

Komposite für das CAD/CAM-Verfahren

Ein Beitrag von Prof. Dr.-Ing. Ulrich Lohbauer

MATERIALIEN /// Kompositmaterialien für die indirekte, extraorale Verarbeitung im CAD/CAM-Verfahren zeigen heute exzellente Eigenschaften und stellen damit eine sinnvolle Erweiterung für die Einzelzahnversorgung dar. Dieser Beitrag beschreibt die wesentlichen Fortschritte auf dem Gebiet der indirekten Komposite für das CAD/CAM-Verfahren.



Einzelzahnversorgungen aus indirekten Kompositmaterialien sind der Zahntechnik und der Zahnmedizin nicht neu. Indirekte Inlays und Onlays bildeten seit jeher einen festen Bestandteil der konservierenden Zahnerhaltungslehre. Die dafür eingesetzten Materialien wurden aus direkten Kompositen hergestellt und extraoral vergütet. Seit einiger Zeit werden die Prozessabläufe jedoch mit denen des CAD/CAM-Verfahrens gekreuzt, wobei das CAD-Verfahren (Computer Aided Design) den Gestaltungs- und Konstruktionsschritt beschreibt und das CAM-Verfahren (Computer Aided Manufacturing) den automatisierten, subtraktiven Fertigungsprozess in geeigneten Fräsmaschinen abdeckt. Diese Art der Verarbeitung ist weithin bekannt und wird mittlerweile einerseits chairside direkt am Patienten oder labside in einem Dentallabor oder Fräszentrum eingesetzt. Neu ist dabei allerdings die Möglichkeit, deutlich verbesserte Komposite dafür zu nutzen. Gerade die

optimierte Polymerisation der Komposite im industriellen Umfeld erlaubt es uns heute, Materialien einzusetzen, die noch vor zehn Jahren undenkbar waren. Abbildung 1 zeigt eine Auswahl neuer Kompositmaterialien für die Chairside- bzw. Labside-Technik.

Materialeigenschaften

Aus früheren Tagen der Adhäsiv- und Kompositzahnmedizin halten sich hartnäckig die Bedenken gegenüber polymeren Materialien. Es wird im Vergleich zu keramischen Einzelzahnversorgungen immer wieder die Thematik der Verfärbung oder der verstärkten Abrasionsneigung von Kompositen angeführt. Solche Sichtweisen sind glücklicherweise längst überholt und sollten der Vergangenheit angehören – Komposite sind heute deutlich besser als ihr Ruf!



Abb. 1: Sogenannte Kompositronden dienen der automatisierten Fertigung mehrerer Restaurationen in einem Fräsgang im zahntechnischen Labor (labside) bzw. Kompositblöcke für die indirekte Fertigung (chairside) direkt am Patienten in Kombination mit einem Intraoralscanner.

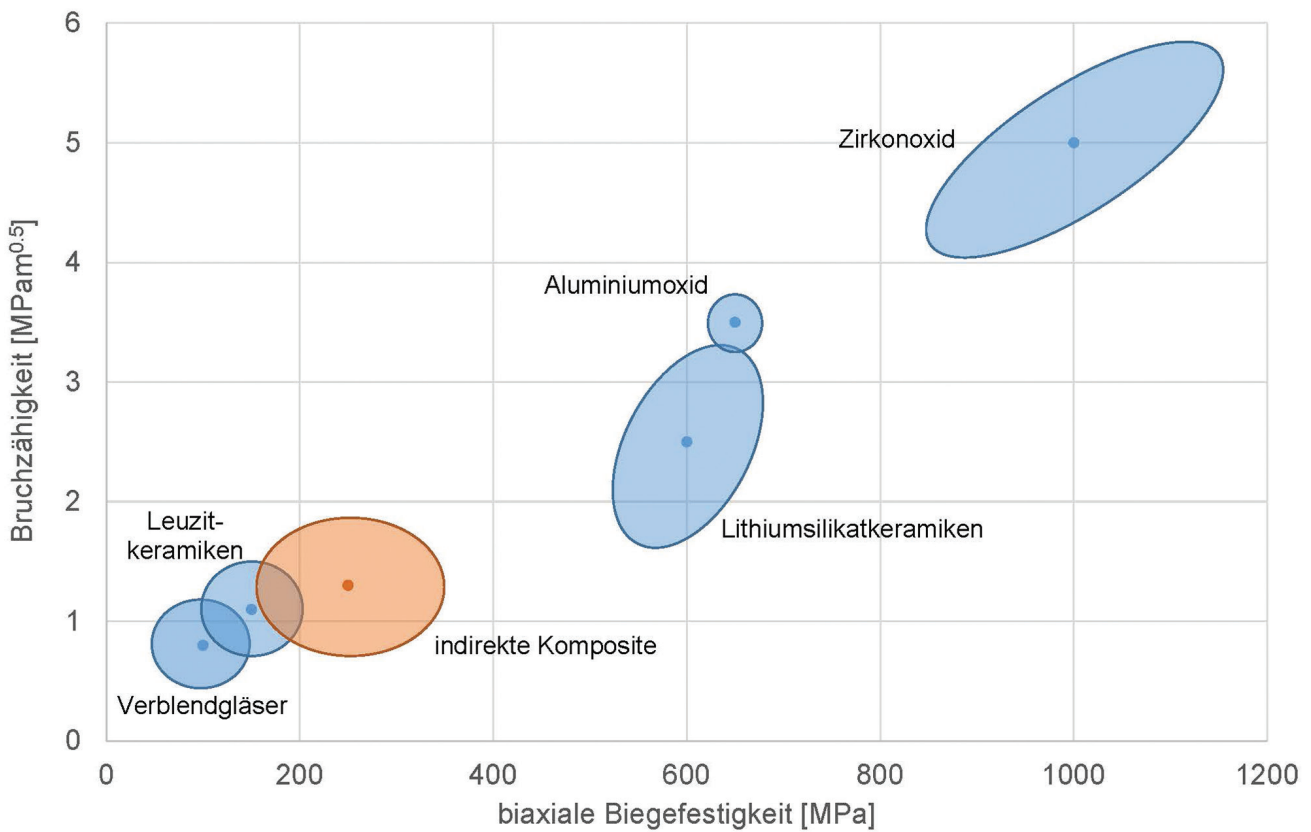


Abb. 2: Vergleichende Darstellung der mechanischen Kennwerte Festigkeit und Zähigkeit für eine relevante Reihe von prothetischen Zahnersatzmaterialien.

Die Möglichkeiten der Nanopartikel-Füllstofftechnologie wie auch moderne Ansätze in der Initiator- und Lichtpolymerisationstechnologie tragen in den letzten Jahren maßgeblich dazu bei, die Leistungsfähigkeit von direkten Kompositmaterialien signifikant zu verbessern. Darüber hinaus ist man heute in der Lage, über gezielten Einsatz von Licht, Druck und Hitze einen weiteren Quantensprung in der Komposittechnologie zu vollziehen. Die so hergestellten indirekten CAD/CAM-Komposite weisen ein erstaunliches mechanisches Verhalten auf. Abbildung 2 zeigt das Spektrum von Festigkeit (hier: biaxiale Biegefestigkeit) gegenüber der Bruchzähigkeit für verschiedene prothetische Ersatzmaterialien. Für indirekte Komposite klar zu sehen, ist der weit umspannende Bereich von Biegefestigkeit (zwischen ca. 200 und 300 MPa) bei einer Bruchzähigkeit bis hin zu knapp 2 MPam^{0.5}. Als Beispiel ist hier das Material Grandio blocs genannt. Mit einem extrem hohen Füllstoffgrad von 86 Gew.-% erzielt das Material im Labor eine Festigkeit von 350 MPa und eine Bruchzähigkeit von 1,42 MPam^{0.5}. Damit sind indirekte Komposite als konkurrenzfähig zu etablierten und klinisch erfolgreichen Verblend- und kristallin verstärkten Glaskeramiken zu betrachten. Das Niveau einer hochfesten Lithiumsilikatkeramik wird allerdings noch nicht erreicht und somit auch (bisher) keine Möglichkeit der Indikationserweiterung auf mehrgliedrige Restaurationen. Das Elastizitätsmodul von Kompositen (ca 10 bis 20 GPa) wird oft als physiologisch schonend bezeichnet und soll über seine Nachgiebigkeit eine gewisse Dämpfungswirkung zum Gegenzahn hin entwickeln. Mit höheren Füllstoffgraden können auch weiterhin verbesserte Abrasionseigenschaften erwartet werden. Eigene Laborstudien sowohl zum Zwei- wie auch Drei-Medien-Verschleiß zeigten, dass das Abrasionsverhalten z. B. von Grandio blocs oder auch

Grandio SO (als direktes Materialpendant) sehr ähnlich und sehr nahe am natürlichen Zahnschmelz angesiedelt ist.

Langzeitverhalten

Die Beurteilung von Materialeigenschaften geht jedoch weit über das beschriebene Portfolio hinaus. Tatsächlich wichtig wird ein Eigenschaftsprofil erst bei Betrachtung des Langzeitverhaltens. Einflussfaktoren wie die hydrolytische Degradation (Wasseraufnahme) oder auch die Entwicklung von Festigkeiten unter oralen Belastungen (z. B. durch zyklische Kaubelastung) lassen auf den Langzeiterfolg eines Materials schließen. Abbildung 3 zeigt das über die Zeit absorbierte Wasser in Kompositmaterialien. Zu sehen ist eine sehr unterschiedlich ausgeprägte, hydrolytische Resistenz. Der ISO-Grenzwert von 40 µg/mm³ nach sieben Tagen Wasserlagerung wird noch von allen Materialien eingehalten, jedoch bereits nach 14 Tagen vom Material Lava Ultimate überschritten. Man sieht weiterhin ein Plateau, das sich bei Sättigung nach etwa drei Wochen (je nach Dicke des Prüflings) einstellt. Im Vergleich des Materials Grandio blocs mit seinem direkten Pendant GrandioSO zeigt sich eine Parallele, die aus einer strukturell verwandten Zusammensetzung beider Materialien abgeleitet wird.

Auch im Bereich der Ermüdungsresistenz konnte ein Fortschritt erzielt werden. So wurde in einer Studie zur Thematik ein Verlust von Festigkeit zwischen 7 und 32 Prozent nach Langzeitbelastung bzw. eine Abnahme der Bruchzähigkeit im Bereich von 25 bis 37 Prozent verzeichnet. Es konnte aus den Ergebnissen dieser Studie ein Bezug zur Menge aufgenommenen Wassers (siehe Abbildung 3) abgeleitet werden. Im Vergleich der beiden

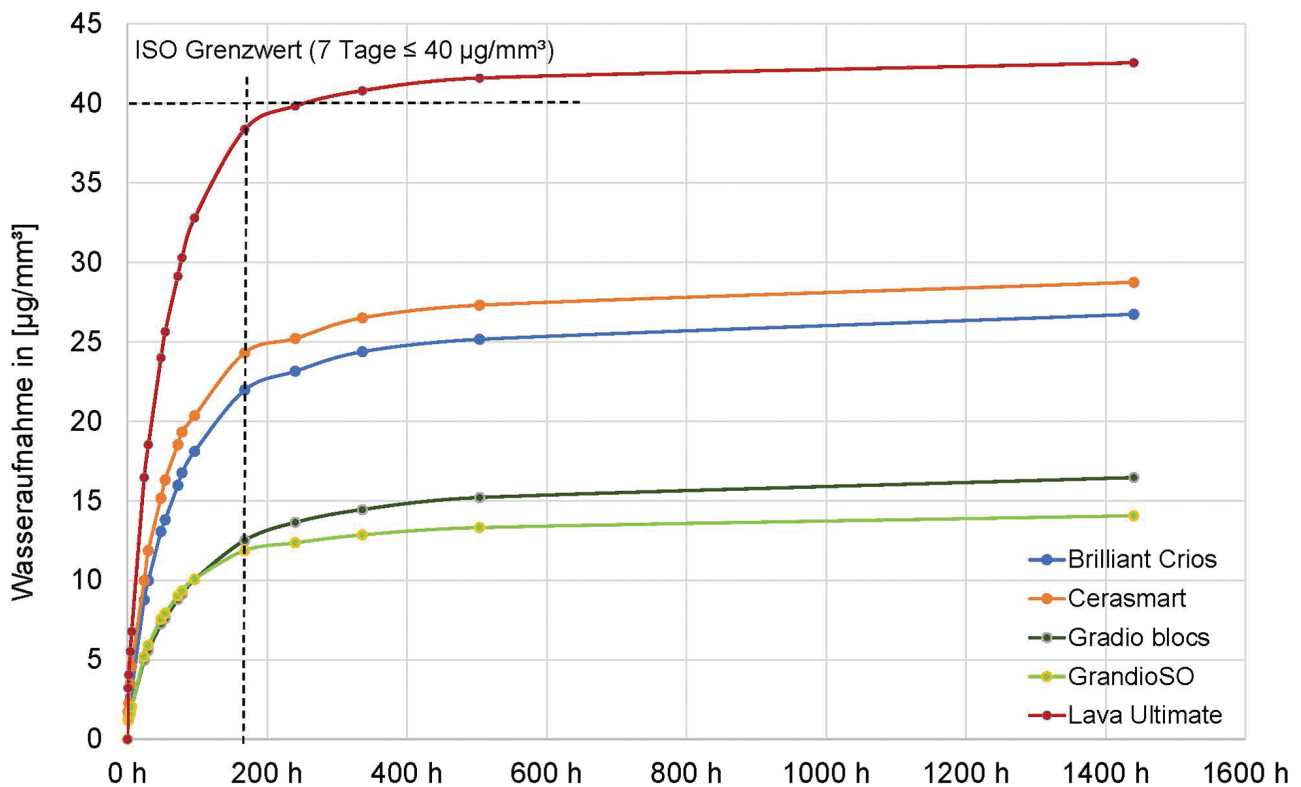


Abb. 3: Sättigungskurven von vier gängigen CAD/CAM-Kompositmaterialien im Vergleich zu einem direkten Komposit (GrandioSO). Die Prüfkörper wurden über zwei Monate in Wasser beobachtet.

indirekt-direkten Materialien konnte ein signifikant besseres Abschneiden der indirekten Variante Grandio blocs beobachtet werden.

Klinische Eignung

Letztendlich hat das im Labor gemessene Eigenschaftsprofil eines Restaurationsmaterials jedoch nur begrenzte Aussagekraft über den klinischen Langzeiterfolg. Eine Betrachtung klinischer Faktoren ist deshalb unumgänglich. Leider gibt es zu dieser neuen Materialklasse keine aussagekräftigen klinisch-prospektiven oder auch retrospektiven Studien. In den Berichten der wissenschaftlichen Literatur ist zu lesen, dass indirekte Komposite keine gute Langzeitperspektive haben sollen. Wenn man jedoch genauer hinter die Kulissen solcher Studien sieht und Gründe für eventuelle klinische Verluste sucht, dann stößt man nicht selten auf Anwendungsfehler, die sich in der Keramikverarbeitung einschleichen (z. B. eine spezifische Adhäsivprozedur oder

höhere Mindestschichtstärken). Klinisch werden z. B. frakturierte Restaurationen beobachtet, die Ursache einer solchen Fraktur jedoch nicht geklärt. Diese liegt in vielen Fällen an einer mangelnden adhäsiven Befestigung, die zu einem Debonding und dann als Folge zu einer Fraktur führt. So konnte dies in der Vergangenheit eindrücklich an implantatgetragenen Kompositkronen gezeigt werden. Eine jüngere retrospektiv angelegte Kohortenstudie verzeichnet ebenfalls eine überdurchschnittlich hohe Verlustrate für CAD/CAM-Kompositkronen. Leider fehlen auch hier detaillierte Angaben zur Ursachenfindung. Laborstudien im Kausimulator belegen jedoch die angesprochenen Verlustursachen hinsichtlich einer Debonding-Neigung über die Zeit, gerade in Kombination mit einer erhöhten Wasseraufnahme des eingesetzten Restaurationsmaterials. Die höchste Evidenz zur Beurteilung der Langzeitstabilität von CAD/CAM-Kompositen ist und bleibt die klinische Prüfung – und hier ist dringender Nachholbedarf angeraten! Somit beschränkt sich

dieser Beitrag auf Empfehlungen zum korrekten klinischen Prozedere. Klinisch werden CAD/CAM-Komposite für die Einzelzahnversorgung empfohlen, sowohl auf dem natürlichen Zahn wie auch implantatgetragen. Hersteller gehen teilweise unterschiedlich weit in ihren Indikationsempfehlungen, manche grenzen die Kronenindikation aus, andere schließen diese mit ein. Praktisch gesehen ergibt der Einsatz dieser Materialien ohne die klassische Kronenversorgung jedoch wenig Sinn. Um eine Sicherheitsreserve zu gewährleisten, werden höhere Mindestschichtstärken von > 1,5 mm okklusal und unter dem tragenden Höcker im Gegensatz zu modernen Keramiken gefordert. CAD/CAM-Komposite werden heute in den gängigen Farben des VITA-Farbschlüssels als LT-(low translucency-) bzw. HAT-(high translucency-)Varianten angeboten. Obwohl auch die ästhetische Individualisierung mit dünn fließenden Kompositmalen möglich ist, bilden hier keramische Materialien doch noch den Goldstandard.

Befestigungsstrategie

Ein entscheidender Faktor für den klinischen Erfolg ist die Wahl der richtigen Befestigungsstrategie. Hier gibt es einige Unterschiede zum bekannten Umgang mit Keramik. Ganz grundsätzlich sind indirekte Komposite nur adhäsiv zu befestigen – eine konventionelle Zementierung kommt für indirekte Komposite nicht in Betracht. Die Wahl der Befestigungsmaterialien ist natürlich abhängig von individuellen Herstellerempfehlungen (siehe individuelle Gebrauchsanweisungen), aber grundsätzlich gilt:

- Befestigungsfläche sanft sandstrahlen (20–30 µm Korund bei 1–1,5 bar),
- Anwendung eines Haftvermittlers für Kompositoberflächen (Silan und MDP – idealerweise monomerversetzt – oder in Kombination mit einem Universaladhäsiv),
- dualhärtendes Befestigungskomposit,
- Schmelz-/Dentinbonding (Achtung: separate Aushärtung gerade bei größeren Schichtstärken notwendig).

Das Sandstrahlen hat dabei drei gewichtige Gründe. Zum einen wird über die Aufrauung Mikroretention geschaffen, zum anderen wird der Anteil an silikatischen Füllstoffen an der Oberfläche freigelegt. Der dritte und oft nicht gesehene Grund ist die Säuberung der Oberfläche (auf jeder Klebetube ist zu lesen: „Die Oberfläche muss sauber, staubfrei und trocken sein“). Ein Haftvermittler schafft die Anbindung an die anorganischen Füllstoffe der Kompositrestauration (MDP & Silan, oft werden hier Keramikhaftvermittler eingesetzt. Ungeeignet sind reine Silane). Ein dünnfließendes Universaladhäsiv oder auch ein bereits mit Monomeren versetzter Haftvermittler sind gut geeignet, in das Polymernetzwerk einzudringen und auch mit der polymeren Komponente zu reagieren und einen dauerhaften Verbund zu schaffen.

Das Befestigungskomposit sollte gerade bei größeren Schichtstärken dualhärtend gewählt werden (ein lighthärtendes Flowable kann bei geringen Schichtstärken alternativ eingesetzt werden). Das entsprechende Schmelz- bzw. Dentinbonding sollte dazu chemisch kompatibel gewählt werden. Wichtig ist hierbei eine separate Polymerisation des Bondings, da gerade opake Befestigungskomposite die Lichteinwirkung hin zum Stumpf stark einschränken.

Abschließend sei noch auf die erleichterte, okklusale Anpassung von Kompositen gegenüber keramischen Restaurationsmaterialien verwiesen. Die Oberfläche ist leichter und schneller angepasst (Voraussetzung sind geeignete Finier- und Polierwerkzeuge). Die Oberfläche einer Kompositrestauration hat nicht die kritische Defektwirkung wie bei sprödharten Keramiken – die gleich zu spontanen Frakturen führt. Diese reduzierte Sprödig-



Abb. 4: Am Sägemodell gezeigte typische Indikationen für CAD/CAM-Komposite sind die Front- und Seitenzahnkrone und die Indikationen im Inlay-/Onlay-/Teilkronenbereich. Der Einsatz im Frontzahnbereich ist aufgrund des hohen ästhetischen Empfindens der Patienten noch eingeschränkt.

keit gepaart mit einer besseren Schleifbarkeit im CAM-Prozess bringt auch eine höhere Resistenz gegenüber kleinen Schleifdefekten z. B. am Kronenrand mit sich.

Fazit

Die hier beschriebene Materialklasse der indirekten CAD/CAM-Komposite zeigt eine signifikante Verbesserung im Bereich polymerer Restaurationsmaterialien. Klinische Evidenz sollte noch weiter gesammelt werden, um die Langzeiteignung besser einordnen zu können. Zusammenfassend kann man feststellen, dass sich hier – bei Verwendung mechanisch stabiler Materialien und Wahl der richtigen Befestigungsstrategie – eine sinnvolle Erweiterung des behandlerischen Spektrums bietet.

INFORMATION ///

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Lohbauer

Dipl.-Ing. Werkstoffwissenschaften
 Universitätsklinikum Erlangen
 Zahnklinik 1 – Zahnerhaltung und Parodontologie
 Forschungslabor für dentale Biomaterialien
 Tel.: +49 9131 8543740
 ulrich.lohbauer@fau.de
 www.zahnerhaltung.uk-erlangen.de

Infos zum Autor

