

### Zusammenfassung

Der Autor stellt die Anwendung eines Verblendkomposit-Systems vor, das aufgrund seiner speziellen Zusammensetzung als Alternative zu Keramik empfohlen wird. Es werden erste interne Untersuchungen vorgestellt und Empfehlungen für die Indikationsmöglichkeiten des Werkstoffs gegeben.

### Indizes

Verblendkomposit-System, Mikro-Hybrid-Technologie, Materialeigenschaften, Biegefestigkeit, Elastizitätsmodul, Härte, Farbstabilität, Oberflächenrauigkeit, Politur

## Erweiterte Anwendungsmöglichkeiten eines Verblendkomposit-Systems durch Mikro-Hybrid-Technologie

**Ingo Scholten**

Verblendkomposite werden zurzeit hauptsächlich bei herausnehmbarem Zahnersatz eingesetzt. Aufgrund neuer Technologien, Materialzusammensetzungen sowie ultrafeiner keramischer Füllkörper könnte in Zukunft der Stellenwert auch für festsitzende Restaurationen, wie z. B. für permanente Einzelzahnversorgungen und laborgefertigte Inlays/Onlays und Veneers erhöhen.

Lichthärtende Verblend- und Zahnrestaurationsmaterialien haben sich klinisch hervorragend bewährt und sind aufgrund ihrer ausgezeichneten Eigenschaften und einfachen Handhabung für viele Indikationen zum Standard geworden. In den vergangenen Jahren sind hier Materialzusammensetzungen entstanden, die mit konventionellen Verblendkompositen nicht mehr vergleichbar sind und nach Überzeugung des Autors eine echte Alternative zur Keramik bieten. So wie sich diese Werkstoffe derzeit klinisch bewährt haben, kann man davon ausgehen, dass sie die positiven Eigenschaften von Komposit und Keramik mit dem Ergebnis eines definierten Elastizitätsverhaltens und einer erhöhten Bruchsicherheit vereinen und die Spitzen bei der Kaudruck-Wechselbelastung abgefedert werden (Abb. 1a und b).<sup>2,4,6</sup>

### Einleitung



Abb. 1 a und b Eine implantatgetragene Restauration aus dem Mikro-Hybrid-Komposit Ceramage (Shofu, Ratingen).

### Material- zusammensetzung

Verblendkomposite bilden zwar eine eigene Werkstoffgruppe, aber sie grenzen sich von den Füllungskompositen häufig nur durch die eingesetzten Fotoinitiatoren und somit durch das aktivierende Lichtwellenspektrum ab. Die Zusammensetzungen von Mikro-Verblend- und Füllungskompositen unterscheiden sich oft nur unwesentlich.<sup>7</sup>

Komposite bestehen aus mindestens zwei verschiedenen Materialien. Sie setzen sich aus einer organischen Matrix sowie darin eingebetteten anorganischen Füllkörpern zusammen.

Eine organische Matrix besteht üblicherweise aus einem Basismonomer mit verschiedenen Co-Monomeren und Stoffen, wie Inhibitoren (verhindern die Selbstpolymerisation), Initiatoren (starten die Polymerisation), Akzeleratoren (beschleunigen die Polymerisation) und UV-Stabilisatoren (erhalten die Farbstabilität des Komposits). Die Matrix basiert bei den meisten Kompositen in erste Linie auf einer UDMA-Matrix (Urethandimethacrylat), die eine geringe Wasserabsorption und hohe Resistenz gegen Verfärbungen aufweist.

Dieser Matrix sind silanisierte, anorganische Füllstoffe zugesetzt. Bei modernen Hybrid-Kompositen werden vorwiegend Silikatgläser oder Siliziumoxid als anorganische Füllkörper in unterschiedlichen Korngrößen und Mengenverhältnissen verwendet. Der Gesamtfüllstoffgehalt sowie die Korngrößen der anorganischen Partikel haben einen großen Einfluss auf die Eigenschaften und die Haltbarkeit des Komposits.<sup>4</sup> Durch Einsatz zunehmend kleiner Füllstoffpartikel ( $< 1 \mu\text{m}$ ) konnten laut Herstellerangaben deutliche Fortschritte in Bezug auf die Materialeigenschaften und die Haltbarkeit erreicht werden (Abb. 2 und 3).<sup>3</sup> Als Pigmente werden, ähnlich wie bei Keramiken, hauptsächlich Metalloxide verwendet, um die Opazität oder die Farbgebung zu verändern.

Das Mikro-Hybrid-Verblendkomposit Ceramage (Shofu, Ratingen) ist zu mehr als 73 Gew.% mit mikrofeinen anorganischen Gläsern mit einer durchschnittlichen Partikelstruktur von  $1 \mu\text{m}$  und kleiner gefüllt. Diese Kombination ermöglicht einen sehr hohen Füllgrad und eine Biegefestigkeit von ca. 140 MPa (presskeramischer Wert).<sup>3</sup> Diese Zusammensetzung, unterstützt durch eine ausfüllende, organische Polymermatrix, verstärkt die homogene Struktur und verleiht Ceramage Eigenschaften, die sowohl bei me-

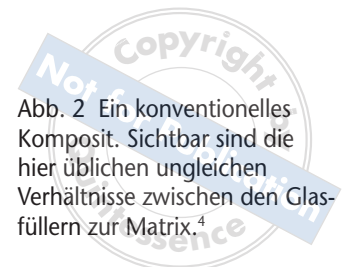
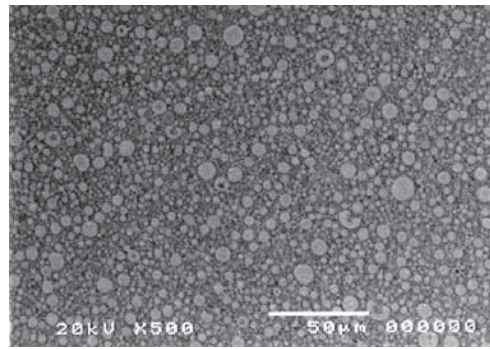
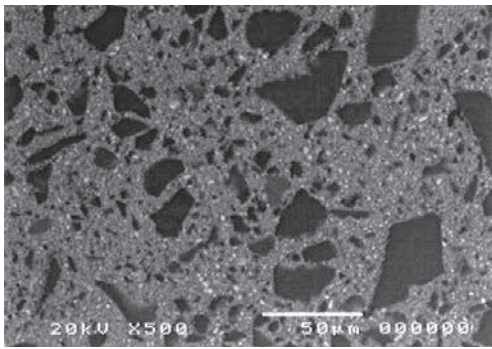


Abb. 2 Ein konventionelles Komposit. Sichtbar sind die hier üblichen ungleichen Verhältnisse zwischen den Glasfüllern zur Matrix.<sup>4</sup>

Abb. 3 Die Mikrostruktur (Submikrofüller < 1 µm) von Ceramage ist homogen und hat einen anorganischen Füllstoffgehalt von mehr als 73 Gew.%.<sup>3</sup>

tallunterstützten wie bei metallfreien Front- und Seitenzahnrestaurationen zum Einsatz kommen.<sup>3</sup>

Neben den klassischen Anwendungen in der Teleskop- und Implantat-Technik hat sich dieser Werkstoff aus der praktischen Erfahrung des Autors heraus zunehmend für minimalinvasive metallfreie Versorgungen im Front- und Seitenzahnbereich bewährt. In vielen Fällen stellen heute Mikro-Hybrid-Verblendkomposit-Systeme sogar die einzige Alternative zu Verblendmaterialien aus Keramik dar.

Bei der Entwicklung dentaler Restaurationsmaterialien sind zahlreiche werkstoffkundliche Untersuchungen Grundlage für ein klinisch erfolgreiches Produkt. In diesem Zusammenhang findet seit 1996 die DIN EN ISO 10477 (Zahnheilkunde-Kronen und Brückenkunststoffe) Anwendung. Diese Norm beschreibt die Minimalanforderungen, die Komposit-Verblendmaterialien erfüllen müssen; sie beschränkt sich mit einem Mindestwert von 50 MPa auf Komposite, die keiner Kaubelastung ausgesetzt sind.

Für zahnärztliche Komposite fordert die DIN EN ISO 4049 (Zahnheilkunde – Polymerbasierende Restaurationsmaterialien) eine Biegefestigkeit von mindestens 80 MPa. Beide Normen umfassen gängige Analysen, wie die Bestimmung der Biegefestigkeit, des Elastizitätsmoduls oder der Vickers-Härte.

In einer aktuellen internen Laboruntersuchung (persönliche Kommunikation der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik- und Werkstoffkunde des Universitätsklinikums Jena) wurden sieben lichthärtende Verblendkomposit-Systeme auf die benannten mechanischen Eigenschaften sowie ihr Plaque- bzw. Färbeverhalten untersucht.<sup>6</sup> Insbesondere nach Stressung und Alterung zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Produkten.<sup>6</sup>

Die durchschnittlichen Messwerte der Biegefestigkeit der aktuellen lichthärtenden Verblendkomposite liegen zwischen 80 und 140 MPa.<sup>6</sup> Die Biegefestigkeit gibt dem Anwender eine Information über das plastische Verhalten eines Komposits in auspolymerisiertem Zustand (Abb. 4). Im direkten Vergleich erreichen Glaskeramik-Fräsblöcke (Vita Mark II, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen) z. B. einen durchschnittlichen Biegefestigkeitswert von ca. 150 MPa.<sup>6</sup>

Ein wichtiger Parameter für die Beurteilung von Kompositen ist ebenso die Elastizität beziehungsweise Steifigkeit des Werkstoffs. Dieser Messwert beschreibt das Verformungs-

### Anforderungen

### Materialeigenschaften im Vergleich

### Biegefestigkeit

### Elastizitätsmodul



**Biegefestigkeit [MPa]**

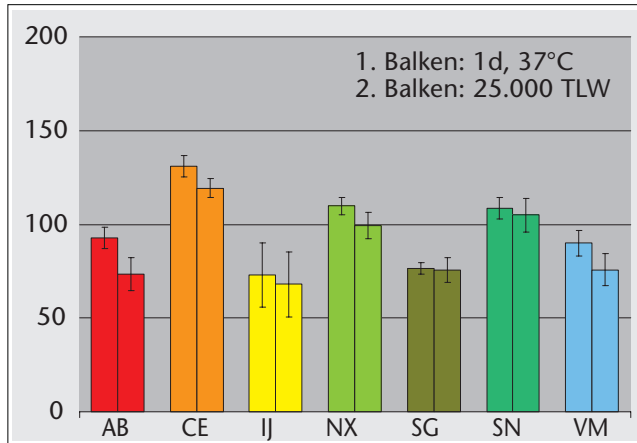


Abb. 4 Vergleich von sieben Verblendkompositen nach einem Tag Lagerung in H<sub>2</sub>O bei 37 °C und nach 25.000 Thermolastwechseln (55 °C/5 °C). Ceramage erreicht mit einer Biegefestigkeit von mehr als 135 MPa keramische Werte.<sup>6</sup>

- AB = anaxBlend / Anaxdent
- CE = Ceramage / Shofu
- IJ = Injoy/Degudent/Dentsply
- NX = Nexco / Ivoclar
- SG = Signum / Heraeus-Kulzer
- SN = Sinfony / 3M ESPE
- VM= VMnew / Vita

**Elastizitätsmodul [MPa]**

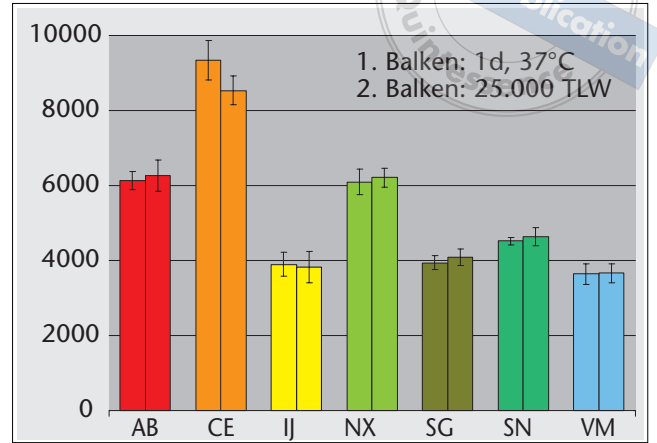


Abb. 5 Vergleich von sieben Verblendkompositen nach einem Tag Lagerung in H<sub>2</sub>O bei 37 °C und nach 25.000 Thermolastwechseln. Ceramage hat nach 24 Stunden immer noch einen E-Modul von mehr als 9.300 MPa und nach 25.000 Thermolastwechseln von 8.500 MPa.<sup>6</sup>

verhalten von Materialien bei Belastung im Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung.<sup>2</sup> Der Messwert des E-Moduls ist umso größer, je mehr Widerstand ein Material seiner Verformung entgegengesetzt. Im Gegenschluss bedeutet das aber auch: Je weniger verformbar ein Material ist, desto spröder wird es.<sup>2</sup>

E-Modul und Biegefestigkeit sollten zur Beurteilung eines Komposits immer im Zusammenhang bewertet werden. Ein hoher E-Modul bedeutet eine hohe Festigkeit und steht in direktem Zusammenhang mit dem Füllstoffgehalt eines Komposits.<sup>2</sup> Je höher der anorganische Füllstoffgehalt ist, desto höher ist auch der E-Modul. Eine hohe Biegefestigkeit steht für ein gutes plastisches Verhalten, wirkt also der Sprödigkeit entgegen (Abb. 5).

**Härte** Die Härte ist der Widerstand, den ein Werkstoff der mechanischen Eindringung eines härteren Prüfkörpers entgegengesetzt (Abb. 6). Je nach Form der Einwirkung unterscheidet man verschiedene Arten von Härte. So ist Härte nicht nur der Widerstand gegen härtere Körper, sondern auch gegen weichere und identisch harte Körper. Die Definition von Härte unterscheidet sich gegenüber der von Festigkeit, welche die Widerstandsfähigkeit eines Materials gegenüber Verformung und Trennung darstellt.

Das wohl gebräuchlichste Verfahren für die Härtemessung bei Dentalkompositen ist die Messung nach Vickers (HV).

**Permanente Versorgung** Durch die sehr feine Werkstoffzusammensetzung sowie die abgestimmten Eigenschaften von Biegefestigkeit, E-Modul und Härte wurde mit Ceramage ein moderner Werkstoff geschaffen. Ceramage ist elastisch, nicht spröde, langlebig und verfügt über ein hervorragendes Absorptionsverhalten gegenüber Kaukräften im Vergleich zu bisherigen konventionellen Verblendkompositen.<sup>3</sup> Er ist somit ein idealer Werkstoff für beanspruchte

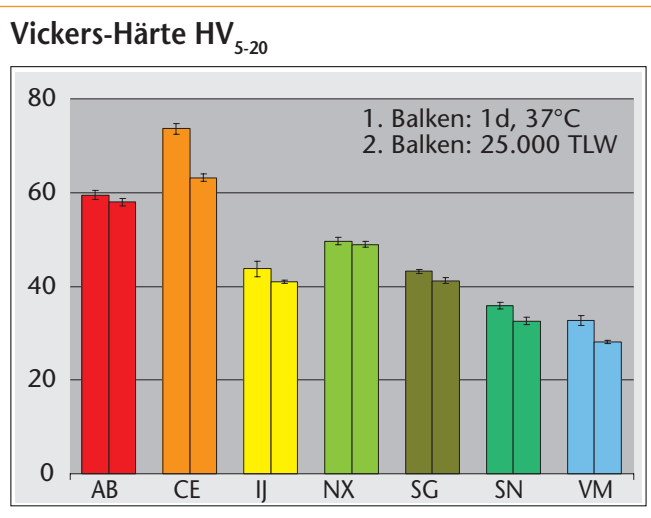


Abb. 6 Vergleich von sieben Verblendkompositen nach einem Tag Lagerung in H<sub>2</sub>O bei 37 °C und nach 25.000 Thermolastwechseln. Ceramage erreicht eine Härte nach 24 Stunden von mehr als HV 73 und nach 25.000 Thermolastwechseln von mehr als HV 63.<sup>6</sup>

Versorgungen wie beispielsweise implantatgetragenem Zahnersatz, weil man nach gegenwärtigen Ergebnissen davon ausgehen kann, dass dieses Mikro-Hybrid-Komposit zu einer Reduktion der Belastung des Implantats führt.<sup>3,6</sup> Weitere Indikationen sind definitive Kronen, Onlays, Inlays und Veneers mit dauerhafter Ästhetik und Tragekomfort (Abb. 7 bis 9).

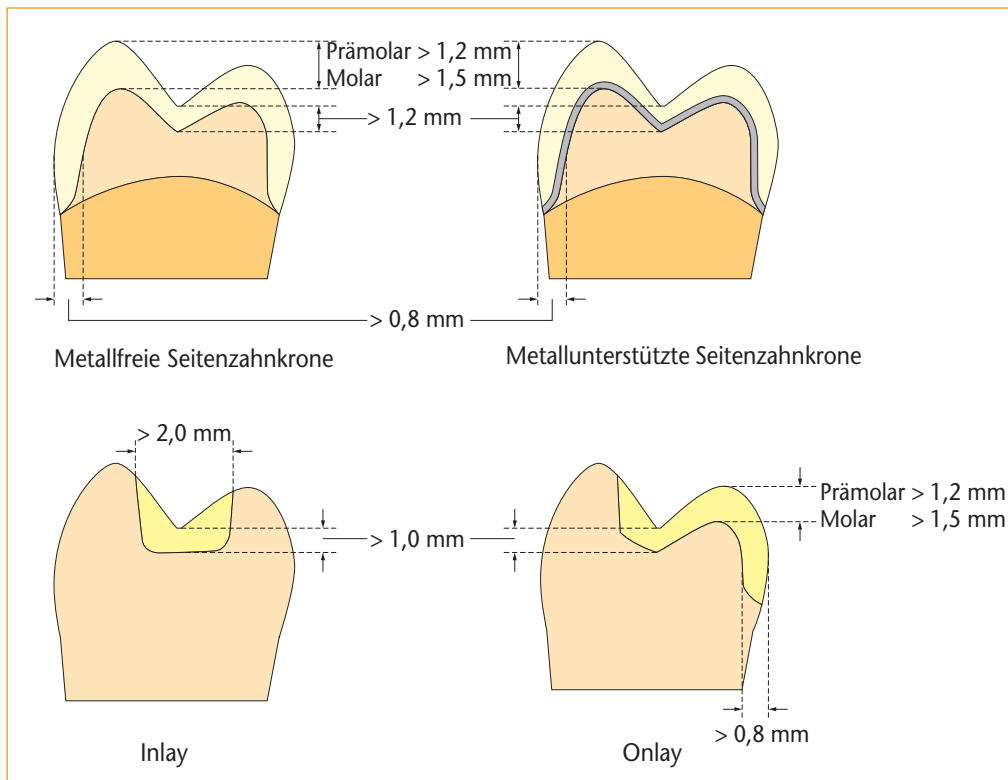
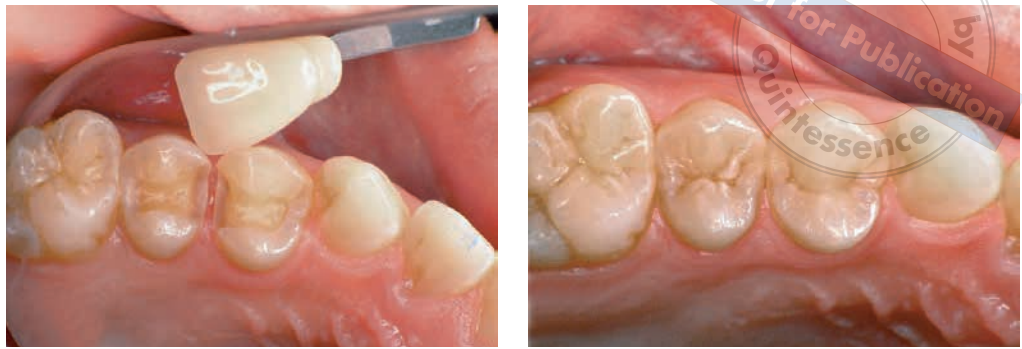


Abb. 7 Permanente Lösungen sind mit Mikro-Hybrid-Kompositen metallunterstützt oder metallfrei möglich.

Abb. 8 Die Präparation der Kavitäten erfolgt nach den allgemein gültigen Richtlinien für keramische Restaurationsmaterialien.

Abb. 9 Die laborgefertigten Inlays bilden eine leistungsfähige Alternative zur Keramik und passen sich in situ harmonisch dem natürlichen Umfeld an.



### Farbstabilität

Nahrungsmittel und Getränke können sowohl natürliche als auch künstliche Zähne und Restaurationsmaterialien verfärben. Für gewöhnlich sind diese Veränderungen rein oberflächlich und können im Rahmen der täglichen Zahnreinigung beseitigt werden.

Neben der Oberflächenrauigkeit, auf die im nachfolgenden Abschnitt näher eingegangen wird, sind entscheidende Einflussfaktoren für die „Farbstabilität“ eines Komposits die chemische Basis, der Füllstoffgehalt und die Größe der anorganischen Füllstoffe, die Wasseraufnahme sowie eine ordnungsgemäße Polymerisation in einem abgestimmten Lichthärtegerät.

Die Simulation der Färbetests erfolgt üblicherweise durch Einlagern von Probekörpern in verschiedene Färbelösungen für einen bestimmten Zeitraum. Bei vielen veröffentlichten Daten zur Farbstabilität findet dieser wichtige Punkt leider oft keine Berücksichtigung, was nach Einschätzung des Autors zu verfälschten Messergebnissen führt. Die Prüfkörper sollten unbedingt nach den Angaben der Hersteller des Komposits erstellt und poliert werden, um eine möglichst objektive Beurteilung der Färbung vornehmen zu können. Mit einem Spektralfotometer werden dann die Abweichungsdaten anhand des Delta-E-Messwerts ermittelt.

Diese Simulation ermittelt zwar einen Färbungsgrad nach einem bestimmten Zeitraum (z. B. 28 Tage), sie ist aber nicht praxisnah, weil diese Vorgehensweise der Platzierung einer Restauration im Patientenmund für 28 Tage ohne Zahnreinigung entspräche. Entscheidend für die objektive Beurteilung der Farbstabilität ist die Messung des Färbegrads (Delta-E-Wert) nach einer anschließenden Reinigung der Prüfkörper mit einer Zahnbürste und einer handelsüblichen Zahnpasta für eine definierte Zeitspanne.

Das Ergebnis dieser Untersuchung zeigt im Vergleich vor und nach der Reinigung der Prüfkörper wesentliche Veränderungen der Färbungsneigung und zeigt auf, welche Affinität die Materialien wirklich zu den Färbelösungen aufweisen.

Auch nach längerer Verweildauer in den Färbelösungen und nach anschließender Reinigung zeigt Ceramage im direkten Vergleich die geringste Färbungsneigung (Abb. 10).<sup>6</sup>

### Oberflächenrauigkeit

Ein weiteres wesentliches Qualitätsmerkmal von Verblendkompositen sind die Oberflächenstruktur und Güte. Aus Gründen der Ästhetik, der Minimierung biologisch negativer Effekte und der mechanischen Optimierung muss mit der Fertigstellung immer eine korrekte und materialgerechte Feinstbearbeitung einhergehen. Verarbeiter und Behandler schätzen in diesem Zusammenhang das Ergebnis nach dem Glanz subjektiv ein.



### Verfärbungsneigung $\Delta E$

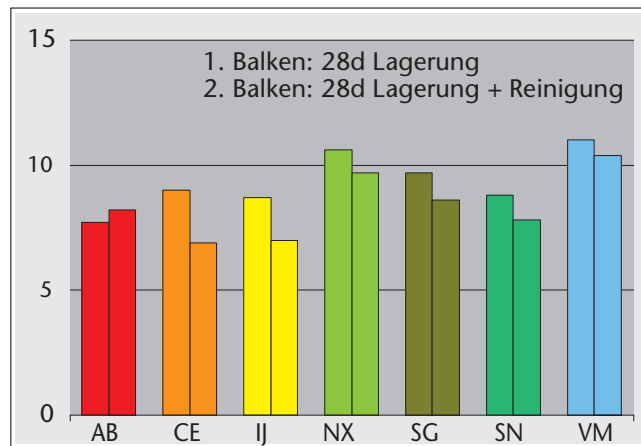


Abb. 10 Untersuchung nach 28 Tagen Lagerung in unterschiedlichen Medien und nach anschließender Reinigung mit einer Handzahnbürste und Blend-a-med-Zahnpasta für zwei Minuten.<sup>6</sup>

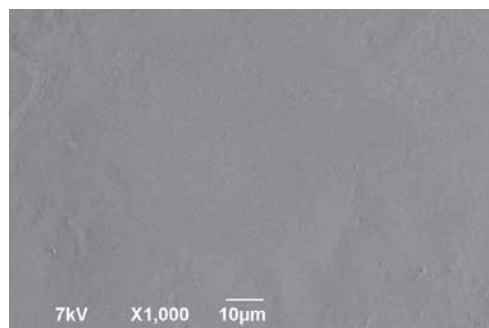
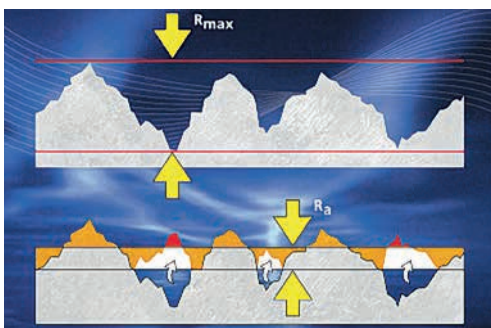


Abb. 11 Für eine beständige Komposit-Oberfläche sollte durch die Politur ein Ra-Mittenrauwert von mindestens  $< 0,2 \mu\text{m}$  erreicht werden.<sup>3</sup>

Abb. 12 Eine Metallkeramik-Oberfläche erreicht nach dem Glanzbrand einen Ra-Wert von  $0,12 \mu\text{m}$ .

Objektiv kann die Oberfläche mittels optischer und mechanoelektrischer Verfahren charakterisiert werden. Die relevanten Kenngrößen sind der arithmetische Mittenrauwert  $R_a$ , die gemittelte Rautiefe  $R_z$  oder die maximale Rautiefe  $R_{max}$  (Abb. 11).<sup>5</sup>

Das Ergebnis der Bearbeitung ist sowohl vom Verblendkomposit als auch vom Bearbeitungswerkzeug abhängig. Eine Voraussetzung für eine gute Polierbarkeit von Kompositen sind möglichst kleine und gleichmäßig verteilte Füllstoffpartikel sowie darauf abgestimmte Bearbeitungs- und Poliersysteme. Je kleiner die Partikel sind, umso dichter liegen diese an der Oberfläche und desto besser ist diese Fläche polierbar.<sup>2</sup> Mikrofüller-Komposite haben deshalb nachgewiesenermaßen die geringsten Rauigkeitsmesswerte.<sup>1</sup> Eine materialgerechte Hochglanzpolitur ist schlussendlich maßgeblich dafür verantwortlich, wie standhaft das Komposit gegenüber Einflüssen im Mundmilieu ist. Um die Retention von Mikroorganismen möglichst gering zu halten, sollte der arithmetische Mittenrauwert des Komposits nach der Hochglanzpolitur  $< R_a 0,2 \mu\text{m}$  sein.<sup>8</sup> Eine glanzgebrannte Keramik-Restauration zeigte nach internen Untersuchungen der F&E-Abteilung von Shofu eine durchschnittliche Oberflächenrauigkeit von ca.  $R_a 0,12 \mu\text{m}$ .<sup>3</sup> Dieser Wert wird maßgeblich von den vorbereiteten Oberflächendetails sowie der Verwendung von Glasurmasse beeinflusst. Erfahrungsgemäß sind glanzgebrannte Keramikoberflächen aufgrund der Zusammensetzung und vor allem wegen der homogenen und glatten Oberflächen sehr widerstandsfähig gegen das Anhaften organischer Substanzen (Abb. 12).

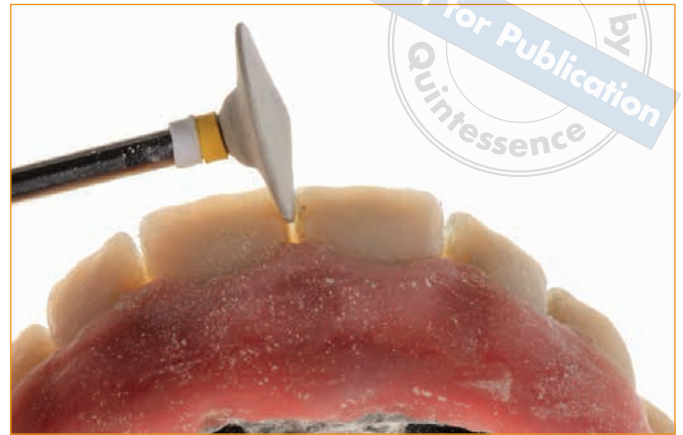
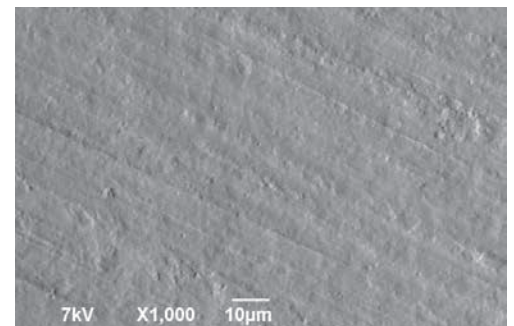
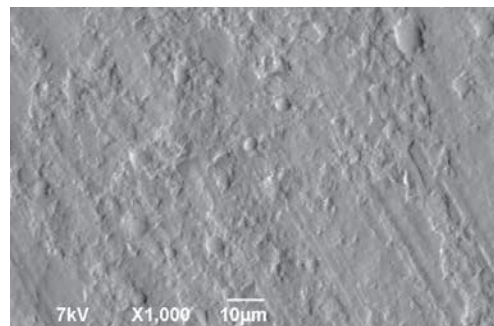


Abb. 13 und 14 Mit rotierenden Instrumenten und Silikonpolierern des Ceramage Finishing & Polishing Kits wird die Vorbereitung zur Politur mit Pasten erarbeitet.

Abb. 15 Eine Komposit-Oberfläche nach der Konturierung mit einem Dura-Green-Schleifkörper erreicht einen Ra-Wert von  $0,996 \mu\text{m}$ .<sup>3</sup>

Abb. 16 Nach der Bearbeitung mit groben Silikonpolierern wird ein Ra-Wert von ca.  $0,303 \mu\text{m}$  erreicht.<sup>3</sup> Anschließend erfolgen Vor- und Hochglanzpolitur mit Pasten.



Für die finale Bearbeitung des Ceramage-Komposits werden rotierende Instrumente und Polierpasten eingesetzt, die in Bezug auf die Körnung, das Abrasionsverhalten und den Poliergrad genau auf die Materialzusammensetzung dieses Werkstoffs abgestimmt sind. Dadurch soll eine maximale Schonung der Oberfläche bei gleichzeitig effizienter Bearbeitung erreicht werden (Abb. 13 bis 16).

**Vorpolitur** Das anschließende Finish erfolgt zunächst mit der Vorpolierpaste, Dura-Polish (Shofu), die zu mehr als 73 Gew.% mit Aluminiumoxid mit einer durchschnittlichen Körnung von ca.  $7 \mu\text{m}$  imprägniert ist. Gerade in unzugänglichen Bereichen führt diese Vorgehensweise zu homogenen Oberflächen mit durchschnittlichem Mittenrauwert von  $0,1 \mu\text{m}$  (Abb. 17).<sup>3</sup>

**Hochglanzpolitur** Die eigentliche Hochglanzpolitur des Komposits erfolgt mit der Diamant-Polierpaste Dura-Polish Dia. Mit mehr als 67 % mikrofeinen Diamantpartikeln ( $= < 1 \mu\text{m}$ ) kann in kürzester Zeit ein Mittenrauwert Ra von  $< 0,04 \mu\text{m}$  erreicht werden.<sup>3</sup> Aufgrund der Zusammensetzung des Ceramage-Komposits, verbunden mit einem abgestimmten Poliersystem, können ein dauerhafter Glanz und eine beständige Oberfläche erreicht werden, die standhaft gegenüber den Einflüssen im Mundmilieu sind (Abb. 18).<sup>3</sup>

Das Ergebnis sind ästhetische ansprechende Restaurationen, die nach Überzeugung des Autors durchaus eine Alternative zu Keramik bilden können (Abb. 19).



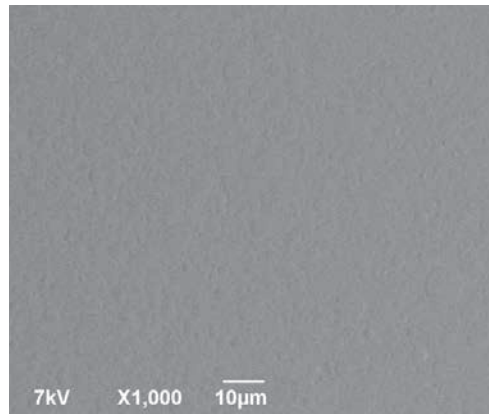


Abb. 17 Mit der Aluminiumoxid-Polierpaste Dura-Polish lässt sich die Oberflächentextur der Komposit-Restauration gezielt einstellen.<sup>3</sup>

Abb. 18 Mit einer mittleren Rautiefe von bis zu Ra 0,034 µm wird mit Dura-Polish Dia bei Ceramage eine Oberflächendichte erreicht, die nach gegenwärtigen Erfahrungen äußerst standhaft gegenüber den Einflüssen im Mundmilieu ist.<sup>3</sup>



Abb. 19 Ceramage Komposit nach der Hochglanzpolitur mit Dura-Polish Dia.

Die aktuellen Verblendkomposite eröffnen Zahnarzt, Patient und zahntechnischem Labor durchaus mehr Indikationsmöglichkeiten, als die Verblendungen von herausnehmbarem bzw. bedingt herausnehmbarem Zahnersatz oder das Individualisieren von Konfektionszähnen. Es lässt sich aber auch feststellen, dass sich signifikante Unterschiede in Bezug auf die Biegefestigkeit, die Elastizität, die Härte und die Farbstabilität zwischen den verschiedenen Produkten zeigen.

Das Mikro-Hybrid-Verblendkomposit Ceramage erreichte bei allen untersuchten Werkstoffeigenschaften herausragende Werte. Zunehmend wird dieses Material auch für implantatgetragenen Zahnersatz eingesetzt, da man, so wie sich das Material zurzeit klinisch bewährt hat, davon ausgehen kann, dass es zu einer Reduktion der Belastung des Implantats führt. Weitere Indikationen sind minimalinvasive, metallfreie Versorgungen im Front- und Seitenzahnbereich, wie Inlays/Onlays oder Veneers.

### Fazit

Um die Retention von Mikroorganismen an der Komposit-Oberfläche möglichst gering zu halten, sollte der arithmetische Mittenrauwert nach der Hochglanzpolitur  $< 0,2 \mu\text{m}$  betragen. Durch eine materialgerechte Oberflächenbearbeitung mit der Diamant-Polierpaste Dura-Polish Dia wird bei Ceramage nach gegenwärtigen Erfahrungen eine beständige Oberfläche mit einem Mittenrauwert  $R_a$  von  $< 0,04 \mu\text{m}$  erreicht. Entsprechend polierte Komposit-Oberflächen minieren das Anhaften von Mikroorganismen im Mundmilieu und erhöhen wesentlich oberflächliche Verfärbungsstabilität.

Der Stellenwert der Mikro-Hybrid-Verblendkomposite, auch für permanente Restaurationen, erhöht sich zunehmend, weil diese Werkstoffe mit einem breiten Indikationspektrum vielfältig einsetzbar sind und durchaus eine Alternative zur Keramik darstellen.

**Danksagung** Herrn Uwe Gehringer, München, sei an dieser Stelle herzlich für die Überlassung der Abbildungen Nr. 1a und b, 13, 14 und 17 und Frau Carla Gruber, Unterschleißheim, für die Überlassung der Abbildung 19 gedankt.

- Literatur**
1. Aechtner S, von Seggern J. Anforderungen an Verblendkomposite. Dentalzeitung 2010;2:56-57.
  2. Hajmasy A. Wissenswertes über Komposite. Quintessenz Zahntech 2012;38:782-792.
  3. Interne Untersuchungen der F&E-Abteilung. Kyoto, Japan: Shofu, 2013. Unveröffentlichtes Studienmaterial laut persönlicher Kommunikation.
  4. Ivanovas S. Werkstoffkundliche Untersuchung von Verblendkompositen. Dissertation zum Erwerb des Doktorgrads der Zahnheilkunde. München: Medizinische Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München, 2011.
  5. Rzanny A, Welker D, Göbel R. Moderne Verblendkunststoffe – eine werkstoffkundliche Studie. Quintessenz Zahntech 2003;29:58-72.
  6. Rzanny A. Untersuchung von sieben lichthärtenden Verblendkomposit-Systemen. Jena: Poliklinik für zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde des Universitätsklinikums Jena, 2013. Unveröffentlichtes Studienmaterial laut persönlicher Kommunikation.
  7. Rzanny A, Welker D, Göbel R. Verblendkunststoffe – ästhetische und zahntechnische Herausforderung. Quintessenz Zahntech 2009;35:1598-1615.
  8. Rzanny A, Welker D, Göbel R. Werkstoffkundliche Fortschritte bei Kunststoff-Verblendungen? Zahntech Mag 2004;9:514-522.



ZTM Ingo Scholten  
Produkt- und Projektmanagement  
SHOFU Dental GmbH  
Am Brüll 17  
40878 Ratingen  
E-Mail: scholten@shofu.de

**picodent**  
qualität pur. bewusst innovativ.

**Majesthetik® Stumpffix**

Neu: Für die Herstellung von Kunststoffstümpfen nach Überabformungen

Tel.: 0 22 67 - 65 80-0 • [www.picodent.de](http://www.picodent.de)