 Approximale Füllung an einem extrahierten Zahn mit einem fließfähigen Bulk-Fill-Material. Zu beachten sind die Hohlräume am zerviko-approximalen Rand, die sich während der Polymerisation gebildet haben.



Abb. 7 Approximale Füllung an einem extrahierten Zahn mit Tetric EvoFlow Bulk Fill. Es sind keinerlei Poren oder Hohlräume am Rand zu sehen.

Poren können gross sein und – bei entsprechender Kariesaktivität der Patienten – der Bildung von Randkaries Vorschub leisten. Bei dem fließfähigen Material Tetric EvoFlow Bulk Fill treten diese Poren nicht auf. Das Material wurde diesbezüglich optimiert (Abbildung 7). Auch bei dem hochviskosen Tetric EvoCeram Bulk Fill bilden sich bei richtiger Applikation keine Poren. Sofern der Zahnarzt alles korrekt ausführt, sollten makroskopisch oder mit der Lupe keine sichtbaren Poren nach Füllungslegung vorhanden sein. Ein weiterer Trick bei der Applikation des fließfähigen Materials ist, während dem Füllen der Kavität die Kanülenspitze im Composite zu belassen und langsam beim Füllen hochziehen. Das wirkt der Porenbildung entgegen.

Füllungen mit grossen Schichten zeigen einen guten Randschluss

Wie sieht es mit dem höheren Schrumpf beziehungsweise der höheren Schrumpfkraft der Bulk-Fill-Composites aus und wie sind die mechanischen Werte, um der Kaubelastung standzuhalten? Rein materialtechnisch unterscheiden sich die Bulk-Fill-Materialien von konventionellen Composites nicht wesentlich. Sie haben eine ähnliche Biegefestigkeit (> 100 MPa) [39], einen ähnlichen Elastizitätsmodul (meist über vier GPa) [39] sowie einen ähnlichen Schrumpf und Schrumpfstress. Der Schrumpf der „stopfbaren“ Composites ist jedoch im Vergleich zu den fließfähigen Composites deutlich geringer (Schrumpf: 2 bis 2,5% im Vergleich zu 3 bis 4%), die Schrumpfkraft ist ähnlich (80 bis 120 N) [40–42]. Aufgrund eines speziellen Schrumpfstress-Relaxators sind

der Schrumpfung und die Schrumpfkraft bei Tetric EvoCeram Bulk Fill relativ gering. Die Bedenken der Zahnärzte gehen allerdings eher in die Richtung, ob die Applikation einer grösseren Menge – eben als Bulk – nicht den Stress an den Kavitätenwänden und am Kavitätenboden erhöht. Die Folge wären Empfindlichkeiten nach Legen der Füllung, Risse im Schmelz und offene Füllungsänder. Alle diese möglichen Effekte wurden von verschiedenen Testinstituten ausgiebig im Labor untersucht. Zusammenfassend kann festgehalten werden:

1. Der Randschluss von Füllungen in extrahierten Zähnen, die mit Composite in einer Schicht (vier bis fünf Millimeter) gelegt worden sind, ist vergleichbar mit jenem von Füllungen, die mit konventionellen Composites und mehreren Schichten gelegt worden sind [43–48]; das gilt sowohl für die niedrigviskosen als auch die hochviskosen Composites und wurde auch für Tetric EvoCeram Bulk Fill nachgewiesen (Abbildung 8). Die Qualität des Randschlusses wird hauptsächlich durch die Funktion des Adhäsiv-Systems bestimmt und nicht durch die Eigenschaften des Composites. Adhäsiv-Systeme, bei denen der Schmelz separat mit Phosphorsäure angeätzt wird, zeigen einen besseren Randschluss im Schmelz als selbststützende Adhäsiv-Systeme.
2. Das „Zusammenziehen“ der Höcker, die sogenannte Höckerdeflektion, die nach Polymerisation des Composites aufgrund des Schrumpfens auftritt, ist unabhängig von der Anzahl der Schichten und im Übrigen sehr gering (zirka 20 µm) [49]. Die Höckerdeflektion ist bei dreiflächigen Füllungen grösser als bei zweiflächigen [50]. Somit ist auch nicht mit einem erhöhten Risiko der Rissbildung im Schmelz zu rechnen. Ohnehin wird der Schrumpf des Composite-Materials innerhalb des ersten Monats nach Legen der Füllung durch die Wasseraufnahme kompensiert [51]. Andere Untersuchungen, bei denen in extrahierten Zähnen adhäsiv verankerte Füllungen mit Composites gelegt worden sind, die röntgenopake Füller enthalten, und deren Bewegung vor und nach Polymerisation mittels Mikro-Computertomographie (Mikro-CT) aufgezeichnet worden ist, haben ergeben, dass sich das Composite eher vom Kavitätenboden nach okklusal bewegt als vom Füllungsrand weg [52,53]. Dies wurde auch bei Experimenten in Kavitäten an extrahierten Zähnen nachgewiesen [54]. Der sogenannte Konfigurations-Faktor oder C-Faktor (Verhältnis von der Composite-Fläche, die an den Zahn gebunden ist, zur „ungebundenen“ Composite-Oberfläche [55]) scheint keinen relevanten Einfluss auf die Qualität der Füllung zu haben. Bisher galt: Je höher der C-Faktor desto ungünstiger. Bei okklusalen Füllungen hat man den höchsten C-Faktor. Demzufolge müssten bei diesen Füllungen zum Beispiel mehr Randkaries, Randverfärbungen et cetera auftreten. Dass dies aber nicht der Fall ist, haben systematische Studien an Seitenzahnfüllungen mit Composites gezeigt, bei denen die Ergebnisse statistisch zusammengefasst wurden [56,57]. Ohnehin tritt Randkaries hauptsächlich an der zervikalen Stufe von mehrflächigen Füllungen auf und nicht am okklusalen Rand [12]. Randkaries wird meist nicht durch Randspalten verursacht, sondern korreliert mit der Kariesaktivität des Patienten [58,59].

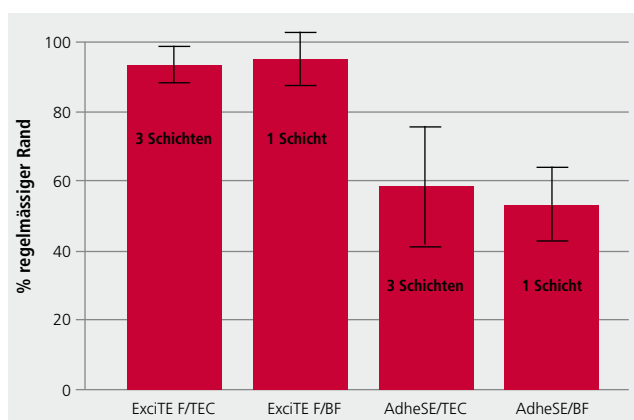


Abb. 8 Approximale Randqualität im Schmelz von Füllungen mit Tetric EvoCeram Bulk Fill „BF“ (eine Schicht) und Tetric EvoCeram „TEC“ (drei Schichten) in extrahierten Zähnen in Abhängigkeit vom verwendeten Adhäsivsystem (Etch-and-Rinse-System ExcITE® F und selbststützendes System AdheSE®). Abgebildet ist der mittlere prozentuale Anteil an regelmässigem Rand (Evaluation mit Lichtmikroskop, x10). Zu erkennen ist, dass die Randqualität nicht von der Anzahl der Schichten abhängt, sondern vom verwendeten Adhäsivsystem. [46]

Wie sieht es aber bezüglich Empfindlichkeiten nach Legen der Füllung aus („post-operative Hypersensitivitäten“)? Dies kann im Labor nicht gut simuliert werden. Indikatoren wie Farbstoffpenetration am Füllungsrand oder Schrumpfstress zeigten keine Korrelation zu post-operativen Hypersensitivitäten [60]. Wie diesbezüglich Bulk-Fill-Materialien abschneiden, wird unter anderem im nachfolgenden Kapitel thematisiert.

Gibt es klinische Studien mit Bulk-Fill-Materialien?

Bislang liegen wenige klinische Daten zu Bulk-Fill-Materialien vor, zumindest über einen längeren Zeitraum (s. unten). Da die Laboruntersuchungen bezüglich mechanischer Werte, Schrumpfung und Randverhalten von Füllungen am extrahierten Zahn (s. oben) meist keine grossen Unterschiede zu konventionellen, klinisch bewährten Composites erkennen lassen, haben Dentalhersteller darauf verzichtet, bereits mehrere Jahre vor Markteinführung klinische Studien zu starten, damit bei Markteinführung die Ergebnisse langjähriger klinischer Studien vorliegen. Aufgrund der Labordaten konnte mit grosser Wahrscheinlichkeit vermutet werden, dass Seitenzahn-Füllungen mit Tetric EvoCeram Bulk Fill nach mehrjähriger Tragezeit eine ähnliche klinische Qualität aufweisen wie Füllungen aus Tetric EvoCeram. Schliesslich basiert die Zusammensetzung von Tetric EvoCeram Bulk Fill zum grössten Teil auf jener von Tetric EvoCeram. Zu letztgenanntem gibt es klinische Ergebnisse von 840 Seitenzahnfüllungen in einem Zeitraum von bis zu zehn Jahren (USA, Schweden, Türkei, Belgien, Italien, Liechtenstein) – mit unterschiedlichen Adhäsivsystemen [61–66]. Von den 840 Füllungen mussten im Beobachtungszeitraum von fünf bis zehn Jahren 38 Füllungen ersetzt werden, was einer Rate von 4,5 Prozent entspricht (2,2 % Füllungsfrakturen, 1,2 % Randkaries, je 0,4 % Höckerfrakturen, schlechte Ästhetik und erhöhter Verschleiss) (Abbildung 9). Bei etwa einem Prozent der Füllungen klagten

die Patienten am Anfang über Empfindlichkeiten. Diese Ergebnisse sind deutlich besser als Ergebnisse von Studien mit anderen Composite-Füllungsmaterialien im Seitenzahnbereich [56, 57, 67].

Mittlerweile gibt es publizierte Daten zu Bulk-Fill-Materialien, so zum Beispiel Daten einer klinischen Studie des bereits 2011 eingeführten fließsfähigen Bulk-Fill-Materials SDR, welches mit einem viskösen Material überschichtet wird; als Vergleich diente die Schichttechnik mit einem konventionellen Composite [68]. Zu Beginn der Studie wurden bei einer Füllung mit dem konventionellen Composite Empfindlichkeiten detektiert, die drei Wochen anhielten. Bei der Gruppe mit dem Bulk-Material gab kein Patient nach dem Legen der Füllung Empfindlichkeiten an. Innerhalb des Untersuchungszeitraums von drei Jahren gab es bei den Füllungen mit dem konventionellen Composite (n=53) zwei Vorkommnisse (eine Füllungsfraktur und eine Höckerfraktur), während bei der Gruppe mit dem Bulk-Fill-Material (n=53) keine besonderen Vorkommnisse zu verzeichnen waren.

Doch wie sieht es mit Tetric EvoCeram Bulk Fill aus? Bereits vor zwei oder drei Jahren wurden in verschiedenen Ländern klinische Studien (Spanien, Schweden, Frankreich, Türkei, Liechtenstein, USA) begonnen, wobei allerdings noch keine Daten in dentalen Fachzeitschriften publiziert worden sind, mit Ausnahme der Ergebnisse der internen Studie von Ivoclar Vivadent [69]. Ferner hat „The Dental Advisor“ aus den USA seine Ergebnisse veröffentlicht [70]. Fasst man die Studien zusammen, so wurden insgesamt 399 Seitenzahn-Füllungen mit Tetric EvoCeram Bulk Fill gelegt und meist mit konventionellen Composites und Schichttechniken verglichen. Zum Einsatz kamen verschiedene Adhäsivsysteme. Der Beobachtungszeitraum liegt momentan bei ein bis zwei Jahren; es konnten 360 Füllungen nachuntersucht werden. Nur in einem Fall klagten Patienten über Empfindlichkeiten nach Legen der Füllungen. Nach zwei Jahren mussten zehn Füllungen (=2,8 %) ersetzt werden (1,7 % Füllungsfrakturen, 0,3 % Höckerfrakturen, 0,8 % Füllungsverlust). Randkaries wurde in keinem Fall festgestellt (Abbildung 9). Dieses Ergebnis ist mit Ergebnissen von Studien mit anderen, konventionellen Composites vergleichbar beziehungsweise sogar besser [56, 57, 67].

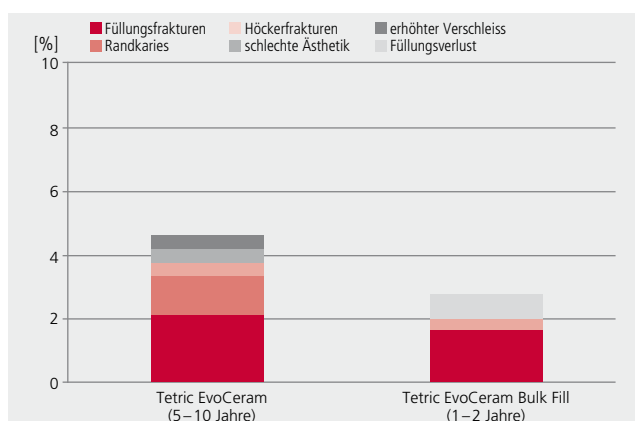


Abb. 9 Zusammenfassung klinischer Studien mit Seitenzahn-Füllungen aus Tetric EvoCeram (fünf bis zehn Jahre Beobachtungsdauer) und Seitenzahn-Füllungen aus Tetric EvoCeram Bulk Fill (ein bis zwei Jahre Beobachtungsdauer). Dargestellt ist die prozentuale Häufigkeit von klinischen Ereignissen, die zum Ersatz der Füllungen geführt haben. (Ivoclar Vivadent Scientific Report 10 Jahre Tetric EvoCeram, Vol. 01, 2014)



Abb. 10 Zweiflächige Füllung an einem oberen Molaren mit Tetric EvoCeram Bulk Fill: (links oben) defekte Amalgam-Füllung, (rechts oben) Kavität, (links unten) Füllung nach Legen der Füllung, (rechts unten) Füllung nach zweijähriger Tragezeit
Klinische Bilder von Dr. Arnd Peschke, Bereichsleiter Klinik F&E Schaan

In den Abbildungen 10, 11 und 12 sind drei klinische Fälle dargestellt, zum einen die Versorgung eines Milchmolaren mit Tetric EvoFlow Bulk Fill und zum anderen die Versorgung eines Molaren mit Tetric EvoCeram Bulk Fill sowie Tetric EvoFlow Bulk Fill und Tetric EvoCeram Bulk Fill im bleibenden Gebiss. Die abdeckende Wirkung ist deutlich besser als jene von Wettbewerbsprodukten. Bei starken Verfärbungen sollte der Zahnarzt jedoch einen opaken Liner verwenden, zum Beispiel IPS Empress Direct Opaque.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Bulk-Fill-Materialien, speziell Tetric EvoCeram Bulk Fill und Tetric EvoFlow Bulk Fill, sind in der klinischen Anwendung sicher. Dank des speziellen, auf einer Germanium-Verbindung basierenden Photoinitiators Ivocerin härten beide Materialien in Schichtstärken bis vier Millimeter adäquat aus. Somit hat der Zahnarzt die Möglichkeit, das Composite in grösseren Schichtstärken zu applizieren, was Zeit spart und die Qualität der Füllung erhöht, da er weniger auf die Schichtstärke achten muss. Dies gilt auch für den Fall, wenn vor der Applikation des stopf- und modellierbaren Composites ein fließfähiger Composite-Liner verwendet wird. Denn den Liner gibt es in Bulk-Fill-Qualität (Tetric EvoFlow Bulk Fill – bis vier Millimeter). Die Ästhetik ist dabei nicht eingeschränkt; die Transluzenz von

Tetric EvoCeram Bulk Fill ist ähnlich jener von Schmelz und die Transluzenz von Tetric EvoFlow Bulk Fill ähnlich jener von Dentin. Dentinverfärbungen lassen sich bis zu einem gewissen Grade kaschieren. Bei Tetric EvoFlow Bulk Fill wird die dentinähnliche Transluzenz durch die sogenannte Aessencio-Technologie erreicht. Auch muss der Zahnarzt aufgrund der grösseren Schichtstärke keine Kompromisse hinsichtlich des Randschlusses der Füllungen eingehen – der Schrumpf der Materialien ist nicht höher als bei den vergleichbaren Composites Tetric EvoCeram und Tetric EvoFlow. Ferner besteht kein erhöhtes Risiko der Rissbildung im Zahn. Die Porenbildung ist bei beiden Materialien minimal, selbst wenn der Zahnarzt sie in einer Stärke von vier Millimeter schichtet. Klinische Studien mit mehr als 300 Füllungen zeigten, dass die Häufigkeit von Empfindlichkeiten nach dem Legen der Füllung nicht höher ist als bei der Verwendung konventioneller Composites. Gibt es noch Zweifel, dass Bulk-Fill-Materialien klinisch funktionieren? Wenn man alle bisher vorhandenen Daten klinischer Studien und aus dem Labor kritisch würdigt, so kann gesagt werden: Tetric EvoCeram Bulk Fill und Tetric EvoFlow Bulk Fill sind über jeden Zweifel erhaben – zumindest nach dem heutigen Kenntnisstand. Die bei der Umfrage von CR geäusserten Bedenken (s. Einleitung), können für Tetric EvoCeram Bulk Fill und Tetric EvoFlow Bulk Fill allesamt ausgeräumt werden.



Abb. 11 Zweiflächige Füllung an einem ersten unteren Milchmolaren mit Tetric EvoFlow Bulk Fill: (links) Kavität, (Mitte) erste Schicht vor Polymerisation (zur Gestaltung des Approximalkontaktes waren 2 Schichten notwendig), (rechts) Füllung nach Polymerisation.
Klinische Bilder von Dr. Lukas Enggist, Klinik F&E Schaan



Abb. 12 Zweiflächige Füllung an einem unteren Molaren mit Tetric EvoFlow Bulk Fill/Tetric EvoCeram Bulk Fill: (links oben) Kavität (Tiefe 4 mm), (rechts oben) Tetric EvoFlow Bulk Fill vor Polymerisation, (links unten) Tetric EvoFlow Bulk Fill nach Polymerisation, (rechts unten) die fertige Füllung mit Tetric EvoCeram Bulk Fill überschichtet
Klinische Bilder von Dr. Ronny Watzke, Abteilungsleiter Klinik F&E Schaan

Danksagungen

Mein herzlicher Dank gebührt Dr. Lukas Enggist, Zahnarzt in der internen Praxis der F&E in Schaan. Er gab wichtige Kommentare zum Manuskript und steuerte Bilder eines klinischen Falles bei. Ich möchte mich auch bei Dr. Arnd Peschke, Leiter des Bereichs Klinik, sowie Dr. Ronny Watzke, Leiter der internen Klinik bedanken, die klinische Fälle zur Verfügung stellten.

Ebenso möchte ich meinem Mitarbeiter Dominik Monreal meinen Dank aussprechen. Er ist Zahntechniker und stellte die Präparationen und Füllungen an extrahierten Zähnen für die Experimente im Labor her.

Literatur

- [1] Market Research Ivoclar Vivadent, Customer Satisfaction Analysis – Tetric EvoCeram & Tetric EvoCeram Bulk Fill, (2014).
- [2] H. Zöchbauer, Number of dental restorations worldwide, Market Research Ivoclar Vivadent (2011).
- [3] CR, Do the Benefits of Bulk Filling Outweigh the Challenges? Clinicians Report 7 (2014) 2-3.
- [4] S. C. Bayne, Correlation of clinical performance with 'in vitro tests' of restorative dental materials that use polymer-based matrices, Dent Mater 28 (2012) 52-71.
- [5] W. Geurtsen, Biocompatibility of resin-modified filling materials, Crit Rev Oral Biol Med 11 (2000) 333-355.
- [6] A. Jokstad, The dimensions of everyday class-II cavity preparations for amalgam, Acta Odontol Scand 47 (1989) 89-99.
- [7] ISO, Dentistry - Polymer-based filling, restorative and luting materials, International Standard No.4049 (2009) 1-27.
- [8] A. Alrahlah, Silikas N., Watts D. C., Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites, Dent Mater 30 (2014) 149-154.
- [9] N. Ilie, Hickel R., Quality of curing in relation to hardness, degree of cure and polymerization depth measured on a nano-hybrid composite, Am J Dent 20 (2007) 263-268.
- [10] K. Vogel, Factors that Influence Depth of Cure Measurement According to ISO 4049, J Dent Res 93 Spec Issue C (2014) Abstract No 502.
- [11] N. Krämer, Lohbauer U., Garcia-Godoy F., Frankenberger R., Light curing of resin-based composites in the LED era, Am J Dent 21 (2008) 135-142.
- [12] I. A. Mjör, The location of clinically diagnosed secondary caries, Quintessence Int 29 (1998) 313-317.
- [13] N. H. Wilson, Gordan V. V., Brunton P. A., Wilson M. A., Crisp R. J., Mjör I. A., Two-centre evaluation of a resin composite/ self-etching restorative system: three-year findings, J Adhes Dent 8 (2006) 47-51.
- [14] P. Czasch, Ilie N., In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites, Clin Oral Investig 17 (2013) 227-235.
- [15] S. A. Antonson, Antonson D. E., Hardigan P. C., Should my new curing light be an LED? Oper Dent 33 (2008) 400-407.
- [16] C.-P. Ernst, Busemann I., Kern T., Willershausen B., Feldtest zur Lichtemissionsleistung von Polymerisationsgeräten in zahnärztlichen Praxen, Dtsch Zahnärztl Z 61 (2006) 466-471.
- [17] S. Heintze, Sicherer Aushärten des Komposits auch bei fehlerhafter Polymerisation, DZW 44 (2013) 14.
- [18] J. G. Leprince, Palin W. M., Vanacker J., Sabbagh J., Devaux J., Leloup G., Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites, J Dent 42 (2014) 993-1000.
- [19] K. Sawlani, Beck P., Ramp L. C., Cakir-Ustun D., Burgess J., In Vitro Wear of Eight Bulk Placed and Cured Composites, J Dent Res 92 Spec Issue A (2013) Abstract No. 2441.
- [20] N. Moszner, Fischer U. K., Ganster B., Liska R., Rheinberger V., Benzoyl germanium derivatives as novel visible light photoinitiators for dental materials, Dent Mater 24 (2008) 901-907.
- [21] S. Bucuta, Ilie N., Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites, Clin Oral Investig 18 (2014) 1991-2000.
- [22] N. Ilie, Kessler A., Durner J., Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerisation kinetics of bulk-fill resin based composites, J Dent 41 (2013) 695-702.
- [23] Z. Tarle, Attin T., Marovic D., Andermatt L., Ristic M., Tauböck T. T., Influence of irradiation time on subsurface degree of conversion and microhardness of high-viscosity bulk-fill resin composites, Clin Oral Investig (2014) [Epub ahead of print].
- [24] S. Flury, Peutzfeldt A., Lussi A., Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites, Dent Mater 30 (2014) 1104-1112.
- [25] S. Garoushi, Sailynoja E., Vallittu P. K., Lassila L., Physical properties and depth of cure of a new short fiber reinforced composite, Dent Mater 29 (2013) 835-841.
- [26] R. Seemann, Pfefferkorn F., Hickel R., Behaviour of general dental practitioners in Germany regarding posterior restorations with flowable composites, Int Dent J 61 (2011) 252-256.
- [27] B. Yu, Ahn J. S., Lee Y. K., Measurement of translucency of tooth enamel and dentin, Acta Odontol Scand 67 (2009) 57-64.
- [28] S. Ardua, Feilzer A. J., Braut V., Benbachir N., Rizcalla N., Mayoral J. R., Krejci I., Pilot in vivo image spectro-photometric evaluation of optical properties of pure enamel and enamel-dentin complex, Dent Mater 26 (2010) e205-210.
- [29] H. Oueis, Factors affecting masticatory performance of Japanese children, Int J Paediatr Dent 19 (2009) 201-205.
- [30] Y. Tamura, Baba H., Yoshida S., Influence of the muscle tension on the masseteric silent period in children and adults, J Oral Rehabil 22 (1995) 49-55.
- [31] J. Perdigão, Anauate-Netto C., Carmo A. R., Hodges J. S., Cordeiro H. J., Lewgoy H. R., Dutra-Correa M., Castilhos N., Amore R., The effect of adhesive and flowable composite on postoperative sensitivity: 2-week results, Quintessence Int 35 (2004) 777-784.
- [32] S. Stefanski, van Dijken J. W., Clinical performance of a nanofilled resin composite with and without an intermediary layer of flowable composite: a 2-year evaluation, Clin Oral Investig 16 (2012) 147-153.
- [33] J. W. van Dijken, 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.
- [34] A. Boeckler, Schaller H. G., Gernhardt C. R., A prospective, double-blind, randomized clinical trial of a one-step, self-etch adhesive with and without an intermediary layer of a flowable composite: A 2-year evaluation, Quintessence Int 43 (2012) 279-286.
- [35] A. Lindberg, van Dijken J. W., Horstedt P., In vivo interfacial adaptation of class II resin composite restorations with and without a flowable resin composite liner, Clin Oral Investig 9 (2005) 77-83.
- [36] A. Nazari, Sadr A., Saghiri M. A., Campillo-Funollet M., Hamba H., Shimada Y., Tagami J., Sumi Y., Non-destructive characterization of voids in six flowable composites using swept-source optical coherence tomography, Dent Mater 29 (2013) 278-286.
- [37] A. Nazari, Sadr A., Shimada Y., Tagami J., Sumi Y., 3D assessment of void and gap formation in flowable resin composites using optical coherence tomography, J Adhes Dent 15 (2013) 237-243.
- [38] N. J. Opdam, Roeters J. J., Joosten M., Veeke O., Porosities and voids in Class I restorations placed by six operators using a packable or syringable composite, Dent Mater 18 (2002) 58-63.
- [39] N. Ilie, Bucuta S., Draenert M., Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance, Oper Dent 38 (2013) 618-625.
- [40] K. Vogel, Rheinberger V., Shrinkage and Contraction Force of Bulk-filling and Microhybrid Composites, J Dent Res 91 Spec Issue A (2012) Abstract No 858.
- [41] J. H. Jang, Park S. H., Hwang I. N., Polymerization Shrinkage and Depth of Cure of Bulk-Fill Resin Composites and Highly Filled Flowable Resin, Oper Dent (2014) [Epub ahead of print].
- [42] D. Garcia, Yaman P., Dennison J., Neiva G., Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk fill flowable composite resins, Oper Dent 39 (2014) 441-448.
- [43] M. J. Roggendorf, Krämer N., Appelt A., Naumann M., Frankenberger R., Marginal quality of flowable 4-mm base vs. conventionally layered resin composite, J Dent 39 (2011) 643-647.
- [44] M. Taschner, Spallek R., Sommerey M., Frankenberger R., Petschelt A., Zorzin J., Marginal quality of four different Bulk-fill composites, J Dent Res 92 Spec Issue A (2013) Abstract Nr. 275.
- [45] E. A. Campos, Ardu S., Lefever D., Jasse F. F., Bortolotto T., Krejci I., Marginal adaptation of Class II cavities restored with bulk-fill composites, J Dent 42 (2014) 575-581.
- [46] S. D. Heintze, Monreal D., Peschke A., Marginal Quality of Class-II Composite Restorations: placed in bulk compared to an incremental technique – Evaluation with SEM and stereo microscope, J Adhes Dent (2015) accepted for publication
- [47] A. Furness, Tadros M. Y., Looney S. W., Rueggeberg F. A., Effect of bulk/ incremental fill on internal gap formation of bulk-fill composites, J Dent 42 (2014) 439-449.
- [48] M. El Gezawi, Kaisarly D., Al-Harbi F., Bader D., Cervical Marginal-Integrity of Bulk Versus Incremental Fill Class-II Resin-Composite Restorations, J Dent Res 92 Special Issue B (2013) Abstract No 235.

- [49] C. E. Campodonico, Tantbirojn D., Olin P. S., Versluis A., Cuspal deflection and depth of cure in resin-based composite restorations filled by using bulk, incremental and transtooth-illumination techniques, *J Am Dent Assoc* 142 (2011) 1176-1182.
- [50] D. Tantbirojn, Versluis A., Pintado M. R., DeLong R., Douglas W. H., Tooth deformation patterns in molars after composite restoration, *Dent Mater* 20 (2004) 535-542.
- [51] A. Versluis, Tantbirojn D., Lee M. S., Tu L. S., DeLong R., Can hygroscopic expansion compensate polymerization shrinkage? Part I. Deformation of restored teeth, *Dent Mater* 27 (2011) 126-133.
- [52] Y. C. Chiang, Rosch P., Dabanoglu A., Lin C. P., Hickel R., Kunzelmann K. H., Polymerization composite shrinkage evaluation with 3D deformation analysis from microCT images, *Dent Mater* 26 (2010) 223-231.
- [53] E. Cho, Sadr A., Inai N., Tagami J., Evaluation of resin composite polymerization by three dimensional micro-CT imaging and nanoindentation, *Dent Mater* 27 (2011) 1070-1078.
- [54] S. Uno, Tanaka T., Inoue S., Sano H., The influence of configuration factors on cavity adaptation in compomer restorations, *Dent Mater J* 18 (1999) 19-31.
- [55] A. J. Feilzer, De Gee A. J., Davidson C. L., Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration, *J Dent Res* 66 (1987) 1636-1639.
- [56] S. D. Heintze, Rousson V., Clinical effectiveness of direct Class II restorations – A meta-analysis, *J Adhes Dent* 14 (2012) 407-431.
- [57] N. J. Opdam, van de Sande F. H., Bronkhorst E., Cenci M. S., Bottenberg P., Pallesen U., Gaengler P., Lindberg A., Huysmans M. C., van Dijken J. W., Longevity of Posterior Composite Restorations: A Systematic Review and Meta-analysis, *J Dent Res* 93 (2014) 943-949.
- [58] N. K. Kuper, Opdam N. J., Ruben J. L., de Soet J. J., Cenci M. S., Bronkhorst E. M., Huysmans M. C., Gap Size and Wall Lesion Development Next to Composite, *J Dent Res* 93 (2014) 1085-1135.
- [59] F. H. van de Sande, Opdam N. J., Rodolpho P. A., Correa M. B., Demarco F. F., Cenci M. S., Patient risk factors' influence on survival of posterior composites, *J Dent Res* 92 (2013) 785-835.
- [60] N. J. Opdam, Roeters F. J., Feilzer A. J., Verdonshot E. H., Marginal integrity and postoperative sensitivity in Class 2 resin composite restorations in vivo, *J Dent* 26 (1998) 555-562.
- [61] N. Barabanti, Gagliani M., Roulet J. F., Testori T., Özcan M., Cerutti A., Marginal quality of posterior microhybrid resin composite restorations applied using two polymerisation protocols: 5-year randomised split mouth trial, *J Dent* 41 (2013) 436-442.
- [62] A. R. Cetin, Unlu N., Cobanoglu N., A five-year clinical evaluation of direct nanofilled and indirect composite resin restorations in posterior teeth, *Oper Dent* 38 (2013) E1-11.
- [63] S. Palaniappan, 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 Investig* 16 (2012) 181-190.
- [64] J. W. van Dijken, 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.
- [65] A. Peschke, Watzke R., Heintze S. D., Clinical Performance of Posterior Composite Restorations over 10 Years, *J Dent Res* 93 Spec Issue C (2014) Abstract No 6.
- [66] Dental Advisor (2014). Tetric EvoCeram: Eight-year clinical performance report. Ann Arbor, USA.
- [67] J. Manhart, Chen H., Hamm G., Hickel R., Buonocore Memorial Lecture. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition, *Oper Dent* 29 (2004) 481-508.
- [68] J. W. van Dijken, Pallesen U., A randomized controlled three year evaluation of „bulk-filled“ posterior resin restorations based on stress decreasing resin technology, *Dent Mater* 30 (2014) e245-251.
- [69] A. Peschke, Ein neues Bulk-Fill-Material in der klinischen Anwendung, *DZW* 45 (2013) 10-11.
- [70] Dental Advisor (2014). Tetric EvoCeram Bulk Fill: Two-year clinical performance report. Ann Arbor, USA.

Bisher erschienene Ausgaben des Ivoclar Vivadent „Reports“

*Report Nr. 1 (März 1984) **

Dentinhaftung von Kunststoff-Füllungsmaterial
G. Beham

*Report Nr. 2 (Mai 1985) **

Klebebrücken – neue Möglichkeiten der prothetischen Versorgung
Dr. V. Rheinberger und G. Beham

*Report Nr. 3 (Mai 1986) **

Verblendwerkstoffe für Kronen und Brücken
P. Wollwage

*Report Nr. 4 (Dezember 1987) **

Norm-Vorlagen für metallkeramische Restaurationen
Dr. P. Dorsch

*Report Nr. 5 (Januar 1990) **

Aufbau und Entwicklung der Composite-Füllungsmaterialien
G. Ott

*Report Nr. 6 (September 1990) **

IPS Empress: Eine neue Keramik-Technologie
G. Beham

*Report Nr. 7 (November 1992) **

Der gefüllte Zahn – Ein komplexes Verbundsystem
Dr. U. Salz

*Report Nr. 8 (Januar 1993) **

Eigenschaften von Verblendkunststoffen
G. Zanghellini, D. Voser

Report Nr. 9 (März 1993)

Neue Möglichkeiten im Bereich der biogenen Prothetik
R. Grünenfelder

Report Nr. 10 (Juli 1994)

IPS Empress: Werkstoffwissenschaft und Klinik
Prof. Dr. W. Höland,
Dipl. Ing. M. Frank,
Dr. rer. nat. U. Salz,
Dr. med. dent. G. Unterbrink

*Report Nr. 11 (Januar 1997) **

Künstliche Zähne – Eine Symbiose aus Material, Anatomie und Wissenschaft
K. Hagenbuch
H. P. Foser

*Report Nr. 12 (Dezember 1998) **

IPS Empress 2: Die Vollkeramik-Brücke und mehr ...
Prof. Dr. W. Höland
Dr. med. dent. S. D. Heintze

Report Nr. 13 (Juni 2000)

Abnehmbare Prothetik: Werkstoffkunde, Ästhetik und Zahnaufstellung
A. Kammann
K. Hagenbuch
M. Reis
H. P. Foser

Report Nr. 14 (Januar 2001)

Dentinadhäsive: Excite im Kontext
Dr. Dr. med. dent. A. Rathke
Dr. sc. nat. U. Lendenmann

Report Nr. 15 (August 2004)

SR Adoro im Fokus Indirekte Komposite – Werkstoffkunde und Entwicklung
Dr. G. Zappini
Ing. HTL S. Hopfau
U. Spirig

Report Nr. 16 (Februar 2006)

Vollkeramikreport Vollkeramikrestaurationen – Werkstoffkunde und Entwicklung
Dr. V. Rheinberger
Prof. Dr. H. Kappert
P. Oehri
T. Specht
Dr. Dr. A. Rathke
Dr. T. Völkel
Dr. S. Heintze
Prof. Dr. J.-F. Roulet
H.-P. Foser
Dr. A. Stiefenhofer

Report Nr. 17 (Juni 2006)

IPS e.max – all-ceramic ... all you need
Dr. T. Völkel
Dr. H. Bürke
F. Rothbrust
M. Schweiger
H. Kerschbaumer
Dr. A. Stiefenhofer

Report Nr. 18 (August 2007)

Die Geheimnisse von Kompositen
Prof. Dr. J.-F. Roulet
Prof. Dr. N. Moszner
Dipl. Ing. K. Vogel
Dr. P. Burtscher
Dr. S. Heintze
Dr. A. Peschke

Report Nr. 19 (Juli 2013)

Ivocerin® – ein Meilenstein der Composite-Technologie
Prof. Dr. N. Moszner
Dr. P. Burtscher
Dipl. Ing. K. Vogel
J.-C. Todd
Dr. S. Heintze
Dr. A. Peschke

* vergriffen