Biomechanische Merkmale im Fokus Hybrid- und Verbundwerkstoffe mit schmelzähnlichen Eigenschaften

M. Kern
Wiesbaden

Zahnmedizinische Restaurationswerkstoffe haben ein umfangreiches Anforderungsprofil zu erfüllen: Abriebfestigkeit, mechanische Festigkeit auf Druck, chemische Resistenz, Oberflächendichte, optimale Farb- und Lichtwirkung, Biokompatibilität, Langzeitbeständigkeit, einfache Herstellung und Verarbeitung zu vertretbaren Kosten. Auf einen Nenner gebracht, muss das Material mechanisch stabil, ästhetisch anspruchsvoll, korrosionsresistent, biologisch verträglich und wirtschaftlich sein [1].

Restaurationswerkstoffe haben als Zahnersatzmaterial einen biomimetischen Auftrag: sie sollen biologische Strukturen nachbilden und dadurch Dentin und Schmelz ersetzen, d.h. Eigenschaften der Natur auf die Technik übertragen. Hierbei müssen die Bauprinzipien natürlicher Organismen – wie Pulpa, Dentintubuli, Hydroxylapatit, Odontoblasten, Gingiva, Alveolarknochen – weitgehend geschont bzw. erhalten werden. Ein bekanntes Beispiel für die Biomimetik ist Leonardo da Vincis Idee, den Vogelflug auf Flugmaschinen zu übertragen. Um den Zahn möglichst exakt zu reproduzieren, müssen neben dem Aufbau eines natürlichen Zahns auch dessen Biomechanik, Funktion und Ästhetik in ihrem Zusammenspiel bekannt sein [2].

Ein elementarer Aspekt ist die Relation zwischen Festigkeit und Elastizität. Es zeigte sich in Bruchfestigkeitsuntersuchungen [3], dass Zähne mit festen und widerstandsfähigen, natürlichen Kronen in Relation zu plastischen oder keramischen Restaurationen sehr hoch belastbar sind. Aufgrund der mangelnden Elastizität bei Versagen der Restauration kommt es häufig zu Wurzelfrakturen, die eine sehr aufwendige Versorgung nach sich ziehen. Es ist zu hinterfragen, ob das Erreichen einer maximalen Festigkeit wirklich sinnvoll ist. Die Elastizität eines natürlichen Zahns bietet durch die Absorption von einwirkenden Kräften einen relativen Schutz [4]. Diese Eigenschaft ist auf den Dentinkern zurückzuführen. Eine zunehmende Elastizität bedingt allerdings ab einem bestimmten Punkt eine Einschränkung in der Funktion, wenn die Struktur zu flexibel wird. Folglich ist ein festes Stützgerüst nötig, das die erforderliche Stabilität besitzt. Der natürliche Schmelzmantel erfüllt diese Anforderung aufgrund seiner Härte und Festigkeit optimal. Ziel einer Restauration muss folglich das Erreichen des von der Natur vorgegebenen Kompromisses sein, der dem natürlichen Zahn sowohl Festigkeit als auch Elastizität verleiht.

Biomimetische Eigenschaften gefordert

Alle in der Zahnheilkunde verwendeten Materialien für konservierende und prothetische Restaurationen weisen materialspezifische Eigenschaften auf, die bisweilen auch Kompromisse erfordern. Eine Vereinigung aller Anforderungen in einem einzigen Werkstoff gibt es bisher nicht, aber es gibt Perspektiven [5]. Unverblendete Metalle scheiden für Restaurationen in ästhetisch anspruchsvollen Regionen aus; Kunststoffe verfügen in der Regel bei hohen Kaukräften nicht über die erforderliche Biegezugfestigkeit und Abrasionsbeständigkeit, außer für temporäre Versorgungen. Deshalb ist Keramik häufig die 1. Wahl in Praxis und ZT-Labor. Zu den Herausforderungen zählt die Neigung zur Sprödigkeit. Moderne, industriell gefertigte Dentalkeramiken weisen ein äußerst homogenes Gefüge auf und sind der manuell geschichteten Sinterkeramik mechanisch überlegen. So können leuzitverstärkte Glas-, Silikat- und kristalline Lithiumdisilikatkeramiken im Pressverfahren verarbeitet oder wahlweise auch computergestützt ausgeschliffen werden; hierbei werden die ursprünglichen Materialeigenschaften erhalten. Die hochfesten Oxidkeramiken (Zirkoniumdioxid, Aluminiumoxid) und die neuen Hybrid- und Verbundkeramiken erfordern die CAD/CAM-Bearbeitung mit NC-gesteuerten Fräsautomaten.

Die Wertigkeit keramischer Werkstoffe wird weitgehend über die Biegezugfestigkeit bestimmt. Je höher die Biegezugfestigkeit, desto geeigneter für kaudruckbelastete Restaurationen

Heruntergeladen von: Thieme Gruppe. Urheberrechtlich geschützt.

oder bei Bruxismus – so die landläufige Meinung. Es sollte uns jedoch zu denken geben, dass der Mensch von Natur aus mit Zähnen ausgestattet ist, die unter dem Aspekt der Biegezugfestigkeit bescheidene physikalische Werte aufweisen. So erreicht das Dentin eine Biegezugfestigkeit von 200–350 MPa (MegaPascal), der Zahnschmelz 300–400 MPa. Diese Werte lassen sich mit konventionellen Silikatkeramiken und Adhäsivtechnik leicht erreichen (**Tab. 1**). Die Belastbarkeit und die klinische Langzeitverlässlichkeit einer Keramik wird im Wesentlichen vom Weibull-Modul und von der Spannungsintensität (K_2-Wert) vertreten. Der Weibull bestimmt die Materialermüdung und der K_2-Wert die Bruchzähigkeit. Eine weitere, entscheidende Kenngröße ist der Zusammenhang von Spannung und Dehnung eines festen Körpers, z. B. unter Kaudruckbelastung – beschrieben durch das Elastizitäts-Modul (E-Modul). Damit ist das E-Modul ein Materialwert, der die Verformung bei linear elastischem Verhalten erfasst. Das E-Modul ist umso größer, je mehr Widerstand ein Material seiner elastischen Verformung entgegensetzt. Spannungen im Werkstoff hängen von der Last (einwirkende Kraft) und von der Geometrie der Restauration ab (Kraft pro Fläche). Werkstoffe mit niedrigem E-Modul können dazu führen, dass Spannungen im Bauteil reduziert werden [5, 6].

Demzufolge erfüllt das biologische System Zahn und Zahnhalteapparat zwar nicht die Kriterien einer hohen Biegezugfestigkeit – hat jedoch durch die resiliente Verankerung mittels Sharpey'scher Fasern und der biologischen Verbundmatrix (Schmelz, Dentin) ein niedriges E-Modul. Damit sprechen die biologischen und mechanischen Kriterien für ein Verbundsystem als Restaurationskonzept [7].

Tab. 1 Werkstoff-Elastizität und Biegezugfestigkeit. Quelle: Zimmermann, Univ. Zürich [25].

Werkstoffeigenschaften	E-Modul [GPa]	Biegezugfestigkeit [MPa]
Restaurationswerkstoffe:		
Feldspatkeramik Vita Mark II	45	96–112
Leuzit-Silikat Empress CAD	62	160
ZLS Celtra Duo	70	420
ZLS Suprinity	70	420
Lithiumdisilikat e.max CAD	95	360
Aluminiumoxidkeramik	225	500
Zirkoniumdioxidkeramik	257	1 100–1 200
Verbundkeramik:		
GC CeraSmart	12	238
Lava Ultimate	15	204
Vita Enamic	30	160
Provisorien-Polymere:		
CAD Temp	2,8	80
Telio CAD	3,2	130
Biomechanik:		
Dentin	15	200–350
Schmelz	86	300–400

Oberflächenhart oder stoßdämpfend?

Grundsätzlich stehen uns im nichtmetallischen Bereich für die konservierende und prothetische Restauration sehr unterschiedliche Werkstoffe zur Verfügung: Polymere, ungefülltes und verstärktes PEEK (Polyetheretherketon), leuzitverstärkte Silikatkeramik, Lithiumdisilikatkeramik, Aluminiumoxidkeramik, Zirkoniumdioxidkeramik. Die Kriterien wie Härte, Biegezugfestigkeit, Weibull-Verteilung, Risszähigkeit, Elastizität und Resilienz zeigen jeweils unterschiedliche Werte. Entscheidend ist, wie wir diese Eigenschaften vom physikalischen Standpunkt aus bewerten. Trotz guter klinischer Erfahrungen beim differenzierten, indikationsbezogenen Einsatz dieser Werkstoffe stellt sich die Frage, ob es nicht angebracht ist, Resilienz in Form von Materialien mit niedrigeren E-Moduli in das starre Rekonstruktionssystem einzubringen, um Überlastungen im Zahn und in der Restauration zu vermeiden. Auch die Erkenntnis, dass immer mehr Patienten mit Bruxismus in klinischen Untersuchungen und in der Praxis identifiziert werden, fordert zu neuen Überlegungen heraus [8]. So zeigen neue Studien, dass Materialien mit niedrigem E-Modul (polymerhaltige Keramik) für implantatgetragene Abutments und Kronen die gleiche klinische Haltbarkeit aufweisen wie Zirkoniumdioxid [9]. Das biomimetische Konzept steht somit nicht für das Anstreben des starrsten bzw. härtesten Zahnersatzes, sondern für eine den natürlichen Zahn wiederherstellende Versorgung durch ein Verbundsystem.

Keramische Werkstoffe definieren sich über die Biegezugfestigkeit. Je höher dieser Wert, desto geeigneter ist die Keramik für kaudruckbelastete Restaurationen. Zu den Einschränkungen zählt die Sprödigkeit, die Empfindlichkeit gegen Zugspannungen und die Neigung zu Chippings, besonders bei funktionellen Störungen. Das biologische System Zahn und Zahnhalteapparat erfüllt zwar nicht die Kriterien hoher Biegezugfestigkeit, hat jedoch durch eine resiliente Verankerung ein niedriges E-Modul. Werden nun die Werkstoffe Keramik und Kunststoff miteinander kombiniert, werden die jeweiligen Eigenschaften zu einem Hybrid- oder Verbundwerkstoff verschmolzen. Das Ergebnis bewirkt, dass das E-Modul sinkt und die Abrasivität in den Korridor zwischen Schmelz und Dentin wandert und damit der natürlichen Biomechanik entspricht.

„Multitalent" mit biomechanischem Verhalten

Den Vorteilen vieler Keramikwerkstoffe mit ihrem hohen ästhetischen Potenzial, der hohen Druckfestigkeit und der langjährigen klinischen Bewährung stehen typische Eigenschaften wie Sprödigkeit, empfindlich gegen Zugspannungen und Anfälligkeit gegen Oberflächenbeschädigungen gegenüber. Dies geht einher mit E-Modulwerten über 50 GPa (GigaPascal). Polymere und

Heruntergeladen von: Thieme Gruppe. Urheberrechtlich geschützt.

Kompositmaterialien weisen hingegen ein niedriges E-Modul aus, meist unter 15 GPa – sind also elastischer und absorbieren Kaukräfte stärker aufgrund der elastischen Verformung. Mit der Entwicklung von Hybrid- und Verbundwerkstoffen wurden die Vorteile der beiden Materialklassen Keramik und Kunststoff zu einem „Multitalent“ verschmolzen. Im Mittelpunkt stand das Ziel, unter weitgehender Beibehaltung der Vorteile keramischer Materialien die E-Modul in den Korridor von Dentin und Schmelz zu verlegen. Damit sollte die Attrition „parallel“ mit der natürlichen Zahnhartsubstanz einhergehen [10]. Andererseits sollte die Biegezugfestigkeit im höherwertigen Belastungsbereich liegen, um auch für Seitenzahnrestaurationen qualifiziert zu sein. Eine neue Erfahrung bot die Resilienz-Fähigkeit der polymerhaltigen Keramik. Dadurch, dass sich der Körper unter Druck linear verformt, ohne Stabilität zu verlieren, scheint der Werkstoff für Molarenrestaurationen geeignet zu sein, um hohe Kaukräfte zu absorbieren. Waren bisher verblendete, implantatgetragene Kronen auf ZrO_2-Gerüst einem erheblichen Chippingrisiko ausgesetzt – ausgelöst durch die fehlende Eigenbeweglichkeit und die verminderte Taktilität der osseointegrierten Implantatpfeiler – zeigen In-vitro-Tests mit polymerhaltigen Keramiken eine „stoßdämpfende“ Wirkung und wahrscheinlich eine Eignung für diese Indikation [9, 11].

Einen anderen Entwicklungsansatz wurde bei einem weiteren, neuen Restaurationswerkstoff verfolgt. Ausgangspunkt war ein hochvernetztes Hochleistungspolymer, das zu ca. 80 % (Massenanteil) mit Keramikpartikeln mit Korngrößen im Nanometerbereich aufgefüllt wurde. Die Füllkörper bestanden aus einer Kombination aus nicht agglomerierten bzw. nicht aggregierten Siliziumoxidfüllern (Korngröße 20 nm), nicht agglomerierten bzw. nicht aggregierten Zirkoniumoxidfüllern (Korngröße 4–11 nm) und aggregierten Zirkoniumoxid-Siliziumoxid-Clustern (SiO 20 nm und ZrO-Partikel 4–11 nm). Die Nanopartikel wurden mit Silan vorbehandelt; damit knüpfen die funktionellen Silanmoleküle chemisch sowohl an die Füllkörper als auch an die organische Polymermatrix an. Der hochgefüllte Resin-Nano-Werkstoff wurde thermisch ausgehärtet. Das so verfestigte Material zeigte schmelzähnliche Abrasionswerte bei deutlich ausgeprägter Antagonistenschonung im Vergleich zur Keramik [12]. Das E-Modul entsprach mit 15 GPa dem Dentin; die Biegefestigkeit mit 204 MPa war doppelt so hoch wie bei der klassischen Feldspatkeramik. Die Resilienz von – 1,7 MPa zeigte, dass eingeleitete Kaukräfte vom E-Modul absorbiert werden [13]. Eine Einschränkung ist, dass mit dieser Verbundkeramik bislang kein schichtweiser Farbverlauf verwirklicht werden kann, um Farb- und Transparenzübergänge zu simulieren. Die Restaurationen werden im CAD/CAM-Verfahren ausgefräst. Untersuchungen zeigten, dass Restaurationswände feiner und ohne das Risiko von Kantenausbrüchen ausgeschliffen werden können, als dies mit Glaskeramik möglich ist [14]. Die Konditionierung erfordert das Abstrahlen der Restauration mit Korund (Al_2O_3), Silanisierung und die adhäsive Befestigung [15].

Materialkenndaten und Indikationen

Die Hybridkeramik enthält eine duale Keramik-Polymer-Struktur, die zu 86 Gewichts-% aus einem gitterähnlichen Keramiknetzwerk aus Feldspatkeramik besteht (Enamic, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen). In diese poröse Keramikstruktur wird werkseitig ein Polymernetzwerk mit 14 Gewichts-% infiltriert, das thermisch vollständig ausgehärtet wird. Das Polymernetzwerk bildet mit der silanisierten Keramik einen adhäsiven, interpenetrierenden Verbund. Das E-Modul von 30 GPa liegt zwischen Dentin und Schmelz. Mit 160 MPa Biegezugfestigkeit kann der Werkstoff hohe Kaukräfte kompensieren [16]. Die Schichtstärke kann okklusal auf 1,0 mm, approximal auf 0,8 mm reduziert werden. Hierbei nimmt die Wandstärke und die Oberflächenrauhigkeit Einfluss auf die Transluzenz der Restauration [17]. Kronenränder können sehr fein ausgeschliffen werden. Herstellerseitig indiziert für Inlays, Onlays, Veneers, Teilkronen (**Abb. 1–6**, Abbildungen zur Verfügung gestellt von Dr. Alessandro Devigus, CH-Bülach), verblendfreie Kronen und verblendete Kronen (Verblendkomposit), Implantat-Abutments und Implantatkronen (Vita Implant Solutions), belegten Kausimulationen ein dem Zahnschmelz ähnliches Abrasionsverhalten [16]. Die Verarbeitung erfolgt als CAD/CAM-schleifbare Blocks. Für die Befestigung wird Schmelz und Dentin geätzt (Phosphorsäure-Gel), Dentinprimer aufgetragen, der Adhäsivvorstrich einmassiert. Die Keramik wird mit Flusssäure (5 %ig) geätzt, Silan und Adhäsiv aufgetragen; die Befestigung erfolgt mit licht- oder dualhärtendem Komposit. Die dauerhafte Adhäsion hängt in hohem Maße vom exakten Procedere der Konditionierung von Restauration und Zahnoberfläche ab [18].

Abb. 1 *Fall Veneer und FZ-Krone aus Hybridkeramik.* Approximale Karies und Fraktur am Zahn 11, ineffiziente metallkeramische Krone regio 21.

Heruntergeladen von: Thieme Gruppe. Urheberrechtlich geschützt.

Abb. 2 Präparation für Veneer 11 und Vollkrone 21. Aufgrund der schwierigen Bissverhältnisse ist der Einsatz von Hybridkeramik geplant.

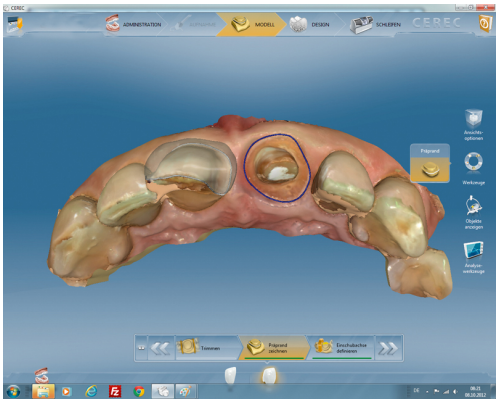

Abb. 3 Einzeichnen der Präparationsgrenzen im virtuellen Modell.

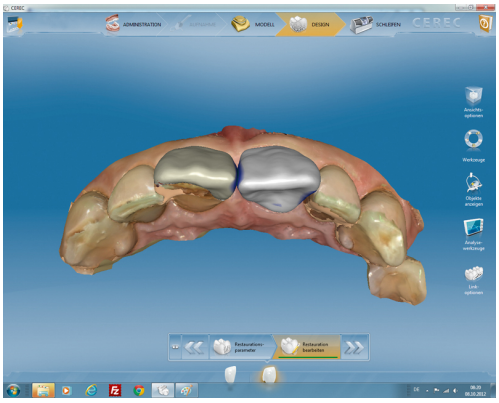

Abb. 4 Konstruktion von Veneer und Krone.

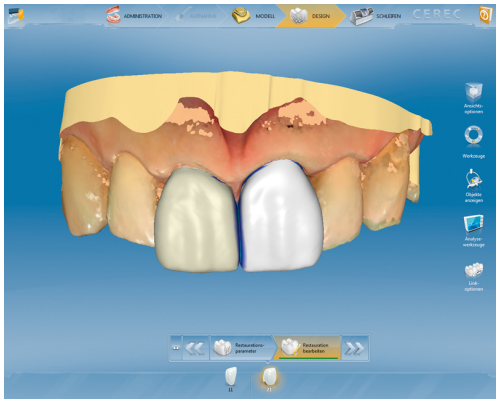

Abb. 5 Konstruktionsvorschlag bukkal. Zahnformen werden harmonisch angeglichen.

Abb. 6 Ergebnisse mit individualisierter Textur und natürlicher Transparenz. Das Diastema wurde geschlossen.

Abb. 7 *Fall Teilkrone regio 16 aus Verbundkeramik*. Glasionomerzementfüllung, für die aufgrund mechanischer Defekte eine adhäsive Teilkrone indiziert war.

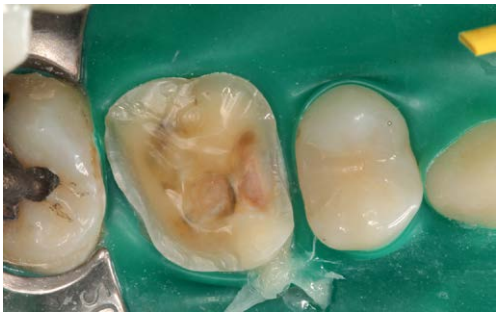

Abb. 8 Nach Füllungsentfernung. Die sehr dünnen, verbliebenen Höcker wurden in die Präparation einbezogen.

Die Verbundkeramik (Lava Ultimate, 3M Espe, Seefeld) enthält neben Siliziumoxid (Korngröße 20 nm) auch Zirkoniumoxid-Nanopartikel (4–11 nm) sowie zu Clustern versintertes Siliziumoxid und Zirkoniumoxid in einer hochvernetzten Polymermatrix. Mit dem dentinähnlichen E-Modul liegt die initiale Biegefestigkeit bei >200 MPa. Die Abrasion ist schmelzähnlich [19]. Eine keramikseitige Ätzung mit Flusssäure ist nicht erforderlich. Befestigungsflächen müssen mit Aluminiumoxidpulver abgestrahlt (≤50 µm-Korn, 2,0 bar Strahldruck, z. B. Cojet) und adhäsiv (Scotchbond Universal, 3M) vorbehandelt werden; Schmelz und Dentin 15 s mit Phosphorsäure anätzen, Adhäsiv einmassieren, verblasen und 10 s lichthärten, Befestigung mit RelyX Ultimate (3M ESPE). Indikationen sind: Inlays, Onlays, Veneers (▶ **Abb. 7–10**, Abbildungen zur Verfügung gestellt von Prof. Claus-P. Ernst, Mainz). Die mechanische Eignung

Heruntergeladen von: Thieme Gruppe. Urheberrechtlich geschützt.

Abb. 9 Einprobe der unbehandelten Teilkrone. Die Cerec-typische, gute Primärpassung ist beachtenswert.

Abb. 10 Mit RelyX Ultimate in Kombination mit Scotchbond Universal (3M) befestigte Teilkrone, Farbe A3, niedrige Transluzenzstufe LT, nach der Politur.

Abb. 11 *Onlay-Fall aus zirkonverstärktem Lithiumsilikat (Celtra Duo)*. Insuffiziente Kompositrestaurationen 26–27.

Abb. 12 Onlay-Präparation regio 26. Die reduzierte Restzahnstärke machte eine selektive Höckerüberkuppelung disto-vestibulär erforderlich.

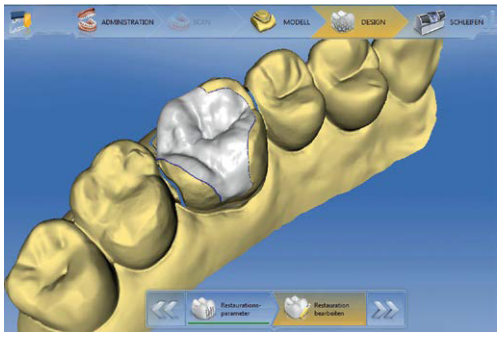

Abb. 13 Virtuelle Konstruktion mit Cerec-Software 4.2 (Sirona).

des Werkstoffs für Implantatkronen erlaubte nach Kausimulation eine günstige Prognose [20]. Die Befestigungstechnik für Kronen wird noch re-evaluiert [21]. Die Politur der Verbundkeramik erreicht eine Oberflächengüte, vergleichbar mit einem Glanzbrand [22].

Neben der Entwicklung von Hybrid- bzw. Verbundkeramiken wurden Silikatkeramiken optimiert. Es war beabsichtigt, deren unbestrittene Eignung für besonders ästhetisch anspruchsvolle Restaurationen wie Inlays, Onlays, Veneers, Teilkronen und Kronen auf Prämolaren mit einem Zuwachs an Biegezugfestigkeit für den Einsatz im Seitenzahngebiet zu qualifizieren. In einer Gemeinschaftsentwicklung mit dem Fraunhofer-Institut für Silikatforschung gelang es, Derivate mit Glaskeramik zu entwickeln, die Festigkeiten über 400 MPa erreichten, ohne Kompromisse in der Transluzenz und Ästhetik eingehen zu müssen. Dafür wurde Lithiumsilikat mit 10 % dispers verteilten Zirkoniumdioxid-Partikeln dotiert. Die sehr feine Kristallstruktur mit durchschnittlicher Korngröße von 0,5 µm löste ohne eine Trübung der Keramik eine Stabilisierung der Glasmatrix aus. Die ausgebildeten Kristalle sind 4- bis 8-mal kleiner als Lithiumdisilikatkristalle [23, 24]. Das Resultat ist eine gute Biegezugfestigkeit (420 MPa) bei gleichzeitig hohem Glasanteil. Das E-Modul mit 70 GPa liegt etwa auf Schmelz-Niveau. Die lichtoptische Eigenschaft mit 500–700 nm Wellenlänge entspricht dem natürlichen Licht, das für die Opaleszenz verantwortlich ist. Die Lichtleitfähigkeit sorgt im Zusammenspiel mit dem natürlichen Restzahnbestand für einen Chamäleon-Effekt.

Die zirkonoxidverstärkten Lithiumsilikat-Keramiken (ZLS) sind unter den Marken Suprinity (Vita), Celtra Duo (Dentsply), Celtra Press (DeguDent) erhältlich. Celtra Duo ist ein zahnfarbener, auskristallisierter und mit dem Cerec-System (Sirona, Bensheim) kompatibler Keramikblock, der nach dem Chairside-Ausschleifen hochglanzpoliert werden kann. Die Biegezugfestigkeit beträgt nach dem Schleifprozess 210 MPa; dies reicht für Inlays und Onlays aus (**Abb. 11–15**, Abbildungen zur Verfügung gestellt von PD Dr. Sven Rinke, Hanau). Durch einen Glasurbrand kann der Wert auf 370 MPa angehoben werden. Der Vorteil liegt in der Kombination kurzer Prozesszeiten und einer höheren Festigkeit im Vergleich zu Werkstoffen, die final noch kristallisiert werden müssen. Die Pressvariante hat im 3-Punkt-Biegetest 420 MPa Festigkeit erreicht.

Das feinkristalline Lithiumsilikat-Gefüge von Suprinity (Vita) hat eine Kristallgröße von ca. 0,5 µm und ebenfalls einen ZrO_2-Anteil von etwa 10 Gewichts-%. Der Block wird im vorkristallisierten Zustand mit 120 MPa Biegezugfestigkeit in Form geschliffen. Nach der Kristallisation steigt die Festigkeit auf 420 MPa an. Indikationen sind: Inlays, Onlays, Teilkronen, Veneers, Frontzahn- und Seitenzahn-Kronen und laut Herstel-

Heruntergeladen von: Thieme Gruppe. Urheberrechtlich geschützt.

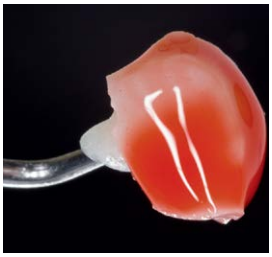

Abb. 14 Anätzen des Onlays mit Flusssäure als Vorstufe der adhäsiven Befestigung mit Etch&Rinse und dualhärtendem Bonding (Prime& Bond XP + SCA, Dentsply).

Abb. 15 Okklusale Adjustierungen nach der Eingliederung mit Finierdiamant.

lerangaben auch Implantat-Suprakonstruktionen. Die Restaurationen können in allen Systemen im Nassschleifverfahren oder mit Fräsfunktion, mit Sirona-Halterung (Cerec, inLab) oder mit Universalhalter verarbeitet werden.

Auf einen Blick

Die „neuen Werkstoffe" der Hybrid- und Verbundkeramiken haben es verstanden, den Brückenschlag der Antipoden Elastizität und Festigkeit zu schaffen, die Verformbarkeit unter Druck mit der mechanischen Stabilität zu vereinen, ohne risikobehaftete Kompromisse eingehen zu müssen. E-Moduli und Abrasivität liegen im Korridor von Schmelz und Dentin. Damit kann die Attrition „parallel" zur natürlichen Zahnhartsubstanz einhergehen. Die Resilienz der Restaurationen verhindert, dass hohe Kaukräfte ungepuffert auf die Zahnwurzel und ins Knochenlager einwirken und somit nach dem Vorbild der Natur biomimetische Bedingungen erfüllen. Die zirkonoxidverstärkte Lithiumsilikatkeramik bietet eine erhöhte Festigkeit; diese konnte ohne ästhetische Kompromisse erreicht werden. Somit ist der Werkstoff eine Option für den Seitenzahneinsatz. Das E-Modul und die Biegezug-Eigenschaften

Heruntergeladen von: Thieme Gruppe. Urheberrechtlich geschützt.

entsprechen der Zahnhartsubstanz. Obwohl für die neuen Werkstoffe noch keine universitären Langzeitstudien vorliegen, erlauben klinische Ergebnisse aus der Praxis gute Prognosen für den Dauereinsatz. Die Qualitätssicherungs-Feldstudie der Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde, die seit Jahren kontinuierlich klinische Daten von vollkeramischen Restaurationen aus ca. 250 niedergelassenen Praxen auswertet (Ceramic Success Analysis), wird in Zukunft auch über dokumentierte Behandlungserfahrungen mit dieser Materialgruppe berichten.

Anmerkung

Der Autor wurde zu diesem Artikel angeregt durch Gespräche mit Prof. Dr. Gerwin Arnetzl, Universität Graz, und Dr. Moritz Zimmermann, Universität Zürich, während des Masterkurses der Deutschen Gesellschaft für Computergestützte Zahnheilkunde (DGCZ) am 18.06.2015 in München. Der Autor dankt den Gesprächspartnern für die überlassenen Informationen.

Interessenkonflikt: Es liegt kein Interessenkonflikt vor.

Literatur

1 Fischer J. Für jede Indikation das richtige Material. Quintessenz. ZT 2014; 40: 1430–1432
2 Magne P, Belser UC. Adhäsiv befestigte Keramikrestaurationen. Berlin: Quintessenz Verlag; 2002: 23–52
3 Stokes AN, Hood JA. Impact fracture patterns of intact and restored human maxillary central incisors. Int J Prosthodont 1988; 1: 208–210
4 Gordon J. Structures – Why things don't fall down. Strain energy and modern fracture mechanics. New York: Da Capo Press; 1978: 70–109
5 Arnetzl G. Neue Materialien, neue Perspektiven. Zahntech Mag 2015; 19: 18–25
6 Koller M, Arnetzl GV, Holly L et al. Lava ultimate resin nano ceramic for CAD/CAM: customization case study. Int J Comp Dent 2012; 15: 159–164
7 Kern M, Beuer F, Frankenberger R et al. Neue Werkstoffe und Verarbeitungssysteme. In: Vollkeramik auf einen Blick. 6. Auflage Ettlingen: AG Keramik; 2015: 100–107
8 Beier US, Kapferer I, Dumfahrt H. Clinical long-term evaluation and failure characteristics of 1,335 all-ceramic restorations. Int J Prosthodont 2012; 25: 70–78
9 Magne P, Silva M, Oderich E et al. Damping behavior of implant-supported Restorations. Clin Oral Implants Res 2013; 24: 143–148
10 Mörmann W. Ein neuer Keramik-Polymer-Hybridwerkstoff für CAD/CAM. Zahntech Mag 2013; 17: 130–131
11 Menini M, Conserva E, Tealdo T et al. Shock absorption capacity of restorative materials for dental implant prostheses – an in vitro study. Int J Prosthodont 2013; 26: 549–556
12 Ernst CP. Adhäsive Teilkronen im erosiv-parafunktional geschädigtem Gebiss. ZMK 2013; 29: 50–53
13 Awada A, Nathanson D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. J Prosthet Dent 2015; pii S0022-3919, Epub ahead of print
14 Fasbinder DJ. Treatment concept with CAD/CAM-fabricated high-density polymer temporary restorations. J Esthet Restor Dent 2012; 24: 319–320
15 Spitznagel FA, Horvath SD, Guess PC et al. Resin bond to indirect composite and new ceramic-polymer materials: a review of the literature. J Esthet Restor Dent 2014; 26: 382–393
16 Mörmann WH, Stawarczyk B, Ender A et al. Wear characteristics of current aesthetic dental restoratives CAD/CAM Materials – two-body, gloss retention, roughness and martens hardness. J Behav Biomed Mater 2013; 20: 113–125
17 Awad D, Stawarczyk B, Liebermann A et al. Translucency of esthetic dental restorative CAD/CAM materials and composite resins with respect to thickness and surface roughness. J Prosthet Dent 2015; 113: 534–540
18 Frankenberger R, Hartmann VE, Krech M et al. Adhesive luting of new CAD/CAM materials. Int J Comp Dent 2015; 18: 9–20
19 Rusin RP, Rolf C, Boehmer RA et al. Schlagfestigkeit eines neuen Resin-Nanokeramik CAD/CAM-Materials. Dent Mater 2012; 28 (Suppl 1): e35
20 Bonfante EA, Suzuki M, Lorenzoni FC et al. Probability of survival of implant-supported metal ceramic and CAD/CAM resin nano-ceramic crowns. Dent Mater 2015; 31: 168–177
21 Fasbinder DJ, Neiva GF, Dennison JB et al. One year evaluation of CAD/CAM nano-ceramic and leucite-reinforced onlays. Referat IADR convention 20. März 2014
22 Lawson NC, Burgess JO. Gloss und stain restistance of ceramic-polymer CAD/CAM restoratives. J Esthet Restor Dent 2015; doi:10.1111/jerd.12166 Epub ahead of print
23 Rinke S, Schäfer S, Schmidt AK. Einsatzmöglichkeiten zirkonoxidverstärkter Lithiumsilikat-Keramiken. Quintessenz Zahntech 2014; 40: 536–546
24 Rinke S, Schäfer S. Zirkonoxidverstärkte Silikatkeramik in der Anwendung. Digital Dentistry 2014; 2: 22–27
25 Zimmermann M. Perfektion im Umgang mit neuen Materialien. Referat auf dem Masterkurs der DGCZ am 18.06.2015 in München

Bibliografie
DOI http://dx.doi.org/10.1055/s-0035-1559761
ZWR – Das Deutsche Zahnärzteblatt 2015; 124: 394–401
© Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York
ISSN 0044-166X

Korrespondenzadresse
Manfred Kern
Schriftführung AG Keramik
Postfach 100 117
76255 Ettlingen
info@ag-keramik.de

Heruntergeladen von: Thieme Gruppe. Urheberrechtlich geschützt.