MATERIALKUNDE // Die klinische Bewährung vollkeramischer Materialien ist von vielen Faktoren abhängig. Um langfristigen klinischen Erfolg zu erzielen, müssen zahlreiche werkstoffkundliche Parameter berücksichtigt werden. In diesem Beitrag werden Grundlagen vermittelt, Langzeitergebnisse beleuchtet und Anwendungshinweise gegeben. Ein Blick auf das Produktportfolio der VITA CAD/CAM-Materialien (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen) zeigt beispielhaft die heute verfügbare CAD/CAM-Werkstoffvielfalt und deren bevorzugtes Einsatzgebiet.

ERFOLGSFAKTOREN KERAMISCHER CAD/CAM-MATERIALIEN

Univ.-Prof. Gerwin Arnetzl / Graz

Vollkeramische Materialien müssen sich bezüglich der mechanischen Stabilität und des Langzeiterfolges mit dem seit Jahrzehnten als „Goldstandard" geltenden Gold-Gußfüllungen messen lassen.

Abb. 1: Inlay aus VITABLOCS-Feldspatkeramik nach 18 Jahren Verweildauer im Mund.

Abb. 1

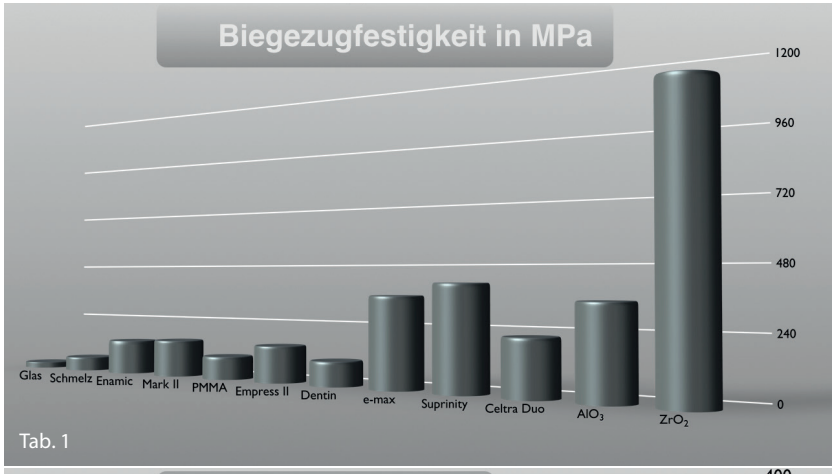
Bislang weisen die als Kronen- und Brückenmaterial verwendeten Keramiken und Kunststoffe materialspezifische Eigenheiten auf, die nicht nur positiv sind. Zu den Nachteilen von Keramik gehört zum Beispiel deren hohe Sprödigkeit.[1,2] Um ein Verständnis für die Eigenschaften keramischer Materialien zu erhalten und basierend darauf, das individual am besten geeignete Material auszuwählen, lohnt es sich, einige Materialkennwerte genauer zu bewerten.

1. Biegefestigkeit

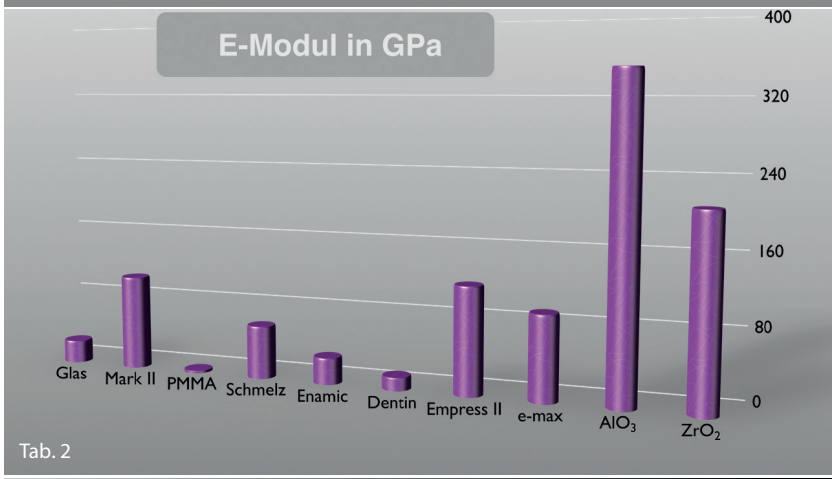
Die Wahl geeigneter keramischer Materialien erfolgt heute häufig über den Materialkennwert Biegefestigkeit. Je höher diese ist, desto geeigneter ist der Werkstoff für Restaurationen in Bereichen mit hoher Kaukraftbelastung – so wird oftmals argumentiert. Die Materialwahl primär nach dem Kriterium der höchsten Biegefestigkeit zu treffen, ist jedoch kritisch zu hinterfragen. Ermittelt wird der Parameter nach einem 3- oder 4-Punkt-Testverfahren (statische Belastung eines Probekörpers bis zum Materialversagen). Dentale Keramikrestaurationen sind allerdings keiner statischen Einmalbelastung, sondern einer millionenfachen Dauerbelastung ausgesetzt. Unter dynamischer Krafteinwirkung reduziert sich die Belastungsfähigkeit auf circa die Hälfte des angegebenen Wertes.[3] Zudem sei darauf hingewiesen, dass Zahnschmelz eine Biegefestigkeit von circa 60 bis 85 MPa aufweist und Dentin eine Festigkeit von circa 100 MPa (Tab. 1). Ist also diese Eigenschaft der geeignete Maßstab für die Wahl keramischer Restaurationsmaterialien? Weitere Kennwerte sollten bei der Materialwahl eine größere Rolle spielen. Die Verlässlichkeit und Widerstandsfähigkeit lassen sich zum Beispiel besser durch Kennwerte wie den Weibull-Modul und den Spannungsintensitätsfaktor (KIc-Wert) abbilden.

2. Elastizitätsmodul

Der Elastizitätsmodul beschreibt den Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung bei der Verformung eines festen Körpers bei linear elastischem Verhalten. Er ist umso größer, je mehr Widerstand ein Material seiner elastischen Verformung entgegensetzt. Das biologische System Zahn und Zahnhalteapparat hat zwar keine hohe Biegefestigkeit, ist je-



Tab. 1



Tab. 2

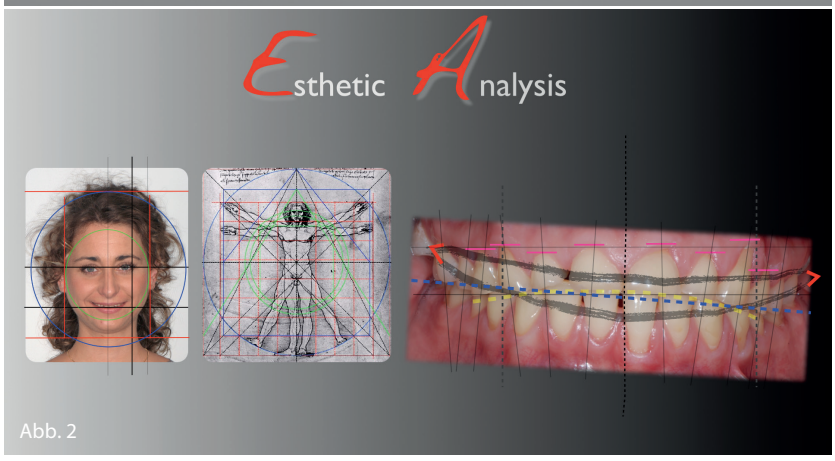


Abb. 2

Tab. 1: Durchschnittliche Biegefestigkeitswerte verschiedener Zahnersatzmaterialien im Vergleich zu Dentin und Schmelz. **Tab. 2:** Durchschnittliche E-Modul-Werte verschiedener Zahnersatzmaterialien im Vergleich zu Dentin und Schmelz. Je höher der Wert, desto starrer und steifer verhält sich ein Material. **Abb. 2:** Analyse der Ist-Situation als Grundstein für ästhetischen Erfolg.

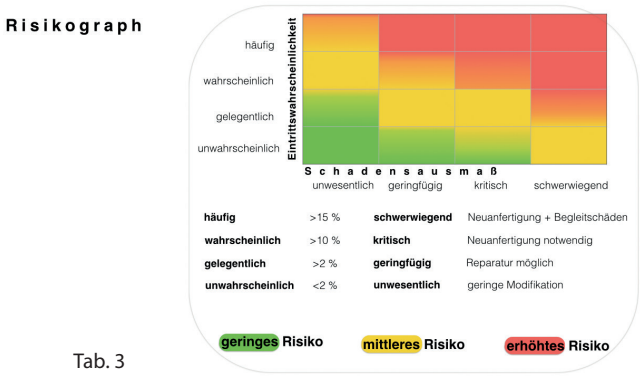
doch durch eine resiliente Verankerung mittels Sharpey'scher Fasern und durch Materialien mit niedrigem Elastizitätsmodul (Schmelz, Dentin) gekennzeichnet (Tab. 2). Um möglichst naturgetreuen Zahnersatz herzustellen, sollte deshalb auch der Elastizitätsmodul als Materialkennwert in die Betrachtung mit einbezogen werden. Nimmt man die Natur als Vorbild, so ist nicht unbedingt das Material mit der höchsten Biegefestigkeit am besten geeignet, sondern möglicherweise ein vergleichsweise elastischer Dentalwerkstoff mit einem niedrigen Elastizitätsmodul. Letztlich ist die Entscheidung für das individuell optimale CAD/CAM-Material aber nicht nur von Materialkennwerten, sondern auch von vielen weiteren Faktoren abhängig.

3. Materialvielfalt im Praxis- und Laboralltag

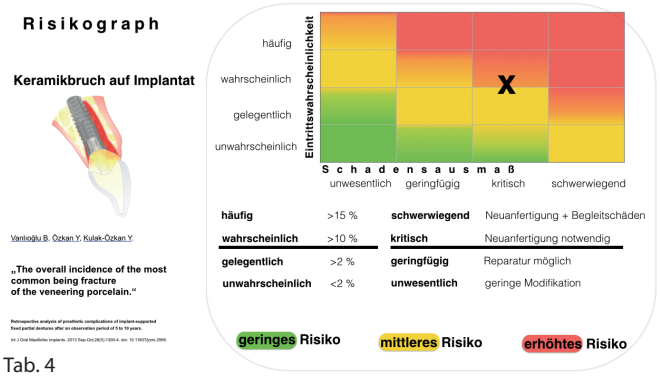
Dem Kliniker und Techniker stehen heute diverse CAD/CAM-Materialien zur Verfügung. Ein Blick auf das Portfolio des Unternehmens VITA Zahnfabrik zeigt diese Vielfalt beispielhaft auf. Zur Herstellung von Zahnersatz für Einzelzahnversorgungen können Praxis- und Laboranwender aus den Werkstoffklassen Feldspatkeramik (VITABLOCS), zikondioxidverstärkte Lithiumsilikatkeramik (VITA SUPRINITY) und Hybridkeramik (VITA ENAMIC) auswählen. Für die Fertigung von Gerüstkonstruktionen und vollanatomischen Brücken wird heute meist Zirkondioxid (VITA YZ) eingesetzt. Bei temporären Versorgungen kommen häufig Kompositrohlinge (VITA CAD-Temp) zum Einsatz. Für die gezielte Materialwahl sind werkstoffkundliche Grundlagen wichtig, aber auch Daten aus klinischen Untersuchungen sind bei der Bewertung eines Werkstoffs zu berücksichtigen.

4. Langzeitstudie: Inlays

In einer klinischen Langzeitstudie der Universität Graz wurden 385 zwei- und dreiflächige Inlays hinsichtlich ihrer Komplikationswahrscheinlichkeit und Überlebensraten untersucht. Die Inlays wurden im Zeitraum von 1988 bis 1990 inkorporiert. Bei den Gold- sowie laborgefertigten Keramik- und computergefertigten Inlays kamen folgende Materialien zur Anwendung: Dicor®, Optec®, Hi-Ceram®, Duceram® sowie VITABLOCS®, die im CEREC 1-System geschliffen wurden. Es erfolgte eine adhäsive Fixation. Die Kontrollgruppe (Goldinlay, Degulor C®) wurde mit einem Zinkphosphatzement eingesetzt. Die Inlays waren während eines Zeitraums von mehr als 15 Jahren im Mund. In allen Gruppen traten partielle Frakturen am Schmelz sowie Karies



Tab. 3



Tab. 4

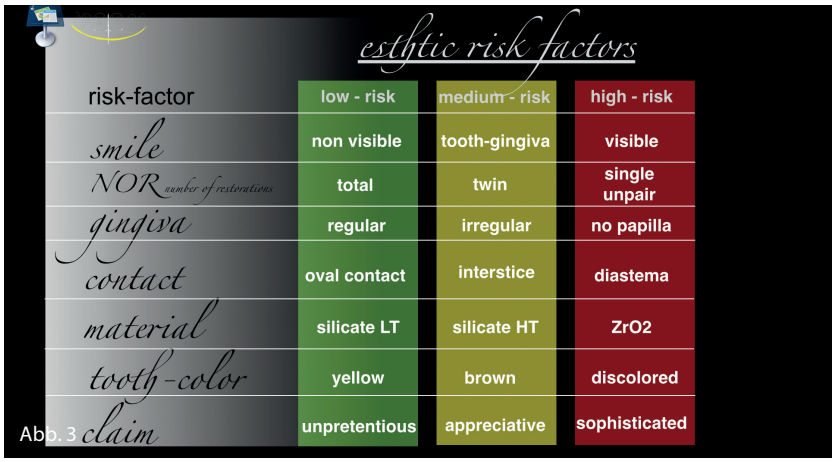


Abb. 3

Tab. 3: Risikograph mit den Beurteilungskriterien Schadensausmaß und Eintrittswahrscheinlichkeit. **Tab. 4:** Risikograph für die Verwendung implantatgetragener vollkeramischer Suprastrukturen unter Zuordnung von zahnärztlicher Literaturevidenz. **Abb. 3:** Risikograph bei der Gestaltung ästhetischer Parameter.

und Vitalitätsverlust auf. Bei den laborgefertigten Keramikinlays waren partielle und totale Brüche die häufigste Komplikation. Hochverdichtete industriell gefertigte Keramiken wiesen im Gegensatz zur Kontrollgruppe keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Überlebensraten auf ($p < 0{,}05$). Die Inlays aus der Feldspatkeramik VITABLOCS (Abb. 1) zeigten mit einer Überlebensrate von 93 % gegenüber individuell hergestellten Keramikinlays signifikant höhere Überlebensraten.[4]

Maßgeblich für den Langzeiterfolg vollkeramischer Restaurationen ist neben den Werkstoffeigenschaften die materialgerechte Präparation, Formgebung, Befestigung und Nachbearbeitung. Ausführliche Hinweise hierzu sind in der Broschüre „Klinische Aspekte in der Vollkeramik" nachzulesen (PDF-Download unter www.vita-zahnfabrik.de). Zudem ist der Langzeiterfolg von der Behandlungsplanung respektive der Materialwahl abhängig.[5]

5. Behandlungsplanung

5.1 Risikoprofil

Unter Berücksichtigung der bestehenden Literatur kann für die verschiedenen Indikationen ein Risikoprofil erstellt werden (Tab. 3). Im Allgemeinen wird gesagt, dass Schäden bzw. Misserfolge in einer Häufigkeit von circa zwei Prozent als akzeptabel einzustufen sind. Gelegentlich auftretende Misserfolge sind als verkraftbar zu bezeichnen. Ist die Wahrscheinlichkeit des Schadeneintritts hoch, ist das entsprechende Therapiemittel als nicht geeignet zu klassifizieren. Das Risikoprofil kann auch auf implantatgetragenen Zahnersatz übertragen werden. In zahlreichen Studien wird die Problematik vollkeramischer Suprastrukturen beschrieben und von gelegentlich bis wahrscheinlich auftretenden Frakturen berichtet.[6–8] Auf dem Risikographen kann demzufolge eine Zuordnung getroffen und eine Schadensausmaßebene definiert werden. Die gewählte Therapieform ist in dieser Materialkonstellation mit mittlerem Risiko zu bewerten (Tab. 4).

5.2 Materialwahl

Die entscheidende Frage bei der Materialwahl lautet: Von welchem physikalisch-mechanischen Standpunkt werden Härte, Biegefestigkeit, Weibull-Modul, Risszähigkeit, E-Modul und Resilienz bewertet? Um beispielsweise eine Überlastung der Suprastruktur zu vermeiden, erscheint es angebracht, die Resilienz (Widerstandsfähigkeit) über Materialien mit niedrigem Elastizitätsmodul (vergleichsweise hohe Elastizität) in das starre Gesamtsystem aus Knochen, Implantat und Prothetik einzubringen. Hierzu sind aktuelle Publikationen zu Polymer-Abutments interessant. Diese zeigen, dass Abutment-Materialien mit niedrigem Elastizitätsmodul eine gleiche Haltbarkeit wie Zirkondioxid-Abutments besitzen. Zudem weisen sie in der Kombination mit Keramikversorgungen höhere Erfolgsraten auf.[9] Vor diesem Hintergrund lassen vergleichsweise elastische Restaurationsmaterialien wie die Hybridkeramik VITA ENAMIC (VITA Zahnfabrik) und Kompositwerkstoffe wie Lava Ultimate™ (3M ESPE) und GC Cerasmart™ (GC Europe) eine gute Eignung für implantatgetragene Kronenversorgungen erwarten. VITA ENAMIC zeichnet sich als Hybridkeramik durch eine Dual-Netzwerk-Struktur aus. Das dominierende keramische Netzwerk und das verstärkende Polymernetzwerk durchdringen sich dabei gegenseitig. Die Biegefestigkeit

Abb. 4

Abb. 5

Abb. 6

Abb. 4: Funktionelle und ästhetische Defizite aufgrund einer Schmelzentwicklungsstörung. **Abb. 5:** Nach der Komplettsanierung: Für die Frontzähne im Oberkiefer wurden Veneers aus multichromatischen Feldspatkeramik-Rohlingen gefräst. **Abb. 6:** Stabile Situation nach sechs Jahren: Die Frontzahnrestaurationen zeigen keine Schäden oder Verfärbungen etc. auf.

liegt zwischen 150 und 160 MPa und ist damit im Vergleich zu anderen Materialien nicht auffallend hoch. Der Elastizitätsmodul (ca. 30 GPa) der Hybridkeramik liegt jedoch im Bereich des menschlichen Dentins. Dank der intelligenten Kombination aus Festigkeit und Elastizität erreicht der Werkstoff in In-vitro-Tests enorm hohe Belastungswerte nach adhäsiver Befestigung und verfügt zudem über kaukraftabsorbierende Materialeigenschaften.

6. Wegweiser zu ästhetischen Behandlungsergebnissen

Der Grundstein für einen ästhetischen Erfolg ist immer die Analyse der Ist-Situation (Abb. 2). Auf Basis von Befund und Diagnose lässt sich für die ästhetische Gestaltung ein Risikoprofil erstellen. Hier fließen Parameter wie die Lachlinie, Anzahl der Restaurationen, Material, Zahngrundfarbe sowie die Erwartungen des Patienten ein (Abb. 3).

6.1 Patientenfall

Die Patientin konsultierte uns mit einer Amelogenesis imperfecta (Schmelzentwicklungsstörungen) (Abb. 4 bis 6). Ziel war eine keramische Rehabilitation mit möglichst natürlich wirkendem Ergebnis. Die restaurative Versorgung wurde schrittweise vorgenommen. Nach der Stabilisierung der Biss-Situation erfolgte die Sanierung im Seitenzahngebiet sowie der unteren Frontzähne. Die Oberkieferfrontzähne wurden in ihrer Form und Farbe mit Veneers ästhetisch restauriert. Als Material der Wahl entschieden wir uns nach eingehender Bewertung anhand des Risikoprofils für einen multichromatischen Feldspatkeramik-Rohling (VITA-BLOCS TriLuxe, VITA Zahnfabrik). Die Rohlinge haben einen integrierten Farbverlauf von Dentin zur Schneide und unterstützen damit das natürliche Farbspiel. Nach der CAD/CAM-gestützten Umsetzung (CEREC, Sirona, Wals, Österreich) erfolgte die Charakterisierung mit Malfarben (VITA AKZENT Plus, VITA Zahnfabrik) und der Glanzbrand.

7. Fazit

Die CAD/CAM-Technologie findet eine immer größere Verbreitung, und neue Werkstoffe wie die Hybridkeramik VITA ENAMIC etablieren sich zunehmend. Bei der Entscheidung für das fallspezifisch am besten geeignete Material sind werkstoffspezifische Faktoren zu betrachten, klinische Daten zu bewerten, Risiken abzuwägen und ästhetische Herausforderungen zu berücksichtigen. Für den Praktiker ist es deshalb wichtig, zentrale Vor- und Nachteile zu kennen, um basierend auf der Indikation das jeweils geeignete Material auswählen zu können.

Literatur bei der Redaktion.

UNIV.-PROF. DR. GERWIN ARNETZL
Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Graz, Klinische Abteilung für Zahnersatzkunde
Auenbruggerplatz 12
8036 Graz, Österreich
gerwin.arnetzl@medunigraz.at