Additiv-dotierte Restauration-Compounds führen in die Zukunft

Hybridwerkstoffe – eine zuverlässige Technologie?

Zahnfarbene Restaurationsmaterialien haben sich seit vielen Jahren als Standard für konservierende und prothetische Therapielösungen etabliert. Im Zusammenhang mit der computergestützten Verarbeitung lag der Fokus weitgehend auf den vollkeramischen Werkstoffen. Neben vielen positiven Eigenschaften wie zahnfarben, metallfrei, ästhetisch, biologisch verträglich enthalten Keramiken ein gewisses Sprödbruchrisiko, während kunststoff-basierte Materialien eher durch einen niedrigeren Elastizitätsmodul und flexible Eigenschaften gekennzeichnet sind. Diese Merkmale miteinander zu kombinieren und damit Synergien beider Werkstoffgruppen zu vereinen, ist der Ansatz der Hybrid- und Verbundmaterialien (compounds).

Anpassungsfähig und dauerhaft mit neuen Materialkombinationen

Foto: fuyu liu/Shutterstock.com

Die Möglichkeit, zahnfarbene Keramiken mittels computergestützter Fertigung im Rahmen eines digitalen Workflows rationell zu verarbeiten, hat wesentlich zur starken Verbreitung beigetragen. Wenn keramische Werkstoffe für Vollkronen verwendet wurden, war die klinische Erfolgsprognose von der Region (Front- oder Seitenzahngebiet) sowie von den eingesetzten Materialien und Verfahren abhängig. Kamen hochfeste, analog der Metallkeramik in Schichttechnik verblendete Gerüste aus Zirkoniumdioxidkeramik zum Einsatz, zeigten sich klinisch oftmals Probleme mit der Stabilität der Verblendkeramik. Die Anwendung von Pressverfahren und digitalen Verblendtechniken (CAD-on, Multilayer) schien sich hingegen günstig auf das Chipping-Verhalten auszuwirken. Einen weiteren Schritt in der Automatisierung der Zahnersatzfertigung stellte der Einsatz von monolithischen Kronen ohne Verblendung dar. Primär eignen sich dafür glashaltiges Lithiumdisilikat und semitransparente Oxidkeramik, die eingefärbt oder individualisiert auch ohne Verblendung eine ansprechende Ästhetik bieten.

Monolithische Kronen und Teilkronen aus Silikatkeramik mit einer Glasphase sind heute Bestandteil zahnfarbener Rekonstruktionskonzepte und zeigen auch klinisch hervorragende Erfolgsraten. Bevor die computergestützte Fertigung von Kronen und Brücken sich in zahntechnischen Laboren durchsetzte und bevor Zirkoniumdioxid in breitem Maße zur Verfügung stand, versuchten kunststoffbasierte Materialien, sich für die Anwendung von Kronen zu etablieren (polymer crowns). Konzipiert als Alternative zur Metallkeramik, erzielten diese Werkstoffe besonders bei Brücken keine akzeptablen Überlebensraten. Vor allem in puncto Plaqueakkumulation und Abrasionsstabilität waren sie dem bisherigen Goldstandard Metallkeramik klinisch deutlich unterlegen.

Mit der Entwicklung von fräsbaren, polymer-dotierten Materialien wurde eine neue Epoche eingeleitet. Sie ermöglichten relativ kostengünstige Prototypen, waren modifizierbar und konnten in der Folge digital kopiert werden, um eine definitive Restauration herzustellen. Durch den Einsatz von keramischen Füllkörpern wurden die mechanischen Eigenschaften verbessert. Die industrielle Polymerisation der Blocks erfolgte unter druck- und temperaturoptimierten Bedingungen. Dadurch wurde erreicht, dass PMMA-basierte Kunststoffe teilweise eine akzeptable Lichttransluzenz erzielen und im Mund des Patienten sehr ästhetisch wirken. Nachteilig ist der niedrige Elastizitätsmodul; dies erzeugt bereits bei geringer Belastung eine plastische Verformung.

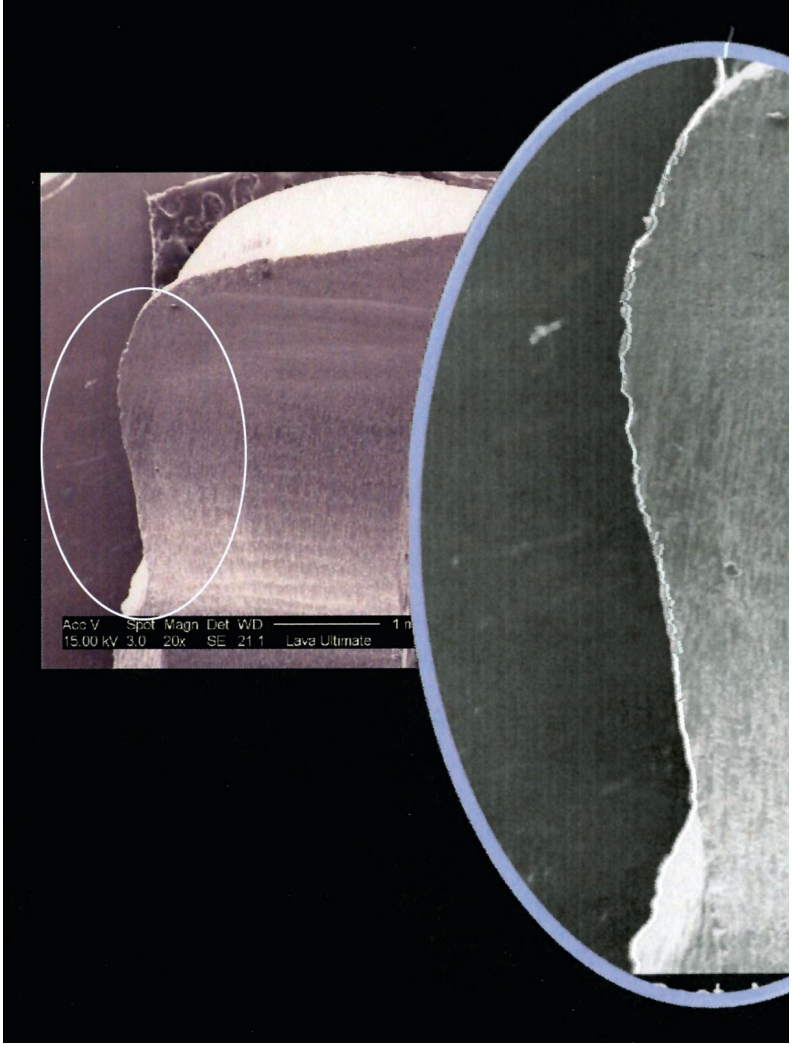

Abb. 1: Mit der Verbundkeramik (Lava Ultimate) können exakte Restaurationsränder erzielt werden. Foto: 3M

Das Beste aus verschiedenen Welten

Eine relativ neue Entwicklung sind die „Hybrid- und Verbundwerkstoffe". Die Kombination von Polymeren und Keramik in der Hybridkeramik verfolgt das Ziel, die positiven Eigenschaften beider Materialgruppen zu vereinen. Des Weiteren bietet diese Generation den Vorzug, das Frakturrisiko durch die Verwendung einer flexiblen Komponente zu minimieren. Die Verbundkeramik hingegen verbindet zwei oder mehrere Materialien, deren finaler Aggregatzustand andere Eigenschaften besitzt als die einzelnen Komponenten. Eine der ersten Verbundkeramiken (resin matrix based compound; *Lava Ultimate,* 3M) enthält eine Kompositmatrix und weist aufgrund des anorganischen Füllkörperanteils (etwa 80 Gewichtsprozent) eine hohe Festigkeit auf. Die Füllkörper bestehen aus Clustern von versinterten, nanokeramischen Siliziumoxid- und Zirkonium-

Abb. 2: Teilkrone regio 16 aus einer universitären Studie; Werkstoff: Verbundkeramik Lava Ultimate, drei Jahre in situ

Foto: Ernst

Abb. 3: Implantatpfeiler zur Aufnahme einer Hybridabutmentkrone aus Enamic

Foto: Horvath

Abb. 4: Hybridabutmentkrone nach Eingliederung. Abutment und Krone sind monolithisch in einem Bauteil aus Hybridkeramik (Enamic) zusammengefasst. Eine Titanhülse (TiBase) als Stabilisator ist mit dem Enossalteil verschraubt und mit dem Hybridabutment spannungsfrei verklebt.

Foto: Horvath

oxid-Partikeln. Die organische Polymermatrix gewährleistet eine geringe Sprödigkeit und bietet eine gute, subtraktive Schleifbarkeit. Die mechanischen Eigenschaften ähneln im klinischen Gebrauch den Glaskeramiken. Mit dem fräsbaren CAD/CAM-Block lassen sich fein ausgearbeitete Restaurationsränder erzielen **(Abb. 1)**. Der dentinähnliche Elastizitätsmodul bewirkt zusammen mit der Resilienz eine einheitlichere Stressverteilung unter Kaudruck. Für den Patienten ergibt sich daraus ein natürliches Kaugefühl. Dieser Werkstoff ist zurzeit nur für Teilrestaurationen freigegeben. Diese Materialgruppe ist durchaus kompetitiv im Markt unterwegs; dies belegen weitere Angebote (*CeraSmart,* GC; *Brilliant Crios,* Coltene; *LuxaCam,* DMG; *Durafill VS,* Kulzer; *HC Block,* Shofu).

Die Verbindung von Kunststoff und Keramik rückt beim „kunststoff-infiltrierten" Hybridwerkstoff enger zusammen (glass matrix based; *Enamic,* Vita Zahnfabrik). Bei der Herstellung entsteht zuerst ein offen poröses Gerüst aus Feldspatkeramik. In diese Struktur wird ein Polymer eingebracht und thermisch ausgehärtet. Der Elastizitätsmodul entspricht etwa dem Dentin. Die mechanischen Eigenschaften sind zwischen füllerstabilisierten Polymeren und Glaskeramik angesiedelt **(Abb. 2)**. Daraus ergibt sich, dass bei diesem Material keine übermäßige Abnutzung der Antagonisten zu beobachten ist. Die Schichtdicke der Restauration kann okklusal auf 1,0 mm, approximal auf 0,8 mm reduziert werden. Kronenränder können sehr fein ausgeschliffen werden. Die vergleichsweise geringere Härte gegenüber Vollkeramik ermöglicht eine kürzere Schleifzeit. Untersuchungen in Kausimulationen belegten ein zahnschmelzähnliches Abrasionsverhalten. In-vitro-Tests zeigten einen „stoßdämpfenden Effekt" auf Implantate, wenn eine polymer-dotierte Hybridkeramik für die Suprakonstruktion eingesetzt wird **(Abb. 3 und 4)**. Damit scheint die Eignung für implantatgetragene Kronen gegeben zu sein, um die fehlende Eigenbeweglichkeit und die dadurch verminderte Taktilität osseointegrierter Enossalpfeiler zu kompensieren. In einer klinischen Studie mit endodontisch behandelten Zähnen wurde für die Endokrone aus Hybridkeramik eine höhere Resistenz gegen Materialermüdung ermittelt im Vergleich zur Feldspatkeramik.

Der Vollständigkeit halber müssen in der Kunststoffrubrik die „Polyaryletherketone" genannt werden, auch bekannt als Polyetheretherketon (PEEK). Der Werkstoff kann für mehrgliedrige Brückengerüste eingesetzt werden. Hydrolysebeständig und unempfindlich gegen organische und anorganische Chemikalien, ist PEEK biokompatibel, röntgendurchlässig, aber unbeständig gegen UV-Strahlen. Das grau-opake Aussehen reduziert den Einsatzbereich auf den Molarenbereich. Eventuell eignet sich der Werkstoff mit seiner hohen Schmelztemperatur (280 Grad Celsius) in Zukunft für „3-D-gedruckten Zahnersatz".

Kennt der Fortschritt nur eine Richtung?

Zweifellos stellen die Kombinationen aus Keramik und Kunststoff einen interessanten Ansatz in der Entwicklung der Hybrid- und Verbundwerkstoffe dar. Bedenkt man die Möglichkeiten der organischen Chemie, dann wird erkennbar, dass insbesondere der Polymeranteil nahezu unbegrenzte

Abb. 5: Virtuelles Modell nach Intraoralaufnahme (Cerec Omnicam) mit Präparationsgrenzen für eine monolithische Teil- und Vollkrone aus ZLS (Celtra Duo)

Foto: Rinke

Optionen bietet. Aus heutiger Sicht neigen kunststoff-basierte Werkstoffe schneller zur Akkumulation von Plaque, sind weniger abrasionsstabil und können verfärben. Die wichtigste Frage ist jedoch: Für welche Indikation setzen wir diese Werkstoffe ein? Und haben diese Werkstoffe einen klinischen Vorteil gegenüber den heute etablierten, zahnfarbenen Materialien? Neue Werkstoffe müssen sich immer dem Wettbewerb der gut dokumentierten sowie klinisch erfolgreichen, zahnfarbenen Materialien stellen – so zum Beispiel der Lithiumdisilikatkeramik (LS2). In der Chairside-Verarbeitung bietet LS2 definitiv den Zeitvorteil der suffizienten Polierbarkeit zur Erlangung einer guten Oberflächenqualität. Der Goldstandard der Oberflächenoptimierung bei Anwendung von Oxidkeramiken liegt sicherlich noch im zusätzlichen Brandprozess (Glasur).

Die geminderte Abrasionsstabilität der polymer-dotierten Verbundmaterialien könnte man sich zunutze machen, wenn bei der Wiederherstellung der Vertikaldimension (Bisserhöhung) nur eine Kieferregion rekonstruiert wird. Dadurch würde die natürliche Zahnhartsubstanz im Gegenkiefer bewusst geschont. Insgesamt fehlen für Hybrid- und Verbundkeramiken noch klinische Belege für Indikationen auf Basis längerfristiger Studien.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass glashaltige Keramiken mit ihrer Transluzenz zweifellos Garant für eine exzellente Ästhetik sind. Das Optimum an Festigkeit bietet jedoch Zirkoniumdioxiod; hier sind aufgrund der Werkstoffopazität jedoch Kompromisse hinsichtlich der Ästhetik einzugehen oder zusätzliche Verfahren wie Bemalen, Glasieren oder Verblenden erforderlich. Ohne diese Nachbehandlung kann dies die Indikation limitierend beeinflussen.

Ein Plus an Festigkeit und Transluzenz

Neben dem Spagat zwischen dem niedrigeren Elastizitätsmodul mit polymer-dotierten Hybrid- beziehungsweise Verbundwerkstoffen und der ultimativen Festigkeitsmaximierung mit Oxidkeramik hat eine Neuentwicklung die Tür zu einem neuen Zielkorridor aufgestoßen. Im Ergebnis wurde die Ästhetik als Dominante der glashaltigen Silikatkeramiken mit Zirkonoxid-Nanopartikeln angereichert zur Steigerung der Biegebruchfestigkeit. Die daraus resultierende Lithiumsilikatkeramik (ZLS) enthält einen Zuschlag von 10-prozentigem, dispers gelöstem Zirkonoxid, ohne dadurch die Kristallmatrix zu trüben.

Literatur

Für diesen Bericht wurden folgende Publikationen ausgewertet:
Beuer F, Schweiger J, Kölpin M, Güth JF, Stimmelmayr M. Kunststoffbasierte CAD/CAM-Materialien – die nächste Generation zahnfarbener Werkstoffe? Quintessenz 2016;66(10):1159-1166.
Horvath S, Spitznagel FA, Gierthmühlen CP. Hybridmaterialien – Indikation und Bewährung. ZM 2016;106:56-62.
Die kompletten Literaturhinweise zu diesem Bericht können dem Leser bei Interesse zur Verfügung gestellt werden.

Damit wird eine Festigkeit von 370 MPa nach Glasurbrand und 500 MPa (Pressversion) erreicht und liegt dadurch über vergleichbaren Silikaten. Neben den mechanischen Vorteilen sind die lichtoptischen Eigenschaften offensichtlich und unterstützen den Chamäleoneffekt – positiv für Frontzahnrestaurationen **(Abb. 5 und 6).** Eine In-vitro-Studie belegt, dass ZLS-Kronen nach experimenteller Alterung keinen Festigkeitsverlust erleiden. Damit wäre eine Synergie gelungen, Ästhetik mit gesteigerter Belastbarkeit und Langzeitstabilität zu verbinden. ZLS (*Celtra,* Dentsply; *Suprinity,* Vita Zahnfabrik) wird im CAD/CAM-Verfahren (*Cerec, inLab,* Sirona) oder als Pressvariante verarbeitet.

Warum sind neue Restaurationsmaterialien nötig? Schauen wir 25 Jahre zurück. Seinerzeit hatten Werkstoffe in Kons und Prothetik dominiert, die heute weitgehend verdrängt sind. Keramik trat vielfach an die Stelle der Legierungen. Heute bieten sich werkstoffliche Synergien mit Keramik und Polymeren sowie Compounds mit Nanopartikel-Dotierung für ergänzende Therapielösungen an. Wenn „das Bessere des Guten Feind ist", dann wird es einen Stillstand nicht geben, denn ein Restaurationsmaterial mit zahnähnlichen Eigenschaften steht immer noch im Pflichtenheft der Werkstoffentwickler. Die Anforderungen sind hoch, denn die Eigenschaften wie zahnfarben, ästhetisch, biologisch verträglich, breites Indikationsfeld, substanzschonend, hoch belastbar, individualisierbar, frakturstabil, einfach zu verarbeiten, klinische Langlebigkeit, Wirtschaftlichkeit sind nicht leicht zu erfüllen. Dazu kommt, dass für den klinischen Einsatz klare Positionierungen durch Fachgesellschaften erforderlich sind, um dem Behandler Hinweise und Sicherheit bei der Auswahlentscheidung in die Hand zu geben.

Manfred Kern, Schriftführung AG Keramik, Ettlingen, info@ag-keramik.de, www.ag-keramik.de

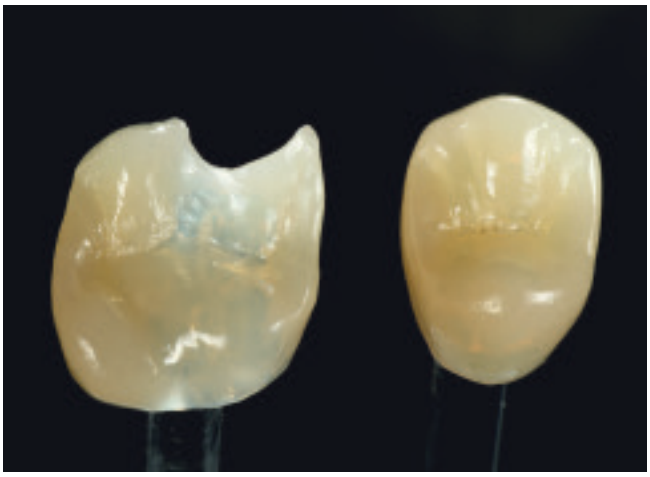

Abb. 6: Teil- und Vollkrone aus ZLS. Celtra transluziert wie der natürliche Zahnschmelz. Die Lithiumsilikatkristalle in der Größe 500 bis 700 nm entsprechen dem Wellenbereich des Lichts. Foto: Rinke

POS. 7