

Welches Zirkoniumoxid darf's denn sein?

Neben der Frage, wie man denn nun richtigerweise sagt, ob Zirkon, Zirkonoxid, Zirkoniumoxid oder Zirkoniumoxidkeramik, stellt sich auch die Frage, welches denn nun das Richtige für den Einsatz als zahnmedizinisches Restaurationsmaterial ist. Ist schon die erste Frage nicht in einem Satz zu beantworten, so ist es die zweite noch viel weniger. Zirkoniumoxid ist eben etwas ganz Besonderes. Das wird nicht zuletzt von vielen Herstellern genutzt, um bei ihren Kunden Unsicherheit und Verwirrung zu erzeugen. Wir wollen an dieser Stelle versuchen, etwas Licht in das Dunkel zu bringen. Für den stark interessierten Leser verweisen wir auf Artikel in der Quintessenz Zahntechnik.^{1,2}

Zunächst wollen wir uns der ersten Frage nach der korrekten Bezeichnung widmen, die doch relativ rasch abgehandelt werden kann. Keine der oben genannten Bezeichnungen ist für die Verbindung, die wir meinen, fachlich richtig. Zirkon ist ein Mineral der chemischen Zusammensetzung $Zr[SiO_4]$, das auch als Zirkonsilikat bezeichnet wird. Zirkonoxid gibt es eigentlich weder in der Fachsprache noch im Duden, trotzdem wird es in vielen anerkannten Fachbüchern als Synonym für Zirkoniumoxid bzw. Zirkoniumdioxid verwendet. Zirkoniumoxid ist die nicht ganz korrekte Bezeichnung für eine Verbindung, die fachsprachlich korrekt Zirkoniumdioxid (ZrO_2) heißen muss. Allerdings ist die Schreibweise in der Fachsprache korrekterweise Zirconiumdioxid, im Angelsächsischen auch häufig als Zirconia bezeichnet. Es handelt sich hierbei, wie die Formel zeigt, um das Oxid des Elementes Zirconium – und hier kommen wir der Sache schon ganz nahe. Die chemische Verbindung, aus der die hochfesten keramischen Restaurationen hergestellt werden, ist Zirconiumdioxid. Wir sind aber noch lange nicht bei den hochfesten Restaurationen, deren Basismaterial das Zirconiumdioxid ist, angelangt.

Das Zirconiumdioxid kann in drei unterschiedlichen Kristallformen, der monoklinen, kubischen sowie der tetragonalen, vorkommen. Bei Raumtemperatur ist die monokline Form stabil, die bei etwa 1100 °C eine reversible Umwandlung in die tetragonale Modifikation erfährt. Beim Abkühlen kehrt das ZrO_2 mit einer gewissen Zeitverzögerung von der tetragonalen Form wieder in die monokline zurück. Die Zeitverzögerung beruht auf Keimbildungsschwierigkeiten. Eine weitere Umwandlung in die kubische Modifikation findet bei 2300 °C statt. Die störende, weil Material zermürbende, Umwandlung zwischen 1000 bis 1200 °C, kann durch Stabilisieren beispielsweise mit 3 bis 5% Y_2O_3 verhindert werden. Diese Stabilisierungsmöglichkeit wird genutzt, um Zirconiumdioxidkeramiken mit höchsten Festigkeiten und Bruchzähigkeiten herzustellen, die auch umwandlungsverstärkte Keramiken genannt werden. In der Fachsprache erkennt man diese Keramiken an der Bezeichnung Y-TZP (Yttrium Stabilized Tetragonal Zirconium dioxide Polycrystals = Yttriumoxid teilstabilisiertes, tetragonales polykristallines Zirconiumdioxid). Zur Stabilisierung der tetragonalen Kristallform können außer dem Yttriumoxid auch Calcium- oder Magnesiumoxid eingesetzt werden. Um vollständig zu sein, sei hier erwähnt, dass es noch PSZ (Partial Stabilized Zirconium dioxide) und FSZ (Fully Stabilized Zirconium dioxide). Die durch Press- und Sintervorgänge aus Y-TZP Pulver herge-

stellten Keramiken heißen Y-TZP Keramiken und zeichnen sich durch sehr hohe Biegefestigkeiten (um 1.000 MPa) und Bruchzähigkeiten aus. Durch einen speziellen Pressvorgang, dem heiß isostatischen Pressen, (HIP = Hot Isostatically Pressed, im Deutschen auch als HIPpen oder geHIPpt genannt) kann eine weitere erhebliche Festigkeitssteigerung bis zu Biegefestigkeiten von fast 1.800 MPa erreicht werden. Die aus PSZ und FSZ hergestellten Keramiken erreichen bei Weitem nicht die Hochleistungseigenschaften der aus Y-TZP hergestellten.

Was bedeutet das nun für die zahnmedizinischen keramischen Zirkoniumdioxid Restaurationen? Um die benötigten Festigkeiten für große Brückenkonstruktionen zu erhalten, muss grundsätzlich ein teilstabilisiertes tetragonales polykristallines Zirkoniumdioxid verwendet werden. Die Stabilisierung wird nach den heutigen Erkenntnissen am besten durch Yttriumoxid erreicht; mit anderen Worten, es sollte sich immer um Y-TZP Keramik handeln. Diese kann als vorgesinterter poröser oder auch als bereits dicht gesinteter Formkörper in den Handel kommen. Der vorgesinterte Formkörper hat den Vorteil, dass er leichter und unter geringerem Maschinenverschleiß bearbeitet werden kann. Die Festigkeit des aus Y-TZP hergestellten Formkörpers hängt natürlich davon ab, in welchem Ausmaß das Ausgangspulver dicht gesintert wurde. Es gilt: je dichter umso fester. Daher sind die geHIPpten Y-TZP Keramiken die festesten. Man könnte folgende Reihe nach zunehmender Festigkeit aufstellen: vorgesintert porös mit Dichtsinterung im Dentallabor < dichtgesintert < geHIPpt. Es ist an dieser Stelle zu betonen, dass nach dem derzeitigen Kenntnisstand aus dem vorgesinterten porösen Formkörper, der maschinell leicht zu bearbeiten ist und dann erst dicht gesintert wird, auch sehr große Restaurationen hergestellt werden können, deren Festigkeiten vollständig ausreichend sind. Anders mag die Situation sein, wenn es um Implantate oder Wurzelstifte aus Y-TZP geht. Bei diesen Indikationen wäre ein Versagen fatal. Hier ist in jedem Fall dem geHIPpten Y-TZP der Vorzug zu geben.

Abschließend hier das Fazit in Kürze: Zur Herstellung selbst großspanniger Brückengerüste kann ohne Weiteres von vorgesinterten porösen Y-TZP Formkörpern ausgegangen werden. Da diese jedoch nachgesintert werden müssen, kann es ab einer gewissen Größe aufgrund der Brennschwindung evtl. zu Passungenauigkeiten kommen (abhängig von Verfahren und Software). Hier wäre dann dicht gesinterten Y-TZP Formkörpern der Vorzug zu geben. Aber Y-TZP muss es sein.

Liebe Kolleginnen und Kollegen, ich hoffe, dass ich die Sache nicht zu verwirrend dargestellt habe und ich muss zugeben, dass ich mich selbst in vielen Vorträgen und Veröffentlichungen unkorrekt und schwammig ausgedrückt habe. Hierfür möchte mich bei allen, die dies ertragen mussten, aufrichtig entschuldigen.

Mit kollegialen Grüßen bin ich Euer

Ralf Janda



Ralf Janda

1. Janda R. Gläser, Glaskeramiken und Keramiken - Teil 2: Grundlagen. Quintessenz Zahntech 2007;33:186-194. Literatur
2. Janda R. Vollkeramiken: Zusammensetzung, Eigenschaften, Anwendung, Wertung. Quintessenz Zahntech 2007;33:46-60.