



Zusammenfassung

Angefangen mit der Entwicklung von Füllungskompositen in den 1950er-Jahren, gibt es heute in unterschiedlichsten Qualitätsstufen eine große Materialvielfalt an Verblendkompositen auf dem Markt. Dieser Beitrag soll darstellen, welche Möglichkeiten sich aufzeigen, um zahn-technische Verblendkomposite nach ihren physikalischen und mechanischen Eigenschaften zu beurteilen und will dabei helfen, sie Anforderungsprofilen zuzuordnen.

Indizes

Verblendkomposite, Mikrofüller, Hybridkomposite, Füllstoffgehalt, Elastizitätsmodul, Biegefestigkeit, Vickershärte, Oberflächengüte



Wissenswertes über Komposite

Annette von Hajmasy

Ursprünglich wurden Komposite als Füllungsmaterialien für den zahnärztlichen Einsatz entwickelt. Aber es zeigte sich, dass dieses Material auch im Bereich der Zahntechnik zu verwenden war, hauptsächlich zur Verblendung von herausnehmbarem Zahnersatz. Hier kamen die Vorteile des Komposits gegenüber der Keramik zum Tragen: durch eine deutlich geringere Bruchgefahr – da wesentlich „weicher und elastischer“ als die Keramik – und durch die einfachere Reparierbarkeit.

Die Geschichte der Komposite begann in den 1950er-Jahren mit der Entwicklung von Kunstharzsystemen für den Einsatz in der Füllungstherapie durch Bowen: das legendäre BisGMA oder auch immer noch „Bowen-Harz“ genannt. Seitdem haben sich die Komposite durch Beigabe von anorganischen Füllstoffen in immer kleiner werdenden Korngrößen zunehmend weiterentwickelt.⁹ Damit haben sich natürlich auch ihre physikalischen und mechanischen Eigenschaften zunehmend verbessert.

Waren am Anfang nur Füllstoffe im Makrobereich machbar (5 bis 10 μm), gelang es zunehmend, durch verbesserte Mahltechniken die Korngrößen bis in den Mikrobereich ($< 1 \mu\text{m}$)¹⁴ zu verkleinern. In den 1980er-Jahren eroberten dann die sogenannten Hybridkomposite den Markt. Komposite mit gemischten Makro- und Mikrofüllern und damit einem deutlich gesteigerten Füllstoffgehalt. Es war durch flammenpyrolytische Herstellung aus pyrogener Kieselsäure gelungen, kleinste Körnungen im Nanobereich

Einleitung

herzustellen (0,001 bis 0,01 μm). So konnte ein deutlich höherer Füllungsgehalt erreicht werden und damit deutlich verbesserte, mechanische Eigenschaften wie Biegefestigkeit, Abrasionsbeständigkeit und geringere Schrumpfung.³ Zu Beginn dieses Jahrtausends war es dann möglich, durch weitere chemische und technische Entwicklungen, bedingt durch ihre Oberflächenenergie, die agglomerierenden Mikrofüller zu isolieren und somit Nanomere herzustellen – frei in der Matrix befindliche, nicht agglomerierte Mikrofüller. So entstanden die sogenannten Nanokomposite, die eine deutliche Erhöhung des Füllstoffgehalts, mindestens auf dem Niveau von Hybridkompositen, aufweisen können – und damit einhergehend eine weitere Verbesserung der physikalischen Eigenschaften, vor allen Dingen auch eine bessere Polierbarkeit durch eine dichtere, homogenere Oberfläche.³

Wir können heute sagen, Komposite unterscheiden sich in ihrer jahrzehntelangen Entwicklung und ihrer Abgrenzung untereinander hauptsächlich in der Art, Größe und Menge der Füllstoffe, wobei zahnärztliche und zahntechnische Komposite in ihrem Aufbau physikalisch und chemisch gesehen identisch sind.^{10,14}

Material Der Name des Komposits kommt aus dem Lateinischen (componere, deutsch: zusammensetzen) und es setzt sich aus der organischen und anorganischen Phase zusammen.

Die **organische Phase**, die Matrix, besteht aus dem Basismonomer als Hauptbestandteil, Comonomeren, Inhibitoren, Akzeleratoren/Initiatoren und Stabilisatoren.⁵ Als Basismonomer finden sich in erster Linie hochmolekulare Dimethacrylate wie beispielsweise das Bisphenol-A-Glycidylmethacrylat (BisGMA), das Urethandimethacrylat (UDMA) oder das Triethylenglycol-Dimethacrylat (TEGDMA).⁷ Diese Moleküle unterscheiden sich unter anderem auch in ihren Kettenlängen und beeinflussen damit auch die physikalischen Eigenschaften des Komposits.

Die **anorganische Phase**, auch disperse Phase genannt, besteht aus den Füllstoffpartikeln und den farbgebenden Pigmenten. Als Füllstoffe werden in erster Linie Siliziumdioxid-Partikel oder Silikate verwendet, also gemahlene und zerkleinerte Quarze und Gläser, die in unterschiedlichen Korngrößen und Mengenverhältnissen beigemischt werden. Als Pigmente werden, ähnlich wie bei den Keramiken, hauptsächlich Metalloxide benutzt, um Opazität bzw. Transparenzgrad und Farbgebung zu beeinflussen. Über die Silanisierung der Füllstoffpartikel als Haftvermittler erfolgt die chemische Einbindung der anorganischen Füllstoffe in die Matrix.^{5,14}

Der Name Komposit sagt also nichts über die Bestandteile des Materials aus, sondern lediglich etwas über seine „Bauart“, d. h. seine Zusammensetzung (Abb. 1).

Aus dieser chemischen Zusammensetzung entstehen nun, wie bereits erläutert, alle physikalischen Eigenschaften, die den erfolgreichen Einsatz eines Komposits gewährleisten, wobei der Füllstoffgehalt und die unterschiedliche Korngrößen-Verteilung eine maßgebliche Rolle spielen.

Grundsätzlich unterscheiden sich die heutigen zahntechnischen Verblendkomposite in lichthärtende und lichthärtende/wärmevergüteten Komposite, wobei die zusätzliche Wärmevergütung den Polymerisationsgrad steigert und damit die physikalischen Eigenschaften nochmals verbessert.^{8,13} Als nachteilig sei hier zu bemerken, dass durch den hohen Polymerisationsgrad nachträgliches Auftragen von neuem Material nach der Endvergütung deutlich erschwert wird und die Wärmevergütung einen zusätzlichen Ap-

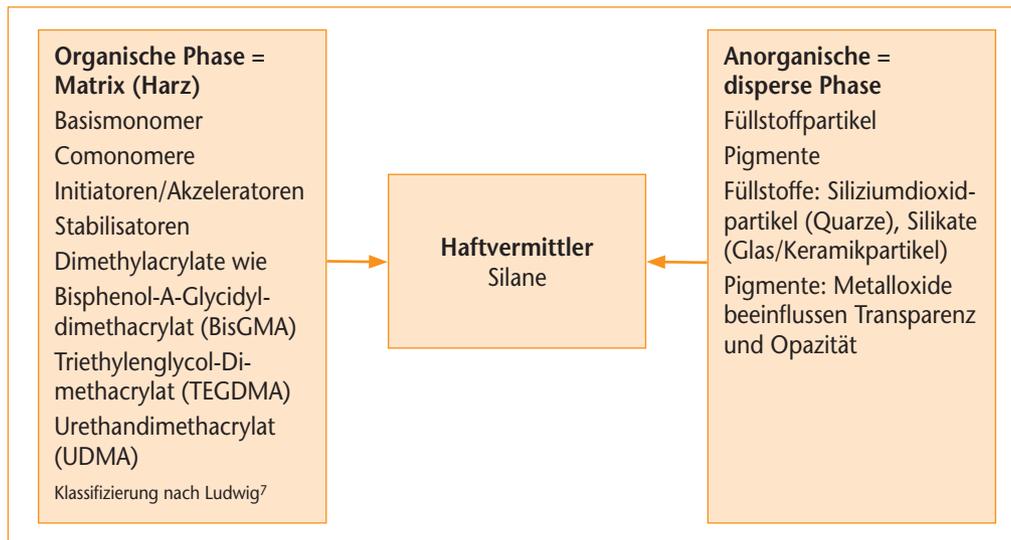


Abb. 1 Komponenten des Komposits (nach Kullmann⁵).

parate- und Zeitaufwand bedeutet. Außerdem lassen sich die Komposite in zwei Gruppen von Füllungsgehalten unterteilen: in **Mikrofüller** und **Hybridkomposite**.¹⁰

Die **Mikrofüller** haben einen anorganischen Füllstoffanteil in durchschnittlichen Größen zwischen 10 bis 100 nm, bzw. 0,01 bis 0,1 µm (also im Nanobereich). Durch Hinzufügen von Co- oder Prepolymerisaten (polymerisierte, erneut gemahlene Komposite) entsteht dann ein sogenanntes Mikrofüllerkomplexkomposit. Diese organischen Makromoleküle (vorpolymerisierte Mikrofüller-Kompositbestandteile) reduzieren die Polymerisationsschrumpfung und geben dem Komposit zusätzliche Festigkeit, ohne Beeinflussung des E-Moduls und der damit verbundenen Sprödigkeit³, und erhöhen den Füllstoffgehalt.

Hybridkomposite setzen sich aus den Mikro- und Makrofüllern zusammen (Tabelle 1), wobei die Makrofüller in unterschiedlichen Größenabstufungen vorkommen, von Grobpartikel-Hybridkompositen (Partikelgröße zwischen 5 bis 10 µm), Feinpartikel-Hybridkompositen (PG < 5 µm), Feinstpartikel-Hybridkomposit (PG < 3 µm) bis Submikrometer-Hybridkomposite (PG < 1 µm).

Um ein Verblendkomposit für die zahntechnische Verwendung bewerten und auswählen zu können, sollten folgende Kriterien beachtet werden: Welches Anforderungsprofil stellt sich? Welche Aufgaben/Anwendungsbereiche soll es erfüllen? Denn es gibt durchaus unterschiedliche Anwendungsbereiche und Anforderungsprofile:

Diskussion

| Grobpartikel | Hybridkomposite | 5 µm < PG < 10 µm (Makrobereich) |
|---------------------|-----------------|----------------------------------|
| Feinpartikel | Hybridkomposit | PG < 5 µm |
| Feinstpartikel | Hybridkomposit | PG < 3 µm |
| Submikrometer | Hybridkomposit | PG < 1 µm |
| Nanofüller-Komposit | | Ø 0,02 µm = 20 nm |

Tabelle 1 Die Füllstoffe.³



Abb. 2 Teleskopierender Zahnersatz im Ober- und Unterkiefer mit Komposit verblendet (Dialog Vario, Dialog Okklusal, Schütz Dental, Rosbach).

Abb. 3 Bedingt herausnehmbare Zirkoniumdioxidbrücke mit Komposit verblendet (GrandioSo, Voco, Cuxhaven).



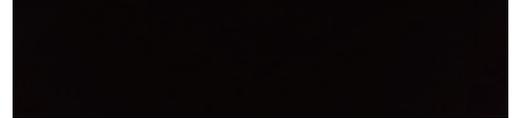
Abb. 4 Alle Anteile mit direktem Schleimhautkontakt verbleiben dabei aus hochglanzpoliertem Zirkoniumdioxid.



Abb. 5 Der Verschluss eines Diastemas zwischen Zahn 11 und 21 mithilfe von Komposit-Chips (Dialog Okklusal).



Abb. 6 Die mesialen Anteile der Zähne 11 und 21 wurden nur minimal im Schneidebereich anpräpariert.



- die Verblendung von Metallgerüsten (Bsp. herausnehmbarer Zahnersatz, Provisorien) (Abb. 2)
- die Verblendung von Zirkoniumdioxidgerüsten (z. B. in der Implantatprothetik) (Abb. 3 und 4)
- die gerüstfreie Verarbeitung (z. B. Veneers, Onlays, Inlays, Teilkronen) (Abb. 5 und 6)

All diese Anwendungsbereiche stellen etwas unterschiedliche Anforderungen an ein Komposit. Beispielsweise unterscheiden sich Metall- und Zirkoniumdioxidgerüste in einem ganz wesentlich: Metallgerüste besitzen im Gegensatz zum Zirkoniumdioxid Duk-

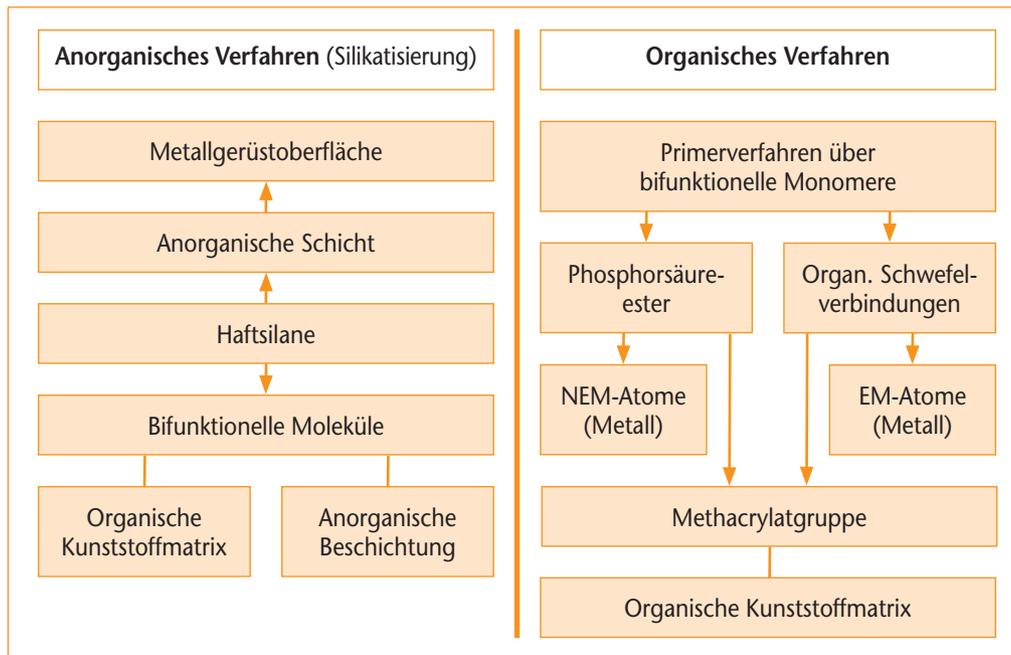


Abb. 7 Die Verbundverfahren (nach Göbel und Welker).

tilität, das heißt Verformbarkeit. Das bedeutet für ein Verblendkomposit: Mehr Elastizität ist gefordert, um keine Spannungssprünge durch die Duktilität des Gerüstmaterials zu verursachen. Bei der Verblendung von Gerüstmaterialien kommt noch ein weiteres wichtiges Kriterium hinzu: das Verbundsystem zwischen Gerüstmaterial und Komposit. Hier muss eine chemisch-mechanische Verbindung geschaffen werden, die dafür verantwortlich ist, dass die Verblendung auf dem Gerüst stabil- und spaltfrei bleibt. Auch hier unterscheiden wir in zwei unterschiedliche Verfahren: das organische und das anorganische Verfahren. Das anorganische Verfahren ist uns auch besser bekannt als Silikatisierung. Hier wird eine anorganische Schicht mit hoher Energie (Strahlendruck oder Wärme) auf das Metallgerüst aufgebracht, im Anschluss wird ein Haftsilan aufgegeben. Dies besteht aus bifunktionellen Molekülen, die jeweils ein Bindungsbestreben zum einen zur anorganischen Schicht und zum anderen zur Komposit-Matrix haben.

Das organische Verfahren, auch Primerverfahren genannt, funktioniert ebenfalls über bifunktionelle Monomere: Sie enthalten Phosphorsäureester und organische Schwefelverbindungen, die jeweils ein Bindungsbestreben zu den Metallatomen (EM und NEM) haben, aber auch gleichzeitig über ihre enthaltenen Methacrylatgruppen eine Bindung zur Kompositmatrix eingehen können. Im organischen Verfahren wird der Metall-Primer als Flüssigkeit auf die abgestrahlte Legierungsoberfläche aufgebracht (Abb. 7).

Farblich gesehen stellen beispielsweise Metallgerüste im Gegensatz zu gerüstfreien Restaurationen ganz unterschiedliche Anforderungen an das Verblendkomposit. Ein Metallgerüst muss, besonders bei Teleskoparbeiten, in dünner Schichtstärke optisch verdeckt werden können. Also wird hierzu ein relativ opakes Material benötigt (Abb. 8). Gerüstfreie Restaurationen sehen am natürlichsten aus, wenn sie aus möglichst opaleszierenden und transluzenten Massen gefertigt werden (Abb. 9).

Aber wann ist ein Komposit ein erfolgreiches Produkt? Welche Anforderungen stellen wir an ein Komposit?



Abb. 8 Bei teleskopierenden Brücken gerade im Frontzahnbereich immer ein großes Problem: das geringe Platzangebot für die Verblendung.



Abb. 9 Eine Versorgung mit Additional aus Komposit an den Zähnen 13, 12, 22, 33, 32, 42.

Die wichtigsten mechanischen Anforderungsprofile an ein Komposit sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2 Anforderungen an Komposite.

| Anforderung | Mechanisch | Optisch |
|---------------------------------------|--|---------|
| Plaques-Resistenz/Oberflächenqualität | Füllstoffgehalt | Farbe |
| Gute Polierbarkeit | Wasseraufnahme | |
| Farbstabilität | Biegefestigkeit (Druck- und Zugfestigkeit) | |
| Abrasionsbeständigkeit | E-Modul | |
| Antagonistenfreundlich | (Vickers-) Härte | |



Erläuterung der Begriffe
der physikalischen
Eigenschaften
Mechanische Eigenschaften

Biegefestigkeit: ist ein Wert für eine Biegespannung in einem auf Biegung beanspruchten Bauteil, bei dessen Überschreiten das Versagen durch Bruch des Bauteils eintritt. Sie wird getestet über den Dreipunkt-Biegetest in einem Kraft-Weg-Messgerät über ein definiertes Messverfahren: Der Prüfkörper 2 mm x 2 mm x 25 mm (ISO 4049) liegt auf zwei Auflagen auf, während von oben der Druck ($0,75 \pm 0,25$ mm/min) mittig über einen dritten Stab appliziert wird, bis es zum Bruch der Probe kommt und der Wert der Biegefestigkeit gemessen wird. Die Werte der Biegefestigkeit der Verblendkomposite liegen zwischen ca. 90 bis 150 MPa. In der ISO-Norm ist ein Mindestwert für lichthärtende Komposite von 80 MPa festgelegt. Die Biegefestigkeit gibt eine Aussage über das plastische Verhalten eines Komposits im auspolymerisierten Zustand.

Elastizitätsmodul: beschreibt das Verformungsverhalten von Materialien bei Belastung, den Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung bei der Verformung eines festen Körpers bei linear elastischem Verhalten. Der Betrag des E-Moduls ist umso größer, je mehr Widerstand ein Material seiner Verformung entgegensetzt. Das heißt aber auch, je weniger plastisch, also verformbar, ein Material ist, desto spröder wird es. Für die Dentalkomposite bedeutet das, dass es durchaus ein Unterschied ist, ob ein Komposit als Füllungsmaterial in eine Kavität eingebracht oder als Verblendmaterial auf unterschiedliche Gerüstmaterialien aufgebracht wird. Für ein Füllungsmaterial ist ein „zahnähnliches“ Elastizitätsverhalten von Vorteil, da auftretende Kaukräfte besser im gesamten „Zahn-System“ verteilt werden können (Dentin: 16550 MPa; Schmelz: 18620 MPa).^{1,2,15} Da ein etwas niedriger E-Modul auftretende Druckkräfte bei Kaudruckbelastung, also statischem Stress, durch elastische Deformation kompensiert, kann dies für die zahntechnische Gerüst-Verblendtechnik durchaus ein Vorteil sein. Für die unterschiedlichen, rein lichthärtenden Verblendkomposite liegen die Werte des E-Moduls nach Herstellerangaben zwischen ca. 3.000 MPa und 10.700 MPa.

Biegefestigkeit und Elastizitätsmodul sollten zur Beurteilung eines Komposits immer im Zusammenhang betrachtet werden. Eine hohe Biegefestigkeit spricht für gutes plastisches Verhalten, wirkt also der Sprödigkeit entgegen. Denn ein zu sprödes Komposit würde wiederum zu erhöhter Bruchgefahr und Spannungssprüngen bei großen Brückenverbänden führen. Ein hoher E-Modul bedeutet hohe Festigkeit und steht im direkten Zusammenhang mit dem Füllstoffgehalt und -anteil eines Komposits. Je höher der anorganische Füllstoffgehalt ist, desto höher ist auch der E-Modul des Komposits.

Härte: ist der mechanische Widerstand, den ein Werkstoff dem mechanischen Eindringen eines härteren Prüfkörpers entgegensetzt. Sie wird gemessen über unterschiedliche Messverfahren. Das wohl gebräuchlichste bei den Dentalkompositen ist die Härtemessung nach Vickers. Mikrofüllerkomposite zeigen eine stärkere Abrasionsneigung als Hybridkomposite.¹³ Leider werden die Härte-Werte der Dentalkomposite nicht immer mit denselben Härtemessverfahren gemessen. So ist zur Vergleichbarkeit von Werten unterschiedlicher Produkte darauf zu achten, dass es sich um gleiche Messverfahren handelt. Beispielsweise kann es nach Erfahrung der Autorin durchaus vorkommen, dass der Wert einmal in Vickershärte (HV) oder ein anderes Mal in MPa angegeben wird. Die Härte-werte für lichthärtende Verblendkomposite liegen laut Herstellerangaben zwischen ca. 350 MPa und ca. 750 MPa.

Füllstoffgehalt: Wir unterscheiden heutzutage Komposite nach Füllstoffgehalt, Füllstoffart und Partikelgröße (Makro-, Mikro- oder Nanopartikelgrößen) (siehe Tabelle 1). Bei den Verblendkompositen gibt es neben den anorganischen Füllstoffen (Gläser und Quarze) auch den organischen Füllstoffgehalt. Dieser besteht aus den sogenannten Pre-Polymerisaten. Mit der zunehmenden Entwicklung im Bereich der Dentalkomposite war es möglich, die Partikelgrößen immer weiter zu verkleinern und damit den Füllstoffgehalt in Höhe und Anteil zu optimieren. Denn mit steigendem Füllstoffgehalt optimieren sich die mechanischen und physikalischen Eigenschaften des Komposits:^{6,12} die entscheidende Rolle spielen dabei die Korngröße und ihre Verteilung, aber auch der Gehalt und die Art der Füllstoffe und ihre Konditionierung.

Bei zunehmend kleiner werdenden anorganischen Teilchen im Füllstoff, wie bei den Mikrofüllern bis hin zu den Nano-Füllern, steigt auch das Oberflächen-Volumen-Verhältnis und damit einhergehend eine Erhöhung der Viskosität. Dies geschieht durch eine vergrößerte Gesamtoberfläche der Teilchen und damit einer vergrößerten Kontaktfläche zum umgebenden Harz. Hier ist ein maximaler Füllstoffgehalt von ca. 80 % möglich, da das Material sonst nicht mehr modellierbar wäre. Dies ist auch der Grund, warum mikrogefüllte Flow-Komposite meist deutlich weniger Füllstoffgehalt aufweisen als Pasten, denn der Füllstoffgehalt beeinflusst maßgeblich die Viskosität.

Wasseraufnahme: Für die Messung der Wasseraufnahme eines Komposits besteht die ISO 4049. Ein Probekörper (Größe nach ISO-Norm) des lichtgehärteten Komposits wird nach Bestimmung seines Ausgangsgewichts für sieben Tage in 37 °C warmem Wasser gelagert. Danach wird der Probekörper entnommen, getrocknet und erneut gewogen. Aus der Differenz der Gewichte lässt sich die Wasseraufnahme bestimmen. Nach der Norm sollten die Werte der Wasseraufnahme unter 40 $\mu\text{m}/\text{mm}^3$ liegen. Bei den gebräuchlichen Verblendkompositen liegen die bekannten Werte nach Herstellerangaben zwischen 13 und 19,5 $\mu\text{m}/\text{mm}^3$, da nicht alle Hersteller die Wasseraufnahme in ihren Produktbeschreibungen angeben. Komposite nehmen trotz ihrer relativ starken hydrophoben Eigenschaften in geringen Mengen Wasser auf. Dieses Wasser wird in den Zwischenräumen des Polymers eingelagert. Dies bringt zwei wesentliche Nachteile mit sich:

1. Quellung des Materials, einhergehend mit einer Volumenveränderung: Dies spielt gerade im zahnärztlichen Füllungsbereich eine entscheidende Rolle, da es durch den entstehenden Quelldruck zu Frakturierungen bei dünnen Kavitätenwänden kommen kann.
2. Durch die Wasseraufnahme kommt es damit verbunden zur Aufnahme von Bakterien und farbigen Substanzen (Rotwein, Kaffee, Tee etc.), die langfristig zur Verfärbung der Füllungen bzw. der Verblendungen führen. Das bedeutet, je mehr Wasser ein Komposit aufnehmen kann, desto größer ist auch seine Verfärbungsneigung.

Optische Eigenschaften

Farbe: Farbe kann zwar physikalisch gemessen und bestimmt werden, aber wir wissen auch, dass Farbe für jeden einzelnen von uns ein sehr subjektives Empfinden ist.⁴ Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen beispielsweise, dass Männer und Frauen Farbe ganz unterschiedlich wahrnehmen. Es ist jedoch unbestritten, dass diese erste, subjektive Wahrnehmung des Erscheinungsbilds eines Komposits (Farbe und Glanzgrad) meist den entscheidenden Ausschlag gibt, ein Material zu verwenden oder nicht. Wie viel



Schneidmassen und Transparenzmassen stehen zur Verfügung? Wie viel Fluoreszenz und Opaleszenz zeigen die einzelnen Massen? Der Glanzgrad steht für Polierbarkeit und Oberflächenqualität und ist die einzige mechanische Eigenschaft, die auch optisch zu beurteilen ist. Alle anderen Eigenschaften (wie Füllstoffgehalt, E-Modul, Biegefestigkeit, Härte usw.) können nur über die angegebenen Werte beurteilt oder verglichen werden (Tabelle 3).

Ein Vergleich der Autorin von sechs marktgängigen Materialien zeigte: Betrachtet man die Werte der einzelnen physikalischen Eigenschaften unterschiedlicher Komposite, so ist festzustellen, dass diese Werte in großer Bandbreite vertreten sind, das heißt, teilweise enorme Unterschiede bestehen (siehe Tabelle 3).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die auf dem Markt befindlichen Verblendkunststoffe in ihren mechanischen und optischen Eigenschaften unterscheiden. Wenn aber die einzelnen physikalischen Werte solche Unterschiede aufweisen, lässt dies die Schlussfolgerung zu, dass auch die verschiedenen Komposite untereinander in ihrer Gesamtqualität sehr unterschiedlich sind. Möchte man also ein Komposit nach seinen Eigenschaften beurteilen, ist es wichtig zunächst zu wissen, inwieweit die unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften die mechanischen Eigenschaften eines Komposits beeinflussen.

Plaquesistenz, Polierbarkeit und Oberflächenqualität sind größtenteils von der Oberflächenrauigkeit abhängig und somit zu einem gewissen Teil von der Größe der Füllstoffpartikel.¹³ Die kleinen Partikel in einem Hybridkomposit sind sozusagen in der Lage, die entstehenden Unebenheiten durch die Makromoleküle an der Oberfläche auszugleichen, bzw. aufzufüllen. Je kleiner die Partikelgröße ist, umso dichter liegen diese Partikel an der Oberfläche und desto besser ist diese Fläche dann polierbar. In wissenschaftlichen Vergleichsuntersuchungen von Kompositen haben Mikrofüller-Komposite allerdings die besten Ergebnisse gezeigt.^{10,11,13} Eigene Erfahrungen der Autorin haben gezeigt, dass ein Mikrofüller-Komposit auch bei längerer Verweildauer im Mund eine hochglänzende, polierte Oberfläche behalten kann (Abb. 10). Hybridkomposite dagegen haben nach relativ kurzer Zeit eine etwas matte Oberfläche, die sich allerdings nicht negativ auf Plaqueverhalten oder Verfärbungsverhalten auswirkt (Abb. 11).

Tabelle 3 Die physikalischen Eigenschaften verschiedener Komposite zeigen teilweise große Unterschiede.

| | |
|------------------------|----------------------------|
| Härte | 370 – 726 MPa |
| E-Modul | 3.100 – 10.700 MPa |
| Biegefestigkeit | 90 – 140 MPa |
| Druckfestigkeit | 354 – 450 MPa |
| Füllstoffgehalt | 45 – 75 Gew.-% |
| Wasseraufnahme | 13 – 21 µg/mm ³ |



Abb. 10 Veneers aus Mikrofüller-Komposit (Adoro, Ivoclar Vivadent, Ellwangen) an den Zähnen 12, 21 und 22 nach sieben Jahren in situ. Zu bemerken ist die immer noch glänzende, plaquefreie Oberfläche.



Abb. 11 Komposit-Veneers von 12 bis 22 aus Hybridkomposit (Dialog Okklusal). Die mattierte Oberfläche wirkt sich nicht nachteilig auf das Plaqueverhalten aus.



Für die **Farbstabilität** spielen die Wasseraufnahme, Politur und die Oberflächenqualität eine entscheidende Rolle. Je weniger Wasser ein Komposit während der Tragedauer im Mund aufnimmt, desto weniger Bakterien und dadurch bedingte Verfärbungen können sich einlagern.^{10,13} Je glatter und dichter die Oberfläche eines Materials ist und je länger diese Oberflächenstruktur auch bei Tragedauer erhalten bleibt, desto weniger Plaque kann sich auf dieser Oberfläche anlagern.

Härte, Elastizitätsmodul und Biegefestigkeit kommen bei der Beurteilung des **Abraisionsbeständigkeitsverhaltens** und der **Antagonistenfreundlichkeit** zum Tragen. Der E-Modul steht, wie bereits erwähnt, in direktem Zusammenhang mit der Höhe des Füllstoffgehalts, das heißt aber auch: Je höher der E-Modul ist, desto spröder ist auch das Material. Bei hoher Sprödigkeit eines Materials steigt aber auch wiederum das Risiko von Chippings und Abplatzungen. Daher ist neben dem Wert des E-Moduls auch immer der Wert der Biegefestigkeit zu betrachten. Zeigt ein Material bei steigendem E-Modul auch einen erhöhten Wert der Biegefestigkeit, so wirkt diese Biegefestigkeit der Sprödigkeit entgegen.

Ein Beispiel aus dem Alltag veranschaulicht dies: Glas ist ein Material mit einem extrem hohen E-Modul und einer sehr geringen Biegefestigkeit. Es ist ein extrem sprödes Material. Ein Haushaltsgummi dagegen hat ein extrem niedriges E-Modul und eine extrem hohe Biegefestigkeit, ist also sehr elastisch und plastisch verformbar.

Ein Komposit sollte also im Idealfall ein ausgewogenes Verhältnis zwischen E-Modul und Biegefestigkeit besitzen.

Schlussfolgerung/ Ausblick

Bei allen messbaren Eigenschaften eines Komposits spielen wohl die Farbgebung, Polierbarkeit/Glanzgrad und das Handling für den Anwender in den meisten Fällen die wichtigste Rolle als Entscheidungskriterium. Erst in zweiter Linie werden, wenn überhaupt, die mechanischen Eigenschaften beurteilt. Allerdings darf man heute durchaus davon ausgehen, dass alle auf dem Markt befindlichen Komposite ihren Anforderungen im Alltag gerecht werden. Durch die enorme Weiterentwicklung in diesem Bereich werden allerdings auch immer wieder verbesserte Produkte auf den Markt kommen.

Bei der Auswahl eines Verblendkomposits kann folgende Check-Liste der Autorin eine Hilfestellung sein, die jeder Anwender für sich selbst beantworten kann:

- Wie viel Aufwand bringt die Verarbeitung mit sich (Geräte, Aushärtezeiten)? Ist das Komposit rein lighthärtend oder ist eine zusätzliche Wärmevergütung notwendig?
- Wie viele Einzelkomponenten (Schneiden, Dentine, Transpamassen) stehen zur Verfügung? Benötigt man alle diese Einzelkomponenten?
- Für welche Anforderungsprofile will man das Material einsetzen: herausnehmbarer Zahnersatz, provisorische Versorgungen oder auch gerüstfreie Restaurationen? Möchte man das Material auch auf Zirkoniumdioxid verarbeiten? Wenn ja, ist das mit diesem Material möglich?
- Wie verhalten sich die Massen beim Auftragen? Werden Modellierhilfen oder Bonding-Systeme benötigt?
- Ist mit einer einfachen Dentin-Schneide-Schichtung eine gewählte Zahnfarbe eindeutig darstellbar? – Durch ganz einfache, schnell geschichtete „Testzähne“ kann dieser Farbttest problemlos durchgeführt werden (Abb. 12 und 13). Außerdem

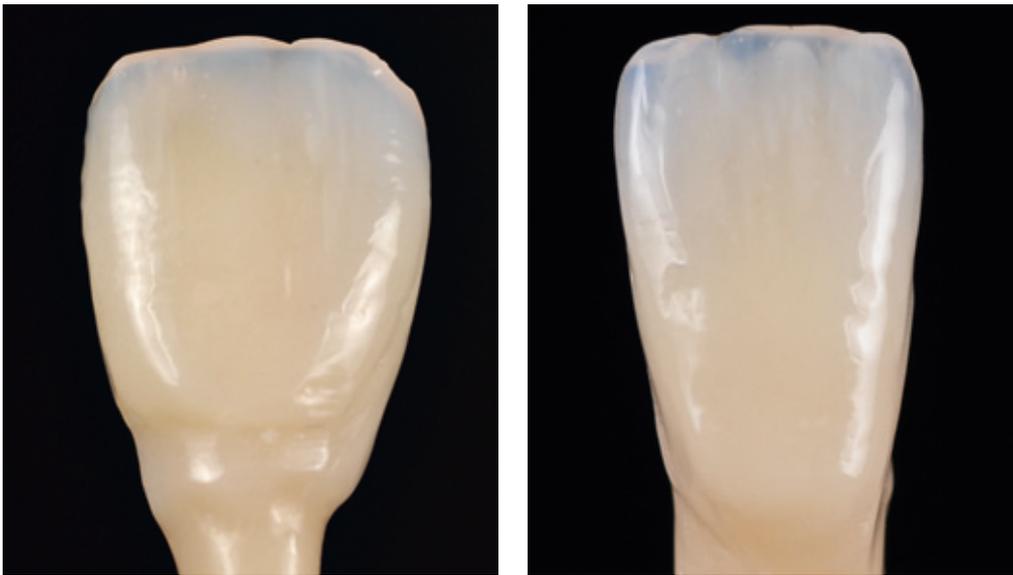


Abb. 12 und 13 Zum Ausprobieren neuer Komposit-Massen empfiehlt es sich, individuelle Farbmusterzähne herzustellen (Nexco, Ivoclar Vivadent).

können so auch auf einfachste Weise unterschiedliche Transpa- und Effektmassen ausprobiert werden, um sich so ein Bild vom Handling und der Farbwirkung der Massen zu machen.

1. Asmussen E, Peutzfeldt A. Class I and Class II restorations of resin composites: an FE analysis of the influence of modulus of elasticity on stresses generated by occlusal loading. *Dent Mater* 2008;24:600-605.
2. Craig RG, Peyton FA. Elastic and mechanical properties of human dentin. *J Dent Res* 1958;37:710-718.
3. Ernst CP, Willershausen B. Eine aktuelle Standortbestimmung zahnärztlicher Füllungskomposite. *ZM online* 2003;1:Fortbildungsteil.
4. Kohlbeck C, Rosentritt M, Behr M, Lang R, Handel G. Farbbeständigkeit von Verblendkompositen nach künstlicher Alterung, Verfärbungslagerung und Reinigung. *Dtsch Zahnärztl Z* 2003;58:14-18.
5. Kullmann W. Grundlagen zahnärztlicher Restaurationskunststoffe. In: Kullmann W (Hrsg.). *Atlas der Zahnerhaltung mit Glas-Ionomer-Zementen und Komposit-Kunststoffen*. München, Hanser, 1990:76.
6. Li Y, Swartz ML, Phillips RW, Moore BK, Roberts TA. Effect of filler content and size on properties of composites. *J Dent Res* 1985;64:1396-1401.
7. Ludwig K. Werkstoffkunde der Verblendwerkstoffe. *Quintessenz Zahntech* 1997;23:683-692.
8. Peutzfeldt A, Asmussen E. The effect of postcuring on quantity of remaining double bonds, mechanical properties, and in vitro wear of two composites. *J Dent* 2000;28:447-452.
9. Roulet JF, Meyer G. Komposit – Meilensteine der Entwicklung der letzten 50 Jahre. *DZW* 2006;15:Seiten?
10. Rzanny A, Göbel R, Küpper H. Moderne Verblendkomposite – ein werkstoffkundlicher Vergleich. *DZZ* 2007;62:11-Seite?
11. Rzanny A, Göbel R, Küpper H. Verblendkunststoffe – ästhetische und zahntechnische Herausforderung. *Quintessenz Zahntech* 2009;35:1598-1615.
12. Rzanny A, Göbel R, Welker D. Quasistatistische Prüfungen an 21 Füllungs- und Verblendkompositen. *ZWR* 1995;104:698-703.
13. Rzanny A, Welker D. Bearbeitung moderner Verblend- und Füllungskomposite. *Interdis Prothet Zahnheilk* 2000;3:203-212.
14. Staufenbiehl A. Vergleichende werkstoffkundliche Untersuchungen marktgängiger und neu entwickelter Verblendkomposite. *Dissertationsarbeit*. Jena: Universität Jena, 2005.
15. Willems G, Lambrechts P, Braem M, Vanherle G. Composite resins in the 21st century. *Quintessence Int* 1993;24:641-658.

Literatur



Annette von Hajmasy
Zahntechnik
Am Wassermann 29
50829 Köln
E-Mail: kontakt@hajmasy.de