

# Moderne Füllungstherapie im Seitenzahnbereich

Tetric EvoCeram® Bulk Fill



Prof. Dr. Jürgen Manhart



Prof. Dr. Dipl.-Ing. Nicoleta Ilie

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Manhart'.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'N. Ilie'.

# Résumé

- » Seit Beginn der routinemässigen Anwendung von Composite-basierten Füllungsmaterialien zur Restauration von kaulasttragenden Zahndefekten im Seitenzahnbereich hat eine kontinuierliche Weiterentwicklung und Verbesserung der Restaurationsmaterialien, Adhäsivsysteme und Polymerisationsgeräte stattgefunden. Parallel dazu haben die Resultate der klinischen Forschung den Indikationsbereich von Composite-Materialien stetig erweitert. Die Ergebnisse haben auch zu Modifikationen in der klinischen Anwendung und der Behandlungsprotokolle geführt.

Die Einführung der „Bulk Fill“-Composites mit grosser Durchhärtungstiefe und deren grosser Erfolg bei den zahnärztlichen Praktikern ist ein weiterer Meilenstein im Entwicklungsprozess der plastischen adhäsiven Füllungs-technik. Die Möglichkeit, mit diesen neuen lichthärtenden Composites auch grosse Kavitäten mit weniger Materialinkrementen zu restaurieren, modernisiert die direkte adhäsive Zahnheilkunde im Seitenzahnbereich. Das Ergebnis ist ein zeitgemässer, einfacherer, schnellerer und auch ökonomischerer Ablauf in der posterioren Füllungstherapie.

Ivoclar Vivadent hat 2011 in dieser Materialgruppe Tetric EvoCeram Bulk Fill eingeführt. Das Produkt ist material-technisch eng verwandt mit dem Hybrid-Composite Tetric EvoCeram, das sich bereits seit mehr als zehn Jahren erfolgreich am Markt behauptet. Aufgrund der positiven klinischen Erfahrungen mit Tetric EvoCeram im Seitenzahnbereich kann analog eine ähnlich gute Leistungsfähigkeit auch für die „Bulk Fill“-Variante erwartet werden. «



**Prof. Dr. Jürgen Manhart**

Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
Goethestraße 70, 80336 München, Deutschland  
manhart@manhart.com



**Prof. Dr. Dipl.-Ing. Nicoleta Ilie**

Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
Goethestr 70, 80336 München, Deutschland  
nilie@dent.med.uni-muenchen.de

<b>Moderne Füllungstherapie im Seitenzahnbereich mit Tetric EvoCeram® Bulk Fill</b>	
1. Langzeitverhalten von Composites im Seitenzahnbereich	4
2. Klinische Aspekte der „Bulk Fill“-Technik	
2.1 Bisherige Schichttechnik mit Composites	6
2.2 Wunsch nach einer alternativen Applikationstechnik von Composites	6
2.3 Allgemeines zu „Bulk Fill“-Composites	6
Fall 1: Grosse zweiflächige Füllung an einem Oberkiefermolaren	9
2.4 Überblick über die „Bulk Fill“-Composites	16
3. Werkstoffkundliche Aspekte	
3.1 Physikalische Eigenschaften von Composites: Korrelationen zwischen Laboruntersuchungen und dem klinischen Verhalten	20
3.2 Werkstoffkundliche Charakterisierung der „Bulk Fill“-Composites	22
3.3 Lichtdurchlässigkeit der „Bulk Fill“-Composites	26
3.4 Wie viel Licht brauchen „Bulk Fill“-Composites für eine adäquate Polymerisation?	28
4. Klinische Daten	
4.1 Publierte klinische Studien	30
Fall 2: Austausch einer Amalgamfüllung an einem Oberkiefermolaren	31
4.2 Vergleich von Tetric EvoCeram Bulk Fill mit weiteren Ivoclar Vivadent-Composites	39
5. Indikationsbereich von „Bulk Fill“-Composites im bleibenden Gebiss und im Milchgebiss	40
Fall 3: Austausch eines Keramikinlays mit Höckerersatz an einem Unterkiefermolaren	41
6. Ausblick	49
Fall 4: Füllungsaustausch im Unterkieferseitenzahnbereich	51
7. Literatur	60

# Moderne Füllungstherapie im Seitenzahn- bereich mit Tetric EvoCeram® Bulk Fill

## 1. Langzeitverhalten von Composites im Seitenzahnbereich

In der Zahnheilkunde führt die kontinuierliche Erweiterung wissenschaftlicher Erkenntnisse in Kombination mit der Einführung komplett neuer bzw. der Weiterentwicklung vorhandener Füllungswerkstoffe zu Veränderungen in den zahnärztlichen Behandlungskonzepten. Dies beeinflusst die intraorale Verweildauer dentaler Restaurationen erheblich [90]. Während der letzten dreissig Jahre haben sich zudem deutliche Veränderungen in der Anwendung restaurativer Werkstoffe vollzogen [50, 53, 91] und ästhetische Anforderungen haben mittlerweile auch für die Versorgung von Seitenzahnkavitäten eine grosse Bedeutung erlangt [13].

Im kaulasttragenden Seitenzahnbereich werden Composite-Füllungswerkstoffe mittlerweile seit über drei Jahrzehnten als ästhetische Alternative zu metallischen Restaurationen eingesetzt [67]. Besonders im vergangenen Jahrzehnt verstärkte sich diese Entwicklung kontinuierlich. Erste klinische Daten aus den 1980er-Jahren zu Composites im Seitenzahnbereich waren vor allem aufgrund ungenügender mechanischer Eigenschaften der damals zur Verfügung stehenden Materialien nicht ermutigend. Die

geringe Abrasionsbeständigkeit führte in kurzer Zeit zum Verlust der Füllungskonturen. Frakturen, Randeinbrüche, Randundichtigkeiten mit Verfärbungen und Sekundärkaries und Hypersensibilitäten als Folge der Polymerisationsschrumpfung waren weitere Gründe, welche die Lebensdauer der Füllungen limitierten [42, 70, 73, 77, 109]. Diese Unzulänglichkeiten wurden allerdings durch die Weiterentwicklungen der Composites und der Adhäsivsysteme in den letzten Jahren erheblich reduziert [35, 80].

Direkte Composite-Restaurationen haben sich mittlerweile zu einem unverzichtbaren integralen Bestandteil im Therapiespektrum der modernen konservierend-restaurativen Zahnheilkunde entwickelt. Sie werden unter anderem wegen ihres breiten Anwendungsspektrums und der Schonung (defektorientierte Kavitätengestaltung) bzw. adhäsiven Stabilisierung der Zahnhartsubstanz eingesetzt [29, 86]. Zudem sind sie im Vergleich zu indirekten Restaurationsalternativen (Inlays, Teilkronen, Kronen) preiswerter und können zeitsparender verarbeitet werden [54]. Composite-Restaurationen sind ausserdem bei Bedarf auch einfach in der Mundhöhle zu reparieren [52].

Restaurationsart	Bereich	Mittelwert (StAbw.)
Amalgam	0-7,0	3,0 (1,9) <sup>c</sup>
Composite-Inlays	0-10,0	2,9 (2,6) <sup>BC</sup>
Direkte Composites	0-9,0	2,2 (2,0) <sup>ABC</sup>
Keramikinlays	0-7,5	1,9 (1,8) <sup>AB</sup>
CEREC-Inlays	0-5,6	1,7 (1,6) <sup>A</sup>
Goldinlays	0-5,9	1,4 (1,4) <sup>A</sup>

**Tabelle 1:** Jährliche Verlustraten (AFR in %) unterschiedlicher Restaurationstypen. Superskripte kennzeichnen statistisch unterschiedliche Gruppen [83].

Die Ergebnisse eines umfangreichen Reviews zu klinischen Studien verschiedener Restaurationsarten im Seitenzahnbereich erwachsener Patienten haben gezeigt, dass sich die jährlichen Verlustraten (AFR = annual failure rate) von Composite-Füllungen (AFR = 2,2%) heutzutage statistisch nicht mehr von den Ausfallquoten der Amalgamfüllungen (AFR = 3%) unterscheiden, deren klinische Langlebigkeit ausser Frage steht [83]. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse des umfassenden Vergleichs der jährlichen Verlustraten unterschiedlicher Füllungsmaterialien und -typen aufgelistet [83]. Man kann daraus erkennen, dass Composite-Füllungen bei präziser Anwendung und korrekter Indikationsstellung sogar mit indirekten Restaurationsverfahren konkurrieren können.

OPDAM konnte in einer langlaufenden klinischen Studie zum Vergleich von 1'202 Amalgam- und 747 Composite-Füllungen in grossen Klasse-II-Kavitäten mittlerweile sogar nachweisen, dass Composite-Restaurationen nach 12 Jahren intraoraler Verweildauer mit einer jährlichen Verlustquote von 1,68% signifikant besser abschnitten als Amalgamfüllungen (AFR = 2,41%) [99]. DA ROSA RODOLPHO stellte

nach dem sehr langen Beobachtungszeitraum von 22 Jahren eine hervorragende AFR von 1,5% bzw. 2,2% für zwei unterschiedlich hoch gefüllte Hybrid-Composites (77 vs. 57 Vol.%) fest, wobei die jährliche Verlustquote für das niedriger gefüllte Material in der zweiten Hälfte der Studiendauer von 1,5% auf 2,2% anstieg, während sie für das höher gefüllte Composite konstant blieb [26].

Aufgrund des weltweit zu verzeichnenden Rückgangs bei der Verwendung von Amalgam sind die direkten Composites daher prädestiniert, in der näheren Zukunft Amalgam als das am weitesten verbreitete Füllungsmaterial abzulösen [29]. Korrekt platzierte adhäsive Composite-Füllungen zeigen hervorragende klinische Überlebensdaten [29] und haben sich dementsprechend einen herausragenden Platz in der restaurativen Zahnheilkunde erobert.

## 2. Klinische Aspekte der „Bulk Fill“-Technik

### 2.1 Bisherige Schichttechnik mit Composites

Für lichthärtende Composite-Materialien wurde die Verarbeitung mit der inkrementellen Schichttechnik bisher als Goldstandard angesehen [102]. Üblicherweise erfolgt die Applikation der herkömmlichen Composites aufgrund ihrer Polymerisationseigenschaften und der limitierten Durchhärtungstiefe in Einzelinkrementen mit maximal 2 mm Schichtstärke. Die Einzelinkremente werden jeweils separat polymerisiert mit Belichtungszeiten von 10 bis 40 s, je nach Lichtintensität der Lampe und Farbe bzw. Transluzenzgrad der entsprechenden Composite-Paste [64]. Dickere Composite-Schichten führten mit den bisher verfügbaren Materialien zu einer ungenügenden Polymerisation des Composite-Werkstoffs und somit zu schlechteren mechanischen und biologischen Eigenschaften [18, 37, 118]. Mit der Schichttechnik lässt sich zudem durch eine günstige Ausformung der Einzelinkremente in der Kavität ein niedrigerer C-Faktor (Configuration Factor = Verhältnis der gebondeten zu freien Composite-Oberflächen) realisieren. Somit werden durch möglichst viel frei schrumpfende Composite-Oberflächen auch der materialimmanente polymerisationsbedingte Schrumpfstress und dessen negative Auswirkungen auf die Restauration minimiert [34, 118]. Zu diesen negativen Auswirkungen gehören das Ablösen des Composites von den Kavitätenwänden, die Randspaltbildung, Randverfärbungen, Sekundärkaries, Schmelzfrakturen, Höckerdeflexionen, Rissbildung in den Zahnhöckern und Hypersensibilitäten.

### 2.2 Wunsch nach einer alternativen Applikationstechnik von Composites

Die bereits erwähnte klassische inkrementelle Schichttechnik ist vor allem bei grossvolumigen Seitenzahnkavitäten ein sehr zeitaufwendiges und technik-

sensitives Vorgehen. Deshalb besteht bei vielen Zahnärzten der Wunsch nach einer Alternative zu dieser komplexen Mehrschichttechnik. Es geht darum, Composites zeitsparender und zugleich mit grösserer Anwendungssicherheit verarbeiten zu können. Hierfür wurden in den letzten Jahren die „Bulk Fill“-Composites entwickelt, die in Schichten von 4 bis 5 mm Dicke appliziert werden können [25, 39, 81, 82]. Generell können u.a. folgende Faktoren dazu beitragen, eine lichthärtende Composite-Restauration in Seitenzähnen schneller und somit ökonomischer zu platzieren:

- Universalfarbe des Füllungsmaterials → Wegfall der manchmal komplizierten Farbwahl
- Transluzentere Farbe des Composites → Grössere Durchhärtungstiefe pro Schicht, d.h. weniger Inkremente
- Optimierung des Initiatorsystems des lichthärtenden Composites → Kürzere Belichtungszeiten und grössere Durchhärttiefe
- Schrumpfungssarme Composite-Materialien mit minimalem Spannungsaufbau → Grössere Schichtstärken, d.h. weniger Inkremente
- Leistungsstarke Polymerisationslampen → Kürzere Belichtungszeiten mit höherer Intensität
- Funktionelle, aber rationelle okklusale Gestaltung → Schnelleres Ausarbeiten und Polieren

### 2.3 Allgemeines zu „Bulk Fill“-Composites

Für die „Bulk Fill“-Technik wurden Composites entwickelt, welche durch verkürzte Aushärtungszeiten bei entsprechend hoher Lichtintensität der Polymerisationslampe (i.d.R.  $\geq 800\text{--}1'000\text{ mW/cm}^2$ ) und gleichzeitig optimierter Durchhärtungstiefe (4–5 mm Schichtstärke) einfacher und schneller in der Kavität platziert werden können (z.B. Tetric EvoCeram Bulk Fill, Ivoclar Vivadent; QuiXfil, Dentsply; x-tra fil, Voco; SonicFill, Kerr). Die ersten „Bulk Fill“-Composites wurden in

hochvisköser, modellierbarer Konsistenz angeboten (QuiXfil, Dentsply; x-tra fil, Voco). Sie sind mittlerweile bereits seit mehr als 10 Jahren auf dem Markt verfügbar (Markteinführung QuiXfil im Jahr 2003). Trotz der optimierten Durchhärtungstiefe blieb ihnen der grosse Markterfolg vorerst versagt [118]. Erst mit der Einführung des ersten fließfähigen „Bulk Fill“-Composites (SDR, Dentsply) im Jahr 2009 stieg die Nachfrage nach den „Bulk Fill“-Composites insgesamt massiv an. Hierdurch wurde der Markt für die Einführung weiterer Produkte, sowohl in hochvisköser als auch in fließfähiger Konsistenz, vorbereitet. Das Anforderungsprofil an die notwendigen Eigenschaften der „Bulk Fill“-Composites ist nachfolgend zusammengefasst:

- Grosse und zuverlässige Durchhärtungstiefe
- Geringe Polymerisationsschrumpfung (Volumenschrumpfung in %) und niedriger Schrumpfstress (Polymerisationsspannungen in MPa) [31, 127].
- Gute Adaptation des Werkstoffs an die Kavitätenränder und -wände/-böden
- Ausreichende physikalische und mechanische Eigenschaften (Biegefestigkeit, Risszähigkeit  $K_{IC}$ , E-Modul, Vickershärte etc.) auch in tiefen Kavitätenbereichen/dicken Schichtstärken
- Ausreichende Abrasionsstabilität
- Ausreichende Verarbeitungszeit für klinische Applikation und okklusale Modellation (bei hochviskösen Materialien)
- Ausreichende Röntgenopazität

Diesen Anforderungen wird durch entsprechende werkstoffkundliche Modifikationen in der Formulierung der „Bulk Fill“-Composites Rechnung getragen. Sowohl die Polymerisationsschrumpfung als auch der Schrumpfstress sind von enormer Bedeutung für die gute marginale Qualität einer Composite-basierten Füllung [110]. Hier kommen bei den „Bulk Fill“-Composites spezielle Monomere oder Füllkörper zum Einsatz. Diese vermindern den Schrumpfstress

während der Polymerisation durch langsameren Anstieg des E-Moduls in der Aushärtungsphase, ohne die Polymerisationsgeschwindigkeit und den endgültigen Polymerisationsgrad negativ zu beeinträchtigen (eine ausreichend hohe Konversionsrate ist wichtig, um gute mechanische und biologische Materialeigenschaften zu garantieren) [15, 31, 46, 59, 119, 126]. Tetric EvoCeram Bulk Fill enthält neben den traditionellen Glasfüllern einen speziellen, patentierten Füller (Präpolymerisat) mit relativ geringem E-Modul von 10 GPa (zum Vergleich: Glasfüller haben ca. 71 GPa) als „Schrumpfstress-Relaxator“, der den sich aufbauenden Schrumpfstress ähnlich einer mikroskopischen Feder reduziert [120].

Um bei dickeren Schichtstärken auch die tieferen Bereiche des Restaurationsmaterials bei der Polymerisation noch mit ausreichend Lichtintensität zu versorgen, sind die „Bulk Fill“-Composites generell transluzenter im Vergleich zu herkömmlichen Composites (Farbe und Transluzenzgrad beeinflussen die Durchhärtungstiefe des Composites), wobei zwischen den einzelnen Produkten durchaus grössere Unterschiede bestehen [12, 33, 57]. Dies ist ein Teil der Erklärung, warum „Bulk Fill“-Composites in dickeren Schichten ebenso gut härten wie herkömmliche Composites in einer zwei Millimeter starken Schicht. Die höhere Transluzenz kann eine reduzierte ästhetische Integration der Restaurationen verursachen. Das ist im Seitenzahnbereich in der Regel jedoch unproblematisch [71]. Einerseits kann die höhere Transluzenz einen gewissen Grauschimmer der Füllung verursachen [15], andererseits kann sie sich bei dunklen Verfärbungen im Zahn aufgrund des geringen Maskierungseffektes nachteilig auswirken, was im Einzelfall z.B. an Mesialflächen von Prämolaren zu berücksichtigen ist [33, 51].

Bei der Lichtpolymerisation von 4 mm dicken Composite-Schichten erreichen erheblich weniger Photonen den Kavitätenboden bzw. die Unterseite des jeweiligen Inkrements als ursprünglich auf die Füllungs Oberfläche auftreffen, da das Licht an den Füllkörpern gestreut und von den Farbpigmenten absorbiert wird. Optimierte, sehr sensible, reaktive lichtaktivierte Initiatorsysteme (z.B. Ivocerin in Tetric EvoCeram Bulk Fill, Ivoclar Vivadent) sind somit der zweite Teil der Erklärung für die grosse Polymerisationstiefe der „Bulk-Fill“-Composites. Tetric EvoCeram Bulk Fill enthält zusätzlich zu den bekannten Initiatoren Campherchinon und Acylphosphinoxid das neue, sehr sensible Lichtinitiatorsystem Ivocerin. Dieses, auf einem Dibenzoyl-Germanium-Derivat basierende, innovative Startersystem zeigt ein ähnliches Absorptionsspektrum wie der häufig verwendete Initiator Campherchinon, weist dabei aber, aufgrund der höheren Absorptionsrate von Licht im sichtbaren Wellenlängenbereich, eine bessere Quanteneffizienz und somit eine höhere Lichthärteaktivität auf [94]. Hierdurch wird auch mit sehr wenig Licht (Photonen) noch eine suffiziente Polymerisation ausgelöst und somit eine grosse Durchhärtungstiefe erreicht [15, 94].

Zur Polymerisation werden idealerweise lichtstarke Lampen eingesetzt, die eine Intensität von mindestens 1'000 mW/cm<sup>2</sup> aufweisen (wie z. B. Bluephase Style von Ivoclar Vivadent.) So lässt sich nicht nur eine hohe Konversionsrate erreichen – und das durch die komplette Inkrementstärke hindurch. Auch gute mechanische und biologische Eigenschaften (Gewebeverträglichkeit) sind damit sichergestellt – selbst wenn sich der Lichtleiter nicht optimal platzieren lässt, etwa wenn die Mundregion nur eingeschränkt zugänglich ist, oder der Abstand zur Composite-Oberfläche zu gross oder ein divergierender Abstrahlwinkel vorhanden sind. Die Härtingszeit für „Bulk Fill“-Composites wird in der Regel mit 10 s pro 4-mm-Inkrement angegeben. Im Gegensatz zu teilweise deutlich transluzenteren „Bulk Fill“-Composites ist Tetric EvoCeram Bulk Fill mit einer

schmelzähnlichen Transluzenz etwas opaker eingestellt. Das wird durch die hohe Quantenausbeute des Lichtinitiators Ivocerin erreicht, der in Kombination mit einem genau abgestimmten Verhältnis vom Lichtbrechungsindex der Füllstoffe (Mischoxide, Glasfüller, Röntgenopaker) zu dem der verwendeten Polymermatrix gute lichteoptische Eigenschaften – passend zur Zahnhartsubstanz (insbesondere Schmelz) – ermöglicht [93, 120]. In Seitenzahnkavitäten mit unverfärbtem Dentin lassen sich mit den 3 verfügbaren Farben (IVA, IVB, IVW) von Tetric EvoCeram Bulk Fill nahezu unsichtbare Restaurationen realisieren.

„Bulk Fill“ bedeutet im eigentlichen Sinne, dass man eine Kavität ohne Schichttechnik in einem einzigen Schritt lege artis füllen kann [51]. Das ist mit plastischen Zahnfüllungsmaterialien zurzeit lediglich mit Zementen sowie chemisch aktivierten oder dualhärtenden Stumpfaufbau-Composites möglich. Allerdings: Mit Zementen ist im kaulasttragenden Seitenzahnbereich keine klinisch langfristig stabile Füllung möglich, da die mechanischen Eigenschaften dafür nicht ausreichen. Zemente eignen sich deshalb nur als Intermediatfüllungen/Langzeitprovisorien [45].

Stumpfaufbau-Composites ihrerseits sind nicht als Füllungsmaterial freigegeben und eignen sich vom Handling her (z. B. Kauflächengestaltung) auch nicht für eine solche Indikation. Selbst Amalgam muss portionsweise in die Kavität eingebracht und kondensiert werden. Die „Bulk Fill“-Composites, die derzeit für die vereinfachte Füllungstechnik im Seitenzahnbereich angeboten werden, sind bei genauem Hinsehen eigentlich keine echten „Bulk“-Werkstoffe, weil speziell die approximalen Extensionen der klinischen Kavitäten meist tiefer sind als die maximale Durchhärtungstiefe dieser Materialien (4–5 mm) [44, 46]. Allerdings können mit einer geeigneten Materialwahl bis zu 8 mm tiefe Kavitäten – und das umfasst die allermeisten im klinischen Alltag vorkommenden Defektdimensionen – in 2 Inkrementen gefüllt werden.

**Fall 1:****Grosse zweiflächige Füllung in einem Oberkiefermolaren**

Fall 1 illustriert das Ergebnis einer grossen Füllung mit Tetric EvoCeram Bulk Fill, die von der umgebenden natürlichen Zahnhartsubstanz so gut wie nicht zu unterscheiden ist.

**Bild 1**

Endodontisch versorgter erster Molar im Oberkiefer mit provisorisch verschlossener Trepanationsöffnung.

## Ausgangssituation



**Bild 2**

Zustand nach Entfernung der alten Füllungsanteile und Abdeckung der Kanaleingänge mit Glasionomerzement.

**Bild 3**

Nach Isolation der Kavität mit Kofferdam und Teilmatrize wird die Zahnhartsubstanz mit Adhese® Universal in der Self-Etch-Technik (Einwirkzeit 20 s) vorbehandelt.

**Bild 4**

Verblasen des Adhäsivs, bis ein glänzender, unbeweglicher Film entstanden ist.

**Bild 5**  
Lichtpolymerisation des  
Adhäsivs für 10 s mit Bluephase Style.



**Bild 6**  
Applikation einer ersten Schicht  
Tetric EvoCeram Bulk Fill  
in den mesialen Kasten.

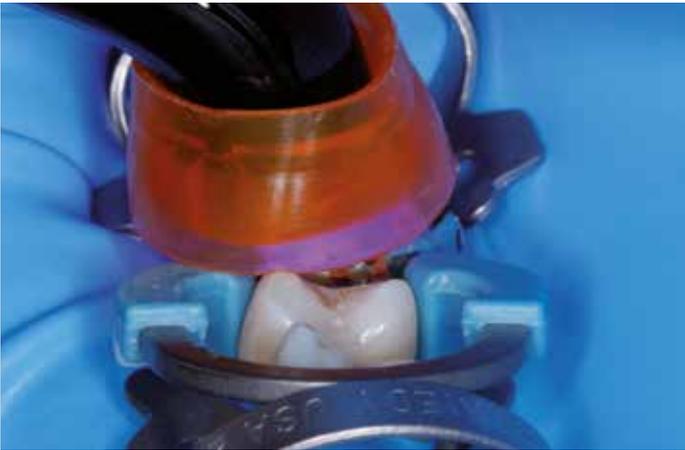


**Bild 7**  
Mit einem Microbrush wird das Composite  
modelliert und die mesiale Kavitätenwand  
bis auf Randleistenhöhe ausgeformt.



**Bild 8**

Fertig modellierte mesiale Wand.

**Bild 9**

Lichtpolymerisation des Composites für 10 s mit Bluephase Style.

**Bild 10**

Ausformung des mesio-palatalen Höckers.

**Bild 11**  
Ausformung des  
mesio-bukkalen Höckers.

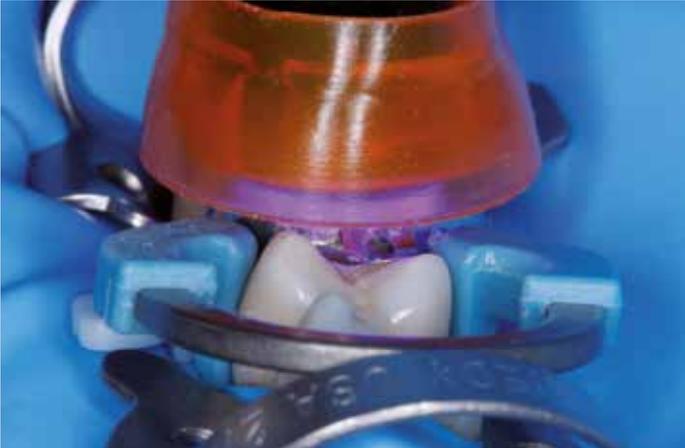


**Bild 12**  
Ausformung des  
disto-bukkalen Höckers.



**Bild 13**  
Ausformung des  
disto-palatalen Höckers.



**Bild 14**

Aufgrund des grossen Durchmessers des Lichtleiters von Bluephase Style können alle okklusalen Composite-Inkrementen gleichzeitig für 10 s polymerisiert werden.

**Bild 15**

Nach Abnahme der Matrize wird die Restauration auf Imperfektionen überprüft.

Ausgangssituation



Endsituation

**Bild 16**

Fertig ausgearbeitete und hochglanzpolierte Restauration.  
Die Funktion und Ästhetik des Zahnes sind wiederhergestellt.



## 2.4 Überblick über die „Bulk Fill“-Composites

Material	Hersteller	Deckschicht nötig (ja/nein)	Max. Schichtdicke	Organische Matrix
Fließfähige „Bulk Fill“-Composites (niedrigviskös)				
<b>SDR (Smart Dentin Replacement)</b>	Dentsply DeTrey	ja	4 mm	modifiziertes UDMA, TEGDMA, EBPDMA
<b>x-tra base</b>	Voco	ja	4 mm	Bis-GMA, UDMA
<b>Venus Bulk Fill</b>	Heraeus Kulzer	ja	4 mm	UDMA, EBPDMA
<b>Filtek Bulk Fill Flowable Restorative</b>	3M Espe	ja	4 mm	Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, Procrilat Resins
<b>Beautifil-Bulk Flowable</b>	Shofu Dental	ja	4 mm	Bis-GMA, UDMA, Bis-MPEPP, TEGDMA
Modellierbare „Bulk Fill“-Composites (hochviskös)				
<b>Tetric EvoCeram Bulk Fill</b>	Ivoclar Vivadent	nein	4 mm	Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA
<b>QuiXfil</b>	Dentsply DeTrey	nein	4 mm	Bis-EMA, UDMA, TEGDMA, TMPTMA, TCB-Resin
<b>x-tra fil</b>	Voco	nein	4 mm	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA
<b>SonicFill</b>	Kerr + KaVo	nein	5 mm	Bis-GMA, TEGDMA, EBPDMA
<b>everX Posterior</b>	GC	ja	4 mm	Bis-GMA, PMMA, TEGDMA
<b>Beautifil-Bulk Restorative</b>	Shofu Dental	nein	4 mm	Bis-GMA, UDMA, Bis-MPEPP, TEGDMA

**Tabelle 2:** „Bulk Fill“-Composites für den Seitenzahnbereich (Abkürzungen: Bis-EMA = ethoxyliertes Bisphenol-A-Dimethacrylat; Bis-GMA = Bisphenol-A-Glycidylmethacrylat; UDMA = Urethandimethacrylat; TEGDMA = Triethylenglycoldimethacrylat;

Anorganische Füllkörper	Partikelgrösse	Füllkörper Gew.-% Vol.-%	Bemerkungen
Ba-Al-F-B-Si-Glas, Sr-Al-F-Si-Glas	Durchschnittl. Grösse: 4,2 µm	68/45	2-mm-Deckschicht aus seitenzahntauglichem, methacrylatbasierten Hybrid-Composite nötig, 1 Farbe (universal), 20 s Polymerisation, wenn Lampenintensität $\geq 550$ mW/cm <sup>2</sup>
		75/-	2-mm-Deckschicht aus seitenzahntauglichem, methacrylatbasierten Hybrid-Composite nötig, 2 Farben (universal, A2), 10–40 s Polymerisation, in Abhängigkeit von Lampenintensität und Farbe: Farbe universal: 10 s Polymerisation, wenn Lampenintensität $\geq 500$ mW/cm <sup>2</sup> ; Farbe A2: 40 s, wenn Lampenintensität 500–800 mW/cm <sup>2</sup> , 20 s, wenn Lampenintensität $\geq 800$ mW/cm <sup>2</sup>
Ba-Al-F-Si-Glas, Ytterbiumtrifluorid, SiO <sub>2</sub>	0,02-5 µm	65/38	2-mm-Deckschicht aus seitenzahntauglichem, methacrylatbasierten Hybrid-Composite nötig, 1 Farbe (universal), 20 s Polymerisation, wenn Lampenintensität $\geq 550$ mW/cm <sup>2</sup>
ZrO <sub>2</sub> /SiO <sub>2</sub> , Ytterbiumtrifluorid	ZrO <sub>2</sub> /SiO <sub>2</sub> : 0,01-3,5 µm (mittl. Grösse 0,6 µm); YbF <sub>3</sub> : 0,1-3,5 µm	64,5/ 42,5	2-mm-Deckschicht aus seitenzahntauglichem, methacrylatbasierten Hybrid-Composite nötig, 4 Farben (universal, A1, A2, A3), 10–40 s Polymerisation in Abhängigkeit von Lampenintensität und Farbe: Farbe universal: 20 s Polymerisation, wenn Lampenintensität 550–1'000 mW/cm <sup>2</sup> , 10 s wenn Lampenintensität $\geq 1'000$ mW/cm <sup>2</sup> ; Farbe A1-A3: 40 s wenn Lampenintensität 550–1'000 mW/cm <sup>2</sup> , 20 s, wenn Lampenintensität $\geq 1'000$ mW/cm <sup>2</sup>
F-B-Al-Si-Glas		60/-	2-mm-Deckschicht aus seitenzahntauglichem, methacrylatbasierten Hybrid-Composite nötig, 2 Farben (universal, Dentin), 10–40 s Polymerisation, in Abhängigkeit von Lampenintensität und Farbe: Farbe universal: 20 s Polymerisation, wenn Lampenintensität $\geq 500$ mW/cm <sup>2</sup> , 10 s, wenn Lampenintensität $\geq 1'000$ mW/cm <sup>2</sup> ; Farbe Dentin: 40 s, wenn Lampenintensität $\geq 500$ mW/cm <sup>2</sup> , 20 s, wenn Lampenintensität $\geq 1'000$ mW/cm <sup>2</sup>
Ba-Al-Si-Glas, Ytterbiumtrifluorid, sphärisches Mischoxid, Präpolymerisate	Partikelgrösse der anorgan. Füller: 0,04-3 µm, mittlere Grösse: 0,55 µm	76-77/ 53-54	Modellierbares Nano Hybrid-Composite, 3 Universalfarben (IVA, IVB, IVW), 10-20 s Polymerisation, in Abhängigkeit von Lampenintensität: 10 s Polymerisation, wenn Lampenintensität $\geq 1'000$ mW/cm <sup>2</sup> , 20 s Polymerisation, wenn Lampenintensität $\geq 500$ mW/cm <sup>2</sup>
Feine und grobe Glaspartikel	Feines Glas, mittlere Grösse = 1 µm; gröberes Glas, mittlere Grösse = 10 µm	86/66	Modellierbares Hybrid-Composite, 1 Universalfarbe, 10-20 s Polymerisation, in Abhängigkeit von Lampenintensität: 20 s Polymerisation, wenn Lampenintensität 500-800 mW/cm <sup>2</sup> , 10 s Polymerisation, wenn Lampenintensität $\geq 800$ mW/cm <sup>2</sup>
		86/70,1	Modellierbares Hybrid-Composite, 1 Universalfarbe, 10–20 s Polymerisation, in Abhängigkeit von Lampenintensität: 20 s Polymerisation, wenn Lampenintensität 500–800 mW/cm <sup>2</sup> , 10 s Polymerisation, wenn Lampenintensität $\geq 800$ mW/cm <sup>2</sup>
SiO <sub>2</sub> , Glas, Oxide		83,5/-	Modellierbares Nano Hybrid-Composite, 4 Farben (A1, A2, A3, B1), extra Applikator-Handstück nötig (KaVo SONICfill, KaVo) → Thixotropie-Effekt (temporäre Reduktion der Viskosität von modellierbar zu fließfähig durch Schallaktivierung mit dem SONICfill Applikator-Handstück), 20 s Polymerisation, wenn Lampenintensität $\geq 500$ mW/cm <sup>2</sup>
E-Glasfasern, Ba-Glas, SiO <sub>2</sub>	Fasern 1,3 - 2 mm	74,2/53,6	Composite mit Glasfaserverstärkung, muss immer okklusar und an Aussenwänden mit 1 bis 2-mm-Deckschicht aus seitenzahntauglichem, methacrylatbasierten Hybrid-Composite abgedeckt werden (um verschleissresistente und polierfähige Füllungsoberfläche zu erlangen), 1 Universalfarbe, 10–20 s Polymerisation, in Abhängigkeit von Lampenintensität: 20 s Polymerisation, wenn Lampenintensität 700 mW/cm <sup>2</sup> , 10 s Polymerisation, wenn Lampenintensität $\geq 1'200$ mW/cm <sup>2</sup>
F-B-Al-Si-Glas		70/-	Modellierbares Hybrid-Composite, 2 Farben (universal, A), 10–20 s Polymerisation, in Abhängigkeit von Lampenintensität: 20 s, wenn Lampenintensität $\geq 500$ mW/cm <sup>2</sup> ; 10 s Polymerisation, wenn Lampenintensität $\geq 1'000$ mW/cm <sup>2</sup>

Die „Bulk Fill“-Composites werden in zwei Untergruppen angeboten, die eine unterschiedliche Anwendungstechnik erfordern:

**1. Niedrigvisköse, fliessfähige „Bulk-Fill“-Composites** (Tabelle 3), die an der Oberfläche von einer zusätzlichen Deckschicht aus einem seitenzahntauglichen, herkömmlichen Hybrid-Composite geschützt werden müssen [60], da ihr reduzierter Füllkörperanteil und die vergleichsweise grossen Füllkörper für einen geringen Polymerisationsstress optimiert sind. Dies resultiert allerdings im Vergleich zu traditionellen Hybrid-Composites in schlechteren mechanischen und ästhetischen Eigenschaften, wie einem geringeren E-Modul, einer höheren Abrasionsanfälligkeit, einer grösseren Oberflächenrauigkeit und einer schlechteren Polierbarkeit [23, 24, 51, 57, 64, 105]. Ferner dient die Deckschicht zur Ausgestaltung einer funktionellen okklusalen Konturierung, die mit fliessfähiger Konsistenz kaum oder nur sehr schwierig zu gestalten wäre.

**2. normal- bis hochvisköse, standfeste, modellierbare „Bulk-Fill“-Composites** (Tabelle 4), die bis an die okklusale Oberfläche reichen können und keine schützende Deckschicht und somit kein zusätzliches Composite-Material benötigen.

„Bulk-Fill“-Composites in beiden Viskositätsvarianten erlauben aufgrund limitierter Durchhärtungstiefen Schichtstärken von max. 4 mm (SonicFill: max. 5 mm → laut Herstellerangaben). Dies bedeutet, dass lediglich die hochviskösen Vertreter, in einer Kavitätentiefe, die maximal der Durchhärttiefe des Materials entspricht, als wahre „Bulk Fill“-Materialien angesehen werden können. Liegen tiefere Defekte vor oder werden die fliessfähigen Varianten eingesetzt, so erfordert dies immer eine zusätzliche Schicht.

### Niedrigvisköse, fließfähige „Bulk-Fill“-Composites

Vorteile
Benetzungsfähigkeit/exzellentes Anfließverhalten an die Kavitätenwände, -winkel und -ecken [46]
„Self-levelling“-Effekt (selbstglättende Oberfläche) durch fließfähige Konsistenz
Keine Schichttechnik für erstes Inkrement notwendig (nur „Einspritzen“ der ersten Schicht) → keine Stopfinstrumente notwendig
Schnelles Einbringen des ersten fließfähigen Inkrements → Zeitersparnis [76]
Kein zusätzliches fließfähiges Composite als Liner notwendig
Nachteile
2 mm dicke zusätzliche Deckschicht über dem fließfähigen „Bulk Fill“-Composite aus herkömmlichem seitenzahntauglichen, methacrylatbasierten Hybrid-Composite notwendig, um für die gesamte Füllung eine ausreichende mechanische Festigkeit, Abrasionsstabilität, klinische Haltbarkeit, okklusale Konturierung und Ästhetik zu gewährleisten [57, 64, 111, 113].
Fließfähiges „Bulk Fill“-Composite läuft bei der Behandlung von Oberkiefer-Seitenzähnen in die distalen Kavitätenbereiche und u.U. aus der Kavität heraus → Gefahr, dass die notwendige 2-mm-Deckschicht aus seitenzahntauglichem Composite nicht mehr adäquat aufgebracht werden kann oder das fließfähige „Bulk Fill“-Composite in diesen Situationen erst zeitaufwendig zurückgeschliffen werden muss.
Höhere Transluzenz beeinträchtigt evtl. die Ästhetik

**Table 3:** Vorteile und Nachteile der niedrigviskösen, fließfähigen „Bulk Fill“-Composites.

### Normal- bis hochvisköse, standfeste, modellierbare „Bulk-Fill“-Composites

Vorteile
Keine zusätzliche okklusale Deckschicht notwendig → echte Einschichttechnik in Kavitäten bis 4 mm Tiefe möglich
Nur ein einziges Composite-Material für die komplette Füllung
Okklusale Anatomie durch standfeste Konsistenz modellierbar
Nachteile
Erste Schicht muss sorgfältig mit Handinstrument an die Kavitätenwände, -winkel und -ecken adaptiert werden
Höhere Transluzenz beeinträchtigt evtl. die Ästhetik (Material erreicht die okklusale Oberfläche)

**Table 4:** Vorteile und Nachteile der hochviskösen, modellierbaren „Bulk Fill“-Composites

## 3. Werkstoffkundliche Aspekte

### 3.1 Physikalische Eigenschaften von Composites: Korrelationen zwischen Laboruntersuchungen und dem klinischen Verhalten

Klinische Studien für die Bewertung neuer Restaurationsmaterialien sind teuer und zeitaufwendig. Aufgrund der inzwischen unüberschaubaren Anzahl verschiedener Composite-Materialien ist ein direkter Vergleich in klinischen Studien nicht möglich und verstärkt die Forderung, durch wenige Laboruntersuchungen deren klinisches Verhalten präzise vorherzusagen zu können. Die Leistungsfähigkeit eines einzelnen Materials kann jedoch nicht aus seiner Zugehörigkeit zu einer Composite-Kategorie vorausgesagt werden, da innerhalb einer Materialklasse die Variabilität der mechanischen Eigenschaften sehr gross ist [58,61].

Zwar wurden einige Korrelationen zwischen der klinischen Leistungsfähigkeit von Composites und deren im Labor gemessenen physikalischen Eigenschaften ermittelt, aber der gesamte klinische Erfolg von Composites ist multifaktoriell und daher nicht durch wenige In-vitro-Prüfverfahren voraussagbar [28,36]. Der klinische Erfolg eines Restaurations-

materials wird von einem komplexen Faktorengeflecht determiniert. Dieses beinhaltet materialbedingte (vom Hersteller vorgegebene Zusammensetzung), behandlerbedingte (Umgang mit dem Werkstoff durch den Zahnarzt) und patientenbedingte Faktoren [83] (Tabelle 5).

Es konnte bislang nachgewiesen werden, dass der klinische Verschleiss von Composites mit der Biegefestigkeit, der Bruchzähigkeit, der Primärpartikelgrösse und der Monomerumsatzrate korreliert. Auch zwischen der marginalen Integrität einer Füllung und der Bruchzähigkeit wurde eine Wechselwirkung festgestellt. Es besteht ausserdem die Annahme, dass die Frakturgefahr und der Verschleiss einer Composite-Füllung mit der Ermüdungsbeständigkeit des Werkstoffes zusammenhängen. Die im Labor ermittelte Randqualität und Haftfestigkeit korreliert jedoch wenig mit der klinischen Leistung von Composites [36].

Aktuelle Langzeitstudien zum klinischen Verhalten von Composite-Restaurationen zeigen, dass im Gegensatz zu früheren Jahrzehnten nicht nur Sekundärkaries ein häufiger Grund für das Versagen einer

Material	Zahnarzt	Patient
Festigkeit (Frakturen)	Korrekte Indikation	Mundhygiene, Ernährungsgewohnheiten
Materialermüdung / Degradation	Kavitätenpräparation (Grösse, Art, Finieren)	Prophylaxemassnahmen, Fluorid
Verschleissresistenz (OCA, CFA)	Handling und Applikation (z.B. inkrementelle Schichttechnik)	Compliance/Recall
Haftfestigkeit, Randabdichtung, Polymerisationsschrumpf, postoperative Sensitivitäten	Polymerisation (Gerät, Dauer, Lichtintensität)	Orale Situation (Qualität Zahnhartsubstanz, Speichel etc.) und systemische Erkrankungen
Chemische Kompatibilität des restaurativen Systems (Adhäsiv, Composite)	Art der Ausarbeitung und Güte der Politur der Restauration	Läsion (Grösse, Form, Lokalisation) und Zahn (Anzahl Flächen, vital vs. devital, Prämolare vs. Molare)
Technikempfindlichkeit	Korrekte Okklusion	Kooperation bei Behandlung
Kariesinhibierende Effekte	Erfahrung (mit Material und Anwendungstechnik) und Sorgfalt	Bruxismus, Parafunktionen, Habits

**Table 5:** Einflussfaktoren auf die Mundverweildauer zahnärztlicher Restaurationen [83].

Composite-Restauration ist, sondern zunehmend auch Materialfrakturen dafür verantwortlich zeichnen [26, 29, 49, 121, 124, 125]. Dies ist nicht nur mit der Erweiterung des Indikationsbereichs der Composites auf grössere Klasse-II-Kavitäten erklärbar, sondern auch mit einer tendenziellen Abnahme der mechanischen Eigenschaften und vor allem des Elastizitätsmoduls, bedingt durch die stetige Verringerung der Füllkörper-Grösse, um modernen Anforderungen an die Ästhetik gerecht zu werden [35, 58]. Ein Material mit einem niedrigen E-Modul kann zu einer höheren Verformbarkeit führen, insbesondere dann, wenn die Restauration sich in kaulasttragenden Bereichen (z.B. im Seitenzahnbereich) befindet, und letztendlich eine Fraktur der Füllung verursachen. Gleichzeitig werden verbliebene dünne Kavitätenwände des Zahnes durch ein Restaurationsmaterial mit einem niedrigen E-Modul weniger stabilisiert und durch die stärkere Verformbarkeit wird der Adhäsivverbund stärker belastet, sodass auch die Gefahr von Zahnfrakturen und Randimperfectionen steigt.

### 3.2 Werkstoffkundliche Charakterisierung der „Bulk Fill“-Composites

Von der chemischen Zusammensetzung her bilden die „Bulk Fill“-Composites keine neue Werkstoffklasse, sondern sind den herkömmlichen Hybrid-Composites sehr ähnlich. Sie bestehen aus einer organischen Matrix mit bekannten Monomersystemen, wie Bis-GMA (Bisphenol-A-Glycidylmethacrylat), EBPDMA (ethoxyliertes Bisphenol-A-Dimethacrylat), UDMA (Urethandimethacrylat) und TEGDMA (Triethylenglycoldimethacrylat), sowie bekannten anorganischen Füllpartikeln [61, 64].

Die Unterschiede in der Applikationstechnik von „Bulk Fill“-Composites (mit bzw. ohne okklusale Deckschicht) werden durch die signifikant geringeren mechanischen Eigenschaften der niedrigviskösen „Bulk Fill“-Composites begründet (Tabelle 6). Deutliche Unterschiede werden hier im Elastizitätsmodul beobachtet. Hochvisköse „Bulk Fill“-Composites zeigen ein vergleichbares Elastizitätsmodul zu den Mikrohybrid-Composites und signifikant höhere Werte als die anderen Composite-Arten. Fließfähige „Bulk

Fill“-Composites und flowable Composites zeigen statistisch gleiche und die signifikant niedrigsten Werte für das E-Modul der untersuchten Materialkategorien, während die Nanohybrid-Composites intermediäre Werte aufweisen. Bei der mikromechanischen Untersuchung der Vickershärte weisen hochvisköse „Bulk Fill“-Composites sogar die signifikant höchsten Werte auf, gefolgt von den Nano- und Mikrohybrid-Composites, während die niedrigviskösen „Bulk Fill“-Composites sogar signifikant geringere Härtewerte als flowable Composites aufweisen (Tabelle 6). Zu beobachten ist, dass die Vickershärte der meisten Composite-Materialien in einem ähnlichen Bereich wie humanes Dentin liegt; sie ist jedoch deutlich geringer als die des menschlichen Schmelzes. Der Unterschied zwischen niedrig- und hochviskösen „Bulk Fill“-Composites ist deutlicher im mikroskopischen als im makroskopischen Bereich, mit einer doppelt so hohen Vickershärte der letzteren im Vergleich zu den niedrigviskösen „Bulk Fill“-Compositen.

Die statistischen Untersuchungen zum Füllkörpergehalt weisen für hochvisköse „Bulk Fill“-Composites die höchsten und für niedrigvisköse „Bulk Fill“-

Composite-Art	$\sigma$ (MPa)	$E_{\text{Biege}}$ (GPa)	HV (N/mm <sup>2</sup> )	Füllkörper Vol.-%	Füllkörper Gew.-%
Mikrohybrid	131,2 <sup>bc</sup> (29,8)	7,3 <sup>c</sup> (2,6)	87,0 <sup>c</sup> (28,8)	62,8 <sup>b</sup> (12,5)	78,5 <sup>b</sup> (4,0)
Nanohybrid	121,9 <sup>ab</sup> (32,6)	5,9 <sup>b</sup> (2,1)	90,9 <sup>c</sup> (35,6)	63,8 <sup>ab</sup> (8,7)	78,2 <sup>b</sup> (7,9)
Niedrigvisköse Bulk-Fill	128,4 <sup>abc</sup> (12,7)	4,7 <sup>a</sup> (1,1)	53,0 <sup>a</sup> (19,2)	46,0 <sup>b</sup> (8,0)	68,1 <sup>d</sup> (3,8)
Hochvisköse Bulk-Fill	135,0 <sup>c</sup> (17,3)	7,4 <sup>c</sup> (2,4)	105,0 <sup>d</sup> (31,5)	65,5 <sup>a</sup> (4,5)	83,4 <sup>a</sup> (2,9)
Flowable	119,3 <sup>a</sup> (25,8)	4,2 <sup>a</sup> (1,3)	65,8 <sup>b</sup> (28,9)	51,1 <sup>c</sup> (10,6)	69,9 <sup>c</sup> (8,2)
Dentin			58,3 (16,0)		
Schmelz			407,1 (100,0)		

**Tabelle 6:** Vergleich der mechanischen Eigenschaften verschiedener Composite-Klassen (Daten aus [57] und aktuelle Berechnungen auf Basis der Datenbank von Prof. Dr. Ilie, Zahnklinik München). Drei-Punkt-Biegefestigkeit ( $\sigma$ ), Biegemodul ( $E_{\text{Biege}}$ ) und Vickershärte (HV). Der Füllkörperanteil wird in Volumen- (Vol.-%) und Gewichtsprozent (Gew.-%) angegeben. Superskripte kennzeichnen signifikante Untergruppen (Tukey's HSD Test,  $\alpha = 0,05$ ). Ein direkter Vergleich zum humanen Schmelz und Dentin wird für die Vickershärte (HV) angegeben.

Composites die geringsten Werte aller untersuchten Composite-Arten auf (Tabelle 6), was sich in den gemessenen mechanischen Eigenschaften entsprechend darstellt.

Die verbesserte Polymerisationstiefe der „Bulk Fill“-Composites im Vergleich zu herkömmlichen Composites ist bei den meisten dieser Produkte hauptsächlich durch eine höhere Transluzenz dieser Materialien bedingt [57]. Diese kann durch die Abstimmung der Brechungsindices von Füllstoffen und Polymermatrix erreicht werden, sowie auch durch Variationen von Füllkörpergehalt und Füllkörpergröße [57], da bekannterweise eine lineare Korrelation zwischen der Transluzenz eines Composites und dessen Füllstoffmenge existiert [72]. Ein geringerer Füllpartikelanteil führt bei ansonsten gleichen Bedingungen somit zu einer höheren Transluzenz bzw. Durchhärtungstiefe. Niedrigvisköse „Bulk Fill“-Composites enthalten einen deutlich geringeren Füllkörperanteil als herkömmliche Nano- bzw. Mikrohybrid-Composites (Tabelle 6) [64]. Zudem enthalten viele „Bulk Fill“-Composites (x-tra fil, x-tra base, SDR, SonicFill) deutlich grössere Füllkörper ( $\geq 20 \mu\text{m}$ ) als herkömmliche Composites [57];

bei gleichem Füllkörpergehalt (Gew.-%) wird dadurch im Vergleich zu kleineren Füllern die Gesamtoberfläche der Füllkörper und somit die Grenzfläche zwischen anorganischen Füllern und organischer Matrix deutlich reduziert. Da bei grösseren Füllstoffpartikeln die Anzahl der Übergänge für das Licht von Matrix und Füller geringer ist, resultiert dies in geringeren Lichtverlusten und einer besseren Penetration der Photonen – welche die lichtempfindlichen Initiatorsysteme aktivieren – in den Werkstoff und folglich einer gesteigerten Polymerisationstiefe von „Bulk Fill“-Composites [57]. Enthalten Composites kleine Füllkörper mit einer Partikelgröße unterhalb der Wellenlänge sichtbaren Lichts (380–780 nm), so wird das Licht durch die kleinen Partikel weder gestreut noch absorbiert, was wiederum die Transluzenz des Composites, und somit die Möglichkeit, tiefere Schichten mit Licht suffizient zu polymerisieren, steigert [68,89]. Ein reduzierter Füllkörperanteil und vergleichsweise grosse Füllkörper resultieren aber in schlechteren mechanischen und ästhetischen Eigenschaften, einer höheren Abrasionsanfälligkeit, einer grösseren Oberflächenrauigkeit und einer schlechteren Polierbarkeit [23, 24, 51, 57, 64, 105].

Tetric EvoCeram Bulk Fill verfügt allerdings über einen hohen Füllgehalt bei gleichzeitig kleiner Füllkörpergröße (Tabelle 2), da der neuartige Lichtinitiator Ivocerin die für „Bulk Fill“-Composites charakteristische Durchhärtungstiefe von 4 mm durch eine höhere Sensibilität gegenüber ankommenden Photonen ermöglicht.

Für kaulasttragende Restaurationen ist die Biegefestigkeit ein bedeutsamer Parameter. Derzeit erhältliche „Bulk Fill“-Composites weisen hierfür Werte zwischen 120,8 MPa und 142,8 MPa auf [57], die im Bereich der Durchschnittswerte der Biegefestigkeiten von Nanohybrid- und Mikrohybrid-Composites liegen [57, 58, 64] und deutlich die Anforderung der ISO-Norm 4049 [2] aus dem Jahr 2009 übertreffen, in der ein Mindestwert von 80 MPa fixiert ist.

Die Füllungstechnik mit fließfähigen „Bulk Fill“-Composites und der hiermit assoziierte Polymerisations-schrumpfungstress weisen keinen negativen Einfluss auf die Verwindung bzw. Durchbiegung der Höcker in Seitenzahnkavitäten auf [17, 46, 92], obwohl diese Materialien eine Volumenschrumpfung im Bereich von 3 bis 3,5% aufweisen [33]. Im Vergleich hierzu werden für modellierbare „Bulk Fill“-Composites 1,9-2,3% an Volumenschrumpfung gemessen [56].

„Bulk Fill“-Composites zeigen eine signifikante Reduktion von Schrumpfungstress während der Polymerisation [30, 59]. „Bulk Fill“-Composites zeigen unter Belastung auch ein akzeptables Kriechverhalten bzw. eine hohe Formstabilität, vergleichbar mit herkömmlichen Composites; diese Eigenschaften sind Grundvoraussetzungen für intraoral langfristig intakte Füllungen und Füllungsänder [32].

Es kann mit „Bulk Fill“-Composites und zugehörigen Adhäsivsystemen eine gute Versiegelung des Kavitätenbodens erreicht werden, was in vivo entscheidend dazu beiträgt, postoperative Hypersensibilitäten zu vermeiden [46]. Bei korrekter Anwendung ist die Randqualität der „Bulk Fill“-Composites mit regulär geschichteten Composite-Restaurationen vergleichbar [4, 16, 46, 88, 107, 112, 117]. Sowohl niedrigvisköse als auch hochvisköse „Bulk Fill“-Composites zeigen in einer Laborstudie zur marginalen Adaptation in Klasse-II-Kavitäten Ergebnisse, die vergleichbar sind mit einem herkömmlichen Composite [16].

Bulk-Fill-Composite	$\sigma$ (MPa)	$E_{\text{Biege}}$ (GPa)	HV (N/mm <sup>2</sup> )
Tetric EvoCeram Bulk Fill	120,8 <sup>a</sup> (12,7)	4,5 <sup>AB</sup> (0,8)	78,4 <sup>c</sup> (6,7)
x-tra fil	137,0 <sup>b</sup> (14,4)	9,5 <sup>E</sup> (0,6)	133,5 <sup>D</sup> (32,0)
QuiXfil	138,6 <sup>b</sup> (20,5)	8,7 <sup>E</sup> (2,6)	126,1 <sup>D</sup> (19,6)
SonicFill	142,8 <sup>b</sup> (12,9)	6,9 <sup>D</sup> (0,6)	82,0 <sup>C</sup> (4,7)
Filtek Bulk Fill Flowable Restorative	122,4 <sup>a</sup> (9,6)	3,8 <sup>A</sup> (0,4)	48,4 <sup>B</sup> (1,3)
Venus Bulk Fill	122,7 <sup>a</sup> (6,9)	3,6 <sup>A</sup> (0,4)	38,1 <sup>A</sup> (11,8)
SDR	131,8 <sup>ab</sup> (5,8)	5,0 <sup>BC</sup> (0,4)	54,2 <sup>B</sup> (1,9)
x-tra base	139,4 <sup>b</sup> (7,0)	6,0 <sup>CD</sup> (0,9)	85,1 <sup>C</sup> (11,2)

**Tabelle 7:** Mechanische Eigenschaften der „Bulk Fill“-Composites (Daten aus [57] und aktuelle Berechnungen auf Basis der Datenbank von Prof. Dr. Ilie, Zahnklinik München): Drei-Punkt-Biegefestigkeit ( $\sigma$ ), Elastizitätsmodul ( $E_{\text{Biege}}$ ) und Vickershärte (HV). Superskripte kennzeichnen signifikante Untergruppen (Tukey's HSD Test,  $\alpha = 0,05$ ). Die niedrigviskösen „Bulk Fill“-Composites sind grau markiert.

Es wurden Bedenken bezüglich der Mikrohärtigkeit einzelner Produkte geäußert [27]. Dies trifft allerdings nur für die fließfähigen Varianten der „Bulk Fill“-Composites zu, die aber mit einem okklusalen Inkrement aus seitenzahntauglichem Hybrid-Composite überschichtet werden müssen [57].

Bei Verwendung ausreichend lichtstarker Lampen und Beachtung der vom Hersteller vorgegebenen Polymerisationszeiten ist eine verlässliche Härtung der Materialien auch in 4 mm Schichtstärke gewährleistet [5, 11, 25, 30, 31, 47, 48, 60, 69, 106, 130]. Es existiert eine Korrelation zwischen der Konversionsrate der Monomere eines Composites und dessen klinischer Abrasionsbeständigkeit [38]. Für okklusionstragende Schichten sollte die Umsetzungsrate von Composites auf Dimethacrylat-Basis deshalb nicht unter 55% liegen [114]. Die durch die Polymerisation erreichbare Konversionsrate an Doppelbindungen von „Bulk Fill“-Composites ist vergleichbar mit den Werten konventioneller Hybrid-Composites [6, 75]. An der Unterseite von 4 mm dicken Proben weisen „Bulk Fill“-Composites eine signifikant höhere Umsetzungsrate an Doppelbindungen auf als herkömmliche Composites, dies zeigt die guten Lichtleitungsseigenschaften dieser

Materialien und unterstützt die Polymerisation in dickeren Schichten [48]. Auch im Hinblick auf die Biokompatibilität sind „Bulk Fill“-Composites mit konventionellen Composites vergleichbar [40].

Werden nicht einzelne Composites, sondern ganze Composite-Klassen miteinander verglichen, so zeigt sich, dass hochvisköse „Bulk Fill“-Composites ein vergleichbares Elastizitätsmodul wie klassische Hybrid-Composites aufweisen, das signifikant höher ist als der Wert für die niedrigviskösen „Bulk Fill“-Composites [64]. Auch im Hinblick auf die Vickershärte und das Eindringmodul weisen hochvisköse „Bulk Fill“-Composites die signifikant höchsten Werte auf, gefolgt von den Mikrohybrid- und Nanohybrid-Composites, während die niedrigviskösen „Bulk Fill“-Composites geringere Härte- und Eindringmodulwerte als herkömmliche fließfähige Composites zeigen [12, 64].

Eine Übersicht zu mechanischen Eigenschaften von „Bulk Fill“-Composites ist in Tabelle 7 dargestellt.

### 3.3 Lichtdurchlässigkeit der „Bulk Fill“-Composites

Auch wenn die Verbesserung der Polymerisationstiefe in „Bulk Fill“-Composites durch verschiedene Mechanismen bewerkstelligt wurde, ist die höhere Lichtdurchlässigkeit im Vergleich zu herkömmlichen Composites charakteristisch für die meisten „Bulk Fill“-Composites. Die Lichtdurchlässigkeit dentaler Composites spielt eine wichtige Rolle für die Art und Weise wie Composite-Füllungen polymerisiert werden müssen. Sowohl herkömmliche Composites [95,96] als auch „Bulk Fill“-Composites [39,60,62,63] haben eine materialabhängige Empfindlichkeit für Variationen in der Belichtung unter simulierten klinischen Bedingungen bewiesen.

Unter idealen Laborbedingungen konnte gezeigt werden, dass durch 2 mm dicke Inkremente von herkömmlichen Nano Hybrid-Composites bei Anwendung einer Hochleistungspolymerisationslampe ( $1.650 \text{ mW/cm}^2$ ) weniger als  $200 \text{ mW/cm}^2$  Bestrahlungsstärke an der Unterseite dieser Schichten ankommen, durch 4 mm dicke Schichten kaum noch Licht durchdringt, während 6 mm dicke Composite-Schichten meist komplett lichtundurchlässig sind (Tabelle 8).

Die Energiedichte des Lichtes im Absorptionsbereich der Initiatoren dentaler Composites (360 – 540 nm), die 2 mm oder 4 mm dicke Inkremente durchdringt, erreicht in „Bulk Fill“-Composites signifikant höhere Werte als in herkömmlichen Composites, was die Wahrscheinlichkeit für eine adäquate Polymerisation in tieferen Composite-Schichten erhöht. Die Ausnahme hierzu stellt SonicFill dar, das eine vergleichbare Transluzenz wie herkömmliche Composites aufweist (Tabelle 8).

Der direkte Vergleich von „Bulk Fill“-Composites mit den entsprechenden Mikrohybrid- oder Nano Hybrid-

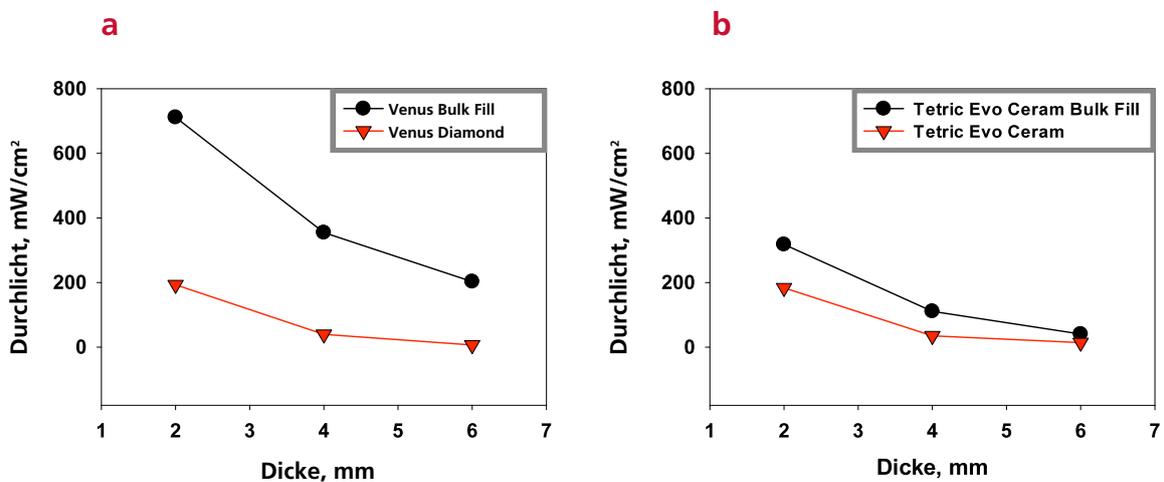
Composites des jeweils gleichen Herstellers deutet auf unterschiedliche Vorgehensweisen im Aufbau der „Bulk Fill“-Composites hin.

Eklatant ist der Unterschied zwischen Venus Diamond und Venus Bulk Fill. Das sehr transluzente „Bulk Fill“-Composite zeigt sogar in Inkrementen von 6 mm Dicke eine höhere Lichtdurchlässigkeit als ein 2 mm starkes Inkrement des Nano Hybrid-Composites (Abbildung 1).

Auch der Vergleich Tetric EvoCeram und Tetric EvoCeram Bulk Fill zeigt eine Steigerung der Transluzenz im „Bulk Fill“-Composite, jedoch fallen die Unterschiede in diesem Fall deutlich geringer aus. Die geringere Transluzenz, die eine bessere ästhetische Integration von Tetric EvoCeram Bulk Fill in klinischen Seitenzahnkavitäten ohne den für „Bulk Fill“-Composites sonst typischen farblichen Graustich ermöglicht, wurde hier erfolgreich durch die Implementierung des neuen, sehr sensiblen Lichtinitiatorsystems Ivocerin kompensiert [51,71]. Ivocerin weist aufgrund der höheren Absorptionsrate von Licht im sichtbaren Wellenlängenbereich eine bessere Quanteneffizienz und somit eine höhere Lichthärteaktivität auf [94]. Dadurch kann auch noch mit einer geringeren Photonendichte in tieferen Composite-Schichten eine grosse Durchhärtungstiefe erzielt werden [15].

Composite-Klasse	Composite	Irradianz mW/cm <sup>2</sup>		
		2 mm	4 mm	6 mm
Niedrigvisköse Bulk-Fill	x-tra base	262,5 <sup>e</sup> (8,2)	79,2 <sup>e</sup> (4,1)	27,7 <sup>e</sup> (4,2)
	SDR	410,3 <sup>b</sup> (5,7)	167,8 <sup>b</sup> (6,4)	73,7 <sup>b</sup> (2,7)
	Venus Bulk Fill	711,4 <sup>a</sup> (13,9)	354,6 <sup>a</sup> (10,6)	202,7 <sup>a</sup> (10,5)
	Filtek Bulk Fill Flowable Restorative	220,4 <sup>f</sup> (6,9)	56,3 <sup>f</sup> (1,4)	18,3 <sup>f</sup> (1,8)
Hochvisköse Bulk-Fill	x-tra fil	370,3 <sup>c</sup> (11,1)	124,1 <sup>c</sup> (2,0)	53,8 <sup>c</sup> (3,7)
	SonicFill	118,8 <sup>i</sup> (14,1)	19,1 <sup>k</sup> (2,8)	0,0 <sup>h</sup> (0,0)
	Tetric EvoCeram Bulk Fill	317,9 <sup>g</sup> (15,3)	110,8 <sup>d</sup> (2,6)	40,7 <sup>d</sup> (4,1)
Nanohybrid	GrandioSO	157,7 <sup>h</sup> (12,3)	22,7 <sup>i</sup> (2,5)	5,2 <sup>g</sup> (4,3)
	Premise	55,4 <sup>k</sup> (3,1)	1,7 <sup>j</sup> (3,5)	0,0 <sup>h</sup> (0,0)
	Tetric EvoCeram	183,7 <sup>g</sup> (11,0)	35,1 <sup>i</sup> (1,8)	14,0 <sup>f</sup> (11,3)
	Venus Diamond	193,1 <sup>g</sup> (15,5)	39,6 <sup>h</sup> (4,5)	6,5 <sup>g</sup> (5,5)
	CeramX mono+	138,7 <sup>j</sup> (6,4)	20,7 <sup>j,k</sup> (1,3)	0,0 <sup>h</sup> (0,0)
Flowable	Clearfil Majesty Flow	222,7 <sup>f</sup> (20,3)	44,3 <sup>g</sup> (3,5)	6,1 <sup>g</sup> (5,1)
	GrandioSO Heavy Flow	164,1 <sup>h</sup> (11,1)	21,6 <sup>k</sup> (0,9)	0,0 <sup>h</sup> (0,0)

**Tabelle 8:** Lichtdurchlässigkeit [12] (360 – 540 nm) verschiedener Materialien, gemessen an der Unterseite von 2, 4 und 6 mm dicken Inkrementen. Superskripte kennzeichnen signifikante Untergruppen (Tukey's HSD Test,  $\alpha = 0,05$ ). Die initiale Irradianz (Lichtintensität der Lampe an der Oberfläche der Probekörper) betrug 1.650 mW/cm<sup>2</sup>.



**Abbildung 1:** Vergleich der Lichtdurchlässigkeit von „Bulk Fill“-Composites und herkömmlichen Composites desselben Herstellers: a) Heraeus Kulzer; b) Ivoclar Vivadent.

### 3.4 Wie viel Licht brauchen „Bulk Fill“-Composites für eine adäquate Polymerisation?

In einer In-vitro-Studie konnte nachgewiesen werden, dass die Konversionsrate und die mechanischen Eigenschaften von „Bulk Fill“-Composites bei ausreichender Lichtpolymerisation bis zu einer Schichtstärke von 4 oder 6 mm konstant bleiben [25].

Unter klinischen Bedingungen muss man allerdings annehmen, dass die applizierte intendierte Lichtmenge, aufgrund von Problemen mit dem Zugang und der Ausrichtung des Lichtleiters der Lampe vor allem in den engen Bereichen der Mundhöhle im posterioren Seitenzahnggebiet, nicht gänzlich die Composite-Füllung erreichen wird und somit nur teilweise für die Polymerisationsleistung verfügbar ist. Aber auch eine zu lange Polymerisation bei hoher Lichtintensität soll vermieden werden, da damit die Gefahr einer thermischen Schädigung der Pulpa verbunden ist [8, 10, 65, 98, 129].

Es stellt sich also die Frage, wie tolerant sind „Bulk Fill“-Composites gegenüber Variationen der Licht-

menge und wo liegen die Grenzen für eine adäquate Polymerisation? Eine genaue Quantifizierung der notwendigen Lichtmenge für „Bulk Fill“-Composite-Materialien wurde bislang in lediglich zwei Studien unter simulierten klinischen Bedingungen durchgeführt [62, 63]. Definitionsgemäss ist die maximale Durchhärtungstiefe eines Composites unter gegebenen Polymerisationsbedingungen bestimmt als jene Schichtstärke, an der noch ein Betrag von 80% der Oberflächenhärte des jeweiligen Inkrements gemessen wird [5, 22, 41, 74, 104, 116]. Diese Schichtstärke erachtet man als adäquat polymerisiert. In Tabelle 9 ist die maximale Durchhärtungstiefe für hochvisköse „Bulk Fill“-Composites unter verschiedenen Polymerisationsbedingungen (unterschiedliche Programme der Aushärtelampe, 0 vs. 7 mm Abstand des Lichtleiters zur Probenoberfläche) angegeben.

Polymerisationsprogramm	Distanz (mm) Lichtleiter zu Probenoberfläche	Energie (J/cm <sup>2</sup> ) an Proben- oberfläche	Durchhärttiefe (mm)		
			x-tra fil	Tetric EvoCeram Bulk Fill	Sonic Fill
5s Standard	0	5,88	4,5 <sup>bcde</sup> (0,54)	3,7 <sup>DE</sup> (0,11)	2,7 <sup>def</sup> (0,30)
20s Standard		23,51	6,0 <sup>f</sup> (0,00)	5,6 <sup>f</sup> (0,46)	4,3 <sup>f</sup> (0,23)
40s Standard		47,03	6,0 <sup>f</sup> (0,00)	6,0 <sup>f</sup> (0,00)	5,4 <sup>f</sup> (0,38)
3s High		5,30	3,7 <sup>abc</sup> (0,58)	3,2 <sup>BCD</sup> (0,20)	2,2 <sup>abcd</sup> (0,17)
4s High		7,06	4,4 <sup>bcd</sup> (0,45)	3,4 <sup>CD</sup> (0,22)	2,7 <sup>def</sup> (0,18)
8s High		14,13	4,7 <sup>cde</sup> (0,50)	4,9 <sup>GH</sup> (0,27)	3,6 <sup>gh</sup> (0,26)
3s Plasma		10,25	4,9 <sup>def</sup> (0,64)	4,2 <sup>EF</sup> (0,22)	3,0 <sup>ef</sup> (0,09)
6s Plasma		20,50	5,8 <sup>f</sup> (0,26)	5,7 <sup>f</sup> (0,27)	4,0 <sup>ef</sup> (0,09)
5s Standard	7	3,23	3,0 <sup>a</sup> (0,65)	2,7 <sup>AB</sup> (0,30)	2,2 <sup>abc</sup> (0,14)
20s Standard		12,93	5,9 <sup>f</sup> (0,12)	5,3 <sup>HI</sup> (0,23)	3,9 <sup>f</sup> (0,23)
40s Standard		25,85	6,0 <sup>f</sup> (0,00)	5,9 <sup>f</sup> (0,27)	4,8 <sup>f</sup> (0,22)
3s High		2,63	2,9 <sup>a</sup> (0,90)	2,4 <sup>A</sup> (0,26)	1,8 <sup>A</sup> (0,22)
4s High		3,50	3,6 <sup>ab</sup> (0,59)	2,9 <sup>ABC</sup> (0,27)	2,2 <sup>ab</sup> (0,26)
8s High		7,00	5,6 <sup>ef</sup> (0,49)	4,2 <sup>EF</sup> (0,28)	3,2 <sup>Iq</sup> (0,17)
3s Plasma		5,25	3,8 <sup>abc</sup> (0,30)	3,2 <sup>BCD</sup> (0,17)	2,5 <sup>bcde</sup> (0,11)
6s Plasma		10,50	5,5 <sup>def</sup> (0,38)	4,4 <sup>FG</sup> (0,36)	3,8 <sup>f</sup> (0,20)
Vickershärte- Referenzwert	0	47,03	133,5 <sup>a</sup> (32,0)	78,4 <sup>a</sup> (6,7)	89,4 <sup>b</sup> (10,1)

**Tabelle 9:** Maximale Durchhärtungstiefe (in mm) als Funktion der Polymerisationsbedingungen und des Materials [62]. LED-Polymerisationslampe VALO (Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, USA). Superskripte kennzeichnen signifikante Untergruppen (Tukey's HSD Test,  $\alpha = 0,05$ ). Die signifikant höchsten mechanischen Eigenschaften wurden in Tiefen grösser als 2 mm durch eine Polymerisation von 20 und 40 s (Standard-Power-Programm / 1'176 mW/cm<sup>2</sup>) für beide Belichtungsabstände (0 und 7 mm) erreicht, was sich in hohen Inkrementstärken widerspiegelt. Vereinzelt waren die oben genannten Polymerisationsbedingungen äquivalent zu einer Belichtung von 8 s (High-Power-Programm / 1'766 mW/cm<sup>2</sup>) oder 6 s Belichtung (Plasma / 3'416 mW/cm<sup>2</sup>). Kürzere Polymerisationszeiten (5 s Standard-Power-Programm, 3–4 s High-Power-Programm, und 3 s Plasma) resultierten in geringeren Inkrementstärken. Die Lichtintensität der eingesetzten Polymerisationslampe (VALO) wurde mit einem Spektrometer (USB4000 Spectrometer, Managing Accurate Resin Curing System; BlueLight Analytics Inc., Halifax, Kanada) ermittelt.

## 4. Klinische Daten

### 4.1 Publierte klinische Studien

Das stärkste Argument für ein Composite ist der klinische Langzeiterfolg im Patientenmund. Die wenigen bisher verfügbaren Daten aus klinischen Studien zu „Bulk-Fill“-Composites zeigen eine zufriedenstellend bis sehr gute intraorale Leistungsfähigkeit [19, 43, 66, 84, 85, 123]. VAN DIJKEN konnte nach 3 Jahren intraoraler Verweildauer keinen Ausfall für das fließfähige Material SDR in Kombination mit dem Nanohybrid-Composite CeramX mono feststellen, während das alleinige Referenz-Composite eine jährliche Ausfallquote (AFR = Annual Failure Rate) von 1,3% zeigte [123]. In einer Anwendungsstudie unter zahnärztlichen Praktikern konnten nach einem Jahr 68 Restaurationen des hochviskösen „Bulk Fill“-Composites Tetric EvoCeram Bulk Fill nachuntersucht werden, dabei zeigte sich eine Füllungsfraktur (AFR = 1,5%), ansonsten zeigte das Material sehr gute klinische Eigenschaften [3]. In einer klinischen Studie zu Tetric EvoCeram Bulk Fill wurden alle Seitenzahnfüllungen nach einer Beobachtungsdauer von einem Jahr mit überwiegend exzellenten Bewertungen benotet, keine Füllung musste ausgetauscht werden [103]. YAZICI konnte nach einem Jahr oraler Verweildauer keine signifikanten Unterschiede zwischen Tetric EvoCeram Bulk Fill und dem Nano-Composite Filtek Ultimate feststellen [120]. Auch GREGOIRE dokumentierte nach einem Jahr eine exzellente klinische Leistungsfähigkeit für Tetric EvoCeram Bulk Fill im Vergleich zu inkrementell geschichteten Seitenzahnfüllungen aus Gradia Direct [120]. Daten aus unserer Münchener Arbeitsgruppe konnten darlegen, dass das hochvisköse „Bulk Fill“-Composite QuiXfil, appliziert in 4-mm-Schichten, zum Nachuntersuchungszeitpunkt nach 4 Jahren keine signifikanten Unterschiede in der klinischen Leistungsfähigkeit im Vergleich zu dem klassischen Hybrid-Composite Tetric Ceram, appliziert in 2-mm-Schichten, aufwies [85]. Nach einer Beobachtungsdauer von 10 Jahren zeigte

sich für QuiXfil eine jährliche Ausfallquote von 1,8%, während Tetric Ceram eine nicht signifikant unterschiedliche AFR von 1,5% aufwies [87].

„Bulk Fill“-Composites bilden keine einheitliche Materialklasse, es gibt deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Produkten, welche vor allem durch die Zusammensetzung und Grösse der Füllpartikel bedingt sind. Um die für „Bulk Fill“-Composites typische Polymerisationstiefe von 4 mm zu erreichen, reduzieren einige Hersteller den Anteil an Füllpartikeln oder verwenden grössere Füllpartikel, um eine tiefere Penetration des Polymerisationslichts in den Werkstoff zu gewährleisten. Dies kann reduzierte mechanische Eigenschaften, eine höhere Oberflächenrauigkeit, eine geringere Abrasionsstabilität und negative Auswirkungen auf die Ästhetik der Füllungen nach sich ziehen [23, 24, 64]. Bei Tetric EvoCeram Bulk Fill sind solche Kompromisse in der Formulation des Materials nicht notwendig. Tetric EvoCeram Bulk Fill stellt eine Weiterentwicklung des klinisch bewährten Universal-Composites Tetric EvoCeram dar und basiert auf dessen Monomeransatz und Füllkörpertechnologie. Zusätzlich ist in Tetric EvoCeram Bulk Fill der neuartige Lichtinitiator Ivocerin enthalten, der aufgrund einer höheren Reaktivität gegenüber ankommenden Photonen eine Durchhärtungstiefe von 4 mm ermöglicht. Im Vergleich zu vielen anderen „Bulk Fill“-Composites enthält Tetric EvoCeram Bulk Fill vergleichsweise kleine Füllkörper; dies ermöglicht eine geringe Oberflächenrauigkeit und gute Polierbarkeit mit glatter, hochglänzender Oberfläche, günstige Verschleisseigenschaften und eine gute Ästhetik.

**Fall 2:****Austausch einer Amalgamfüllung  
in einem Oberkiefermolaren**

Fall 2 zeigt das gelungene ästhetische Ergebnis und die guten Politureigenschaften einer Füllung mit Tetric EvoCeram Bulk Fill.

## Ausgangssituation

**Bild 1**

Dreiflächige Amalgamfüllung  
in einem ersten Oberkiefermolaren.

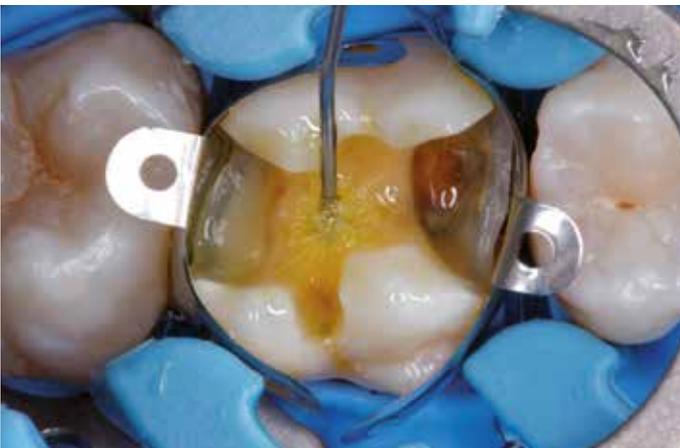


**Bild 2**

Zustand nach Entfernung  
der alten Füllung.

**Bild 3**

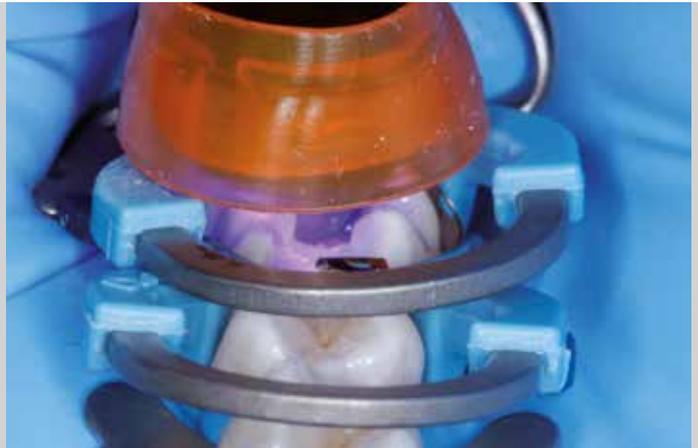
Nach dem Exkavieren und Finieren wird  
die Kavität mit Kofferdam isoliert.

**Bild 4**

Vorbehandlung der Zahnhartsubstanz mit  
Adhese Universal in der Self-Etch-Technik  
(Einwirkzeit 20 s).

**Bild 5**

Lichtpolymerisation des Adhäsivs für  
10 s mit Bluephase Style.

**Bild 6**

Mit den ersten Composite-Inkrementen aus  
Tetric EvoCeram Bulk Fill werden die beiden  
Approximalwände im mesialen und distalen  
Kasten aufgebaut.

**Bild 7**

Lichtpolymerisation des Composites  
für 10 s mit Bluephase Style.



**Bild 8**

Nach der Polymerisation der approximalen Composite-Wandungen wird das komplette Matrixsystem entfernt.

**Bild 9**

Im nächsten Schritt werden beide approximalen Extensionen mit Tetric EvoCeram Bulk Fill bis auf das Niveau des Kavitätenisthmus aufgefüllt.

**Bild 10**

Lichtpolymerisation des Composites für 10 s.

**Bild 11**

Applikation von Tetric EvoCeram Bulk Fill  
zum Aufbau der bukkalen Höcker.

**Bild 12**

Modellation der bukkalen Höcker.

**Bild 13**

Lichtpolymerisation der  
bukkalen Höcker für 10 s.



**Bild 14**

Modellation der palatinalen Höcker.

**Bild 15**

Lichtpolymerisation der palatinalen Höcker für 10 s.

**Bild 16**

Zustand nach dem Ausarbeiten der Füllung und Einstellung der korrekten statischen und dynamischen Okklusion.

Ausgangssituation



Endsituation

**Bild 17**

Fertig ausgearbeitete und hochglanzpolierte Restauration.  
Die Funktion und Ästhetik des Zahnes sind wiederhergestellt.



Wegen der engen Verwandtschaft von Tetric EvoCeram Bulk Fill mit Tetric EvoCeram lässt sich mit der gebotenen Vorsicht aus den in der Literatur verfügbaren klinischen Daten zu Tetric EvoCeram auch eine Prognose zum zukünftigen Verhalten des „Bulk Fill“-Materials des gleichen Herstellers ableiten.

Tetric EvoCeram zeigt in einer klinischen Studie eine gute Abrasionsresistenz in okklusionstragenden Seitenzahnkavitäten [20]. Nach 5 Jahren Beobachtungsdauer konnte CETIN keinen signifikanten Unterschied von direkten Seitenzahnrestaurationen aus Tetric EvoCeram im Vergleich zu indirekten Composite-Inlay-Systemen feststellen [21]. Das In-vivo-Verschleissverhalten von Tetric EvoCeram in posterioren Kavitäten konnte nach 5 Jahren die strengen Anforderungen der ADA-Spezifikation zu Composites im Seitenzahnbereich [1] erfüllen (vertikaler Verschleiss < 50µm/Jahr) [101]. BOECKLER dokumentierte nach 2 Jahren eine ausgezeichnete Überlebensquote von 98,8% für Tetric EvoCeram in Klasse-I- und -II-Kavitäten in Molaren und Prämolaren [9]. PALANIAPPAN stellte in einer klinischen Studie nach 3 Jahren eine 100%-Überlebensrate von Tetric EvoCeram im Seitenzahnbereich fest [100]. BARABANTI konnte nach 5 Jahren eben-

falls eine 100%-ige Überlebensquote von Tetric EvoCeram im Seitenzahnbereich konstatieren [7]. Auch MAHMOUD bestätigte nach 2 Jahren eine exzellente klinische Leistungsfähigkeit für Tetric EvoCeram-Füllungen im Seitenzahnbereich [79]. VAN DIJKEN konnte für Tetric EvoCeram-Füllungen nach 6 Jahren in Klasse-II-Kavitäten eine jährliche Ausfallquote (AFR) von 2,1% feststellen [122]. Dies ist in Übereinstimmung mit der 2,2%igen jährlichen Verlustquote für Composite-Füllungen im Seitenzahnbereich, die in einer umfangreichen Meta-Analyse ermittelt wurde [83].

Die vorgenannten klinischen Studien zeigen, dass Tetric EvoCeram eine sehr gute klinische Leistungsfähigkeit in Seitenzahnkavitäten aufweist. Aufgrund der engen materialtechnischen Verwandtschaft mit Tetric EvoCeram Bulk Fill kann im Analogieschluss auch für die „Bulk Fill“-Variante eine ähnlich gute Performance erwartet werden.

Composite	$\sigma$ (MPa)	$E_{\text{Biege}}$ (GPa)	HV (N/mm <sup>2</sup> )
Tetric	153,6 <sup>f</sup> (21,2)	9,3 <sup>e</sup> (1,7)	98,0 <sup>h</sup> (4,8)
Tetric Ceram	134,7 <sup>e</sup> (10,9)	7,9 <sup>d</sup> (0,9)	82,4 <sup>f</sup> (2,3)
Tetric Ceram HB	122,4 <sup>cde</sup> (21,1)	6,6 <sup>c</sup> (0,4)	86,0 <sup>g</sup> (3,3)
Tetric EvoCeram	115,3 <sup>bc</sup> (11,3)	6,7 <sup>c</sup> (1,1)	70,9 <sup>g</sup> (3,2)
Tetric EvoCeram Bulk Fill	120,8 <sup>cde</sup> (12,7)	4,5 <sup>b</sup> (0,8)	78,4 <sup>f</sup> (6,7)
IPS Empress Direct Dentin	132,1 <sup>de</sup> (13,7)	5,3 <sup>b</sup> (0,9)	73,5 <sup>g</sup> (1,7)
IPS Empress Direct Enamel	104,8 <sup>b</sup> (8,5)	4,5 <sup>b</sup> (0,8)	85,6 <sup>g</sup> (3,1)
IPS Empress Direct Opal	73,8 <sup>a</sup> (5,3)	2,9 <sup>a</sup> (0,2)	35,6 <sup>a</sup> (2,9)
Tetric Flow	118,1 <sup>bcd</sup> (9,9)	5,1 <sup>b</sup> (0,4)	50,1 <sup>g</sup> (2,4)
Tetric EvoFlow	104,2 <sup>b</sup> (10,2)	2,8 <sup>a</sup> (0,4)	37,4 <sup>a</sup> (1,5)

**Tabelle 10:** Vergleich der mechanischen Eigenschaften verschiedener Ivoclar Vivadent-Composites (Berechnungen auf Basis der Datenbank von Prof. Dr. Ilie, Zahnklinik München): Drei-Punkt-Biegefestigkeit ( $\sigma$ ), Biegemodul ( $E_{\text{Biege}}$ ) und Vickershärte (HV). Superskripte kennzeichnen signifikante Untergruppen (Tukey's HSD Test,  $\alpha = 0,05$ ).

#### 4.2 Vergleich von Tetric EvoCeram Bulk Fill mit weiteren Ivoclar Vivadent-Composites

Zur weiteren Einschätzung der klinischen Leistungsfähigkeit von Tetric EvoCeram Bulk Fill wird nachfolgend das Material mit In-vitro-Messwerten von neun weiteren Composites von Ivoclar Vivadent verglichen, die sich bereits länger erfolgreich in klinischen Situationen behaupten (Tabelle 10).

Hinsichtlich der Biegefestigkeit besteht kein statistischer Unterschied zwischen Tetric EvoCeram Bulk Fill und den renommierten Composites Tetric Ceram, Tetric EvoCeram und Tetric Ceram HB. Beim E-Modul zeigt Tetric EvoCeram Bulk Fill signifikant niedrigere Werte als die restlichen hochviskösen Mitglieder der Tetric-Familie, befindet sich aber in einer Gruppe mit IPS Empress Direct Dentin und IPS Empress Direct Enamel. Für die Vickershärte lassen sich für Tetric EvoCeram Bulk Fill signifikant höhere Werte als für das herkömmliche Tetric EvoCeram messen. Diese Werte zeigen die kompetitiven In-vitro-Eigenschaften von Tetric EvoCeram Bulk Fill im Vergleich zu weiteren Composites von Ivoclar Vivadent. Auch die Analyse

der sonst umfangreich publizierten In-vitro-Daten lässt mit aller gebotenen Vorsicht den Analogieschluss zu, dass die neuen „Bulk Fill“-Composites bei korrekter Beachtung der Indikationen und Herstelleranweisungen im Vergleich zu den herkömmlichen Composite-Systemen insgesamt gut bestehen und erfolgreich klinisch eingesetzt werden können [46, 51, 92, 97, 107, 108, 115].

Insgesamt muss das klinische Verhalten von „Bulk Fill“-Composites aber mit zusätzlichen klinischen Untersuchungen durch eine breitere Datenbasis untermauert werden [78]. Der gerechtfertigten Forderung nach mehr klinischen Langzeitdaten kann aufgrund der teils noch jungen Materialgruppe allerdings erst in der Zukunft Rechnung getragen werden.

## 5. Indikationsbereich von „Bulk Fill“-Composites im bleibenden Gebiss und im Milchgebiss

„Bulk Fill“-Composites werden im bleibenden Gebiss in der direkten Füllungstherapie primär im Seitenzahnbereich eingesetzt.

Die **niedrigviskösen fließfähigen „Bulk Fill“-Composites** sind für folgende Indikationen freigegeben:

- Dentinaufbau bzw. Unterfüllung bis zu 4 mm Schichtstärke pro Inkrement in Klasse-I- und -II-Kavitäten (Notwendigkeit einer 2-mm-Deckschicht aus seitenzahntauglichem Hybrid-Composite)
- Kavitätenlining:  
Auskleiden des Kavitätenbodens und der Innenwinkel bzw. Innenkanten in einer ersten dünnen Schicht unter Füllungsmaterialien für die direkte Füllungstherapie in Klasse-I- und -II-Kavitäten
- Fissurenversiegelung  
(keine Deckfüllung notwendig)
- Kleine Klasse-I-Füllungen  
(keine Deckfüllung notwendig)
- Ausblocken von Unterschnitten
- Stumpfaufbauten (keine Deckfüllung notwendig)

Die **hochviskösen modellierbaren „Bulk Fill“-Composites** sind für folgende Indikationen freigegeben:

- Direktes Füllungsmaterial in Klasse-I- und -II-Kavitäten (inkl. Ersatz einzelner Höcker)
- Erweiterte Fissurenversiegelungen
- Stumpfaufbauten
- Klasse-V-Zahnhalsfüllungen
- Milchzahnfüllungen

Einschränkend ist zu erwähnen, dass nicht jedes am Markt erhältliche „Bulk Fill“-Composite innerhalb seiner jeweiligen Gruppe (fließfähig oder modellierbar) für sämtliche vorgenannten Indikationen vom jeweiligen Hersteller freigegeben ist.

**Fall 3:****Austausch eines Keramikinlays mit Höckerersatz in einem Unterkiefermolaren**

Fall 3 stellt die Versorgung einer sehr grossen Kavität in einem ersten Unterkiefermolaren inklusive Ersatz eines Höckers mit Tetric EvoCeram Bulk Fill dar.

## Ausgangssituation

**Bild 1**

Insuffizientes altes Keramikinlay in einem ersten Unterkiefermolaren.



**Bild 2**

Der mesio-bukkale Höcker ist grossvolumig durch die alte Restauration ersetzt.

**Bild 3**

Zustand nach Entfernen der alten Restauration, Exkavieren und Finieren der Kavität und Isolieren mit Kofferdam.

**Bild 4**

Applikation einer zirkulären Metallmatrize.

**Bild 5**

Vorbehandlung der Zahnhartsubstanz mit Adhese Universal in der Self-Etch-Technik (Einwirkzeit 20 s).

**Bild 6**

Nach korrekter adhäsiver Vorbehandlung zeigt die Kavität überall eine gleichmässig glänzende Oberfläche. Dies garantiert eine gute Dentinversiegelung zur Vermeidung postoperativer Hypersensibilitäten.

**Bild 7**

Applikation der ersten Composite-Schicht mit Tetric EvoCeram Bulk Fill.



**Bild 8**

Mit dem ersten Composite-Inkrement werden die mesiale Approximalwand und die mesio-bukkale Aussenkontur aufgebaut.

**Bild 9**

Lichtpolymerisation des Composites für 10 s mit Bluephase Style.

**Bild 10**

Im nächsten Schritt werden das komplette Okklusallvolumen mit Tetric EvoCeram Bulk Fill aufgefüllt und die Zahn Anatomie ausgeformt.

**Bild 11**

Lichtpolymerisation des Composites für 10 s.

**Bild 12**

Zustand nach dem Abnehmen von Matrize und Kofferdam und dem Ausarbeiten der Füllung.

**Bild 13**

Vorpolitur der Composite-Restoration mit OptraPol-Silikonpolierern.



**Bild 14**

Hochglanzpolitur mit einem Astrobrush-Siliziumkarbidbürstchen.

**Bild 15**

Abschliessende Kontrolle der statischen und dynamischen Okklusion.

**Bild 16**

Endsituation: Fertig ausgearbeitete und hochglanzpolierte Restauration. Die Funktion und Ästhetik des Zahnes sind wiederhergestellt.

Ausgangssituation



Endsituation

**Bild 17**

Auch aus mesialer Sicht zeigt sich die hervorragende  
Rekonstruktion mit Höckerersatz.



## Füllungstechnik mit „Bulk Fill“-Composites

### Vorteile

Zeitersparnis mit schnellerer Füllungstechnik durch Verzicht auf aufwendige Schichtung → bessere Wirtschaftlichkeit [128]

Einfacheres Handling [113]

Weniger Inkremente → keine / weniger Schichtgrenzen → weniger Probleme an oft nicht perfekten Grenzflächen (Blasen, Spalten) zwischen einzelnen Composite-Inkrementen [55] und generelle Minimierung des Risikos von Lufteinschlüssen

Keine zeitaufwendige Farbauswahl

Einfachere Logistik → weniger Materialvorrat nötig

**Table 11:** Vorteile der Füllungstechnik mit „Bulk Fill“-Composites

Natürlich lassen sich modellierbare „Bulk Fill“-Composites auch in einer traditionellen Inkrementtechnik mit 2 mm dicken Schichten verarbeiten. Durch ihre im Vergleich zu herkömmlichen Hybrid-Composites höhere Transluzenz und reaktiveren Lichtinitiatorsysteme resultiert eine grössere Sicherheit für einen ausreichenden Polymerisationsgrad des Composites, wenn z.B. aufgrund einer eingeschränkten Mundöffnung ungünstige Voraussetzungen für eine optimale Positionierung des Lichtleiters der Polymerisationsleuchte bestehen [60]. Der gegenüber herkömmlichen Composites wesentlich geringere Schrumpfstress bei der Aushärtung wirkt sich bei gleicher Schichtstärke (2 mm) auch positiv auf die Füllung, den Zahn und den Haftverbund aus [34, 51, 59].

Ein weiteres Einsatzgebiet für modellierbare „Bulk Fill“-Composites ist der Seitenzahnbereich im Milchgebiss. Aufgrund der Zahn- und Defektdimensionen wird hier in den meisten Fällen eine Einschichttechnik möglich sein; dies reduziert die Behandlungszeit und ist speziell bei der Versorgung unkooperativer Kinder vorteilhaft.

## 6. Ausblick

Die Bedeutung direkter Füllungsmaterialien auf Composite-Basis wird in Zukunft weiter zunehmen. Es handelt sich hierbei um Materialien für wissenschaftlich abgesicherte und durch die Literatur in ihrer Verlässlichkeit dokumentierte, hochwertige permanente Versorgung für den kaubelasteten Seitenzahnbereich. Die Ergebnisse einer umfangreichen Übersichtsarbeit haben gezeigt, dass sich die jährliche Verlustquote von Composite-Füllungen im Seitenzahnbereich (2,2%) statistisch nicht von derjenigen von Amalgamfüllungen (3,0%) unterscheidet [83]. Minimalinvasive Behandlungsprotokolle in Verbindung mit der Möglichkeit, kariöse Läsionen immer früher zu entdecken, wirken sich zusätzlich positiv auf die Überlebensraten solcher Versorgung aus. Allerdings sind zur Sicherstellung einer qualitativ hochwertigen direkten Composite-Restauration mit guter marginaler Adaptation eine sorgfältige Matrizentechnik (bei approximaler Beteiligung), ein wirksames und gemäss Vorgaben appliziertes Dentinadhäsiv, die korrekte Verarbeitung des Füllungswerkstoffes und die Erzielung eines ausreichenden Polymerisationsgrades des Composites weiterhin notwendige Grundvoraussetzungen.

Der zunehmende wirtschaftliche Druck im Gesundheitssystem und die in vielen Fällen unzureichenden finanziellen Möglichkeiten der Patienten zu leistungsadäquaten Zuzahlungen erfordern neben den zeitaufwendigen High-End-Restaurationen (dentinadhäsiv verankerte Composite-Restaurationen in polychromatischer Mehrschichttechnik in Kombination mit einem Etch&Rinse-Adhäsiv mit vorheriger Schmelz- bzw. Dentinätzung mit Phosphorsäure) auch eine einfacher und schneller zu erbringende, aber gleichzeitig verlässliche Restorationsform. Neben universell einsetzbaren, in verschiedenen Farbschattierungen und Opazitätsabstufungen erhältlichen Hybrid-Composites sind seit einiger Zeit weitere „Bulk Fill“-Composite-Materialien speziell für den Seitenzahnbereich auf dem Markt, mit denen man in einer, im Vergleich zu den traditionellen Hybrid-Composites, wirtschaftlicheren Prozedur klinisch und ästhetisch akzeptable Seitenzahnfüllungen legen kann [14, 84].



**Fall 4:**  
**Füllungsaustausch im**  
**Unterkieferseitenzahnbereich**

Fall 4 zeigt den Austausch einer Composite- und einer Amalgamfüllung im Unterkieferseitenzahnbereich mit Tetric EvoCeram Bulk Fill.

## Ausgangssituation

**Bild 1**

Frakturierte Amalgamfüllung und insuffiziente Composite-Füllung im Unterkieferseitenzahnbereich.



**Bild 2**

Zustand nach Entfernung  
der alten Composite-Füllung und  
Kariesentfernung im ersten Molaren.

**Bild 3**

Nach dem Finieren wird die  
Kavität mit Kofferdam isoliert.

**Bild 4**

Applikation eines  
Teilmatrixsystems.

**Bild 5**  
Selektive Schmelzätzung  
mit Phosphorsäure für 30 s.

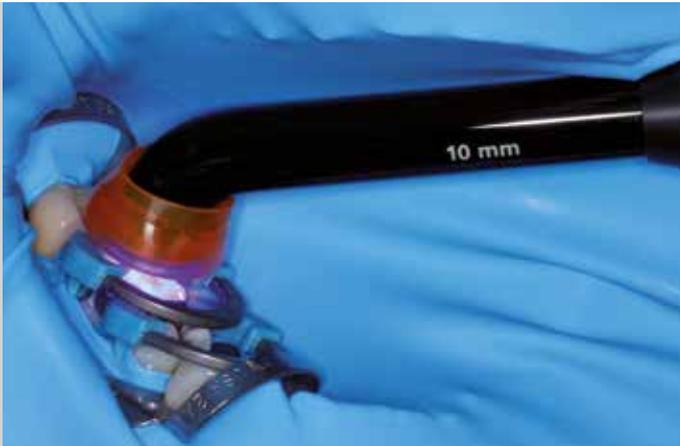


**Bild 6**  
Vorbehandlung der  
Zahnhartsubstanz mit Adhese Universal  
in der Selective-Etch-Technik (Einwirkzeit 20 s).



**Bild 7**  
Verblasen des Adhäsivs,  
bis ein glänzender, unbeweglicher  
Film entstanden ist.



**Bild 8**

Lichtpolymerisation des Adhäsivs für 10 s mit Bluephase Style.

**Bild 9**

Nach korrekter adhäsiver Vorbehandlung zeigt die Kavität überall eine gleichmässig glänzende Oberfläche. Dies garantiert eine gute Dentinversiegelung zur Vermeidung postoperativer Hypersensibilitäten.

**Bild 10**

Mit den ersten Composite-Inkrementen aus Tetric EvoCeram Bulk Fill werden die beiden Approximalwände im mesialen und distalen Kasten aufgebaut und mit einem sauberen Microbrush korrekt modelliert.

**Bild 11**  
Lichtpolymerisation des  
Composites für 10 s mit Bluephase Style.



**Bild 12**  
Fertiggestellte Approximalwandungen  
vor Abnahme der Matrice.



**Bild 13**  
Nach der Polymerisation der  
approximalen Composite-Wandungen  
wird das komplette Matrizensystem entfernt.  
Dies erleichtert den Zugang mit den  
Modellierinstrumenten für die folgenden Schritte.



**Bild 14**

Die Klasse-II-Kavität wurde im ersten Schritt in eine „funktionelle“ Klasse-I-Kavität umgestaltet.

**Bild 15**

Im nächsten Schritt werden beide approximalen Extensionen mit Tetric EvoCeram Bulk Fill bis auf das Niveau des Kavitätenisthmus aufgefüllt.

**Bild 16**

Applikation von Tetric EvoCeram Bulk Fill zum Aufbau des restlichen Kavitätensvolumens.

**Bild 17**

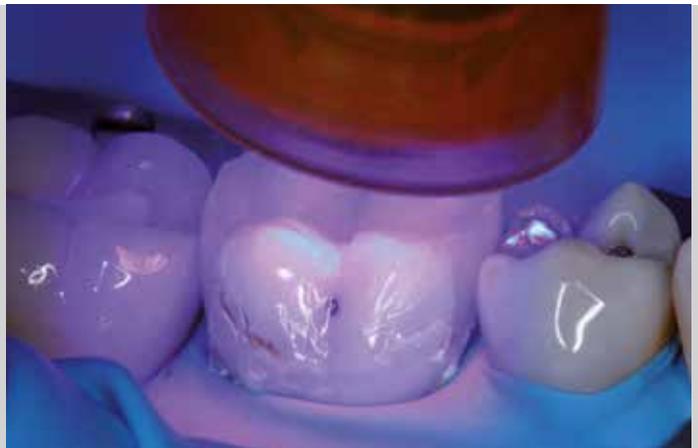
Modellation der okklusalen Anatomie.

**Bild 18**

Mit einem sauberen Microbrush lässt sich das Composite perfekt an die Randbereiche streichen. Das Composite klebt nicht am „Füllungsinstrument“.

**Bild 19**

Lichtpolymerisation der okklusalen Schicht für 10 s.



**Bild 20**

Nach Fertigstellung der Restauration im ersten Molaren wird sofort anschliessend die frakturierte Amalgamfüllung im zweiten Prämolaren mit Tetric EvoCeram Bulk Fill ersetzt.

**Bild 21**

Zustand nach dem Ausarbeiten der Füllungen und Einstellung der korrekten statischen und dynamischen Okklusion.

**Bild 22**

Endsituation: Fertig ausgearbeitete und hochglanzpolierte Restaurationen. Die Funktion und Ästhetik der Zähne sind wiederhergestellt.

Ausgangssituation



Endsituation

**Bild 23**

Finale Situation  
aus mesialem Blickwinkel.



## 7. Literatur

1. ADA acceptance program guidelines: resin based composites for posterior restorations. American Dental Association 2001;
2. Dentistry - Polymer-based restorative materials (ISO 4049:2009). Beuth-Verlag, 2009.
3. Tetric EvoCeram Bulk Fill: 1-year clinical performance. The Dental Advisor 2013;30 (10):
4. Acquaviva PA, Brazzoli S, Nembrini E, Zubani A, Cerutti A. Marginal adaptation of bulk-fill composites: a microscopical evaluation. J Dent Res 2013;Poster Presentation (Nr. 177505) at the IADR General Session Seattle, March 20-23, 2013:
5. Alrahlah A, Silikas N, Watts DC. Post-cure depth of cure of bulk fill dental resin-composites. Dent Mater 2014;30:149-154.
6. Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite J. Degree of conversion of bulk fill resin-composites over time J Dent Res 2013; Poster Presentation (Nr. 177480) at the IADR General Session Seattle, March 20-23, 2013:
7. Barabanti N, Gagliani M, Roulet JF, Testori T, Ozcan M, Cerutti A. Marginal quality of posterior microhybrid resin composite restorations applied using two polymerisation protocols: 5-year randomised split mouth trial. J Dent 2013;41:436-442.
8. Baroudi K, Silikas N, Watts DC. In vitro pulp chamber temperature rise from irradiation and exotherm of flowable composites. Int J Paediatr Dent 2009;19:48-54.
9. Boeckler A, Schaller HG, Gernhardt CR. 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 2012;43:279-286.
10. Boullaguet S, Caillot G, Forchelet J, Cattani-Lorente M, Wataha JC, Krejci I. Thermal risks from LED- and high-intensity QTH-curing units during polymerization of dental resins. J Biomed Mater Res B Appl Biomater 2005;72:260-267.
11. Brulat-Bouchard N, Zawawi S, Nathanson D. Effect of LED Curing Units on Properties of Bulk-Fill Composites. J Dent Res 2012;91, Special Issue C: Abstract #516:
12. Bucuta S, Ilie N. Light transmittance and micro-mechanical properties of bulk fill vs. conventional resin based composites. Clin Oral Investig 2014;DOI 10.1007/s00784-013-1177-y:
13. Burke EJ, Qualtrough AJ. Aesthetic inlays: composite or ceramic? Br Dent J 1994;176:53-60.
14. Burke FJ, Palin WM, James A, Mackenzie L, Sands P. The current status of materials for posterior composite restorations: the advent of low shrink. Dent Update 2009;36:401-402.
15. Burtcher P. Von geschichteten Inkrementen zur Vier-Millimeter-Bulk-Fill-Technik – Anforderungen an Komposit und Lichthärtung. DZW Die Zahnarzt Woche 2011;6-8.
16. Campos EA, Ardu S, Lefever D, Jasse FF, Bortolotto T, Krejci I. Marginal adaptation of class II cavities restored with bulk-fill composites. J Dent 2014;42:575-581.
17. Cao C, Kobussen G, Doruff M, et al. Cusp stress analysis between bulk-filled flowable and layered regular composites. J Dent Res 2013;Poster Presentation (Nr. 176435) at the IADR General Session Seattle, March 20-23, 2013:
18. Caughman WF, Caughman GB, Shiflett RA, Rueggeberg F, Schuster GS. Correlation of cytotoxicity, filler loading and curing time of dental composites. Biomaterials 1991;12:737-740.
19. Celik C, Arhun N, Yamanel K. Clinical evaluation of resin-based composites in posterior restorations: 12-month results. Eur J Dent 2010;4:57-65.
20. Cetin AR, Unlu N. Clinical wear rate of direct and indirect posterior composite resin restorations. Int J Periodontics Restorative Dent 2012;32:e87-94.
21. Cetin AR, Unlu N, Cobanoglu N. A five-year clinical evaluation of direct nanofilled and indirect composite resin restorations in posterior teeth. Oper Dent 2013;38:E1-11.
22. Cohen ME, Leonard DL, Charlton DG, Roberts HW, Ragain JC. Statistical estimation of resin composite polymerization sufficiency using microhardness. Dent Mater 2004;20:158-166.
23. Condon JR, Ferracane JL. Evaluation of composite wear with a new multi-mode oral wear simulator. Dent Mater 1996;12:218-226.
24. Condon JR, Ferracane JL. In vitro wear of composite with varied cure, filler level, and filler treatment. Journal of Dental Research 1997;76:1405-1411.
25. Czacch P, Ilie N. In vitro comparison of mechanical properties and degree of cure of bulk fill composites. Clin Oral Investig 2013;17:227-235.
26. Da Rosa Rodolpho PA, Donassollo TA, Cenci MS, et al. 22-Year clinical evaluation of the performance of two posterior composites with different filler characteristics. Dent Mater 2011;27:955-963.
27. de Biasi M, Calvi RM, Sossi D, Maglione M, Angerame D. Microhardness of a new flowable composite liner for posterior restorations. Dental Materials 2010;26 (Supplement 1):e25.
28. Delaviz Y, Finer Y, Santerre JP. Biodegradation of resin composites and adhesives by oral bacteria and saliva: a rationale for new material designs that consider the clinical environment and treatment challenges. Dent Mater 2014;30:16-32.
29. Demarco FF, Correa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. Dent Mater 2012;28:87-101.
30. El-Damhoury H, Platt J. Polymerization Shrinkage Stress Kinetics and Related Properties of Bulk-fill Resin Composites. Oper Dent 2014;39:374-382.
31. El-Damhoury HM, Elsayh NA, Platt JA. Polymerization shrinkage stress kinetics of five bulk-fill resin composites. J Dent Res 2013;Poster Presentation (Nr. 170786) at the IADR General Session Seattle, March 20-23, 2013:

32. El-Safty S, Silikas N, Watts DC. Creep deformation of restorative resin-composites intended for bulk-fill placement. *Dent Mater* 2012;28:928-935.
33. Facher A, Vogel K, Grabher K, Hirt T, Heintze S. Comparison of flowable composites for bulk filling. *J Dent Res* 2013;Poster Presentation (Nr. 175701) at the IADR General Session Seattle, March 20-23, 2013:
34. Feilzer AJ, de Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J.Dent.Res.* 1987;66:1636-1639.
35. Ferracane JL. Resin composite - state of the art. *Dent Mater* 2011;27:29-38.
36. Ferracane JL. Resin-based composite performance: are there some things we can't predict? *Dent Mater* 2013;29:51-58.
37. Ferracane JL, Greener EH. The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. *J Biomed Mater Res* 1986;20:121-131.
38. Ferracane JL, Mitchem JC, Condon JR, Todd R. Wear and marginal breakdown of composites with various degrees of cure. *J Dent Res* 1997;76:1508-1516.
39. Finan L, Palin WM, Moskwa N, McGinley EL, Fleming GJ. The influence of irradiation potential on the degree of conversion and mechanical properties of two bulk-fill flowable RBC base materials. *Dent Mater* 2013;29:906-912.
40. Fleming GJ, Awan M, Cooper PR, Sloan AJ. The potential of a resin-composite to be cured to a 4mm depth. *Dental Materials* 2008;24:522-529.
41. Flury S, Hayoz S, Peutzfeldt A, Husler J, Lussi A. Depth of cure of resin composites: is the ISO 4049 method suitable for bulk fill materials? *Dent Mater* 2012;28:521-528.
42. Frankenberger R. Die adhäsive Seitenzahnversorgung. Komposit oder Keramik? *ZWR* 2009;118:187-190.
43. Frankenberger R. Klasse-II-Kompositfüllungen in Bulk- und Schichttechnik im Vergleich. Resultate nach sechs Monaten. Bericht zur klinischen Studie über SonicFill (Kerr) 2012;
44. Frankenberger R, Biffar R, Fecht G, Tietze P, Rosenbaum F. Die richtige Basisversorgung - Expertenzirkel. *Dental Magazin* 2012;30:12-24.
45. Frankenberger R, Garcia-Godoy F, Kramer N. Clinical Performance of Viscous Glass Ionomer Cement in Posterior Cavities over Two Years. *Int J Dent* 2009;Article ID: 781462, doi:781410.781155/782009/781462.
46. Frankenberger R, Vosen V, Krämer N, Roggendorf M. Bulk-Fill-Komposite: Mit dicken Schichten einfacher zum Erfolg? *Quintessenz* 2012;65:579-584.
47. Garcia D, Yaman P, Dennison J, Neiva G. Polymerization Shrinkage and Hardness of Three Bulk Fill Flowable Resins. *J Dent Res* 2012;91, Special Issue A: Abstract #860:
48. Goracci C, Cadenaro M, Fontanive L, et al. Polymerization efficiency and flexural strength of low-stress restorative composites. *Dent Mater* 2014;30:688-694.
49. Heintze SD, Rousson V. Clinical effectiveness of direct class II restorations - a meta-analysis. *J Adhes Dent* 2012;14:407-431.
50. Hickel R. Moderne Füllungswerkstoffe. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 1997;52:572-585.
51. Hickel R. Neueste Komposite - viele Behauptungen. *BZB Bayerisches Zahnärzteblatt* 2012;49:50-53.
52. Hickel R, Brushaver K, Ilie N. Repair of restorations - criteria for decision making and clinical recommendations. *Dent Mater* 2013;29:28-50.
53. Hickel R, Dasch W, Janda R, Tyas M, Anusavice K. New direct restorative materials. *International Dental Journal* 1998;48:3-16.
54. Hickel R, Ernst CP, Haller B, et al. Direkte Kompositrestaurationen im Seitenzahnbereich - Indikation und Lebensdauer. Gemeinsame Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Zahnerhaltung (DGZ) und der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) aus dem Jahr 2005. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 2005;60:543-545.
55. Hofmann N. Zeitgemässe Schichttechnik für Komposit im Seitenzahngebiet. *Quintessenz* 2010;61:567-572.
56. Ibarra E, Lien W, Vandewalle K, Casey J, Dixon S. Physical properties of a new sonically activated composite restorative material. *J Dent Res* 2013;Poster Presentation (Nr. 170857) at the IADR General Session Seattle, March 20-23, 2013:
57. Ilie N, Bucuta S, Draenert M. Bulk-fill resin-based composites: an in vitro assessment of their mechanical performance. *Oper Dent* 2013;38:618-625.
58. Ilie N, Hickel R. Investigations on mechanical behaviour of dental composites. *Clin Oral Investig* 2009;13:427-438.
59. Ilie N, Hickel R. Investigations on a methacrylate-based flowable composite based on the SDR technology. *Dent Mater* 2011;27:348-355.
60. Ilie N, Kessler A, Durner J. Influence of various irradiation processes on the mechanical properties and polymerisation kinetics of bulk-fill resin based composites. *J Dent* 2013;41:695-702.
61. Ilie N, Rencz A, Hickel R. Investigations towards nano-hybrid resin-based composites. *Clin Oral Investig* 2013;17:185-193.
62. Ilie N, Stark K. Curing behaviour of high-viscosity bulk-fill composites. *J Dent* 2014;DOI 10.1016/j.jdent.2014.05.012:
63. Ilie N, Stark K. Effect of different curing protocols on the mechanical properties of low-viscosity bulk-fill composites. *Clin Oral Investig* 2014;DOI 10.1007/s00784-014-1262-x:
64. Ilie N, Stawarczyk B. Bulk-Fill-Komposite: neue Entwicklungen oder doch herkömmliche Komposite? *ZMK* 2014;30:90-97.
65. Jakubinek MB, O'Neill C, Felix C, Price RB, White MA. Temperature excursions at the pulp-dentin junction during the curing of light-activated dental restorations. *Dent Mater* 2008;24:1468-1476.
66. Kachalia P, Geissberger M, Gupta A. Clinical Evaluation of Restorations using a New Composite Material and Oscillating Handpiece and Comparing it with Traditional Composite Material and Placement Technique – 6 months recall. *SonicFill: Portfolio of Scientific Research (Kerr Corporation)* 2011;1.

67. Kelsey WP, Latta MA, Shaddy RS, Stanislav CM. Physical properties of three packable resin-composite restorative materials. *Operative Dentistry* 2000;25:331-335.
68. Kim JJ, Moon HJ, Lim BS, Lee YK, Rhee SH, Yang HC. The effect of nanofiller on the opacity of experimental composites. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2007;80:332-338.
69. Kunduru H, Finkelman M, Doherty EH, Harsono M, Kugel G. Depth of cure of different shades of bulk fill composites J Dent Res 2013; Poster Presentation (Nr. 174741) at the IADR General Session Seattle, March 20-23, 2013:
70. Lambrechts P, Braem M, Vanherle G. Klinische Erfahrungen mit Composites und Dentin-Adhäsiven im Seitenzahnbereich I: Klinische Beurteilung von Composites. *Phillip J* 1988;1:12-28.
71. Lassila LV, Nagas E, Vallittu PK, Garoushi S. Translucency of flowable bulk-filling composites of various thicknesses. *Chin J Dent Res* 2012;15:31-35.
72. Lee YK. Influence of filler on the difference between the transmitted and reflected colors of experimental resin composites. *Dent Mater* 2008;24:1243-1247.
73. Leinfelder KF, Sluder TB, Santos JFF, Wall JT. 5-Year Clinical-Evaluation of Anterior and Posterior Restorations of Composite Resin. *Operative Dentistry* 1980;5:57-65.
74. Leprince JG, Leveque P, Nysten B, Gallez B, Devaux J, Leloup G. New insight into the „depth of cure“ of dimethacrylate-based dental composites. *Dent Mater* 2012;28:512-520.
75. Leprince JG, Palin WM, Vanacker J, Sabbagh J, Devaux J, Leloup G. Physico-mechanical characteristics of commercially available bulk-fill composites. *J Dent* 2014;DOI 10.1016/j.jdent.2014.05.009:
76. Lowe RA. The Search for a Low-Shrinkage Direct Composite. *Inside Dentistry* 2010;6:78-82.
77. Lutz F, Phillips RW, Roulet JF, Setcos JC. In vivo and in vitro wear of potential posterior composites. *Journal of Dental Research* 1984;63:914-920.
78. Lynch CD, Opdam NJ, Hickel R, et al. Guidance on posterior resin composites: Academy of Operative Dentistry - European Section. *J Dent* 2014;42:377-383.
79. Mahmoud SH, El-Embaby AE, AbdAllah AM, Hamama HH. Two-year clinical evaluation of ormocer, nanohybrid and nanofill composite restorative systems in posterior teeth. *J Adhes Dent* 2008;10:315-322.
80. Manhart J. Charakterisierung direkter zahnärztlicher Füllungsmaterialien für den Seitenzahnbereich. Alternativen zum Amalgam? *Quintessenz der zahnärztlichen Literatur* 2006;57:465-481.
81. Manhart J. Neues Konzept zum Ersatz von Dentin in der kompositbasierten Seitenzahnversorgung. *ZWR Das Deutsche Zahnärzteblatt* 2010;119:118-125.
82. Manhart J. Muss es immer Kaviar sein? – Die Frage nach dem Aufwand für Komposite im Seitenzahnbereich. *ZMK* 2011;27:10-15.
83. Manhart J, Chen H, Hamm G, Hickel R. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. *Oper Dent* 2004;29:481-508.
84. Manhart J, Chen HY, Hickel R. Three-year results of a randomized controlled clinical trial of the posterior composite QuiXfil in class I and II cavities. *Clin Oral Investig* 2009;13:301-307.
85. Manhart J, Chen HY, Hickel R. Clinical Evaluation of the Posterior Composite Quixfil in Class I and II Cavities: 4-year Follow-up of a Randomized Controlled Trial. *J Adhes Dent* 2010;12:237-243.
86. Manhart J, Hickel R. “Bulk Fill“-Komposite. Neuartige Einsatztechnik von Kompositen im Seitenzahnbereich. *Swiss Dental Journal* 2014;124:19-28.
87. Manhart J, Neuerer P, Hickel R. 10-Jahresergebnisse von QuiXfil und Tetric Ceram in einer kontrollierten klinischen Studie. Publication in Preparation
88. Miragaya LM, Esteveo A, Oliveira SG, Sabrosa CE. Shrinkage evaluation of different composite resins J Dent Res 2013; Poster Presentation (Nr. 177811) at the IADR General Session Seattle, March 20-23, 2013:
89. Mitra SB, Wu D, Holmes BN. An application of nanotechnology in advanced dental materials. *J Am Dent Assoc* 2003;134:1382-1390.
90. Mjör IA. The reasons for replacement and the age of failed restorations in general dental practice. *Acta Odontologica Scandinavica* 1997;55:58-63.
91. Mjör IA. Selection of restorative materials in general dental practice in Sweden. *Acta Odontologica Scandinavica* 1997;55:53-57.
92. Moorthy A, Hogg CH, Dowling AH, Grufferty BF, Benetti AR, Fleming GJ. Cuspal deflection and microleakage in premolar teeth restored with bulk-fill flowable resin-based composite base materials. *J Dent* 2012;40:500-505.
93. Moszner N, Burtcher P, Vogel K, Todd JC, Heintze S, Peschke A. Report Nr. 19: Ivoclar - ein Meilenstein in der Composite-Technologie. Ivoclar Vivadent AG 2013;
94. Moszner N, Fischer UK, Ganster B, Liska R, Rheinberger V. Benzoyl germanium derivatives as novel visible light photoinitiators for dental materials. *Dent Mater* 2008;24:901-907.
95. Musanje L, Darvell BW. Polymerization of resin composite restorative materials: exposure reciprocity. *Dent Mater* 2003;19:531-541.
96. Musanje L, Darvell BW. Curing-light attenuation in filled-resin restorative materials. *Dent Mater* 2006;22:804-817.
97. Nazari A, Sadr A, Shimada Y, Tagami J, Sumi Y. 3D Void Assessment in Flowable Resin Composites using SS-OCT J Dent Res 2012;91, Special Issue A: Abstract #162:

98. Onisor I, Asmussen E, Krejci I. Temperature rise during photo-polymerization for onlay luting. *Am J Dent* 2011;24:250-256.
99. Opdam NJ, Bronkhorst EM, Loomans BA, Huysmans MC. 12-year survival of composite vs. amalgam restorations. *J Dent Res* 2010;89:1063-1067.
100. Palaniappan S, Elsen L, Lijnen I, Peumans M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Three-year randomised clinical trial to evaluate the clinical performance, quantitative and qualitative wear patterns of hybrid composite restorations. *Clin Oral Investig* 2010;14:441-458.
101. Palaniappan S, Elsen L, Lijnen I, Peumans M, Van Meerbeek B, Lambrechts P. Nanohybrid and microfilled hybrid versus conventional hybrid composite restorations: 5-year clinical wear performance. *Clin Oral Investig* 2012;16:181-190.
102. Park J, Chang J, Ferracane J, Lee IB. How should composite be layered to reduce shrinkage stress: incremental or bulk filling? *Dent Mater* 2008;24:1501-1505.
103. Peschke A. Ein neues Bulk-Fill-Material in der klinischen Anwendung. *DZW Die Zahnarzt Woche* 2013;45/13:10-11.
104. Pilo R, Cardash HS. Post-irradiation polymerization of different anterior and posterior visible light-activated resin composites. *Dent Mater* 1992;8:299-304.
105. Poggio C, Dagna A, Chiesa M, Colombo M, Scribante A. Surface roughness of flowable resin composites eroded by acidic and alcoholic drinks. *J Conserv Dent* 2012;15:137-140.
106. Polydorou O, Manolakis A, Hellwig E, Hahn P. Evaluation of the curing depth of two translucent composite materials using a halogen and two LED curing units. *Clinical Oral Investigations* 2008;12:45-51.
107. Roggendorf MJ, Kramer N, Appelt A, Naumann M, Frankenberger R. Marginal quality of flowable 4-mm base vs. conventionally layered resin composite. *J Dent* 2011;39:643-647.
108. Rosentritt M, Preiss V. Wie stabil ist stabil genug? teamwork *J Cont Dent Educ* 2014;17:42-46.
109. Roulet JF. The problems associated with substituting composite resins for amalgam: a status report on posterior composites. *J Dent* 1988;16:101-113.
110. Rullmann I, Schattenberg A, Marx M, Willershausen B, Ernst C-P. Photoelastic determination of polymerization shrinkage stress in low-shrinkage resin composites. *Schweiz Monatschr Zahnmed* 2012;122:294-299.
111. Sawlani K, Beck P, Ramp LC, Cakir-Ustin D, Burgess J. In vitro wear of eight bulk placed and cured composites *J Dent Res* 2013;Poster Presentation (Nr. 174833) at the IADR General Session Seattle, March 20-23, 2013:
112. Scotti N, Comba A, Gambino A, et al. Microleakage at enamel and dentin margins with a bulk fills flowable resin. *Eur J Dent* 2014;8:1-8.
113. Seemann R, Pfeifferkorn F, Hickel R. Behaviour of general dental practitioners in Germany regarding posterior restorations with flowable composites. *Int Dent J* 2011;61:252-256.
114. Siliikas N, Eliades G, Watts DC. Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and shrinkage strain. *Dent Mater* 2000;16:292-296.
115. Siliikas N, Zankuli M, Watts DC. Edge strength of bulk-fill and conventional resin-composites. *J Dent Res* 2012;91, Special Issue C: Abstract #514:
116. Soh MS, Yap AU, Siow KS. The effectiveness of cure of LED and halogen curing lights at varying cavity depths. *Oper Dent* 2003;28:707-715.
117. Taschner M, Spallek R, Sommerey M, Frankenberger R, Petschelt A, Zorzin J. Marginal Quality of four different bulk-fill composites. *J Dent Res* 2013;Poster Presentation (Nr. 174564) at the IADR General Session Seattle, March 20-23, 2013:
118. Tauböck TT. Bulk-Fill-Komposite. Wird die Füllungstherapie einfacher, schneller und erfolgreicher? teamwork *J Cont Dent Educ* 2013;16:318-323.
119. Tauböck TT, Feilzer A, Buchalla W, Kleverlaan CJ, Krejci I, Attin T. Effect of photoactivation methods on shrinkage behavior of resin composites. *J Dent Res* 2012;91, Special Issue C: Abstract #517:
120. Todd JC, Wanner M. Wissenschaftliche Dokumentation Tetric EvoCeram Bulk Fill. Ivoclar Vivadent AG 2014;
121. van de Sande FH, Opdam NJ, Rodolpho PA, Correa MB, Demarco FF, Cenci MS. Patient risk factors' influence on survival of posterior composites. *J Dent Res* 2013;92:785-835.
122. van Dijken JW, Pallesen U. A six-year prospective randomized study of a nano-hybrid and a conventional hybrid resin composite in Class II restorations. *Dent Mater* 2013;29:191-198.
123. van Dijken JW, Pallesen U. A randomized controlled three year evaluation of "bulk-filled" posterior resin restorations based on stress decreasing resin technology. *Dent Mater* 2014;DOI 10.1016/j.dental.2014.05.028:
124. van Dijken JWV. Direct resin composite inlays / onlays: an 11 year follow-up. *J Dent* 2000;28:299-306.
125. Van Nieuwenhuysen JP, D'Hoore W, Carvalho J, Qvist V. Long-term evaluation of extensive restorations in permanent teeth. *J Dent* 2003;31:395-405.
126. Vogel K. Geringe Schrumpfung und wenig Schrumpfstress sind entscheidende Grundlage. *DZW Die Zahnarzt Woche* 2011;40/11:9-12.
127. Vogel K, Rheinberger V. Shrinkage and Contraction Force of Bulk-filling and Microhybrid Composites. *J Dent Res* 2012;91, Special Issue A: Abstract #858:
128. Weinhold HC. Mehr als nur viel Zeit gespart – Wirtschaftlichkeit in der Praxis. *DZW Die Zahnarzt Woche* 2011;41/11:13-15.
129. Zach L, Cohen G. Pulp Response to Externally Applied Heat. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1965;19:515-530.
130. Zawawi S, Brulat N, Nathanson D. Curing Mode and Duration Effect on Polymerization Of Bulk-Fill Composites. *J Dent Res* 2012;91, Special Issue C: Abstract #515:

**Ivoclar Vivadent AG**  
Bendererstrasse 2  
9494 Schaan  
Liechtenstein  
Tel. +423 / 235 35 35  
Fax +423 / 235 33 60  
[www.ivoclarvivadent.com](http://www.ivoclarvivadent.com)