

Uwe Diedrichs, Julia Myrau, Daniel R. Reißmann

Materialkompass festsitzender Zahnersatz – Innovation vs. Evidenz. Ein Leitfaden für die Praxis

Indizes: klinische Langzeitbewährung, Kronen und Brücken, Materialauswahl, Metallkeramik, Vollkeramik

Zusammenfassung: Das Angebot an Materialien für festsitzenden Zahnersatz hat sich in den letzten zwei Jahrzehnten rasant entwickelt. Neben den bewährten metallbasierten Restaurationen steht eine Vielzahl vollkeramischer Materialien zur Verfügung. Insbesondere im Bereich der Zirkoniumdioxidkeramik ist es zu hochfrequenten Modifikationen gekommen. Diese Übersichtsarbeit soll eine Orientierung im „Materialschunegel“ geben, wobei die Entwicklung, die technischen Eigenschaften bekannter und neuer Materialien sowie deren indikationsbezogene klinische Bewährung betrachtet werden. Unter Berücksichtigung weiterer praxisrelevanter Aspekte wie der finanziellen Möglichkeiten und des ästhetischen Anspruchs der Patienten wurden Entscheidungsbäume entwickelt, um die Materialauswahl zu vereinfachen.

Warum Sie diesen Beitrag lesen sollten

Bei der Entscheidung für das „richtige“ Material in der jeweiligen Behandlungssituation sind verschiedenste Aspekte zu berücksichtigen. Dieses Review bietet Fakten und Strukturen für einen evidenz- und patientenorientierten Auswahlprozess an.

HINTERGRUND

Prothetischer Versorgungsbedarf in Deutschland

Welche Relevanz hat festsitzende Prothetik in der heutigen Zahnmedizin? Die fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V) zeigt eine abnehmende Prävalenz von Karies und Parodontitis in der Gruppe der jüngeren Erwachsenen (35 bis 44 Jahre)³⁶. Senioren besitzen folglich immer länger ihre eigenen Zähne, und der Anteil der komplett zahnlosen 65- bis 74-Jährigen nimmt ab. Damit einhergehend geht der Anteil an herausnehmbarem Zahnersatz zurück, während der Bedarf an festsitzendem Zahnersatz wächst. Die DMS V zeigt auch, dass in der Gruppe der jüngeren Erwachsenen bereits fast jeder Zweite eine Vollkrone und jeder Fünfte eine Krone als Brückenanker trägt. Somit ist die

festsitzende Prothetik nach wie vor ein wichtiger Behandlungsschwerpunkt in der Praxis.

Dies spiegelt sich auch in den Ausgaben der Krankenkassen wider. Im Jahr 2021 betrug die Ausgaben der gesetzlichen Krankenkassen für prothetische Leistungen rund vier Milliarden Euro¹¹. Bei den privaten Krankenkassen wurden 8,2% des zahnärztlichen Honorars für reine prothetische Leistungen ausgegeben. Insgesamt wurden in Deutschland 2020 rund 4,81 Millionen Kronen eingesetzt; umgerechnet 18.800 Kronen pro Arbeitstag¹¹. Vergleicht man die Gesamtausgaben für Zahnersatz nach Regelversorgung, gleich- und andersartiger Leistung, so stellt man fest, dass die Ausgaben für die „gleichartige Versorgung“ mit 4,3 Milliarden Euro nicht nur den größten Ausgabenblock bilden, sondern in den vergangenen Jahren auch am stärksten zugenommen haben⁹⁴. Da die „gleichartige Versorgung“ bei festsitzendem Zahnersatz meist in einer vollverblendeten oder vollkeramischen Restauration statt einer edelmetallfreien Versorgung besteht, kann man davon ausgehen, dass zahnfarbener, vollverblendeter oder vollkeramischer Zahnersatz eine große wirtschaftliche Relevanz hat.

Versorgungsrealität und Materialauswahl in der täglichen Praxis

Eine aktuelle Onlinebefragung bei niedergelassenen Zahnärzten zu Materialien für Einzelkronen lässt auf eine gewisse Unsicherheit bezüglich der Materialeigenschaften und der Indikationen bei der Materialauswahl für

Manuskript

Eingang: 18.11.2023

Annahme: 02.02.2024

festsitzenden Zahnersatz schließen⁶⁰. So zeigte die Umfrage, dass bei einer subgingivalen Präparationsgrenze signifikant häufiger verblendete Restaurationen aus einer edelmetallfreien Legierung (EMF) und seltener Vollkeramik verwendet wurden als bei supragingivaler Präparation. Lediglich 4,8 % der Studienteilnehmer der Onlinebefragung konnten keine Angaben zu den verwendeten Materialien machen, und 7,8 % trugen statt der genauen Werkstoffklasse der von ihnen verwendeten Keramik Hersteller oder Markennamen in den Freitext ein⁶⁰.

In einer 2019 durchgeführten Befragung von 1.000 zufällig ausgewählten Zahnärzten in der Praxis wurde nicht nur ermittelt, welche Materialien für festsitzenden Zahnersatz verwendet wurden, sondern auch, welche Faktoren die Materialentscheidung beeinflussten¹⁴. Für einen Großteil der Befragten war die eigene Erfahrung mit dem Werkstoff ausschlaggebend. Die Hälfte gab den Patientenwunsch als sehr wichtig an, und für immerhin ein Fünftel war die Empfehlung ihres Dentaldepots ein Entscheidungsfaktor. Überlebensraten in Langzeitstudien und evidenzbasierte Leitlinien standen als Antwortmöglichkeit nicht zur Auswahl. 2021 wurden neue Ergebnisse der Praxisbefragung zur Materialauswahl veröffentlicht¹⁵. Dabei zeigte sich ein deutlicher Trend zum Zirkoniumdioxid, aus dem 2015 noch 35 %, 2021 schon 49 % aller eingesetzten Restaurationen angefertigt wurden. Etwas mehr als die Hälfte der Arbeiten wurde 2021 verblendet, der Rest monolithisch hergestellt. Ihr Verhältnis hat sich von 2015 mit 9 % monolithischen und 26 % verblendeten Restaurationen deutlich zugunsten der monolithischen verändert. Verblendete Nichtedelmetallrestaurationen folgten mit 18 % auf dem dritten Rang, Lithiumdisilikat mit 17 % auf dem vierten. Hybridmaterialien, Glaskeramik und Edelmetall wurden mit 2–3 % weitaus seltener verarbeitet.

Eine weitere, 2016 publizierte Studie bei Zahnärzten in den USA untersuchte ebenfalls die Materialentscheidungen bei Einzelzahnkronen und mögliche Faktoren, die diese Entscheidung beeinflussten⁴³. Sie ergab, dass im Seitenzahnbereich jeweils zirka ein Drittel aller Restaurationen aus Metallkeramik und monolithischem Zirkoniumdioxid gefertigt, im Frontzahnbereich überwiegend Lithiumdisilikat, jedoch auch verblendetes Zirkoniumdioxid und leuzitverstärkte Glaskeramik eingesetzt wurden. Es wurden auch umfangreiche Daten zu den Behandlern erfasst. Einige dieser Faktoren zeigten einen statistisch signifikanten Zusammenhang mit dem verwendeten Material. Beispielsweise wurden in Praxen mit starker Patientenauslastung mehr Kronen aus einer edelmetallfreien Legierung (EMF) angefertigt. Die Art der Behandlungseinrichtung scheint ebenfalls eine Rolle zu spielen. In inhabergeführten Praxen wurden für den Seitenzahnbereich bevorzugt monolithische Zirkoniumdioxidkronen empfohlen, während in staatlichen und kommunalen Gesundheitszentren oder Universitätskliniken am häufigsten metallkeramische Kronen ausgewählt wurden. Auch das Jahr des Studienabschlusses war ein wichtiger Faktor. So zeigte sich bei einer Befragung unter deutschen Zahnärzten zu dreigliedrigen Brücken, dass die

Zahnärzte, deren Studienabschluss weniger als 15 Jahre zurücklag, sich häufiger für eine metallfreie Brücke entschieden als Kollegen mit einem mehr als 15 Jahre zurückliegendem Studienabschluss⁵⁹.

Die bisherigen Studienergebnisse zeigen, dass es eine große Bandbreite in der Versorgung mit festsitzendem Zahnersatz gibt und dass die Materialauswahl von vielen, durchaus auch nichtmedizinischen Faktoren beeinflusst wird. Die Kenntnis der Materialeigenschaften und die Beachtung von klinischen Studien und Langzeitresultaten sollten in diesem Punkt eine stärkere Beachtung finden.

ENTWICKLUNG DER RESTAURATIONS-MATERIALIEN

Metallische Werkstoffe

Metallische Werkstoffe, vor allem Gold und seine Legierungen, weisen wohl die längste Vergangenheit unter den Materialien für festsitzenden Zahnersatz auf. Archäologische Funde zeigen die Verwendung von Golddrähten und -bändern zur Befestigung von ausgefallenen Zähnen an den Nachbarzähnen bereits vor zirka 2.500 Jahren bei den Phöniziern und Etruskern.

Wesentliche Fortschritte konnten in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts durch Legierungen von Gold mit Silber, Platin und Palladium zur Festigkeitssteigerung, durch den Einsatz von Abformverfahren und durch Verlötungen von Blechen auf Goldbasis mit gestanzten Kauflächen (Ring-Deckel-Krone) erzielt werden. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts revolutionierte die Einführung erster Metallgussverfahren den Einsatz dieser Werkstoffe und erweiterte das Indikationsspektrum nach und nach deutlich, auch in Richtung Brückenzahnersatz. Mittels Retentionsperlen oder -kästen konnten Acrylatverblendungen aufgebracht werden. In den 1950er- und 1960er-Jahren führten die indikationsorientierte Diversifizierung von Legierungen, der Präzisionsguss, die Entwicklung von aufeinander abgestimmten Aufbrennlegierungen und Keramikmassen sowie das Vakuumaufbrennverfahren zu einem Standard der metallischen bzw. metallkeramischen Restaurationen, der dem heutigen schon sehr nahe kam. Von 1960 bis 1980 stieg der Goldpreis um das 17-Fache. Diese rasante Verteuerung beschleunigte die Entwicklung weiterer Legierungstypen, beispielsweise goldreduzierter Legierungen, Legierungen auf Palladiumbasis und nicht zuletzt auch edelmetallfreier Legierungen. Diese hochprozentig chromhaltigen Legierungen auf Nickel- oder Kobaltbasis fanden, begleitet von den zahlreichen bahnbrechenden Untersuchungen Webers⁹⁷ und der Einführung der befundbezogenen Festzuschüsse 1989 bei Zahnersatzleistungen der deutschen gesetzlichen Krankenversicherungen, schnell als Alternative zu Edelmetalllegierungen Zugang in die tägliche Praxis.

Im Jahr 2007 waren über 1.400 Dentallegierungen in Deutschland für die unterschiedlichen Indikationen zugelassen¹⁰. Die aufbrennfähigen und nicht aufbrennfähigen Edelmetalllegierungen sind

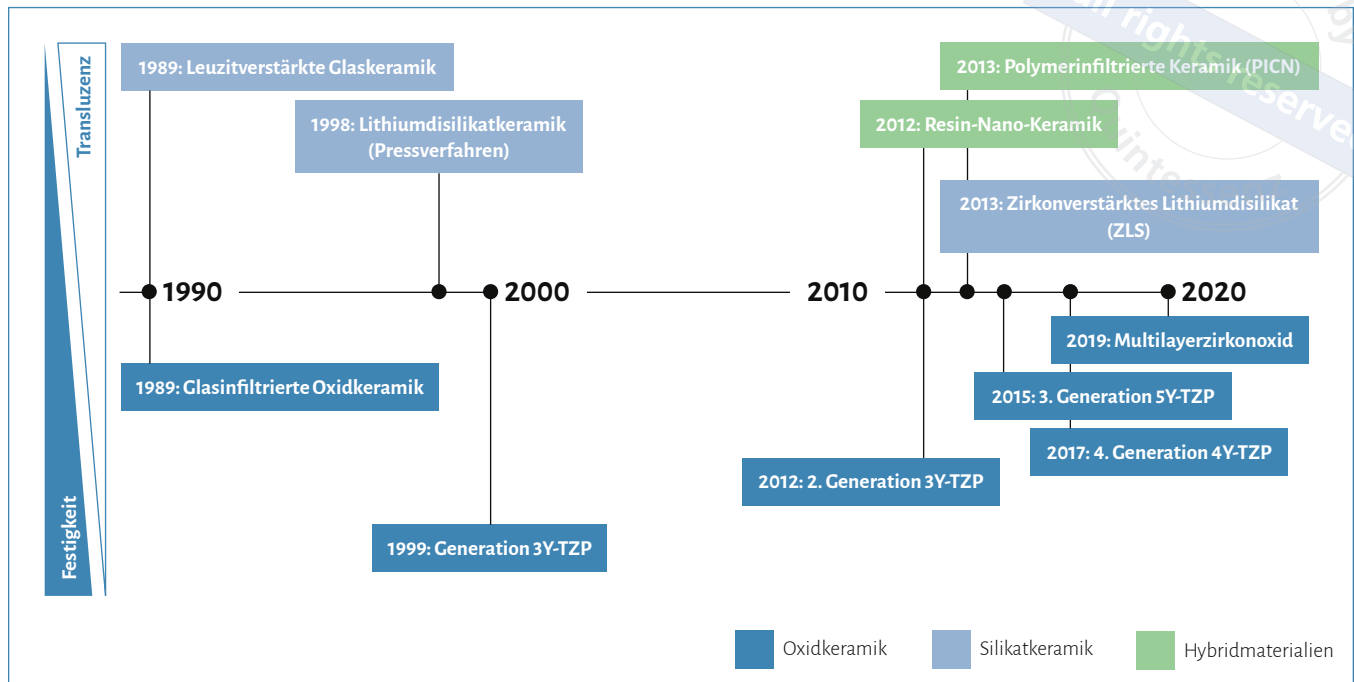


Abb. 1 Zeitstrahl der Entwicklung aktueller Dentalkeramik

im Wesentlichen nach den Werten ihrer 0,2-Prozent-Dehngrenze in Beanspruchungsklassen typisiert. Aufbrennfähige Goldlegierungen für eine sehr große mechanische Beanspruchung (Typ 4) weisen eine 0,2-Prozent-Dehngrenze von 400–600 MPa und einen E-Modul von größenordnungsmäßig 100.000 MPa auf, bei edelmetallfreien aufbrennfähigen Legierungen liegen diese Werte charakteristischerweise bei 500–700 MPa bzw. 200.000 MPa.

Die sehr gute klinische Langzeitbewährung metallkeramischer Restaurationen kann im ästhetisch sensiblen Bereich getrübt werden durch im Vergleich zum natürlichen Zahn grundlegend andere lichteptische Eigenschaften der Krone mit lichtundurchlässigem Metallgerüst und oftmals im marginalen Gingivabereich durchschimmernde oder sichtbare Metallränder. Dies forcierte die Entwicklung nicht metallbasierter Restaurationen.

Keramische Werkstoffe

Als Pionier metallfreier keramischer Restaurationen muss Charles Land angesehen werden, der 1886 ein Verfahren beschrieb, bei dem Feldspatkeramik auf eine ausreichend temperaturstabile Platinfolie geschichtet und in einem von ihm patentierten Ofen gebrannt wurde³⁰. Die sogenannten Jacketkronen erforderten einen großen Substanzabtrag und somit oftmals das Devitalisieren der Pfeilerzähne. Trotz der großen Schichtstärke wiesen sie eine hohe Frakturrate auf, weshalb sie sich nicht durchsetzen konnten³⁰. Mechanisch widerstandsfähige

naturidentische Restaurationen ohne Metallbasis konnten erstmals Mitte der 1960er-Jahre mittels Zusatz von Aluminiumoxidverbindungen zur Feldspatkeramik gefertigt werden⁴⁵. Circa zwei Jahrzehnte später setzte, begleitet von der Verfügbarkeit feuerfester Modellstumpfmateriale und adhäsiver Befestigungssysteme, eine rasante Entwicklung der dentalkeramischen Materialien und Fertigungstechniken ein. Die gießbare Glaskeramik Dicor (Dentsply DeTrey), die pressbare leuzitverstärkte Glaskeramik IPS Empress (Ivoclar Vivadent), das auch chairside einsetzbare CAD/CAM-System CEREC (Dentsply Sirona) und die glasinfiltrierte Oxidkeramik InCeram (Vita Zahnfabrik) seien als exemplarische Meilensteine erwähnt (Abb. 1).

Spätestens seit dieser Zeit richtet sich das Interesse auch auf Dentalkeramik als Gerüstwerkstoff, um damit auch im Seitenzahnbereich und für Brücken vollständig metallfreie Restaurationen herstellen zu können. Ende der 1990er-Jahre wurde mit IPS Empress 2 (Ivoclar Vivadent) die erste Lithiumdisilikat-Glaskeramik auf dem Markt eingeführt, mit der auch kleinere metallfreie Brücken im Frontzahnbereich und bis zum Ersatz des ersten Prämolaren möglich wurden. Zurzeit werden diese Materialien in der Press- oder CAD/CAM-Technik für monolithische und verblendete Restaurationen verarbeitet. Seit 2013 wird unter den Markennamen Celtra (Dentsply) und Suprinity (Vita Zahnfabrik) zirkonoxidverstärkte Lithiumsilikatkeramik angeboten.

Mitte der 1990er-Jahre wurden erste CAD/CAM-fräsbare Zirkoniumdioxidkeramiken entwickelt, die zunächst aufgrund der starken Opazität nur als Gerüstwerkstoff Anwendung finden konnten. Die seinerzeit

gerne gewählte Bezeichnung dieser Materialklasse als „weißer Stahl“ spiegelte die Hoffnung wider, die bislang bekannten Limitationen keramischer Gerüstwerkstoffe überwunden zu haben. Seit rund zehn Jahren hat sich die Palette der Zirkoniumdioxidkeramiken mit unterschiedlichen Anforderungsprofilen an Transluzenz und mechanische Eigenschaften stark erweitert, sodass heute mehrere Generationen unterschieden werden können (Abb. 1). Zudem stehen auch Multilayer-Blanks zur Verfügung, die das Ausfräsen eines Werkstücks mit verlaufenden Schichtungen unterschiedlicher Farbe und Transluzenz ermöglichen. Das Ziel dieser letzten Entwicklungen war, ihren Einsatz auch für vollanatomische unverblendete Restaurationen zu ermöglichen.

Seit 2020 finden sich erste Berichte zur Verarbeitung von zirkoniumdioxid- und lithiumdisilikathaltigen Materialien im 3D-Druck-Verfahren. Auf der Internationalen Dental-Schau 2023 stellte die Firma Lithoz in Zusammenarbeit mit Ivoclar ein Verfahren für den dentalkeramischen 3D-Druck eines auf Lithiumdisilikatpulver basierenden Materials vor. Klinische Studien dazu liegen bisher noch nicht vor.

Monolithisches Zirkoniumdioxid

Monolithische Restaurationen bieten gegenüber verblendeten Restaurationen mehrere Vorteile: Zum einen erfolgt die Herstellung größtenteils maschinell und damit wirtschaftlicher, zum anderen entfällt das Problem des Chippings im Bereich der Verblendkeramik. Auch eine Reduzierung der Schichtstärke ist mit monolithischem Zirkoniumdioxid möglich. In einer In-vitro-Studie zeigte sich bei 0,5 mm dicken Proben aus monolithischem Zirkoniumdioxid eine signifikant größere Biegefestigkeit als bei 1,5 mm dicken Proben aus Lithiumdisilikat⁴⁷.

Ein wichtiger Aspekt für den Behandlungserfolg ist eine ausgeprägte Ästhetik des festsitzenden Zahnersatzes. Diese wird wesentlich von der Form- und Farbgestaltung, der Oberflächentextur, der Schichtdicke und nicht zuletzt der Transluzenz des Materials geprägt. Um die Transluzenz verschiedener Materialien im klinischen Einsatz vergleichen zu können, muss beachtet werden, dass sich die vom Hersteller vorgegebenen Mindestschichtstärken unterscheiden. So kann monolithisches Zirkoniumdioxid durchaus eine stärkere Transluzenz aufweisen als Lithiumdisilikat, da es sich laut Hersteller in einer Schichtstärke von 0,5 mm verarbeiten lässt, Lithiumdisilikat jedoch 1,5 mm dick sein sollte⁵. Vergleicht man eMax CAD mit verschiedenen transluzenteren Produkten aus Zirkoniumdioxid wie BruxZir (Glidewell) und Lava Plus (3M Espe) in der gleichen Schichtstärke, erreicht aber Lithiumdisilikat den höchsten Transluzenzwert²⁷.

Um eine bessere Transluzenz des Zirkoniumdioxids zu erreichen, kann die Korngröße mittels höherer Sintertemperaturen modifiziert werden. Da an den Korngrenzen das Licht gestreut wird, ergibt sich aufgrund der größeren Kornstrukturen eine stärkere Transluzenz³⁹. Jedoch verringert sich analog die mechanische Festigkeit aufgrund der größeren Strukturen⁸⁵. An den Korngrenzen lagert sich Aluminiumoxid an,

das dem Zirkoniumdioxid beigefügt wird. Verringert man den Aluminiumoxidanteil, so wird das Material wegen der geringeren Streuung ebenfalls transluzenter, aber auch weniger widerstandsfähig gegen mechanische Belastung. Da die kubische Phase von Zirkoniumdioxid das Licht besser reflektiert⁹⁹, fügen die meisten Hersteller dem Zirkoniumdioxid zur Stabilisierung der kubischen Phase Yttrium hinzu. Jedoch ist mit steigendem Yttriumanteil auch die Phasenumwandlung geringer, was sich negativ auf die Risszähigkeit und die Alterungsbeständigkeit auswirkt¹⁸.

Die Biegefestigkeit in der dritten Generation von Zirkoniumdioxid (5 Y-TZP) lag mit 600–700 MPa nur noch leicht über dem Niveau von Lithiumdisilikat und erreichte trotz gesteigerter Transluzenz nicht die gleiche Ästhetik⁴¹. In der vierten Generation wurde deshalb der Aluminiumanteil wieder leicht erhöht und der Yttriumanteil zur Stabilisierung der kubischen Phase von 5 mol-% auf 4 mol-% verringert. Aktuelle Untersuchungen der vierten Generation (4 Y-TZP) zeigen, dass Biegefestigkeit und Bruchzähigkeit im Vergleich zu 5 Y-TZP verbessert werden konnten, unter Beibehaltung einer akzeptablen Ästhetik⁷⁰. Die neu entwickelten Multilayer-Zirkoniumdioxidkeramiken sind eine sehr heterogene Materialgruppe und zeigen sehr unterschiedliche mechanische Eigenschaften im In-vitro-Test. So variierte die Biegefestigkeit bei drei beispielhaft untersuchten Produkten zwischen 569 und 960 MPa¹⁷.

Hybridmaterialien

Mit zunehmender Verbreitung der CAD-CAM-Technik wurden ab 2012 von verschiedenen Herstellern neben Silikat- und Oxidkeramik auch sogenannte „Hybridkeramiken“ auf den Markt gebracht (Abb. 1). Dabei handelt es sich um Werkstoffe auf Polymerbasis, die mit Keramikpartikeln infiltriert werden, oder um keramikbasierte Werkstoffe, die mit Polymeren infiltriert werden, um die mechanischen Eigenschaften zu optimieren. Die Vorteile dieser Materialklasse sind laut Hersteller unter anderem ein „biomimetisches Verhalten“ dank eines dem Dentin ähnlichen E-Moduls und eine größere Kantenstabilität. Zudem soll eine bessere Wirtschaftlichkeit erreicht werden aufgrund des Wegfalls des Sinterns und einer geringeren Abnutzung der Fräsen sowie einer insgesamt kürzerer Herstellungszeit¹⁹. Ein weiterer Vorteil ist laut Hersteller „geringere Sprödigkeit als bei reiner Keramik und besseres Abrasionsverhalten als bei Komposit“.

Die Studienlage ist bisher unzureichend. Im In-vitro-Vergleich des Abrasionsverhaltens mit zirkoniumdioxid- und leuzitverstärkter Glaskeramik fand sich der stärkste Verschleiß bei dem untersuchten Hybridmaterial Vita Enamic (Vita). Zudem traten in dieser Gruppe Mikrorisse im Zahnschmelz der Gegenbeziehung auf, während Zirkoniumdioxid eine glatte Oberfläche hinterließ⁷³. Bei einer vergleichenden Untersuchung zur Bruchfestigkeit von Prämolarenkronen aus Vita Enamic im

Kausimulator versagten bei einer Belastung von 870 N 100 % aller Kronen und schnitten damit deutlich schlechter ab als die aus Lithiumdisilikat gefertigten Kronen, die nur zu 30 % bei einer Belastung von 1.400 N versagten³¹.

Ein weiterer Vertreter der Hybridmaterialien ist die „Resin Nano Keramik“ Lava Ultimate, die 3M Espe 2012 auf den Markt brachte. Diese besteht aus Zirkonoxid- und Siliziumdioxidpartikeln, die in eine Polymermatrix integriert sind. Zunächst waren die Indikationen laut Hersteller Veneers, Inlays, Onlays und Einzelkronen, jedoch wurden diese 2015 geändert. Nachdem überdurchschnittlich hohe Dezementierungsraten in den USA aufgetreten waren, wurde die Indikation „Kronen“ zurückgenommen⁴⁶. Die hohen Misserfolgsraten bestätigten sich auch mit einer In-vivo-Untersuchung von Kronen aus Hybridmaterial auf Implantaten mit Abutments aus Zirkoniumdioxid⁷⁵. Die Dezementierungsrate lag dabei bei 80 %. Fasst man mehrere Studien zur klinischen Performance von Hybridmaterialien zusammen, gab es nach einem Beobachtungszeitraum von zwei bis fünf Jahren lediglich bei 55,6 % aller zahngetragenen Kronen keine technischen oder biologischen Komplikationen⁴⁰.

MATERIALBEZOGENE ÄSTHETIK

Unter Ästhetik versteht man eine individuelle Wahrnehmung, die stark von sozialen und kulturellen Aspekten, aber auch vielen weiteren Einflussfaktoren geprägt ist. Daher ist es wenig verwunderlich, dass die Ästhetik von feststehendem Zahnersatz von Zahnärzten und Patienten unterschiedlich beurteilt wird⁶⁹. In einer Studie zu metallkeramischen Frontzahnkronen wurden mehr als zwei Drittel der Kronen von den Patienten in Bezug auf Symmetrie und Farbgebung für gut befunden, jedoch nur ein Drittel von den Behandlern¹. Wenn Einzelkronen aus vollverblendetem Zirkoniumdioxid und aus Metallkeramik verglichen wurden, bewerteten Zahnärzte die Farbgestaltung der vollkeramischen Kronen besser als die der Metallkeramik. Aus Patientensicht war hingegen in der Beurteilung der Ästhetik kein signifikanter Unterschied zwischen Vollkeramik und Metallkeramik bei den Seitenzahnkronen festzustellen³².

Generell schien bei Patienten eine große Zufriedenheit mit der Ästhetik vollkeramischer Kronen zu bestehen, sowohl aus verblendetem Zirkoniumdioxid³⁴ als auch aus Lithiumdisilikat⁸². Ein weiterer Vergleich von vollverblendeten Kronen aus leuzitverstärkter Glaskeramik mit mittels CEREC gefertigten, monolithischen Kronen aus Lithiumdisilikat zeigte keinen signifikanten Unterschied in der Bewertung der Ästhetik²⁹. Die aktuelle Datenlage impliziert, dass die verwendete Keramik für die Ästhetik aus Patientensicht kein wesentlicher Einflussfaktor ist, vor allem wenn es um den Seitenzahnbereich geht. Im individuellen Fall und bei Frontzahnrestorationen mag dies aber anders sein.

Die Ästhetik kann nicht losgelöst von den Indikationsbereichen der Keramiken betrachtet werden. Für Veneers sollte beispielsweise Lithiumdisilikat verwendet werden, da der Klebeverbund zum Schmelz dank der Ätzbarkeit von Lithiumdisilikat besser ist als bei Zirkoniumdioxid⁸¹. Die zirkoniumdioxidverstärkte Lithiumdisilikatkeramik Vita Suprinity (Vita) erreichte zwar im Vergleich mit anderen Werkstoffen⁷⁷ den besten Wert für seine Transluzenz, jedoch gibt es laut der aktuellen S3-Leitlinie keine aussagekräftige Evidenz und somit keine Empfehlung für die Verwendung dieser Werkstoffklasse²⁴.

Aber nicht nur das verwendete Material hat Einfluss auf die Ästhetik, sondern auch dessen Verarbeitung. So haben die Schichtdicke und die Politur der Keramik einen direkten Einfluss auf die Transluzenz und den Glanz von Kronen, unabhängig vom Hersteller der Keramik⁸⁶. Bei einer Schichtstärke von 1 mm wurde bei Zirkoniumdioxid eine geringere Transluzenz (11,2–15,3 TP) gemessen als bei humanem Schmelz und Dentin (18,7 bzw. 16,4 TP). Mit zunehmender Schichtstärke nimmt die Transluzenz von Keramiken linear ab.

INDIKATIONSBEZOGENE KLINISCHE BEWÄHRUNG

Studienauswahl

Um eine möglichst aktuelle Übersicht zu Materialien in der Zahnmedizin zu erhalten, wurden die elektronischen Bibliothekssysteme PubMed und Google Scholar mit den folgenden Begriffen für das Beispiel Keramikrestorationen durchsucht: *(ceramic) AND ((crown) OR (fpd)) AND ((in vivo) OR (clinical study) OR (survival))*. Die Suche wurde analog mit den Begriffen „metal“ sowie „metal ceramic“, „lithium disilicate“ und „zirconia“ anstelle von „ceramic“ durchgeführt.

Primär eingeschlossen und ausgewertet wurden prospektive Studien mit über fünf Jahren Beobachtungsdauer und mehr als 50 Restaurationen. Diese Anforderungen konnten jedoch nicht für alle Indikationen und Materialien erfüllt werden, da gerade für monolithische Restaurationen kaum Daten mit mehr als drei Jahren zu finden sind. In diesen Fällen wurden die Einschlusskriterien entsprechend angepasst, um eine aussagekräftige Zahl von Studien auswerten zu können. In vielen Studien wurde zudem nicht eindeutig zwischen monolithischen, teilverblendeten und vollverblendeten Restaurationen unterschieden, was eine klare Aussage zusätzlich erschwerte. Es wurden nur Studien berücksichtigt, in denen die Materialien nach Herstellerangaben verarbeitet und in den angegebenen Indikationsbreiten eingesetzt wurden.

Evidenz zu Kronen

Metallkeramik

Die eingeschlossenen Studien zu Kronen aus Metallkeramik decken einen weiten Bereich an Settings ab, von der Behandlung in Studie-

Tab.1 Exemplarische Evidenz zu Kronen

| Studie | Jahr | Nachverfolgung (Jahre) | Anzahl (N) | Überleben (%) | Erfolg (%) | Sonstiges |
|---------------------------|------|------------------------|------------|---------------|------------|--|
| Metallkeramik | | | | | | |
| Rammelsberg et al. [57] | 2020 | 10 | 353 | 97 | 88 | Implantatgetragen, Au- oder CoCr-Leg. als Gerüst |
| Reitemeyer et al. [65] | 2019 | 20 | 190 | 79 | k.A. | Studiensetting in allgemeinärztlichen Praxen |
| Pjetursson et al. [54] | 2007 | 5 | 1.765 | 96 | k.A. | Metaanalyse |
| De Backer et al. [12] | 2006 | 18 | 1.037 | 78 | k.A. | Behandlung durch Studierende |
| Walton [95] | 1999 | 10 | 347 | 97 | k.A. | Studiensetting in spezialisierter Praxis |
| Lithiumdisilikat | | | | | | |
| Aziz et al. [2] | 2019 | 4 | 40 | 95 | 92 | IPS e.max CAD, monolithisch |
| Rauch et al. [58] | 2018 | 10 | 41 | 83,5 | 71 | IPS e.max CAD LT, monolithisch |
| Toman und Toksavul [89] | 2015 | 8 | 121 | 85 | k.A. | IPS Empress, verblendet |
| Gehrt et al. [22] | 2013 | 6 | 104 | 94,8 | k.A. | IPS e.max Press |
| Valenti und Valenti [92] | 2009 | 10 | 261 | 95,5 | k.A. | IPS Empress 2 |
| Zirkoniumdioxid | | | | | | |
| Waldecker et al. [93] | 2022 | 6 | 86 | 93,1 | 87 | Cercon HT (Degudent) monolithisch |
| Baixauli-López et al. [4] | 2021 | 5 | 50 | 98 | 94 | Lava Frame Zirconia (3M Espe) monolithisch |
| Örtorp et al. [50] | 2012 | 5 | 143 | 91 | 88 | Nobel Procera, verblendet; retrospektiv |
| Rinke et al. [66] | 2016 | 5 | 50 | 94 | 74 | Cercon, verblendet |
| Nejatidanesh et al. [49] | 2016 | 5 | 556 | 97,3 | k.A. | Cercon, verblendet |

rendenkursen über allgemeinärztliche Praxen bis zu spezialisierten Praxen (Tab. 1). Auch die Beobachtungszeiträume von bis zu 20 Jahren erlauben wertvolle Rückschlüsse auf das Langzeitverhalten der Restaurationen. Rammelsberg et al. verglichen in einer Veröffentlichung von 2020 metallkeramische Implantatkronen direkt mit solchen aus Vollkeramik⁵⁷. Dabei erreichten die metallkeramischen Kronen eine Überlebensrate von 92 % nach zehn Jahren. In einer 2018 publizierten Studie kamen Reitemeyer et al. auf eine 20-Jahre-Überlebensrate von 79 %⁶⁵. De Backer et al.¹² gelangten bereits 2006 zu einem sehr ähnlichen Ergebnis (78 % Überleben nach 18 Jahren), nur dass in dieser Studie die Behandlung durch Studierende erfolgte.

Zusätzlich erlaubt eine Metaanalyse aus mehreren Studien präzise Aussagen zu mittelfristigen Therapieergebnissen. In der Metaanalyse zu Einzelkronen von Pjetursson et al. aus dem Jahr 2007 wurden sechs Studien zu metallkeramischen und 27 Studien zu vollkeramischen Kronen ausgewertet. Die Überlebensrate für Einzelkronen betrug zwischen 91 und 100 % nach fünf Jahren⁵⁴. Chipping trat als häufigste Komplikation bei 5,7 % der metallkeramischen Kronen nach fünf Jahren Beobachtungszeit auf. In der Metaanalyse wurde aber nicht zwischen der Art der Metalllegierung und der Position der Krone (Front- oder Seitenzahnbereich) unterschieden.

Lithiumdisilikat

Die Zahl der aussagekräftigen Studien zu monolithischen Lithiumdisilikatkronen war – im Kontrast zur weiten Verbreitung dieses Materials – begrenzt (Tab. 1). Die Nachverfolgung reichte nur bis zehn Jahre, und alle untersuchten Keramiken waren von einem einzigen Hersteller (Ivoclar). Sie wurden entweder mittels CAD/CAM verarbeitet oder gepresst.

In den Studien zu verblendeten Lithiumdisilikatkeramiken wurden die Restaurationen meist aus IPS e.max Press oder IPS Empress 2 gefertigt, und zwar nicht nur für Front-, sondern auch für Seitenzahnkronen. Die Lokalisation der Kronen im Kiefer (Front- oder Seitenzahnbereich) sowie die Zementierungsart zeigten keinen Einfluss auf die Überlebensrate.

Die bereits unter Metallkeramik aufgeführte Metaanalyse von Pjetursson et al. 2007 kam zu dem Schluss, dass Einzelkronen aus Lithiumdisilikat vergleichbare Fünf-Jahre-Überlebensraten wie metallkeramische haben⁵⁴. Eine Metaanalyse von Pieger et al.⁵² zu Einzelkronen und Brücken aus Lithiumdisilikat berichtete von einer kumulativen Überlebensrate der Kronen von 97,8 % nach fünf und 96,7 % nach zehn Jahren. Zum Zeitpunkt der Metaanalyse lag nur eine Studie mit zehn Jahren Beobachtungsdauer vor, die den Einschlusskriterien entsprach.

Tab. 2 Exemplarische Evidenz zu Brücken

| Studie | Jahr | Nachverfolgung (Jahre) | Anzahl (N) | Überleben (%) | Erfolg (%) | Sonstiges |
|------------------------------|------|------------------------|------------|---------------|------------|----------------------------------|
| Metallkeramik | | | | | | |
| Sailer et al. [72] | 2018 | 5 | 175 | 99 | 89 | Metaanalyse |
| Näpänkangas und Raustia [48] | 2011 | 18 | 82 | 78 | 71 | Retrospektiv |
| Walton [96] | 2002 | 15 | 515 | 85 | k.A. | Retrospektiv |
| Heintze und Rousson [28] | 2010 | 3 | 127 | 97 | k.A. | Metaanalyse |
| Reichen-Graden und Lang [62] | 1989 | 6 | 73 | 98 | k.A. | Retrospektiv |
| Lithiumdisilikat | | | | | | |
| Teichmann et al. [87] | 2017 | 10 | 27 | 52 | k.A. | IPS Empress 2, Cut-back-Technik |
| Reich et al. [61] | 2014 | 4 | 32 | 97 | 83 | e-Max CAD, monolithisch |
| Sola-Ruiz et al. [79] | 2013 | 10 | 21 | 71 | k.A. | k.A. |
| Kern et al. [38] | 2012 | 10 | 36 | 88 | 70 | e-Max Press, monolithisch |
| Marquardt und Strub [44] | 2006 | 5 | 31 | 70 | k.A. | IPS Empress 2 |
| Zirkoniumdioxid | | | | | | |
| Habibi et al. [25] | 2020 | 3 | 33 | 97 | 94 | Cercon HT, monolithisch |
| Passia et al. [51] | 2019 | 13 | 24 | 43 | 30 | Cercon, verblendet |
| Rinke et al. [67] | 2018 | 10 | 51 | 75 | 40 | Cercon, verblendet |
| Ioannidis und Bindl [33] | 2016 | 10 | 59 | 85 | k.A. | Vita InCeram 2000 YZ, verblendet |
| Sorrentino et al. [80] | 2012 | 5 | 48 | 100 | 92 | Procera, verblendet |

Zirkoniumdioxid

Die Datenlage zu Kronen aus Zirkoniumdioxid ist begrenzt auf Studien mit einer Nachbeobachtung von bis zu sechs Jahren, umfasst dafür aber verschiedene Hersteller (Tab. 1).

Studien zu Kronen aus verblendetem Zirkoniumdioxid wiesen teils stattliche Fallzahlen und Überlebensraten nach fünf Jahren von stets über 90 % auf. Dazu waren die Daten (2013 bis 2017) aktueller als die der Studien zu Kronen aus verblendetem Lithiumdisilikat.

Die Studienlage zu Einzelrestorationen aus monolithischem Zirkoniumdioxid zeigt bisher nur geringe Fallzahlen von unter 100 und Beobachtungszeiträume von zwei bis maximal sechs Jahren. Die Überlebensraten von stets mehr als 90 % stimmen jedoch optimistisch, was die Langzeitbewahrung dieses Materials angeht.

Da Zirkoniumdioxid erstmals auf der Internationalen Dental-Schau 2015 als Material für die monolithische Fertigung von der Dentalindustrie vorgestellt wurde, sind Zehn-Jahres-Daten erst ab 2025 zu erwarten.

Evidenz zu Brücken

Metallkeramik

Zu Brücken aus Metallkeramik wurden zwei Metaanalysen und drei retrospektive Studien mit Beobachtungszeiträumen von bis zu 18 Jahren einbezogen (Tabelle 2). Studien mit Brücken aus nicht gebräuchlichen Legierungen, etwa Titanlegierungen, fanden keine Berücksichtigung.

Eine retrospektive Langzeitstudie eines finnischen Teams berichtete von einer Überlebensrate von 78 % nach 18 Jahren⁴⁸. Die Behandlung erfolgte durch Studierende. Auch in der Schweiz war die Behandlung mit metallkeramischen Brücken durch Studierende überwiegend erfolgreich: Reichen-Graden und Lang berichteten von 98 % Überleben nach sechs Jahren⁶².

Analog zu Einzelkronen berichteten Sailer et al. in ihrer Metaanalyse⁷¹ zu Brücken eine signifikant bessere Überlebensrate für Metallkeramik (94 % Überleben nach fünf Jahren) als für Vollkeramik (88,6 % nach fünf Jahren). Fünf Studien zu metallkeramischen und neun zu vollkeramischen Brücken wurden ausgewertet. Eine Metaanalyse von Heintze und Rousson aus dem Jahr 2010 fand hingegen nur zwei Studien zu metallkeramischen Brücken, die den Einschlusskriterien entsprachen²⁸. In der Metaanalyse von Sailer et al. zu implantatgetragenen metallkeramischen Brücken waren nach fünf Jahren noch 98,7 % in situ⁷². Ein Gerüst aus Zirkoniumdioxid statt Metall erhöhte das Risiko für Chipping signifikant.

Lithiumdisilikat

Die Beobachtungsdauer der Studien zu Brücken aus monolithischem Lithiumdisilikat lag bei fünf bis zehn Jahren, jedoch waren die Fallzahlen mit jeweils unter 40 Teilnehmern gering (Tab. 2). Die Studie von Reich et al.⁶¹ schloss nach den Vorgaben des Herstellers nur Brücken bis zum zweiten Prämolaren ein. Es wurde nach vier Jahren eine

Überlebensrate von 97,4 % erreicht. Alle Restaurationen in dieser Studie wurden adhäsiv eingesetzt.

Auch für Brücken aus verblendetem Lithiumdisilikat lagen Studien mit fünf bis zehn Jahren Beobachtungszeit vor (Tab. 2). Aufgrund der deutlich niedrigeren Überlebensrate im Vergleich zum „Goldstandard“ Metallkeramik ist es als Gerüstmaterial nicht zu empfehlen. Vermutlich sind aus diesem Grund in den 2010er-Jahren auch keine Studien zu derartigen Verblendbrücken mehr begonnen worden.

Die Metaanalyse von Pieger⁵² berechnete eine kumulative Überlebensrate für Brücken aus Lithiumdisilikat von 78,1 % nach fünf und 70,9 % nach zehn Jahren. Die Brücken versagten häufiger im Seiten- als im Frontzahnbereich. Als häufigste technische Komplikation traten Gerüstfrakturen auf, Chipping folgte an zweiter Stelle.

Die aktuelle S3-Leitlinie besagt, dass man aus diesem Material zwar dreigliedrige Brücken bis zum Ersatz des ersten Prämolaren herstellen kann, spricht aber keine Empfehlung aus²⁴.

Zirkoniumdioxid

Für diese Übersicht konnten nur zu verblendetem Zirkoniumdioxid Studien mit über fünf Jahren Beobachtungszeit identifiziert werden (Tab. 2).

Bereits 2012 lagen Fünfjahresdaten zur Bewährung dreigliedriger Verblendbrücken mit Gerüsten aus Zirkoniumdioxid vor, jedoch mit weniger als 50 Fällen⁸⁰. Ioannidis et al. veröffentlichten 2016 eine Studie mit 59 Brücken aus verblendetem Zirkoniumdioxid³³. Es wurde eine Zehn-Jahre-Überlebensrate von 85 % berechnet. Bei knapp einem Drittel aller Brücken traten technische Komplikationen auf. Eine weitere Studie fand nach durchschnittlich 6,5 Jahren eine Überlebensrate von 88,9 %; bei 18,2 % der Brücken kam es zu Komplikationen, hauptsächlich Verblendfrakturen⁴².

Über monolithische Brücken aus Zirkoniumdioxid lagen nach unserer Recherche nur Dreijahresdaten mit geringer Fallzahl vor^{25, 55}. Aufgrund dieser unzureichenden Datenlage ist dazu derzeit keine evidenzbasierte Empfehlung möglich.

KRITISCHE BEWERTUNG

Diese Übersichtsarbeit fasst die Evidenz und die Entscheidungskriterien für die relevantesten Materialien zusammen, die für festsitzenden Zahnersatz zum Einsatz kommen können. Dabei werden speziell auch „Innovationen“ hinsichtlich des Einsatzes in der Praxis betrachtet.

Evidenz zu langfristigem Therapieerfolg

Am besten untersucht und für viele Therapieentscheidungen am relevantesten sind die langfristigen Therapieerfolge. Dabei ist aber streng genommen zwischen Erfolg und Überleben zu unterscheiden. Unter

Erfolg versteht man, wenn die Restauration in der ursprünglichen Form ohne Nacharbeiten in situ ist. Diese Angaben fehlen tatsächlich in vielen Studien (Tab. 1 und 2). Dies ist aber wenig verwunderlich, da dafür eine sehr engmaschige Kontrolle stattfinden müsste, was häufig mit zu großem Aufwand verbunden wäre. Stattdessen werden in der Regel die Überlebensraten dargestellt. Diese geben an, ob die Restauration noch in Funktion ist, auch wenn Nacharbeiten stattfinden mussten. Das können Reparaturen von abgeplatzten Verblendungen sein oder im einfachsten Fall auch die Rezementierung. Die dazugehörige Position wurde im Bereich der gesetzlichen Krankenversicherung im Jahr 2021 rund 1,6 Mio. mal abgerechnet¹¹. Daher sind Überlebenszahlen stets höher als die Erfolgsraten. Bei Restaurationen wie Adhäsivbrücken mit hohen Raten an Dezementierungen können sich die Werte daher deutlich unterscheiden^{37, 88}. Die niedrigeren Werte für Erfolg gegenüber Überleben zeigen sich auch in den analysierten Studien (Tab. 1 und 2). Für die Therapieentscheidung wäre im Sinne einer effektiven Behandlung und einer großen Patientenzufriedenheit eher auf die Erfolgsraten zu achten, da jede notwendige Nachbehandlung zusätzlichen Aufwand in der Praxis und für die Patienten bedeutet. Dazu sind die Daten speziell zu Lithiumdisilikat und Zirkoniumdioxid zurzeit noch nicht ausreichend.

Ein weiterer wichtiger Punkt in der Betrachtung des Therapieerfolgs ist, wie lange die Restaurationen in Studien nachverfolgt wurden. Dabei besteht ein gewisser Interessenkonflikt, der nur bedingt auflösbar ist. Für die klinische Entscheidungsfindung sollte die Nachverfolgung möglichst lang sein. Als Minimum können zehn Jahre gelten. Vorher treten häufig noch keine Unterschiede auf, und auch für die Patienten sind primär die langfristigen Erfolge interessant, für die wenigsten nur die der ersten drei bis fünf Jahre. Viele Studien laufen aber nur über derart begrenzte Zeiträume. Nachfolgeuntersuchungen fehlen häufig. Die Gründe dafür können bei den Herstellern, den Wissenschaftlern und beim Material liegen. Hersteller sind daran interessiert, neue und innovative Materialien herauszubringen und deren klinische Performance nachzuweisen. Infolge der schnellen Weiterentwicklung der Materialien, speziell im Bereich Keramiken und Hybridmaterialien, sind Untersuchungen zu vorherigen Produktgenerationen oft schon zum Zeitpunkt ihrer Publikation irrelevant, da diese dann nicht mehr auf dem Markt sind. Wissenschaftler wiederum werden wesentlich am wissenschaftlichen Output gemessen, also an der Zahl und der Qualität ihrer Publikationen. Daher ist es für junge und ambitionierte Wissenschaftler nicht zielführend, Studien über zehn oder mehr Jahre zu planen, ganz abgesehen von der Finanzierung. Und letztlich kann auch das Material selbst bzw. die klinische Bewährung eine Ursache für unzureichende langfristige Daten sein. Wenn die Überlebensraten nach den ersten Jahren deutlich heruntergehen, dann wird es viel schwieriger, diese Ergebnisse zu publizieren, da die Editoren eher positive Ergebnisse veröffentlichen als negative (bekannt als „Publication Bias“). Aber

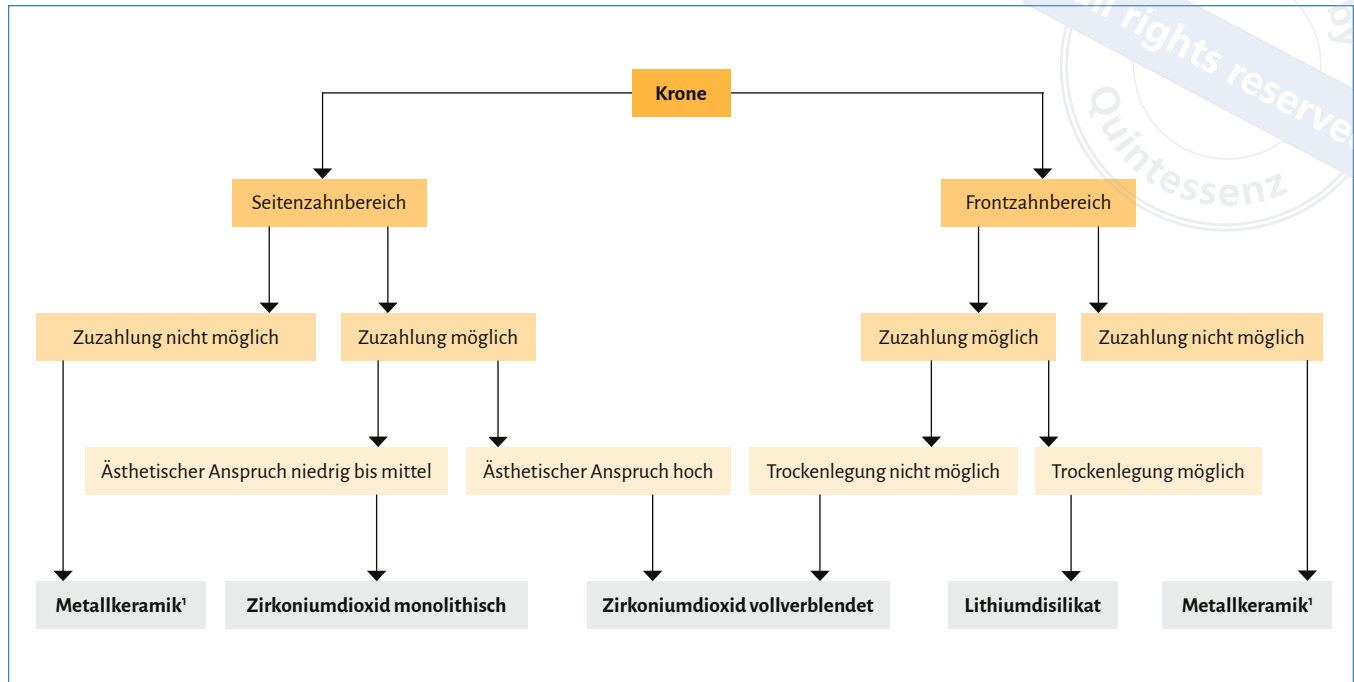


Abb. 2 Entscheidungsbaum Kronen

¹ Verblendung innerhalb der kassenrechtlichen Verblendgrenzen

auch die Hersteller sind an einer Veröffentlichung solcher Zahlen nicht interessiert. Da aber die meisten Wissenschaftler für die Studien auf Gelder der Industrie angewiesen sind, wird man quasi im vorausgehenden Gehorsam solche negativen Ergebnisse nicht veröffentlichen. Der Einfluss der Dentalindustrie auf die klinische Forschung zeigt sich auch im Bereich der Implantatprothetik. In zwei hochrangigen Zeitschriften dieses Fachgebiets waren 83 % aller veröffentlichten Studien von der Industrie finanziert¹⁶. Ein anderes Review stellte einen signifikanten Zusammenhang zwischen industriefinanzierten Studien und einem positiven Outcome bei Implantatversorgungen fest⁶. Letztlich sind zu kurze Nachuntersuchungszeiträume immer schlecht für unsere Patienten und die Therapieentscheidung, da niemand sagen kann, was später passieren wird. Gerade bei Materialien, die schon deutlich länger auf dem Markt und noch immer verfügbar sind, ist Vorsicht geboten. Würden diese wirklich gut funktionieren, sollten die Hersteller auch ein großes Interesse daran haben, dass diese Daten publiziert werden. Wenn dies nicht der Fall ist, kann und muss sich jeder selbst seine Meinung bilden.

Ein weiterer kritischer Punkt bei der Betrachtung der Evidenz ist, dass bei den Materialien unterschiedliche Generationen mit unterschiedlichen Eigenschaften untersucht und Materialien bei unterschiedlichen klinischen Indikationen angewendet wurden. Die Frage der Generation betrifft insbesondere Zirkoniumdioxid, das gerade aufgrund veränderter Massenanteile von Yttrium stark abweichende Eigenschaften aufweist. So liegt die Biegefestigkeit der dritten Generation

(5 Y-TZP) deutlich unter der Biegefestigkeit der vierten Generation (4 Y-TZP). Daher sind Studienergebnisse beider Generationen nur sehr bedingt vergleichbar. Auch spezifische Modifikationen wie ausgeprägte Transluzenz (HT) oder mehrere Farbschichten (Multilayer) können sich auf die Biegefestigkeit und potenziell auf das Überleben auswirken.

Darüber hinaus müssen die Ergebnisse hinsichtlich der klinischen Indikation kritisch betrachtet werden. Während die einzelne Krone klar definiert ist und sich nur in der Lokalisation, vor allem Front- oder Seitenzahngebiet, unterscheidet, besteht bei Brücken ein deutlich größerer Spielraum. Bei ihnen kommt es vor allem auf die Zahl der zu ersetzenden Zähne an. Für den Ersatz eines fehlenden Zahns im Sinne einer dreigliedrigen Brücke ist die Datenlage für alle untersuchten Materialien zufriedenstellend. Wenn aber mehr Zähne ersetzt werden sollen, dann ist die Datenlage für mehr als dreigliedrige und auch für mehrspannige vollkeramische Brücken derzeit nicht ausreichend, sodass in solchen Fällen metallkeramischen Restaurationen der Vorzug gegeben werden sollte. Ein Grund dafür mag auch sein, dass die Hersteller die maximale Ausdehnung einer vollkeramischen Brücke im Sinne der Risikominimierung einschränken. Die vorgegebenen Indikationsbereiche der Hersteller sollten nur in klinischen Studien mit entsprechender Aufklärung und Einwilligung der Patienten überschritten werden, aber nicht in der zahnärztlichen Praxis.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass gerade im Praxisalltag ausschließlich bewährte Materialien eingesetzt werden sollten. Zum Testen neuer Materialien und zur Bereitstellung ausreichender Evidenz

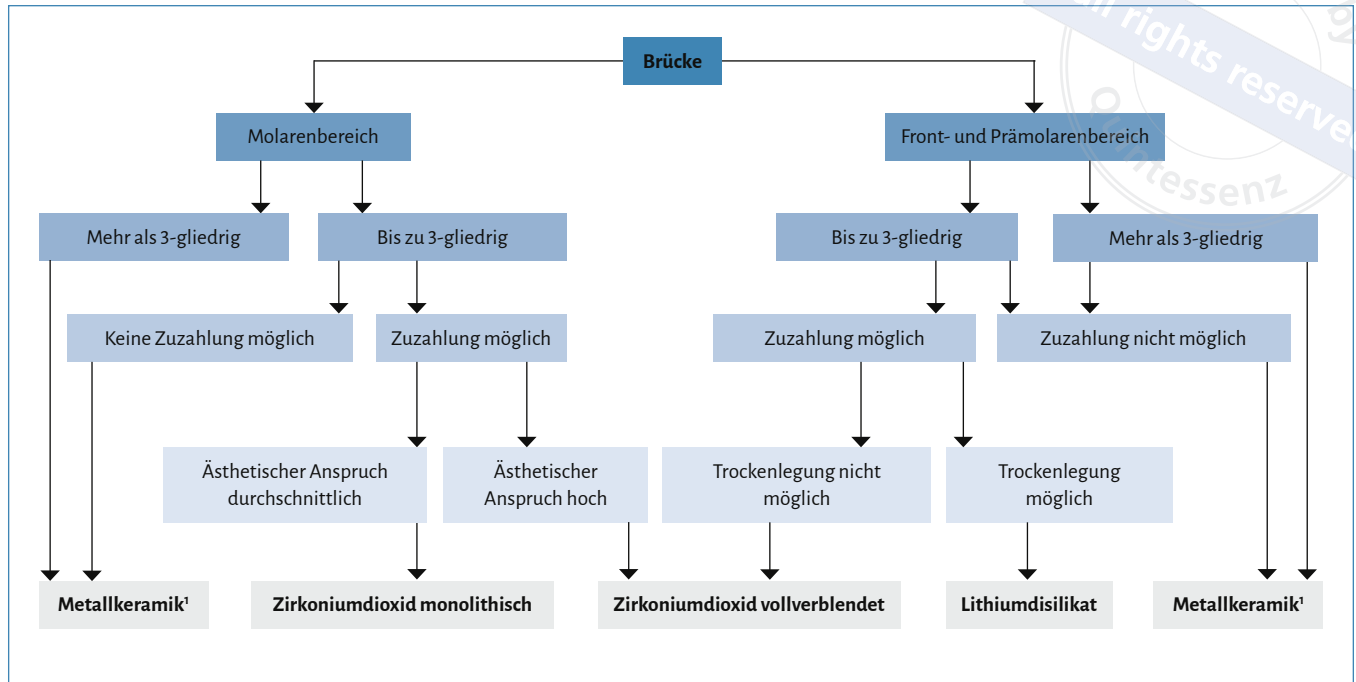


Abb. 3 Entscheidungsbaum Brücken
 ¹ Verblendung innerhalb der kassenrechtlichen Verblendgrenzen

sind eher Forschungseinrichtungen wie Universitätskliniken geeignet, die in der Regel die Patienten auch adäquat auf die Risiken vorbereiten und aufklären. Es mag nachvollziehbar sein, dass man in der Praxis auch am „Puls der Zeit“ sein möchte und die Patienten von den neuesten Innovationen profitieren lassen will. Aber dieser positive Ansatz ist trügerisch. Tatsächlich verlässt man sich auf wenig aussagekräftige Daten der Hersteller und im Wesentlichen auf Werbeversprechen. Die Patienten werden dann zu „Versuchskaninchen“. Dies mag häufig gutgehen, aber eben nicht immer. Möchte man das Risiko wirklich eingehen und die Patienten potenziell gefährden, insbesondere, wenn der versprochene Mehrwert gering ist?

Einflussfaktoren für den Therapieerfolg

Neben den oben genannten Aspekten wie Indikationsbereich und Herstellerfreigabe gibt es zahlreiche weitere Faktoren, die den Therapieerfolg beeinflussen können.

Das beginnt bereits in der Anamnese. So ist ein wahrscheinlich vorliegender Bruxismus ein kritischer Punkt. Auch wenn die Datenlage keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Versagen vollkeramischer Restaurationen und Bruxismus feststellen konnte³³, wird doch zumindest die Anfertigung einer Aufbissschiene empfohlen²¹. Auch die Antagonistensituation sollte Beachtung finden. Aufgrund der verminderten Mechanorezeption bei implantatgetragenen Kronen²⁶ ist ein erhöhtes Risiko eines okklusalen Traumas durch eine Zirkoniumdioxidkrone für

den Antagonisten denkbar. Ein systematisches Review von Pjetursson et al.⁵³ bestätigt, dass bei implantatgetragenen Brücken technische Komplikationen signifikant häufiger auftreten.

Weiterhin ist die materialgerechte Präparation ein wesentlicher Faktor für den Therapieerfolg. So ist beispielsweise bei Kronen aus Zirkoniumdioxid der Präparationswinkel ein relevantes Detail für die Passung und die Bruchlast⁸. Die ausgeprägte Hohlkehle ist der seichten Hohlkehle und der Tangentialpräparation deutlich überlegen. Ob die Präparation digital oder konventionell abgeformt wird, hat hingegen offensichtlich keinen Einfluss auf die Passung der Restauration^{76, 91}.

Beim anschließenden Design und bei der Bearbeitung der Restauration gibt es weitere Faktoren, die den Therapieerfolg beeinflussen können. Neben der ausreichenden Schichtstärke des Materials spielt bei Brücken auch die Gestaltung des Verbinders zwischen Kronen und Zwischengliedern eine große Rolle. Können gerade bei vollkeramischen Restaurationen die entsprechenden Herstellervorgaben nicht eingehalten werden, nimmt das Risiko für Frakturen deutlich zu. Diese Herstellervorgaben variieren erheblich zwischen den Keramikklassen und selbst innerhalb einer Keramikart. So werden zwischen 7–16 mm² für beispielhafte Vertreter der zweiten Generation von Zirkoniumdioxid (Ceron, DC Zirkon, Lava) und 12–20 mm² für die Lithiumdisilikatkeramik „Empress II“ (Ivoclar) empfohlen⁵⁶. Neben der Fläche des Querschnitts ist insbesondere auch die Höhe der Verbinders entscheidend. Je mehr Zwischenglieder geplant sind, desto höher muss dieser gestaltet sein, sodass die Höhe der klinischen Krone ein limitierender Faktor sein

kann. Als Minimum wird eine Verbinderhöhe von 4 mm für Brücken aus Lithiumdisilikat und von 3 mm für Brücken aus Zirkoniumdioxid empfohlen³.

Bei der Nachbearbeitung der Restauration im Labor und in der Praxis müssen ebenfalls gewisse Punkte beachtet werden. Das relativ einfache Aufbrennen einer Glasur nach dem Einschleifen keramischer Restaurationen wirkt sich beispielsweise negativ auf die mechanischen Eigenschaften aus und verursacht einen stärkeren Abrieb am Antagonisten als eine manuelle Politur⁹⁸. Die Bearbeitung sollte auch immer unter Wasserkühlung oder mit niedriger Umdrehungsgeschwindigkeit (6.000 U/Min) mit einem Diamantinstrument erfolgen. Bei Hitzeentwicklung nimmt die Bruchgefahr bei keramischen Restaurationen zu. Speziell bei Zirkonoxid kommt es zu einer vorzeitigen Phasenumwandlung der tetragonalen „Reserve“. Aber auch Silikatkeramiken verändern unter Temperatureinfluss ihre Kristallstruktur.

Ist die Krone fertiggestellt, eingeschliffen und poliert, stellt das korrekte Zementieren eine weitere Weiche für den langfristigen Erfolg der Restauration. Bei den Silikatkeramiken ist es möglich, durch das Herauslösen der Glasphase mit Flusssäure einen adhäsiven Verbund mittels dualhärtenden Kompositbefestigungsmaterials zu erzielen. Die adhäsive Zementierung zeigt eine signifikante Erhöhung der Bruchlast bei Lithiumdisilikat-, Feldspat- und Hybridkeramik, während die mechanische Festigkeit der Restaurationen aus Oxidkeramiken sich durch adhäsives Befestigen nicht steigern lässt⁶⁸.

Letztlich ist für eine gelungene Ästhetik nicht nur die Materialauswahl entscheidend; die Farbe des Zahnstumpfes, die präparierte Schichtdicke inklusive subgingival liegender Präparationsgrenze, die richtige Farbbestimmung und Kommunikation mit dem Labor, die Gestaltung und Politur durch die Zahntechnik sowie nicht zuletzt die Erwartungen der Patienten sind ebenso ausschlaggebend.

Entscheidungsfindung für die Materialwahl

Bei der Entscheidung über das „richtige“ Material in der jeweiligen klinischen Situation sind neben den Überlebens- und Erfolgsraten verschiedene weitere Kriterien zu berücksichtigen. Relevant sind unter anderem auch der Indikationsbereich, die mechanischen Eigenschaften, die Kosten und die zu erwartende Ästhetik (Tab. 3, Abb. 4). Sicherlich unterscheiden sich die verschiedenen Materialien auch in der Verarbeitbarkeit. Dieser Aspekt ist aber für Patienten nicht relevant. Daher sollte er nicht im Vordergrund der Entscheidungsfindung stehen.

Da so viele unterschiedliche Aspekte bezüglich Nutzen und Risiken individuell betrachtet, bewertet und gewichtet werden sollten, müssen auch die Werte und Vorstellungen der Patienten ein essenzieller Bestandteil in diesem Prozess sein^{7,74}. Die Entscheidungen sind daher prädestiniert für einen Ansatz, der den Patienten einbezieht⁶⁴. Die Einbeziehung der Patienten in den Entscheidungsfindungsprozess ist aus

verschiedenen Gründen notwendig und sinnvoll. Dazu zählen zunächst ethische und gesetzliche Vorgaben. So wird vom British General Medical Council in seinen Richtlinien darauf hingewiesen, dass grundsätzlich jede Anstrengung unternommen werden sollte, die individuelle Freiheit des Willens zu unterstützen²³. Darüber hinaus wird in den Richtlinien gefordert, dass es in der eigenen Verantwortung der Patienten liegt, sich zu informieren, bevor sie medizinische Entscheidungen treffen. In Deutschland ist gesetzlich geregelt, dass die Entscheidung hinsichtlich Art und Umfang jeder medizinischen Behandlung der Mitwirkung des Patienten bedarf und dass Patienten auch wirksam einwilligen müssen⁹.

Doch die Einbeziehung der Patienten in die Entscheidungsfindung ist nicht nur eine gesetzliche Forderung, sie ist auch ein wichtiger Faktor für den Therapieerfolg. Zwar ist die Datenlage in der Zahnmedizin dazu bisher noch unzureichend, doch zeigen Studien aus anderen medizinischen Bereichen, dass durch die aktive Einbeziehung der Patienten in die Entscheidungsfindung nicht nur die Zufriedenheit mit dem Entscheidungsfindungsprozess an sich, sondern auch die langfristige Zufriedenheit mit dem Therapieergebnis zunimmt³⁵.

Letztlich bedarf eine aktive Einbeziehung der Patienten auch einer umfassenden Information der Zahnärzte und nachfolgend der Patienten, um die wissenschaftliche Evidenz und Versprechen von Herstellern voneinander abgrenzen und individuell bewerten zu können. So sind die von Herstellern versprochenen Vorteile der Hybridmaterialien gegenüber einer Zirkoniumdioxid- oder Lithiumdisilikatkeramik für Patienten kaum ersichtlich. Der potenzielle Vorteil einer Zeitersparnis bei der Herstellung wird unter Umständen durch späteres Reparieren oder Rezementieren der Restauration wieder aufgehoben.

FAZIT

Da die Evidenz zu den unterschiedlichen Materialien für festsitzenden Zahnersatz begrenzt ist und viele Faktoren den Therapieerfolg beeinflussen können, ist eine generelle Empfehlung für ein Material nicht möglich. Stattdessen bedarf es eines Portfolios an Materialien, um indikationsgerecht und unter Beachtung der Präferenzen der Patienten ein größtmögliches Spektrum an Situationen abdecken zu können. Gleichzeitig sollten die Fehlermöglichkeiten minimiert werden, die sich aus falscher Präparation oder Handhabung ergeben können. Daher ist es für die Praxis sinnvoll, sich auf ein festes Portfolio an Materialien zu beschränken. So können standardisierte Abläufe zu einer hohen Qualität und einer niedrigen Fehlerquote führen²⁰.

Für eine indikationsgerechte, wirtschaftliche und evidenzbasierte Versorgung mit festsitzendem Zahnersatz sollte das Portfolio nicht nur vollkeramische Materialien aus Lithiumdisilikat sowie monolithischem und verblendetem Zirkoniumdioxid umfassen, sondern auch Metallkeramik. Die Gründe dafür liegen zum einen im ökonomischen Bereich, da vollkeramischer Zahnersatz nicht zur Regelversorgung gehört. Darüber

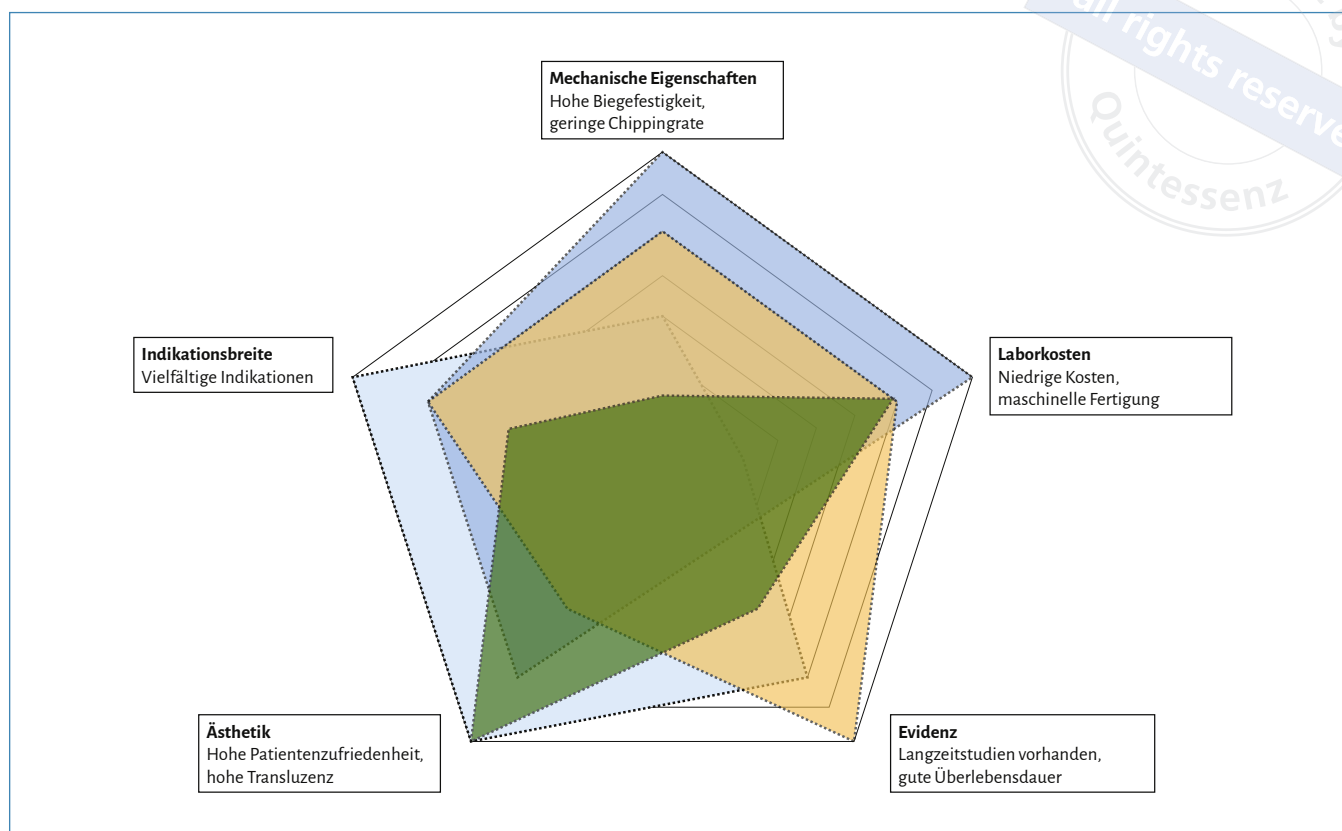


Abb. 4 Übersicht Materialeigenschaften (◊ Zirkoniumdioxid verblendet, ◊ Zirkoniumdioxid monolithisch, ◊ Metallkeramik, ◊ Lithiumdisilikat)

hinaus lassen sich größere Brückenspannen bisher nur mit Metallkeramik versorgen.

Bei der Wahl des zu verwendenden Materials kann man sich an einem Entscheidungsbaum orientieren (Abb. 2 und 3). Als erster Faktor ist die Lage relevant, ob es sich also um Zahnersatz im ästhetisch relevanten Bereich handelt oder nicht. Bei Brücken muss dann noch die Zahl der ersetzten Zähne einbezogen werden. Neben diesen klinischen Aspekten spielen auch patientenbezogene Aspekte eine große Rolle. Inwieweit eine Zuzahlung geleistet werden kann und wie hoch die ästhetischen Ansprüche sind, beeinflusst die Materialwahl. Und letztlich spielt auch die Frage der Befestigung eine gewisse Rolle, da speziell für Lithiumdisilikat eine adhäsive Befestigung empfohlen wird, für die aber eine absolute Trockenlegung notwendig ist. So ist beispielsweise für den Einzelzahnersatz im Frontzahnbereich mit unzureichender Trockenlegung eine Brücke mit einem verblendeten Gerüst aus Zirkoniumdioxid das Mittel der Wahl, wenn die entsprechende Zuzahlung bei Kassenpatienten möglich ist. Bei Brücken mit mehr als drei Gliedern ist Metallkeramik die sicherste Variante, auch wenn monolithisches Zirkoniumdioxid gerade im Seitenzahngebiet zunehmend Anwendung findet. Das erhöhte Risiko für Misserfolge durch Überschreitung des Indikationsspektrums der Hersteller, unzureichende

wissenschaftliche Evidenz und Schwierigkeiten beim Design wie der ausreichenden Dimensionierung der Verbinder müssen dann auch in die Entscheidungsfindung einfließen und den Patienten explizit vermittelt werden.

Die verschiedenen untersuchten Materialien haben alle ihre Stärken und Schwächen (Abb. 4, Tab. 3). Darüber hinaus stellen auch die Verarbeitungstechniken Zahnärzte und Zahntechniker vor eine immense Herausforderung. Daher müssen auch diese Aspekte in der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden. Denn letztlich spielen auch die klinische Erfahrung und die Expertise eine nicht zu unterschätzende Rolle für den Behandlungserfolg⁶³.

Auch wenn laufend neue Materialien auf den Markt kommen und von den Herstellern angepriesen werden: Für die Praxis ist Vorsicht geboten. Die potenziellen Verbesserungen sind häufig gering. Die bestehenden Risiken lassen sich aber ohne klinische Studien nicht abschätzen. Solche Studien liegen aber noch nicht vor, wenn die Materialien neu auf dem Markt sind. Ein Beispiel ist die dritte Generation von Zirkoniumdioxid. Die Versprechen einer hohen Ästhetik wurden letztlich mit einer unzureichenden Bruchfestigkeit erkaufte. Daher musste zeitnah die vierte Generation entwickelt werden. Es ist nachvollziehbar, dass man seinen Patienten den aktuellen Stand der Technik und

Tab. 3 Kurzübersicht: Die vier beliebtesten Materialien für festsitzenden Zahnersatz

| Material | Biegefestigkeit | Laborkosten | Evidenz | Ästhetik | Indikationsbreite |
|------------------------------|--|---|--|------------|--|
| Zirkoniumdioxid verblendet | Gerüst ca. 1.000 MPa (bis 1.200 MPa) ¹ [83] | 314 EUR ² | Kronen: 5 Jahre 94–98 % Brücken: 10 Jahre 90 % | sehr gut | Kronen, Brücken, Front- und Seitenzahnbereich |
| Zirkoniumdioxid monolithisch | 850–1.100 MPa (z.B. 3. Generation: 300–650 MPa; 4. Generation: 800–950 MPa) [83] | CAD/CAM-Fertigung 182 EUR ² | Kronen: 3 Jahre bis zu 100 % Brücken: keine Langzeitdaten | gut | Kronen, Brücken, eher Seitenzahnbereich |
| Metallkeramik | 630 MPa ¹ [78] | 288 EUR ² | Studien bis zu 25 Jahre, Goldstandard | akzeptabel | Kronen, Brücken mehr als dreigliedrig, Regelversorgung |
| Lithiumdisilikat | 500 MPa [84] | CAD/CAM-Fertigung 289 EUR ² | Kronen: 10 Jahre 83–94 % Brücken: 10 Jahre 51 % | sehr gut | Kronen, Brücken nur zum Ersatz 1. Prämolaren |

1 Chipping möglich

2 Aktuelle Laborpreise 2022 für eine Einzelkrone von fünf Laboren und Fräszentren, gemittelt

Wissenschaft bieten möchte, aber dennoch sollten in der Praxis nur Materialien mit ausreichender klinischer Bewährung verwendet werden. Schließlich streben wir im Sinne unserer Patienten einen sicheren und langfristigen klinischen Erfolg unserer Behandlung an. Dies ist auch ein Garant für die Zufriedenheit unserer Patienten.

INTERESSENKONFLIKT

Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

LITERATUR

- Al Moaleem MM, Alkhayrat FM, Madkhali HA et al.: Subjective differences between dentists and patients about relative quality of metal ceramic restorations placed in the esthetic zone. *J Contemp Dent Pract* 2017; 18: 112–116
- Aziz A, El-Mowafy O, Tenenbaum HC, Lawrence HP, Shokati B: Clinical performance of chairside monolithic lithium disilicate glass-ceramic CAD-CAM crowns. *J Dent Esthetic Rest* 2019; 31: 613–619
- Bahat Z, Mahmood D, von Steyern V: Fracture strength of three-unit fixed partial denture cores (Y-TZP) with different connector dimension and design. *Swedish Dent J* 2009; 33: 149
- Baixauli-López M, Roig-Vanaclocha A, Amengual-Lorenzo J, Agustín-Panadero R: Prospective study of monolithic zirconia crowns: clinical behavior and survival rate at a 5-year follow-up. *J Prosthodont Res* 2021; 65: 284–290
- Baldissara P, Llukacej A, Ciocca L, Valandro FL, Scotti R: Translucency of zirconia copings made with different CAD/CAM systems. *J Prosthet Dent* 2010; 104: 6–12
- Balevi B: Industry sponsored research may report more favourable outcomes. *Evidence-Based Dent* 2011; 12: 5–6
- Barratt A: Evidence based medicine and shared decision making: the challenge of getting both evidence and preferences into health care. *Patient Educ Couns* 2008; 73: 407–412
- Beuer F, Aggstaller H, Richter J, Edelhoff D, Gernet W: Influence of preparation angle on marginal and internal fit of CAD/CAM-fabricated zirconia crown copings. *Quintessence Int* 2009; 40: 243–250
- Bundesministerium für Gesundheit und Bundesministerium für Justiz: Patientenrechte in Deutschland. Berlin und Bonn 2007
- Bundesvereinigung BuK: Das Dental Vademekum, 9. Ausgabe, Köln 2007
- Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung: Jahrbuch 2022: Statistische Basisdaten zur vertragszahnärztlichen Versorgung. Köln 2022
- De Backer H, Van Maele G, De Moor N, Van den Berghe L, De Boever J: An 18-year retrospective survival study of full crowns with or without posts. *Int J Prosthodont* 2006; 19: 143–153
- de Souza Melo G, Batistella EA, Bertazzo-Silveira E et al.: Association of sleep bruxism with ceramic restoration failure: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* 2018; 119: 354–362
- Dettinger J, Pfefferkorn F, Reiss B: Vollkeramische Restaurationen in der niedergelassenen Praxis: Wie werden Werkstoffe ausgewählt? Was hat sich bewährt? *Quintessenz* 2019; 70: 1222–1230
- Dettinger J, Pfefferkorn F, Reiss B: 55 Einblicke in den Markt für festsitzende Restaurationen (Studienergebnisse der AG Keramik). <https://www.zm-online.de/artikel/2022/regenerative-therapien/digitale-herstellung-vollkeramik-und-zirkonoxid-weiter-im-trend>: Arbeitsgemeinschaft Keramik in der Zahnheilkunde
- Dini C, Pereira MMA, Souza JGS, Shibli JA, de Avila ED, Barão VAR: Association between industry support and the reporting of study outcomes in randomized clinical trials of dental implant research from the past 20 years. *Clin Impl Dent Related Res* 2022; 24: 94–104
- Elsaka SE: Optical and mechanical properties of newly developed monolithic multilayer zirconia. *J Prosthodont* 2019; 28: e279–e284
- Elsayed A, Meyer G, Wille S, Kern M: Influence of the yttrium content on the fracture strength of monolithic zirconia crowns after artificial aging. *Quintessence Int* 2019; 50: 344–348
- 3M Espe: Produktdatenblatt 3M™ Lava™ Ultimate CAD/CAM Restaurationsmaterial für CEREC®/inLab™. 2019
- Faggion Jr CM, Tu Y-K: Standard operating procedures approach for the implementation of the evidence-based dentistry concept in dental practice. *Journal of Evidence Based Dental Practice* 2007; 7: 102–107
- Faus-Matoses V, Ruiz-Bell E, Faus-Matoses I, Özcan M, Salvatore S, Faus-Llacer VJ: An 8-year prospective clinical investigation on the survival rate of feldspathic veneers: influence of occlusal splint in patients with bruxism. *J Dent* 2020; 99: 103352
- Gehrt M, Wolfart S, Rafai N, Reich S, Edelhoff D: Clinical results of lithium-disilicate crowns after up to 9 years of service. *Clin Oral Investig* 2013; 17: 275–284
- General Medical Council: Consent: patients and doctors making decisions together. London 2008
- Gierthmühlen P, Jerg A, Spitznagel F: S3-Leitlinie Vollkeramische Kronen und Brücken. Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. 2021
- Habibi Y, Dawid MT, Waldecker M, Rammelsberg P, Bomicke W: Three-year clinical performance of monolithic and partially veneered zirconia ceramic fixed partial dentures. *J Esthetic Rest Dent* 2020; 32: 395–402

26. Hämmerle C, Wagner D, Brägger U et al.: Threshold of tactile sensitivity perceived with dental endosseous implants and natural teeth. *Clin Oral Implant Res* 1995; 6: 83–90
27. Harada K, Raigrodski AJ, Chung K-H, Flinn BD, Dogan S, Mancl LA: A comparative evaluation of the translucency of zirconias and lithium disilicate for monolithic restorations. *J Prosthet Dent* 2016; 116: 257–263
28. Heintze SD, Rousson V: Survival of zirconia- and metal-supported fixed dental prostheses: a systematic review. *Int J Prosthodont* 2010; 23: 493–502
29. Herrguth M, Wichmann M, Reich S: The aesthetics of all-ceramic veneered and monolithic CAD/CAM crowns. *J Oral Rehab* 2005; 32: 747–752
30. Herschfeld JJ: Charles H. Land and the science of porcelain in dentistry. *Bull Hist Dent* 1986; 34: 48–54
31. Homaei E, Farhangdoost K, Pow EHN, Matinlinna JP, Akbari M, Tsoi JKH: Fatigue resistance of monolithic CAD/CAM ceramic crowns on human premolars. *Ceramics International* 2016; 42: 15709–15717
32. Hosseini M, Worsaae N, Schjødt M, Gotfredsen K: A 1-year randomised controlled trial comparing zirconia versus metal-ceramic implant-supported single-tooth restorations. *Eur J Oral Implantol* 2011; 4: 347–361
33. Ioannidis A, Bindl A: Clinical prospective evaluation of zirconia-based three-unit posterior fixed dental prostheses: up-to ten-year results. *J Dent* 2016; 47: 80–85
34. Ishikawa-Nagai S, Yoshida A, Sakai M, Kristiansen J, Da Silva JD: Clinical evaluation of perceptibility of color differences between natural teeth and all-ceramic crowns. *J Dent* 2009; 37: e57–e63
35. Joosten EA, DeFuentes-Merillas L, de Weert GH, Sensky T, van der Staak CP, de Jong CA: Systematic review of the effects of shared decision-making on patient satisfaction, treatment adherence and health status. *Psychotherapy and psychosomatics* 2008; 77: 219–226
36. Jordan AR, Micheelis W: Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV). Köln 2016
37. Kern M, Passia N, Sasse M, Yazigi C: Ten-year outcome of zirconia ceramic cantilever resin-bonded fixed dental prostheses and the influence of the reasons for missing incisors. *J Dent* 2017; 65: 51–55
38. Kern M, Sasse M, Wolfart S: Ten-year outcome of three-unit fixed dental prostheses made from monolithic lithium disilicate ceramic. *J Am Dent Assoc* 2012; 143: 234–240
39. Kim M-J, Ahn J-S, Kim J-H, Kim H-Y, Kim W-C: Effects of the sintering conditions of dental zirconia ceramics on the grain size and translucency. *J Advanced Prosth* 2013; 5: 161–166
40. Komine F, Honda J, Kusaba K, Kubochi K, Takata H, Fujisawa M: Clinical outcomes of single crown restorations fabricated with resin-based CAD/CAM materials. *J Oral Sci* 2020; 62: 353–355
41. Kwon SJ, Lawson NC, McLaren EE, Nejat AH, Burgess JO: Comparison of the mechanical properties of translucent zirconia and lithium disilicate. *J Prosthet Dent* 2018; 120: 132–137
42. Lops D, Mosca D, Casentini P, Ghisolfi M, Romeo E: Prognosis of zirconia ceramic fixed partial dentures: a 7-year prospective study. *Int J Prosthodont* 2012; 25: 21–23
43. Makhija SK, Lawson NC, Gilbert GH et al.: Dentist material selection for single-unit crowns: findings from the National Dental Practice-Based Research Network. *J Dent* 2016; 55: 40–47
44. Marquardt P, Strub JR: Survival rates of IPS empress 2 all-ceramic crowns and fixed partial dentures: results of a 5-year prospective clinical study. *Quintessence Int* 2006; 37: 253–259
45. McLean JW, Sead I: The bonded alumina crown. 1. The bonding of platinum to aluminous dental porcelain using tin oxide coatings. *Aust dent J* 1976; 21: 119–127
46. Mitteilungen RZ: Lava Ultimate nicht mehr für Kronen verwenden. Bundeszahnärztekammer, Arbeitsgemeinschaft der Deutschen Zahnärztekammern e. V. Berlin 2015
47. Nakamura K, Harada A, Inagaki R et al.: Fracture resistance of monolithic zirconia molar crowns with reduced thickness. *Acta Odontologica Scandinavica* 2015; 73: 602–608
48. Nápánkangas R, Raustia A: An 18-year retrospective analysis of treatment outcomes with metal-ceramic fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2011; 24: 314–319
49. Nejatidanesh F, Moradpoor H, Savabi O: Clinical outcomes of zirconia-based implant- and tooth-supported single crowns. *Clin Oral Investig* 2016; 20: 169–178
50. Örtorp A, Kihl ML, Carlsson GE: A 5-year retrospective study of survival of zirconia single crowns fitted in a private clinical setting. *J Dent* 2012; 40: 527–530
51. Passia N, Chaar MS, Kern M: Outcome of posterior fixed dental prostheses made from veneered zirconia over an observation period of up to 13 years. *J Dent* 2019; 86: 126–129
52. Pieger S, Salman A, Bidra AS: Clinical outcomes of lithium disilicate single crowns and partial fixed dental prostheses: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2014; 112: 22–30
53. Pjetursson BE, Brägger U, Lang NP, Zwahlen M: Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported FDPs and single crowns (SCs). *Clin Oral Impl Res* 2007; 18: 97–113
54. Pjetursson BE, Sailer I, Zwahlen M, Hämmerle CH: A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part I: single crowns. *Clin Oral Implants Res* 2007; 18 Suppl 3: 73–85
55. Pontevedra P, Lopez-Suarez C, Rodriguez V, Pelaez J, Suarez MJ: Randomized clinical trial comparing monolithic and veneered zirconia three-unit posterior fixed partial dentures in a complete digital flow: three-year follow-up. *Clin Oral Investig* 2022; 26: 4327–4335
56. Raigrodski AJ: Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 2004; 92: 557–562
57. Rammelsberg P, Bermejo JL, Kappel S, Meyer A, Zenthöfer A: Long-term performance of implant-supported metal-ceramic and all-ceramic single crowns. *J Prosthet Res* 2020; 64: 332–339
58. Rauch A, Reich S, Dalchau L, Schierz O: Clinical survival of chair-side generated monolithic lithium disilicate crowns: 10-year results. *Clin Oral Investig* 2018; 22: 1763–1769
59. Rauch A, Schrock A, Schierz O, Hahnel S: Material preferences for tooth-supported 3-unit fixed dental prostheses: a survey of German dentists. *J Prosthet Dent* 2021; 126: 91.e91–91.e96
60. Rauch A, Schrock A, Schierz O, Hahnel S: Material selection for tooth-supported single crowns – a survey among dentists in Germany. *Clin Oral Investig* 2021; 25: 283–293
61. Reich S, Endres L, Weber C et al.: Three-unit CAD/CAM-generated lithium disilicate FDPs after a mean observation time of 46 months. *Clin Oral Investig* 2014; 18: 2171–2178
62. Reichen-Graden S, Lang N: Periodontal and pulpal conditions of abutment teeth. Status after four to eight years following the incorporation of fixed reconstructions. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1989; 99: 1381–1385
63. Reissmann DR: Dental patient-reported outcome measures are essential for evidence-based prosthetic dentistry. *J Evid Based Dent Pract* 2019; 19: 1–6
64. Reissmann DR, Bellows JC, Kasper J: Patient preferred and perceived control in dental care decision making. *JDR Clin Trans Res* 2019; 4: 151–159
65. Reitemeier B, Hänsel K, Range U, Walter MH: Prospective study on metal ceramic crowns in private practice settings: 20-year results. *Clin Oral Investig* 2019; 23: 1823–1828
66. Rinke S, Kramer K, Bürgers R, Roediger M: A practice-based clinical evaluation of the survival and success of metal-ceramic and zirconia molar crowns: 5-year results. *J Oral Rehabil* 2016; 43: 136–144
67. Rinke S, Wehle J, Schulz X, Bürgers R, Roediger M: Prospective evaluation of posterior fixed zirconia dental prostheses: 10-year clinical results. *Int J Prosthodont* 2018; 31: 35–42
68. Rohr N, Martin S, Fischer J: Correlations between fracture load of zirconia implant supported single crowns and mechanical properties of restorative material and cement. *Dent Mater J* 2018; 37: 222–228
69. Rosa M, Olimpo A, Fastuca R, Caprioglio A: Perceptions of dental professionals and laypeople to altered dental esthetics in cases with congenitally missing maxillary lateral incisors. *Progress in orthodontics* 2013; 14: 1–7
70. Rosenritt M, Preis V, Behr M, Strasser T: Fatigue and wear behaviour of zirconia materials. *J Mech Behav Biomed Mater* 2020; 110: 103970
71. Sailer I, Pjetursson BE, Zwahlen M, Hämmerle CH: A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part II: fixed dental prostheses. *Clinical oral implants research* 2007; 18: 86–96
72. Sailer I, Stradling M, Valente NA, Zwahlen M, Liu S, Pjetursson BE: A systematic review of the survival and complication rates of zirconia-ceramic and metal-ceramic multiple-unit fixed dental prostheses. *Clin Oral Impl Res* 2018; 29 Suppl 16: 184–198
73. Santos F, Branco A, Polido M, Serro AP, Figureido-Pina CG: Comparative study of the wear of the pair human teeth/Vita Enamic(R) vs. commonly used dental ceramics through chewing simulation. *J Mech Behav Biomed Mater* 2018; 88: 251–260

74. Say RE, Thomson R: The importance of patient preferences in treatment decisions – challenges for doctors. *BMJ* 2003; 327: 542–545
75. Schepke U, Meijer HJ, Vermeulen KM, Raghoobar GM, Cune MS: Clinical bonding of resin nano ceramic restorations to zirconia abutments: a case series within a randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2016; 18: 984–992
76. Seelbach P, Brueckel C, Wostmann B: Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clin Oral Investig* 2013; 17: 1759–1764
77. Shahmiri R, Standard OC, Hart JN, Sorrell CC: Optical properties of zirconia ceramics for esthetic dental restorations: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2018; 119: 36–46
78. Sharma AK, Gupta D: On microstructure and flexural strength of metal-ceramic composite cladding developed through microwave heating. *Applied Surface Science* 2012; 258: 5583–5592
79. Solá-Ruiz MF, Lagos-Flores E, Román-Rodríguez JL, Del Rio Highsmith J, Fons-Font A, Granell-Ruiz M: Survival rates of a lithium disilicate-based core ceramic for three-unit esthetic fixed partial dentures: a 10-year prospective study. *Int J Prosthodont* 2013; 26: 175–180
80. Sorrentino R, De Simone G, Tetè S, Russo S, Zarone F: Five-year prospective clinical study of posterior three-unit zirconia-based fixed dental prostheses. *Clin Oral Investig* 2012; 16: 977–985
81. Souza R, Barbosa F, Araújo G et al.: Ultrathin monolithic zirconia veneers: reality or future? Report of a clinical case and one-year follow-up. *Oper Dent* 2018; 43: 3–11
82. Spies BC, Patzelt SBM, Vach K, Kohal RJ: Monolithic lithium-disilicate single crowns supported by zirconia oral implants: three-year results of a prospective cohort study. *Clin Oral Impl Res* 2016; 27: 1160–1168
83. Stawarczyk B, Keul C, Eichberger M, Figge D, Edelhoff D, Lumkemann N: Three generations of zirconia: from veneered to monolithic. Part I. *Quintessence Int* 2017; 48: 369–380
84. Stawarczyk B, Liebermann A, Rosentritt M, Povel H, Eichberger M, Lumkemann N: Flexural strength and fracture toughness of two different lithium disilicate ceramics. *Dent Mater J* 2020; 39: 302–308
85. Stawarczyk B, Özcan M, Hallmann L, Ender A, Mehl A, Hämmerlet CH: The effect of zirconia sintering temperature on flexural strength, grain size, and contrast ratio. *Clin Oral Investig* 2013; 17: 269–274
86. Sulaiman TA, Abdulmajeed AA, Donovan TE et al.: Optical properties and light irradiance of monolithic zirconia at variable thicknesses. *Dent Mater* 2015; 31: 1180–1187
87. Teichmann M, Göckler F, Weber V, Yildirim M, Wolfart S, Edelhoff D: Ten-year survival and complication rates of lithium-disilicate (Empress 2) tooth-supported crowns, implant-supported crowns, and fixed dental prostheses. *J Dent* 2017; 56: 65–77
88. Thoma DS, Sailer I, Ioannidis A, Zwahlen M, Makarov N, Pjetursson BE: A systematic review of the survival and complication rates of resin-bonded fixed dental prostheses after a mean observation period of at least 5 years. *Clin Oral Impl Res* 2017; 28: 1421–1432
89. Toman M, Toksavul S: Clinical evaluation of 121 lithium disilicate all-ceramic crowns up to 9 years. *Quintessence Int* 2015; 46: 189–197
90. Touati B, Miara P, Nathanson D: *Ästhetische Zahnheilkunde und keramische Restauration*. München 2001
91. Tsirogiannis P, Reissmann DR, Heydecke G: Evaluation of the marginal fit of single-unit, complete-coverage ceramic restorations fabricated after digital and conventional impressions: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* 2016; 116: 328–335. e322
92. Valenti M, Valenti A: Retrospective survival analysis of 261 lithium disilicate crowns in a private general practice. *Quintessence Int* 2009; 40: 573–579
93. Waldecker M, Behnisch R, Rammelsberg P, Bömicke W: Five-year clinical performance of monolithic and partially veneered zirconia single crowns – a prospective observational study. *J Prosthet Res* 2022; 66: 339–345
94. Walter MH, Rädcl M: *Inanspruchnahme und Ausgaben in der zahnmedizinischen Versorgung*. Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 2021; 64: 993–1000
95. Walton TR: A 10-year longitudinal study of fixed prosthodontics: clinical characteristics and outcome of single-unit metal-ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 1999; 12: 519–526
96. Walton TR: An up to 15-year longitudinal study of 515 metal-ceramic FPDs: Part 1. Outcome. *Int J Prosthodont* 2002; 15: 439–445
97. Weber H: *Edelmetallfreie (NEM) Kronen-, Brücken- und Geschiebeprothetik*. Berlin 1985
98. Wiedenmann F, Bohm D, Eichberger M, Edelhoff D, Stawarczyk B: Influence of different surface treatments on two-body wear and fracture load of monolithic CAD/CAM ceramics. *Clin Oral Investig* 2020; 24: 3049–3060
99. Zhang F, Inokoshi M, Batuk M et al.: Strength, toughness and aging stability of highly-translucent Y-TZP ceramics for dental restorations. *Dent Mater* 2016; 32: e327–e337

Material compass for fixed dentures — innovation vs. evidence. A practical guide

Keywords: all-ceramic restorations, clinical longterm-success, crown- and bridgework, material choice, metal-ceramic restorations

The choice of materials for fixed dental restorations has rapidly increased during the last two decades. Besides the well-proven metal-based restorations, there is a variety of all-ceramic materials available. Especially in the field of Zirconia materials, the modifications have been fast-paced.

This review aims to provide orientation amidst the myriad of options for the right material, regarding the development and technical characteristics of approved and new materials, as well as their success rates in different clinical indications. Taking other aspects into account, such as cost intensity and aesthetic expectations, we have developed flowcharts to simplify the choice of an appropriate material.



Uwe Diedrichs

Uwe Diedrichs Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

Julia Myrau Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

Prof. Dr. Daniel R. Reißmann Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde, Universitätsklinikum Leipzig

Kontakt: Uwe Diedrichs, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Martinistraße 52, 20246 Hamburg, E-Mail: u.diedrichs@uke.de

Abb. 1 bis 4: U. Diedrichs, J. Myrau, Porträtfoto: UKE Hamburg