



Zirkonoxide

Neue Materialentwicklungen und Anwendungsbereiche

Im zahnärztlichen Alltag stellt Zirkondioxidkeramik (ZrO_2) einen etablierten Werkstoff für die Herstellung zahnfarbener Restaurationen dar. Neben den bekannten Vorteilen einer guten Biokompatibilität und einer hohen Ästhetik zeigen Restaurationen aus ZrO_2 zudem eine hohe mechanische Festigkeit¹. Hierbei war bisher jedoch zur Verbesserung der Ästhetik häufig eine Verblendung zirkonoxidbasierter Versorgungen notwendig. Um ein Chipping (= Abplatzen der Keramik) weitestgehend zu vermeiden wird heutzutage eine rein vestibuläre Verblendung außerhalb lasttragender Bereiche empfohlen. Darüber hinaus ist es durch den völligen Verzicht auf Verblendungen bereits möglich, das Verblendfrakturrisiko komplett zu umgehen. Neben der Eliminierung des Chippings bieten monolithische (= aus einem Stück bestehende) Zirkonoxidkeramiken bei adäquater Politur hierbei zusätzlich den Vorteil, einen geringeren antagonistischen Verschleiß als keramisch verblendete Restaurationen aufzuweisen².

Für eine zunehmend monolithische Fertigung wurde aus ästhetischen Gründen eine Weiterentwicklung der Zirkonoxidkeramiken notwendig. Im Zuge dieser Entwicklung sind unterschiedliche Generationen entstanden, die sich nicht nur in ihren material- und lichteoptischen Eigenschaften sondern auch in den Anwendungsbereichen unterscheiden (Tab. 1).

Beigemengte Oxide (z.B. Al_2O_3 , Y_2O_3) haben Einfluss auf die Transluzenz sowie die mechanischen Eigenschaften dieses Werkstoffs. Hierbei kann Yttriumoxid (Y_2O_3) je nach beigefügter Menge das ZrO_2 in drei verschiedenen Phasen (tetragonal, monoklin, kubisch) stabilisieren. Durch eine mögliche Phasenumwandlung der tetragonalen Form kann eine Rissausbildung innerhalb der Keramik abgewendet werden. Ein hoher Anteil der tetragonalen Phase bei Raumtemperatur hat somit positiven Einfluss auf die Langzeitstabilität. Das geringe Volumen tetragonaler Oxide ist jedoch mit einer eingeschränkten Transluzenz verbunden. Die kubische Form der Kristalle hingegen weist ein größeres Volumen auf, wo-

Tab. 1 Übersicht über verfügbare ZrO₂-Materialien.

ZiO ₂ Generation	Lichtoptische Eigenschaften	Y ₂ O ₃ -Gehalt	Indikation*
Erste Generation	komplett opak schlechte lichtoptische Eigenschaften	3 mol%	Kronen und mehrgliedrige Brückenrestaurationen häufig verblendet
Zweite Generation	opak lichtoptische Eigenschaften besser als in erster Generation	3 mol%	Kronen und mehrgliedrige Brückenrestaurationen häufig verblendet
Dritte Generation	hochtransluzent gute lichtoptische Eigenschaften	5 mol%	Einzelzahnrestaurationen bis max. dreigliedrige Brücke monolithische Anwendung
Vierte Generation	transluzent gute lichtoptische Eigenschaften	4 mol%	Kronen- und Brücken monolithische Anwendung
Multilayer-Zirkonoxide	Verlauf von Farbe und Transluzenz im Blank gute ästhetische Ergebnisse	abhängig vom jeweiligen Layer 3 bzw. 5 mol%	weites Indikationsspektrum (häufig Einzelzahnrestaurationen bis max. dreigliedrige Brücke) monolithische Anwendung
Gedrucktes Zirkonoxid	innovatives Material wissenschaftliche Daten noch ausstehend	3 mol%	minimalinvasive Restaurationen, Einzelzahn- und Brückenkonstruktionen individuelle Keramikimplantate Keramikgerüst bei kranio-mandibulären Knochendefekten

*Materialspezifische Abweichungen möglich, deshalb bitte Herstellerangaben berücksichtigen.



Abb. 1a und b Vestibulär verblendete Klebebrücke aus ZrO₂ zum Ersatz von Zahn 23.

durch einfallendes Licht an den Korngrenzen weniger stark gestreut und gebrochen wird. Dadurch wird eine verbesserte Transluzenz und Ästhetik ermöglicht³.

ETABLIERTE ZIRKONOXID-GENERATIONEN

Die bereits etablierten ersten und zweiten ZiO₂-Generationen beinhalten einen Y₂O₃-Gehalt von 3 mol%, weshalb diese auch als 3Y-TZP Keramik (Y = Yttrium stabilisiert, T = tetragonal, Z = Zirkon, P = polykristallin) bezeichnet werden. Mit einem hohen Anteil der tetragonalen

Phase (98 %) weist die erste Generation eine hohe Festigkeit (1.000–1.200 MPa) und eine damit verbundene geringe Transluzenz auf⁴. Bereits die zweite Generation zeigt mit einem verringerten Anteil der tetragonalen Phase sowie einem geringeren Al₂O₃-Gehalt verbesserte lichtoptische Eigenschaften^{2,5}. Dies geht allerdings mit einer geringeren Festigkeit einher (900–1.000 MPa). Eine optimale Farbanpassung kann durch eine vestibuläre Verblendung erfolgen (Abb. 1). Hierbei ist auch ohne okklusale Verblendung eine anatome Gestaltung der Kaufläche umsetzbar (Abb. 2).



Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4

Abb. 2 Anatoforme Gestaltung unverblender ZrO₂-Restaurationen [37: zahngetragene Einzelzahnkrone, 36-x-34 Hybridbrücke].

Abb. 3 Monolithische Frontzahnkrone aus Multilayer-ZrO₂ mit sichtbarem Farbverlauf innerhalb der Restauration.

Abb. 4 Ultradünne gedruckte ZrO₂-Einzelzahnkronen. (Foto: Dr. Daniel Bomze, Fa. Lithoz, Wien, Österreich)

Die weiterentwickelte dritte Generation (5Y-TZP) beinhaltet 5 mol% Y₂O₃, wodurch das ZrO₂ zu gleichen Teilen in der kubischen als auch in der tetragonalen Form (jeweils ca. 50 %) vorliegt. Hierdurch weist diese Generation deutlich verbesserte lichtoptische Eigenschaften auf und kann deshalb auch im Frontzahnbereich monolithisch verwendet werden. Die verbesserte Transluzenz geht allerdings mit einer stark verminderten Festigkeit einher (500–650 MPa)³.

Die darauffolgende vierte Generation (4Y-TZP) zeigt durch eine Reduzierung der kubischen Anteile zwar eine geringere Transluzenz als die dritte Generation, weist dafür aber auch eine erhöhte Biegefestigkeit (800–950 MPa) auf. Hierdurch ist das Anwendungsspektrum im Gegensatz zur vorhergehenden Generation erweitert (s. Tab.1).

MULTILAYER-ZIRKONOXIDE

Mit dem Ziel, die Ästhetik weiterhin zu verbessern, bringen die neuesten Entwicklungen verschiedenster Anbieter sogenannte Multilayer-Zirkonoxide hervor. Im Gegensatz zu monochromen Keramik-Blanks weisen diese einen stufenlosen Farbverlauf und eine steigende Transluzenz innerhalb des Blanks (= scheibenförmiger Fräsrohling) auf. Somit können die wechselnden Farbtöne von Zahnhals bis Schneidekante nachempfunden werden (Abb. 3). Diese mehrschichtigen Materialentwicklungen ermöglichen durch einen speziellen Fertigungsprozess die Kombination aus zwei Zirkonoxidgenerationen in einem Blank, was die mechanischen und lichtoptischen Vorteile dieser Keramiken vereint. An den lasttragenden Bereichen weist der Blank die hohe Festigkeit und Stabilität einer 3Y-TZP-Keramik auf. Die Keramik der 5Y-TZP-Generation erlaubt darüber hinaus gute lichtoptische Eigenschaften. Im Zuge des Fräsvorgangs wird das Restaurationsdesign im Rohling so positioniert, dass ein optimaler Farbverlauf der Restauration möglich ist⁶.

GEDRUCKTES ZIRKONOXID

Die bereits aufgeführten Materialien werden als Blank im Zuge des CAD/CAM-Workflows geätzt und verarbeitet. Im Gegensatz zu diesem substraktiven Verfahren erlaubt die LCM-Drucktechnologie (= Lithography-based Ceramic Manufacturing) ein additives Verarbeiten für die Verarbeitung von ZrO_2 . Laut Herstellerangaben weist gedrucktes Zirkonoxid hierbei die gleichen Materialeigenschaften auf wie konventionell verarbeitetes ZrO_2 , klinische Studien stehen allerdings noch aus. Beim LCM-Verfahren wird zunächst ein Grünkörper aus keramischem Pulver und einer Polymermatrix gedruckt. Im anschließenden Sinterprozess wird die Polymermatrix entfernt und die keramischen Partikel werden verbunden. Auf diese Weise können auch dünne, minimalinvasive Keramikrestorationen hergestellt werden (Abb. 4).

FAZIT

Im klinischen Alltag steht inzwischen eine Vielzahl an verschiedenen Zirkonoxiden zur Verfügung. Aufgrund der recht unterschiedlichen Indikationsspektren ist deshalb eine gute Absprache mit dem zahntechnischen Labor notwendig. Eine Anwendung bei vorliegendem Bruxismus sollte zudem stets kritisch überprüft und die Freigabe durch den jeweiligen Hersteller für diese Indikation verifiziert werden. Mögliches Chipping kann durch eine rein vestibuläre Verblendung oder einen vollständigen Verzicht auf Verblendungen reduziert bzw. vollständig eliminiert werden. Die monolithische Fertigung wird durch die stetig verbesserten ästhetischen Eigenschaften moderner Zirkonoxide zunehmend ermöglicht.

LITERATUR

1. Mundhe K, Jain V, Pruthi G, Shah N. Clinical study to evaluate the wear of natural enamel antagonist to zirconia and metal ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 2015;114:358–363.
2. Stawarczyk B, Frevert K, Ender A, Roos M, Sener B, Wimmer T. Comparison of four monolithic zirconia materials with conventional ones: Contrast ratio, grain size, four-point flexural strength and two-body wear. *J Mech Behav Biomed Mater* 2016;59:128–138.
3. Nassary Zadeh P, Lumkemann N, Sener B, Eichberger M, Stawarczyk B. Flexural strength, fracture toughness, and translucency of cubic/tetragonal zirconia materials. *J Prosthet Dent* 2018;120:948–954.
4. Stawarczyk B, Lumkemann. Keramische Werkstoffe in der festsitzenden Prothetik. *Qdent* 2017;1:29.
5. Stawarczyk B, Liebermann A, Pfefferle R et al. Zirkonoxide der neuen Generation. *Quintessenz Zahntech* 2018;44:688–697.
6. Elsaka SE. Optical and Mechanical Properties of Newly Developed Monolithic Multilayer Zirconia. *J Prosthodont* 2019;28:e279–e284.
7. Bomze D, Schweiger J, Russmüller G, Ioannidis A. 3D Printing of High-strength and Bioresorbable Ceramics for Dental and Maxillofacial Surgery Applications – the LCM Process. *Ceramic Applications* 2019;1:38–43.



ANNA WINTER

Dr. med. dent.

Zentrum für Zahn-, Mund- und Kiefergesundheit,
 Universitätsklinikum Würzburg
 E-Mail: winter_a3@ukw.de