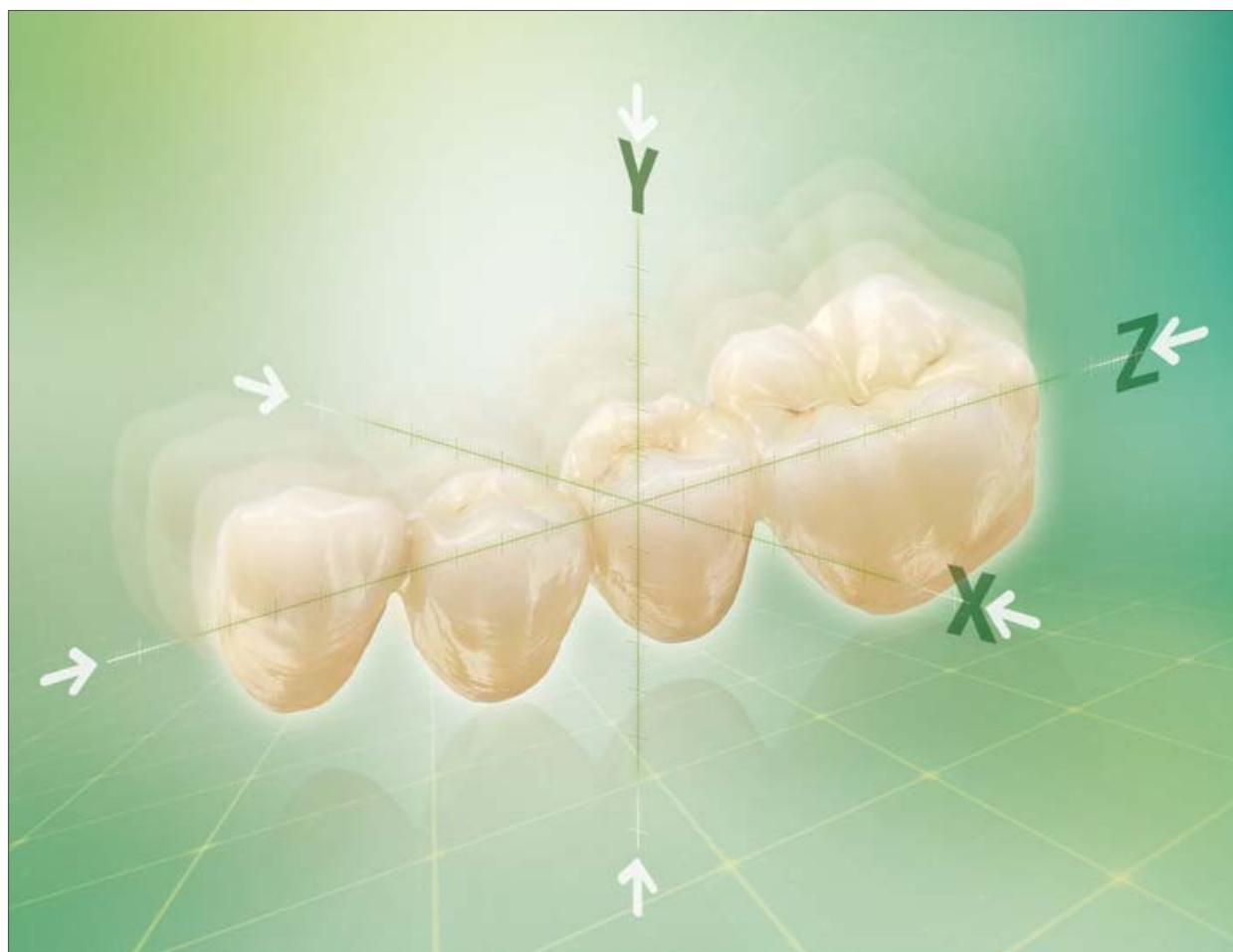


VITA YZ[®] SOLUTIONS

Technisch-Wissenschaftliche Dokumentation



VITA Farbbestimmung

VITA Farbkommunikation

VITA Farbproduktion

VITA Farbkontrolle

Stand 2024-12



VITA – perfect match.

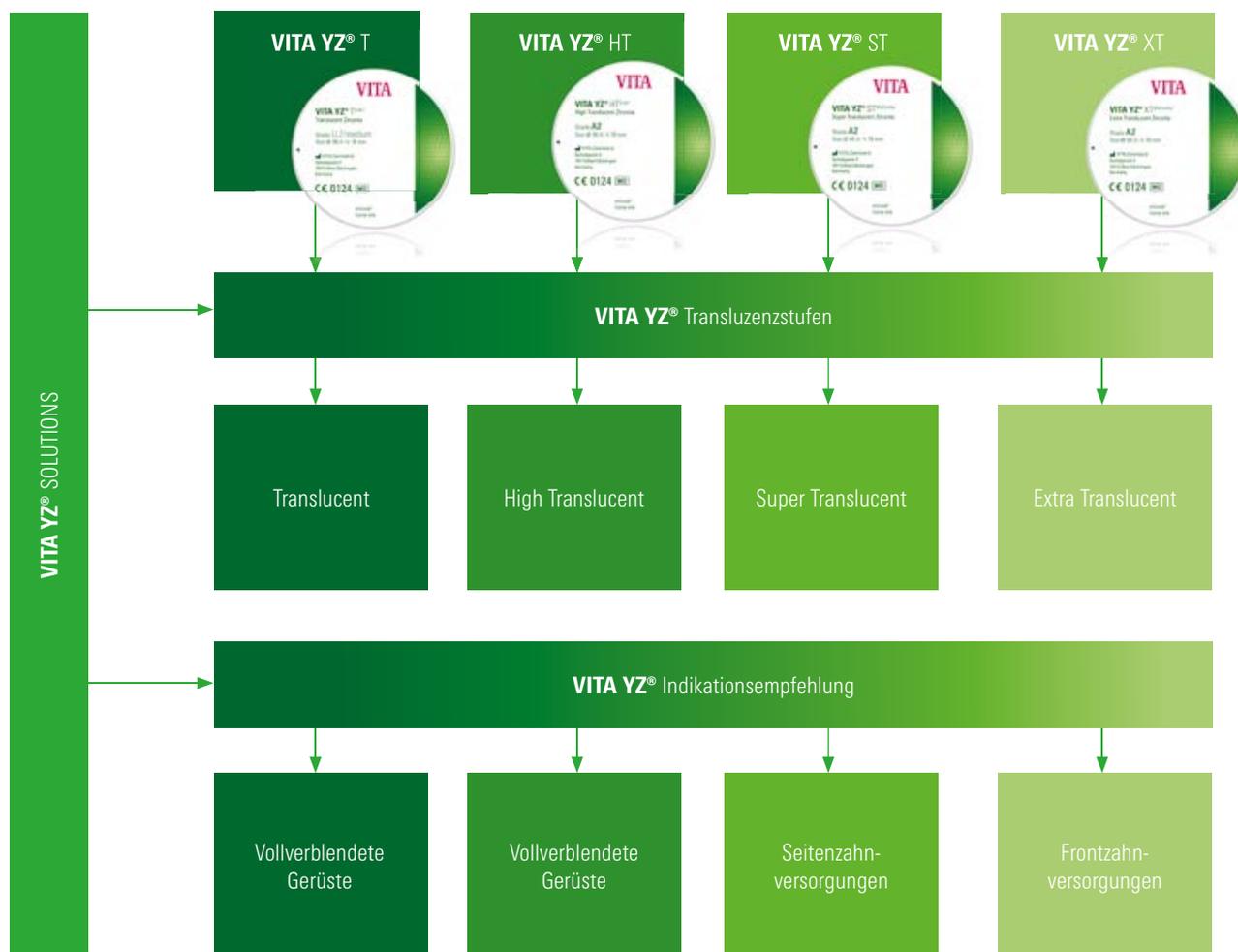
VITA

1. Einführung	3
1.1 Chemische Zusammensetzung	5
1.2 Physikalische/Mechanische Eigenschaften	5
1.3 Herstellungs- und Qualitätsstandards	6
1.4 Steuerung des Sinterverhaltens	7
1.5 Material- und Gefügequalität	9
1.6 Untersuchung der Gefügestruktur	10
1.7 Gefügestruktur unterschiedlicher Transluzenztypen	11
2. Physikalische/Mechanische Eigenschaften (in vitro)	12
2.1 3-Punkt-Biegefestigkeit von VITA YZ	12
2.2 3-Punkt-Biegefestigkeit im Vergleich	13
2.3 Statische Bruchlast bei unterschiedlichen Verbinderquerschnitten	14
2.4 Statische Bruchlast vor und nach hydrothermalen Alterung	15
2.5 Risszähigkeit	16
2.6 Zuverlässigkeit/Weibull-Modul	17
2.7 Transluzenz	18
2.8 Passung nach Sinterprozess	19
2.9 Prüfung der CAM-Bearbeitbarkeit mittels Kronen-/Gerüstgeometrien	20
2.10 Prüfung der CAM-Bearbeitbarkeit mittels „Merlon“-Geometrie	21
2.11 Einfluss der CAM-Bearbeitung auf die Belastbarkeit	22
2.12 Sinterverhalten	23
2.12.1 Einfluss der Sintertemperatur	23
2.12.2 Einfluss des HighSpeed-Sinterverfahrens	24
2.13 Manuelle Nachbearbeitung/Oberflächenbearbeitung	25
2.13.1 Einfluss von Keramikschleifersystemen	25
2.13.2 Einfluss von Sandstrahlen	26
2.14 Untersuchung zur Qualität des Haftverbundes	27
2.15 Abrasionsverhalten	28
2.16 Biokompatibilität	29
3. Verblendkeramik VITA VM 9	29
3.1 Physikalische/Mechanische Eigenschaften	29
3.2 Chemische Zusammensetzung	29
3.3 Wärmeausdehnungskoeffizient	30
3.4 Temperaturwechselbeständigkeit	31
3.5 Verbundqualität von VITA YZ T und VITA VM 9	32
3.6 Verbundzone zwischen VITA YZ T und VITA VM 9	33
4. Referenzen	34

1. Einführung

Heute gibt es für den Einsatz in Praxis und Labor ein sehr breites Spektrum an CAD/CAM-Materialien. Ein wichtiger Meilenstein bei der dentalen Materialentwicklung war der Einsatz von Zirkondioxid (ZrO₂) zu Beginn dieses Jahrtausends. Damit konnten erstmals vielgliedrige, vollkeramische Brücken realisiert werden. Die VITA Zahnfabrik gehört auf diesem Gebiet zu den Pionieren und bietet bereits seit 2002 Zirkondioxid-Rohlinge zur CAD/CAM-technischen Herstellung von vollkeramischem Zahnersatz an (damals als VITA In-Ceram YZ eingeführt).

Heute umfasst das Materialangebot vier Transluzenzstufen (T, HT, ST, XT) für monolithische, teil- und vollverblendete Brücken.



3-Punkt-Biegefestigkeit VITA YZ T im Rahmen der Qualitätsprüfung

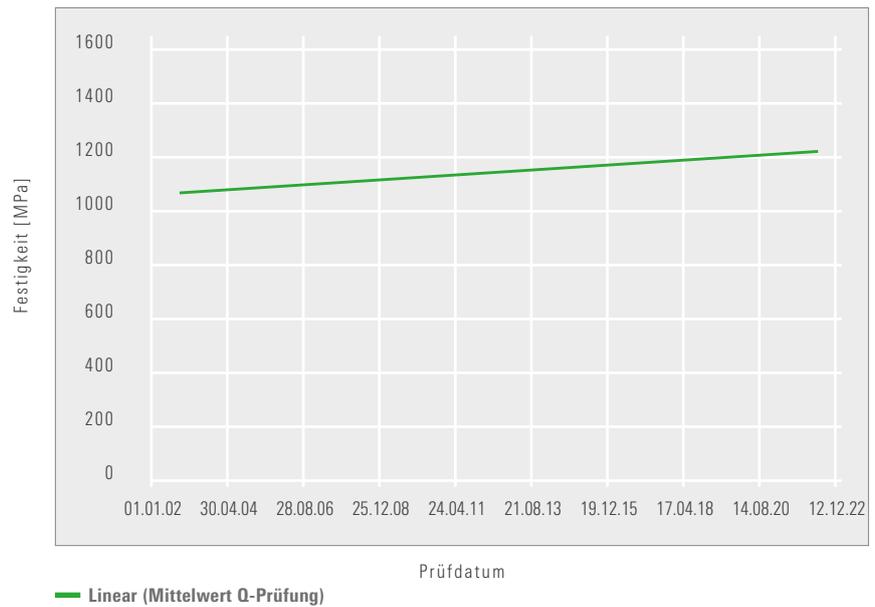


Abbildung 1: Biegefestigkeitswerte von 2002 bis 2022; Ermittelt im Rahmen der internen Qualitätsprüfung
Quelle: Interne Untersuchung, VITA F&E, (Gödiker, 12/2022, [1] vgl. S. 35)

Die VITA Zahnfabrik verpflichtet sich zu sehr hohen Qualitätsstandards. Dies beinhaltet das Ziel, Werkstoffe und Verfahren kontinuierlich zu verbessern.

Ein Beispiel dafür ist die Verbesserung mechanischer Eigenschaften von VITA YZ T, wie etwa die 3-Punkt-Biegefestigkeit (vgl. Abb. 1). Diese Dokumentation gibt im Folgenden einen Überblick über die wichtigsten technischen und wissenschaftlichen Daten zu VITA YZ SOLUTIONS.

1.1 Chemische Zusammensetzung

Komponenten [Gew.-%]	VITA YZ T	VITA YZ HT	VITA YZ ST	VITA YZ XT
ZrO ₂	90 – 95	90 – 95	88 – 93	86 – 91
Y ₂ O ₃	4 – 6	4 – 6	6 – 8	8 – 10
HfO ₂	1 – 3	1 – 3	1 – 3	1 – 3
Al ₂ O ₃	0 – 1	0 – 1	0 – 1	0 – 1
Pigmente	0 – 1	0 – 1	0 – 1	0 – 1

1.2 Physikalische/Mechanische Eigenschaften

Komponenten [Einheit]	VITA YZ T	VITA YZ HT	VITA YZ ST	VITA YZ XT
WAK ¹⁾ [10 ⁻⁶ /K]	10.5	10.5	10.3	10.0
Chemische Löslichkeit ¹⁾ [µg/cm ²]	< 20	< 20	< 20	< 20
Sinterdichte ²⁾ [g/cm ³]	6.05	6.08	6.05	6.03
3-Punkt-Biegefestigkeit ¹⁾ [MPa]	1350	1350	1200	850
Risszähigkeit ³⁾ (CNB-Methode) [MPa m ^{0.5}]	4.5	4.5	3.5	2.5
E-Modul ⁴⁾ [GPa]	210	210	210	210
Härte ⁵⁾ [HV 10]	12	12	13	13
Weibull-Modul ¹⁾	14	14	13	11

¹⁾ Bestimmung gemäß DIN EN ISO 6872:2015

²⁾ Bestimmung gemäß DIN EN 623-2:1993

³⁾ Bestimmung gemäß ISO 24370:2005

⁴⁾ Bestimmung gemäß DIN EN 843-2:2007

⁵⁾ Bestimmung gemäß DIN EN 843-4:2005

1.3 Herstellungs- und Qualitätsstandards

Heute gibt es eine große Zahl von Unternehmen, die Zirkondioxid-Rohlinge anbieten. Viele Praxen und Labore fragen sich deshalb: „Ist Zirkondioxid = Zirkon-dioxid?“ Obwohl viele Rohlinge auf den ersten Blick meist weder optische noch haptische Unterschiede aufweisen, zeigen sich bei der Untersuchung von Materialqualität und -eigenschaften teils erhebliche Unterschiede.

Die VITA Zahnfabrik hat das Herstellungsverfahren für VITA Qualitätszirkondioxid ständig optimiert und wendet hohe Prozessstandards sowie strenge Prüfkriterien an. Für die Herstellung von VITA YZ werden nur Rohstoffe hervorragender Qualität verarbeitet. Um die hohe Qualität sicherzustellen, werden an jeder neuen Rohstoffcharge nicht nur Standardmessungen zu Korngrößenverteilung, Rieselfähigkeit und Sinterverhalten durchgeführt, sondern auch detaillierte Qualitätskontrollen, um die Verlässlichkeit zu gewährleisten.

Dilatometermessungen div. Granulate im Bereich der Vorsintertemperatur

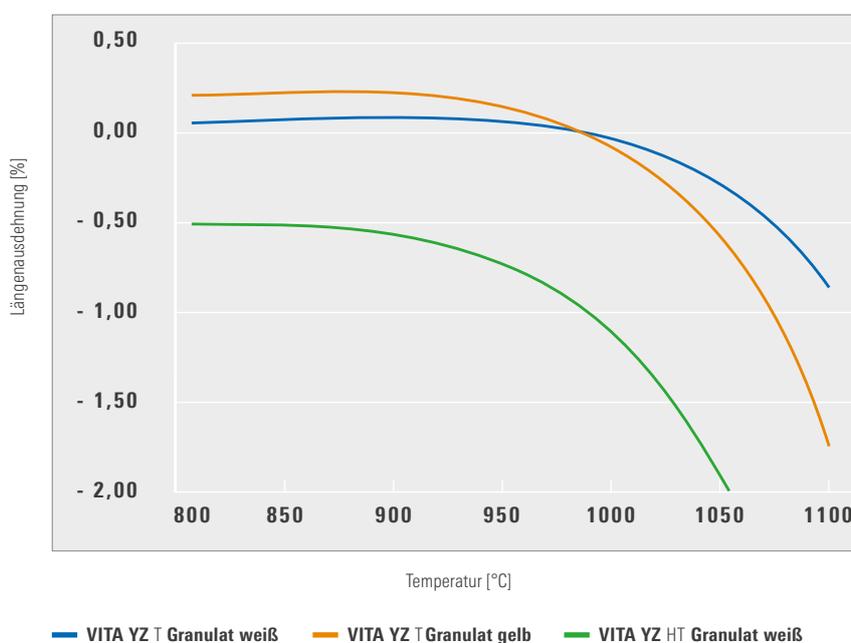


Abbildung 2: Untersuchung des Sinterverhaltens unterschiedlicher VITA YZ Granulate
Quelle: Interne Untersuchung, VITA F&E, (Gödiker, 11/2014 [1] vgl. S. 35)

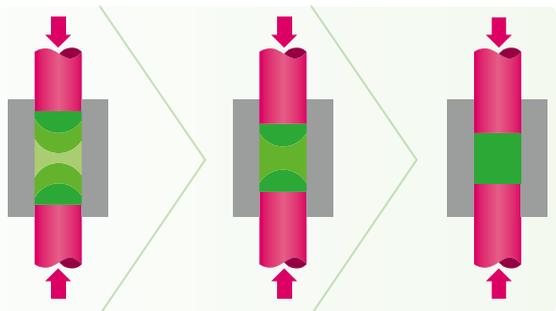
Die VITA Zahnfabrik verfolgt mit den hohen Qualitätsstandards das Ziel, dass Praxis- und Laboranwender unabhängig von der genutzten Materialvariante verlässlich reproduzierbare Ergebnisse erzielen können. Granulate aus uneingefärbtem (z. B. VITA YZ HT White) und industriell voreingefärbtem Zirkondioxid (z. B. VITA YZ HT Color) zeigen beispielsweise Unterschiede beim Sinterverhalten, da es durch das Hinzugeben von Farbstoffen beeinflusst wird.

VITA setzt deshalb auf moderne Verfahren und Messtechniken (vgl. Abb. 2), um die Unterschiede exakt bestimmen zu können. Die Granulate werden dann in einem industriell vorgeschalteten Prozess (z. B. durch variantenspezifische Vorsinterung) so optimiert, dass sich die unterschiedlichen Varianten in ihrer maschinellen Bearbeitbarkeit und ihrem Sinterverhalten im Praxis- und Laboreinsatz nicht unterscheiden.

1.4 Steuerung des Sinterverhaltens

Das Sinterverhalten von Zirkondioxid so zu steuern bzw. einzustellen, dass Praxen und Labore passgenaue, reproduzierbare Sinterresultate erzielen können, ist eine zentrale Herausforderung für jeden Hersteller. Wesentliche Parameter sind hier beispielsweise die Rohstoffqualität und die Steuerung des Formgebungs- sowie Vorsinterprozesses.

Schritt 1: Pressprozess uniaxial zweiseitig



Schritt 2: Pressprozess isostatisch

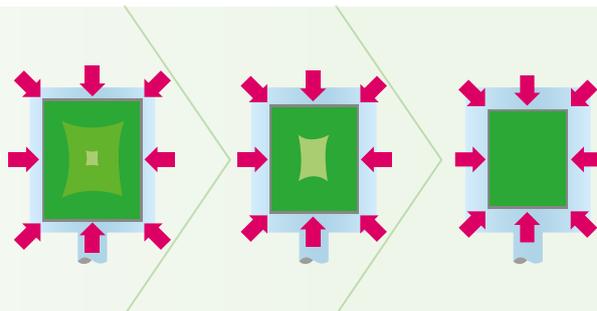


Abbildung 3: Schematische Darstellung Pressprozess für VITA YZ SOLUTIONS Rohlinge

Die Zirkondioxid-Rohlinge der VITA Zahnfabrik werden zuerst in einem uniaxialen Pressprozess in die jeweilige Grundform gebracht und danach in einem Hochdruckbehälter isostatisch nachverdichtet. Die dadurch erzielte homogene Dichte ist eine wesentliche Voraussetzung für ein homogenes Sinterverhalten. Ferner wird der Vorsinterprozess, also der industrielle Brennvorgang, auf die jeweilige Charge und Rohlingsgeometrie genau abgestimmt.



Abbildung 4: Beispieldarstellung Sinterschrumpf (X-, Y-, Z-Dimension)

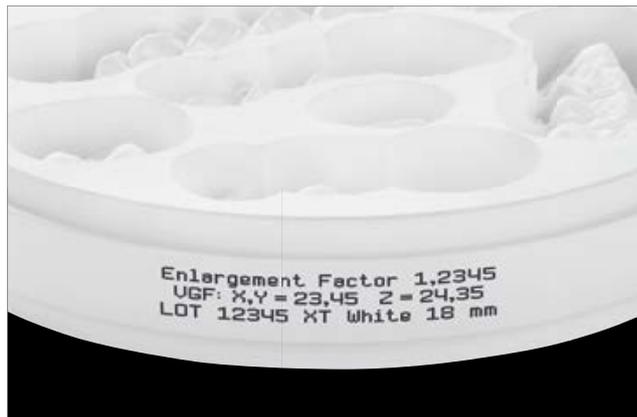


Abbildung 5: Beispiel für Vergrößerungsfaktorangaben auf Rohling

Ein weiterer wesentlicher Schritt auf dem Weg zu passgenauen Sinterresultaten ist die exakte Ermittlung des Vergrößerungsfaktors. Die VITA Zahnfabrik ermittelt diesen Faktor je Produktionscharge in allen drei Raumdimensionen (X-, Y-, Z-Richtung) und integriert die Information dann in den Rohlingsaufdruck (als Barcode oder Klartext). Einige Hersteller geben hingegen lediglich Mittelwerte an. Die exakte Bestimmung des Sinterschrumpfes und damit im Ergebnis die Passgenauigkeit des dichtgesinterten zahntechnischen Werkstücks zeigt sich besonders deutlich bei vielgliedrigen Brückenkonstruktionen.



Abbildung 6: Beispiel für Sinterschwindung von Zirkondioxid um ca. 20 %



Abbildung 7: Beispiel für Passungskontrolle mit Prüfungsmodell aus Metall

Die finale Qualitätsprüfung erfolgt bei VITA mittels Passungskontrolle. Hierzu wird eine für den jeweiligen Werkstoff maximal indizierte Brückenkonstruktion unter Anwendung des je Charge ermittelten Vergrößerungsfaktors CAD/CAM-gefertigt, dichtgesintert und auf einem standardisierten Stahlmodell (vgl. Abb. 7) hinsichtlich der Passung untersucht (vgl. 2.8).

1.5 Material- und Gefügequalität

Ein wichtiger Faktor für die hohe Belastbarkeit von Zirkondioxid-Restaurationen ist die Gefügequalität. Sie wird vor allem durch die Rohstoffqualität und durch einen auf den Rohstoff abgestimmten Herstellungsprozess gewährleistet. Sind Prozessschritte wie Formgebung, Entbindern und Vorsintern aufeinander angepasst, wird ein homogenes und porenfreies Gefüge erzielt. Praxis- sowie Laboranwender erhalten dann einen Rohling von hoher Qualität. Ist dies nicht sichergestellt, können Fehlstellen im Gefüge auftreten, die die Langzeitstabilität des Werkstücks im klinischen Einsatz beeinträchtigen können.

1.6 Untersuchung der Gefügestruktur

a) Material und Methode

REM-Bildanalyse des Gefüges dichtgesinterter Proben aus VITA YZ T und dem Zirkondioxid eines Mitbewerbers nach Politur und thermischer Ätzung.

b) Quelle

Interne Untersuchung, VITA F&E, (Gödiker, 11/2014, [1] vgl. S. 35)

c) Ergebnis

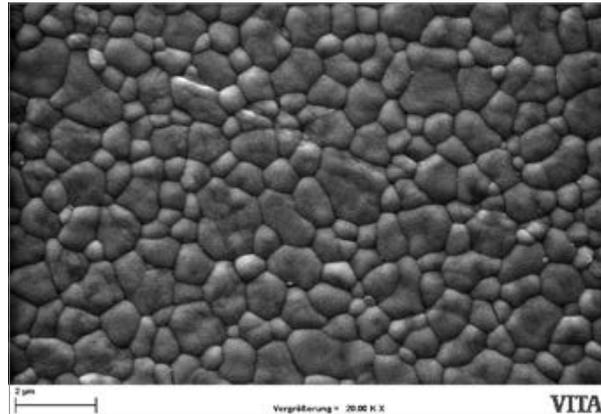


Abbildung 8: VITA YZ T bei 20.000-facher Vergrößerung

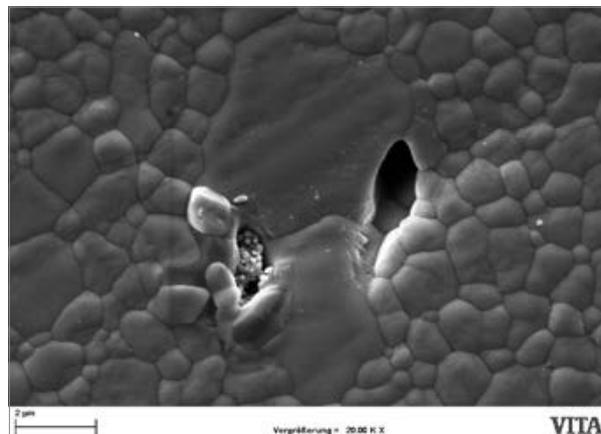


Abbildung 9: Mitbewerber-Zirkondioxid bei 20.000-facher Vergrößerung

d) Fazit

VITA YZ weist dank besonders hoher Qualitätsstandards eine homogene Gefügestruktur ohne Poren oder Fehlstellen auf (vgl. Abb. 8). Das gesinterte Gefüge hat eine durchschnittliche Partikelgröße von ca. 500 nm.

Bei Zirkondioxid-Rohlingen von geringer Qualität (oftmals Produkte im Niedrigpreissegment) sind teils Verunreinigungen und Gefügedefekte festzustellen (vgl. Abb. 9). Etwaige Fehlstellen lassen sich meist erst bei hoher Vergrößerung erkennen. Je nach Größe und Position im Gefüge können die Defekte die mechanischen Eigenschaften herabsetzen.

1.7 Gefügestruktur unterschiedlicher Transluzenztypen

a) Material und Methode

REM-Bildanalyse des Gefüges dichtgesinterter Proben aus VITA YZ T, HT, ST und XT nach Dichtsinterung gemäß Herstellerangaben. Die Analyse erfolgte nach Politur und thermischer Ätzung.

b) Quelle

Interne Untersuchung, VITA F&E, (Gödiker, 03/2017, [1] vgl. S. 35)

c) Ergebnis

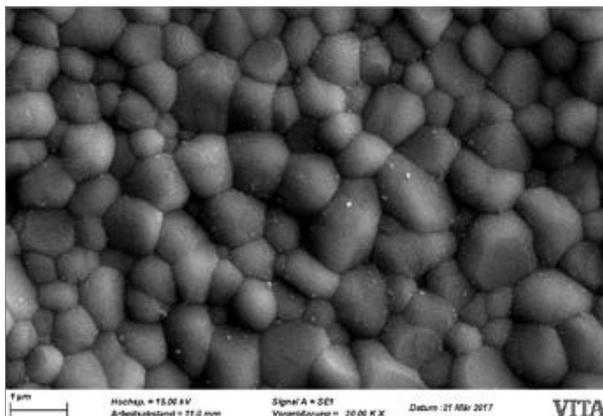


Abbildung 10: VITA YZ T bei 20.000-facher Vergrößerung

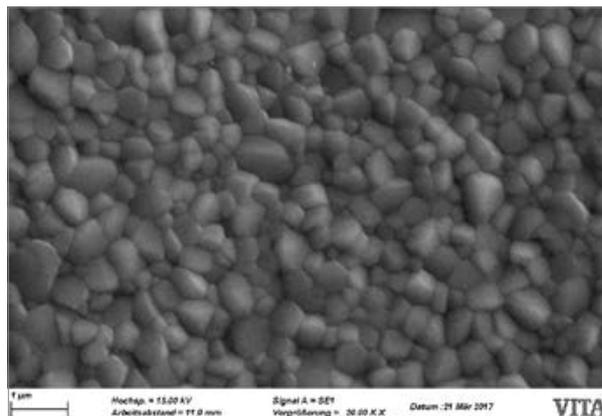


Abbildung 11: VITA YZ HT bei 20.000-facher Vergrößerung

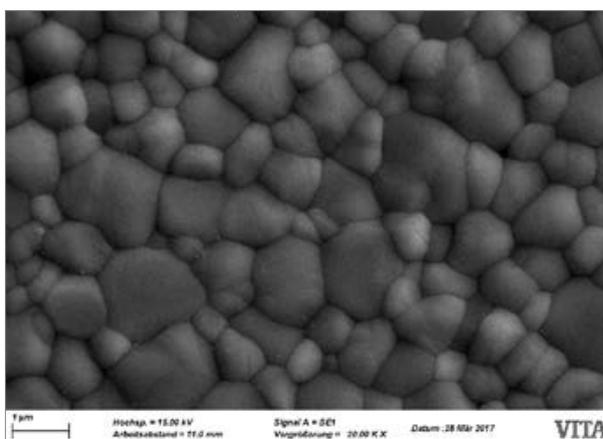


Abbildung 12: VITA YZ ST bei 20.000-facher Vergrößerung

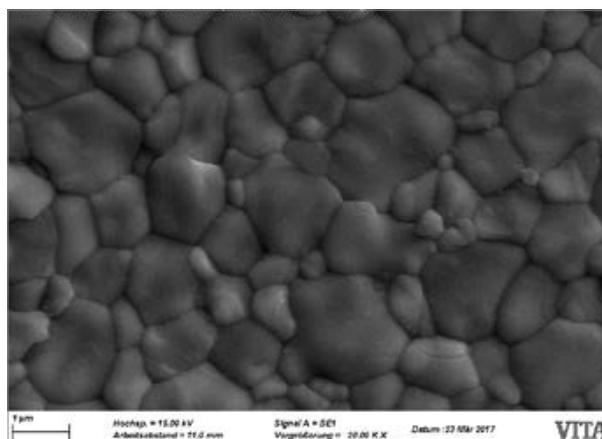


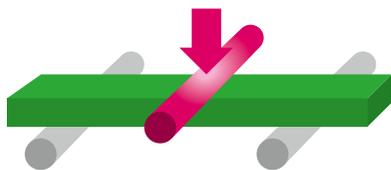
Abbildung 13: VITA YZ XT bei 20.000-facher Vergrößerung

d) Fazit

Die Partikelgrößen (und mit ihnen der Anteil der Korngrenzflächen) haben einen direkten Einfluss auf die Lichtbrechung und somit auf die Transluzenz der unterschiedlichen Materialien. Je größer die Partikel, desto geringer ist die Anzahl der Grenzflächen, an denen das Licht gebrochen wird. Aufgrund dessen wirken Materialien wie VITA YZ XT (Partikelgröße ~ 1,0 µm) vergleichsweise transluzent. Darüber hinaus wirkt sich auch die chemische Zusammensetzung, insbesondere der Yttriumoxid-Gehalt und die Anreicherung von Aluminiumoxid (Al_2O_3) an den Korngrenzen, auf das Lichtbrechungsverhalten aus. VITA YZ T beinhaltet z. B. mit ca. 0,25 Gew.-% einen wesentlich höheren Al_2O_3 -Anteil im Vergleich zu den drei übrigen VITA YZ-Varianten und weist eine Partikelgröße von ca. 0,5 µm auf. Dies hat zur Folge, dass diese Variante vergleichsweise opak wirkt.

2. Physikalische/Mechanische Eigenschaften (in vitro)

2.1 3-Punkt-Biegefestigkeit von VITA YZ



a) Material und Methode

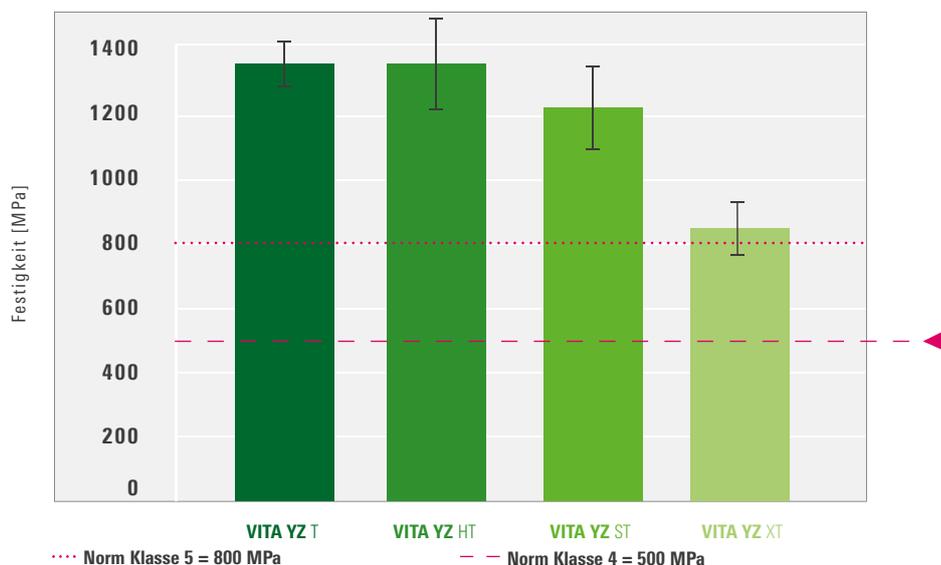
Mit einer Diamantdrahtsäge wurden aus VITA Zirkondioxid-Rohlingen quaderförmige Probekörper angefertigt. Danach wurden die Probekörper mittels SiC-Papier (Körnung P1200) manuell beschliffen. Ferner wurde je eine 45°-Fase in die beiden Kanten auf der zugbelasteten Seite eingebracht. Nach dem Sintern gemäß Herstellerangaben wiesen die Probekörper das Endmaß von 20,0 x 4,0 x 1,2 mm³ auf. Pro Material wurden 36 Proben mittels einer Universalprüfmaschine bis zum Bruch belastet und dabei die mittlere 3-Punkt-Biegefestigkeit ermittelt.

b) Quelle

Interne Untersuchung, VITA F&E, 3-Punkt Biegefestigkeit der verschiedenen VITA YZ-Materialien nach DIN EN ISO 6872:2015 + Amd.1:2018, (Gödiker, 08/2022), [1] vgl.S. 35

c) Ergebnis

3-Punkt-Biegefestigkeit der verschiedenen VITA YZ-Materialien



Norm Klasse 4¹⁾: ≥ 500 MPa
monolithische Kronen bzw. Kronengerüste
monolithische Brücken bzw. Brückengerüste mit ≤ drei Gliedern
Norm Klasse 5¹⁾: ≥ 800 MPa
monolithische Brücken bzw. Brückengerüste mit ≥ vier Gliedern

1) Gemäß DIN EN ISO 6872:2015 + Amd.1:2018

d) Fazit

VITA YZ T und VITA YZ HT erzielten in dieser Testreihe Festigkeitswerte von im Mittel 1.350 MPa, VITA YZ ST von im Mittel 1.200 MPa. Diese Werte liegen oberhalb der Normanforderung für Indikationen der Klasse 5, alle drei Materialien können für Brückenkonstruktionen mit vier oder mehr Gliedern eingesetzt werden.

VITA YZ XT erreicht in diesem Versuchsaufbau einen Mittelwert von 850 MPa. Aufgrund der geringeren Risszähigkeit (s. Punkt 2.5) entspricht die Indikationsempfehlung der Klasse 4.

2.2 3-Punkt-Biegefestigkeit im Vergleich

a) Material und Methode



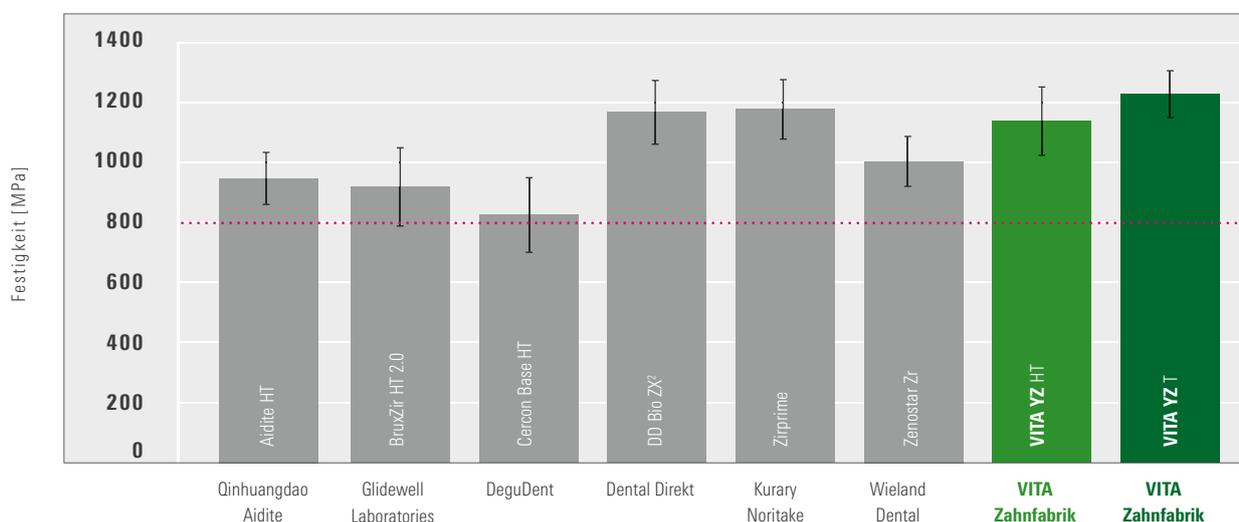
Mit einer Diamantdrahtsäge wurden aus Zirkondioxid-Rohlingen quaderförmige Probekörper angefertigt. Danach wurden die Probekörper mittels SiC-Papier (Körnung P1200) manuell beschliffen. Ferner wurde je eine 45°-Fase in die beiden Kanten auf der zugbelasteten Seite eingebracht. Nach dem Sintern gemäß Herstellerangaben wiesen die Probekörper das Endmaß von 20,0 x 4,0 x 1,2 mm³ auf. Pro Material wurden 10 Proben mittels einer Universalprüfmaschine bis zum Bruch belastet und dabei die mittlere 3-Punkt-Biegefestigkeit ermittelt.

b) Quelle

Interne Untersuchung, VITA F&E, (Gödiker, 01/2014, [1] vgl. S. 35)

c) Ergebnis

3-Punkt-Biegefestigkeit im Vergleich

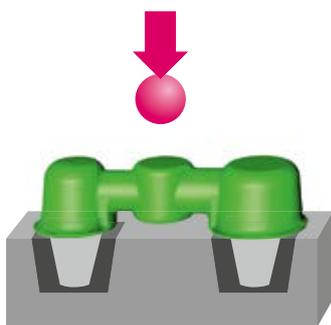


..... Norm Klasse 5 = 800 MPa

d) Fazit

Alle untersuchten Zirkondioxide erreichten in diesem Test Werte oberhalb der Normanforderung (> 800 MPa) für Klasse 5. Die für VITA YZ SOLUTIONS ermittelten Festigkeitswerte lagen im Wettbewerbsvergleich auf einem sehr hohen Niveau. Ermittelte Festigkeitsunterschiede können u.a. daraus resultieren, dass die diversen Materialien ungleich vorgesintert sind, was die Probenpräparation erschweren kann. Um dies zu untersuchen, wurde darüber hinaus die Rohbruchfestigkeit (= Festigkeit der Probekörper im vorgesinterten Stadium) der Materialien ermittelt. Sie lag bei 40 bis 90 MPa, was auf Unterschiede der Verarbeitungseigenschaften schließen lässt.

2.3 Statische Bruchlast bei unterschiedlichen Verbinderquerschnitten



a) Material und Methode

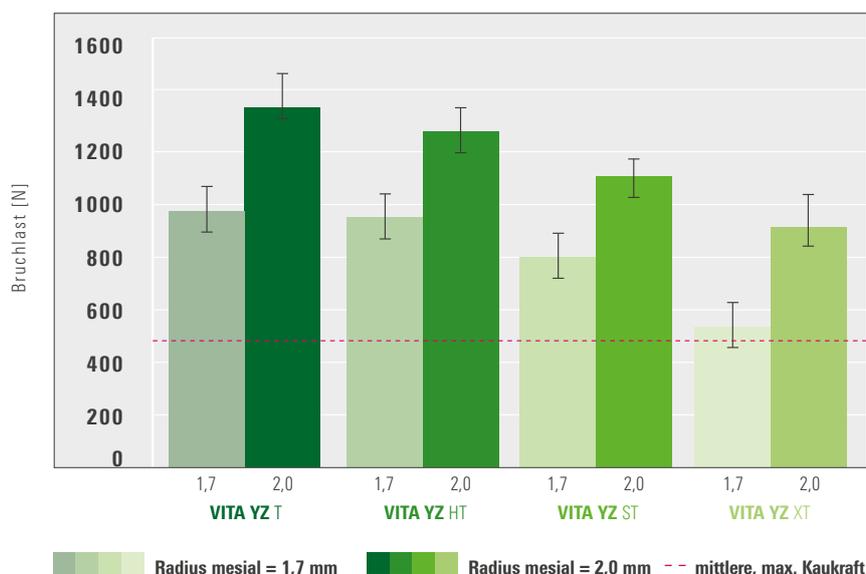
Es wurden stilisierte, 3-gliedrige Seitenzahnbrücken aus VITA YZ T, HT, ST und XT mittels CAM-Einheit hergestellt und gemäß Herstellerangaben dichtgesintert. Der dünnere „mesiale“ Verbinder wies einen Radius von 1,7 mm (~ 9,0 mm² Querschnittsfläche) auf, der dickere „distale“ einen Radius von 2,0 mm (~ 12,0 mm²). Die Brücken mit erhöhtem Verbinderquerschnitt wiesen analog dazu Radien von 2,0 mm („mesial“) und 2,3 mm („distal“) auf. Alle Pfeiler besaßen eine einheitliche Wandstärke von 0,5 mm. Alle Brücken wurden mit Zink-Phosphat-Zement auf Stahlstümpfen befestigt. Je Material wurden sechs Brücken mit geringem und sechs mit erhöhtem Verbinderquerschnitt mittels Universalprüfmaschine bis zum Versagen belastet.

b) Quelle

Interne Untersuchung, VITA F&E, (Kolb, 08/2017, [1] vgl. S. 35)

c) Ergebnis

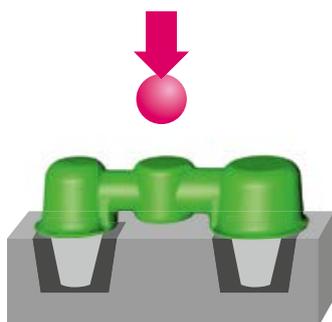
Bruchlast VITA YZ-Brücken mit unterschiedlichem Verbinderquerschnitt



d) Fazit

Alle in diesem Test gemessenen Mittelwerte – auch die der Brücken mit geringeren Verbinderquerschnitten – lagen über der mittleren maximalen Kaukraft, die mit ca. 490 N angegeben wird [5]. Der Bruch trat analog zum 3-Punkt-Biegeversuch immer im auf Zug belasteten („gingivalen“) Bereich des dünneren („mesialen“) Verbinders auf. Die geringfügige Erhöhung des Verbinderquerschnitts resultiert in einer deutlichen Steigerung der Bruchlast. Es ist folglich empfehlenswert, bei der Gestaltung der Verbinder die vorhandenen Platzverhältnisse möglichst vollständig zu nutzen, um eine Konstruktion mit hoher Belastbarkeit zu erhalten. Für VITA YZ XT empfiehlt sich auf Grundlage dieser Untersuchungsreihe im Molarenbereich ein Verbinderquerschnitt von mindestens 12 mm² (s. Gestaltungsempfehlung Verarbeitungsanleitung 10446M/1).

2.4 Statische Bruchlast vor und nach hydrothormaler Alterung



a) Material und Methode

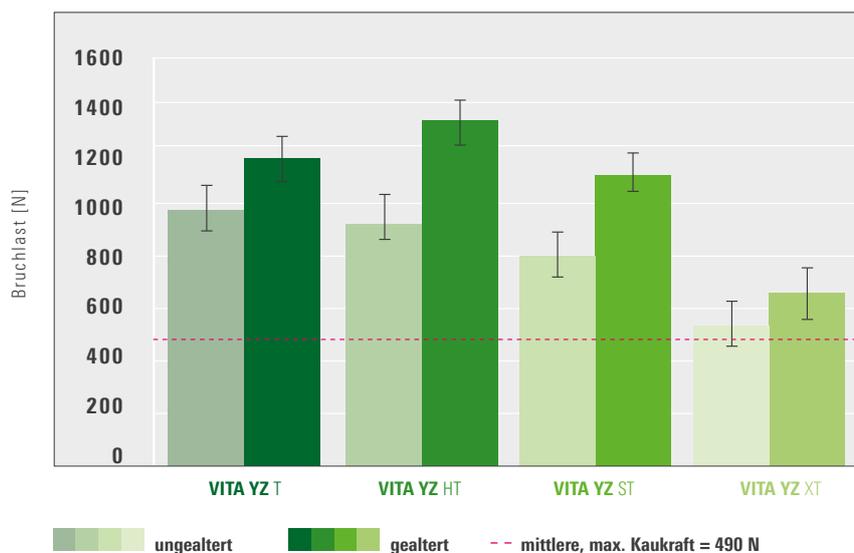
Bei diesem Testaufbau wurde der klinische Einsatz des Werkstoffs mittels Materialalterung simuliert, um dessen Beständigkeit im Mundmilieu zu prüfen. Es wurden stilisierte, 3-gliedrige Seitenzahnbrücken aus VITA YZ T, HT, ST und XT mittels CAM-Einheit hergestellt und gemäß Herstellerangaben dichtgesintert. Der dünnere „mesiale“ Verbinder wies einen Radius von 1,7 mm (~ 9,0 mm² Querschnittsfläche) auf, der dickere „distale“ einen Radius von 2,0 mm (~ 12,0 mm²). Alle Pfeiler besaßen eine einheitliche Wandstärke von 0,5 mm. Die Hälfte der Proben jedes Materials wurde für einen Zeitraum von 72 Stunden bei 134 °C in Wasserdampf im Autoklaven gealtert. Alle Brücken wurden mittels Zink-Phosphat-Zement auf Stahlstümpfen befestigt. Je Material wurden sechs gealterte und sechs nicht gealterte Brücken mittels Universalprüfmaschine bis zum Versagen belastet.

b) Quelle

Interne Untersuchung, VITA F&E, (Kolb, 08/2017, [1] vgl. S. 35)

c) Ergebnis

Bruchlast VITA YZ-Brücken vor und nach Alterung



d) Fazit

Sowohl für Proben nach simulierter Alterung als auch für nicht gealterte Proben wurden Mittelwerte erreicht, die oberhalb der maximal zu erwartenden Kaukraft [5] lagen, was eine gute Langzeitbeständigkeit im Mundmilieu erwarten lässt. Das Phänomen der höheren Bruchlast nach hydrothormaler Alterung wird Gegenstand zukünftiger Untersuchungen sein.

2.5 Risszähigkeit



a) Material und Methode

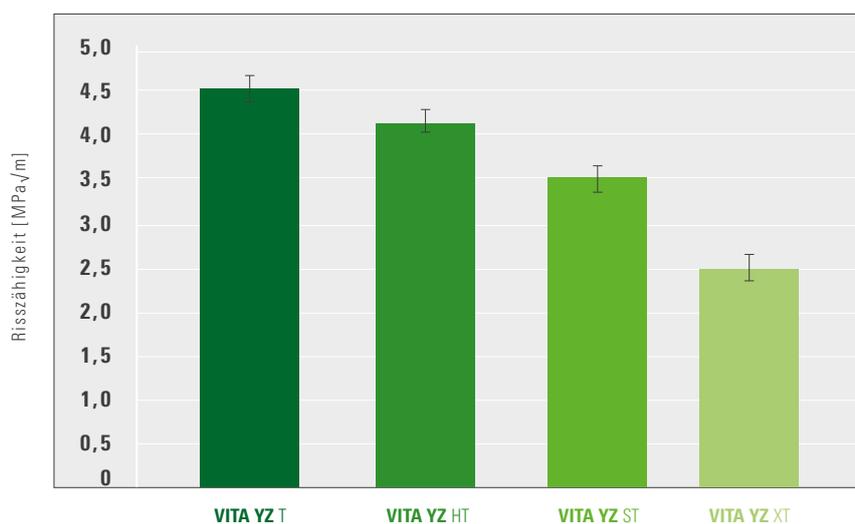
Da gemäß DIN EN ISO 6872:2015 das SEVNB-Verfahren nicht zum Messen der Bruchzähigkeit feinkörniger Werkstoffe mit Korngrößen kleiner als 1 µm verwendet werden sollte, erfolgte die Prüfung der Risszähigkeit mittels Chevron-notched beam gemäß ISO 24370 (Fine ceramics [advanced ceramics, advanced technical ceramics] – Testmethod for fracture toughness of monolithic ceramics at room temperature by chevron-notched beam [CNB] method). Dazu wurden an Biegeproben (3 x 4 x 30 mm³) mittels Diamant-Säge definierte Kerben eingebracht (s. Skizze links) und anschließend mittels Universalprüfmaschine bis zum Bruch belastet. Pro Serie wurden fünf Probekörper geprüft.

b) Quelle

Interne Untersuchung, VITA F&E, (Gödiker, 07/2017, [1] vgl. S. 35)

c) Ergebnis

Risszähigkeiten VITA YZ mit der CNB-Methode nach ISO 24370



d) Fazit

Die Prüfung zeigt einen Zusammenhang zwischen chemischer Zusammensetzung und mechanischer Widerstandsfähigkeit. Analog zum Anstieg des Yttriumoxid-Anteils (vgl. Tabelle 1.1 Chemische Zusammensetzung) nimmt die Risszähigkeit der unterschiedlichen Varianten stetig ab. Dies spiegelt sich auch in der Bruchlast bzw. der Biegefestigkeit der Materialien wider. Aktuelle Untersuchungen [12] beschäftigen sich intensiv mit den Einflussfaktoren und den Prüfmethode zur Risszähigkeit.

2.6 Zuverlässigkeit/Weibull-Modul

a) Material und Methode

„Mit einer von Weibull entwickelten Theorie, die auf dem Konzept des Versagens aufgrund des schwächsten Glieds beruht, lässt sich das Streuverhalten der Festigkeit keramischer Materialien mathematisch gut beschreiben. [...] Damit ergibt sich bei Kenntnis der Verteilungsparameter ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Belastung und der Bruchwahrscheinlichkeit.“ [2] Der Weibull-Modul von VITA YZ T, HT, ST und XT wurde anhand der 3-Punkt-Biegefestigkeitswerte von je 30 Proben pro Material ermittelt.

b) Quelle

Interne Untersuchung, VITA F&E, (Gödiker, 08/2017, [1] vgl. S. 35)

c) Ergebnis

Weibull-Modul der verschiedenen VITA YZ-Materialien



d) Fazit

Für die unterschiedlichen VITA YZ-Materialien wurden in diesem Test mit Weibull-Moduln von im Mittel knapp 11 bis 16 sehr gute Werte ermittelt. Die geringe Streuung der Messwerte ist ein Indikator für eine hohe Zuverlässigkeit und konstante Materialqualität. Werden lediglich geringe Messabweichungen zum Mittelwert (bezüglich der ermittelten Minimalwerte) gemessen, so lässt dies erwarten, dass sich der Werkstoff innerhalb seines jeweils empfohlenen Indikationsspektrums sehr verlässlich einsetzen lässt.

2.7 Transluzenz

a) Material und Methode

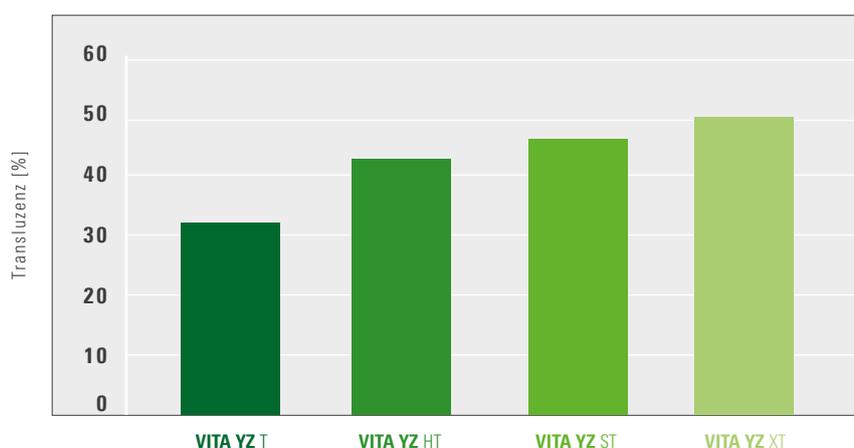
Die Messung der Transluzenz erfolgte mittels eines Photo-Spektrometers. Die verwendeten Materialproben verfügten über eine Materialstärke von 1,0 mm und waren beidseitig hochglanzpoliert. Bei dem Messwert handelt es sich jeweils um den Mittelwert aus fünf Proben pro Serie.

b) Quelle

Externe Untersuchung, Tosoh Corporation, (Technical Report, 08/2017, [10] vgl. S. 35)

c) Ergebnis

Transluzenz der verschiedenen VITA YZ-Materialien



Mittelwerte bzgl. der ermittelten Transluzenz		
VITA YZ T	32 %	
VITA YZ HT	42 %	
VITA YZ ST	46 %	
VITA YZ XT	50 %	

d) Fazit

Die in diesem Test ermittelten Werte sind lediglich im Rahmen dieses Testaufbaus vergleichbar, da Messwerte von der Probenstärke, dem Messgerät und den verwendeten Blenden abhängen. Da darüber hinaus die Transmission durch die Farbgebung beeinflusst wird, ist ein direkter Vergleich mit Glaskeramik schwierig.

Die Messwerte für VITA YZ XT befinden sich jedoch auf einem ähnlichen Niveau.

2.8 Passung nach Sinterprozess

a) Material und Methode

Auf Basis eines digitalen Modells wurden diverse Restaurationen konstruiert (CAD-Konstruktion). Danach wurde das entsprechende Passungsmodell mittels CNC-Maschine aus Aluminium herausgefräst. Mit derselben Maschine wurden die jeweiligen Restaurationen unter Berücksichtigung des entsprechenden Sinterschrumpfes vergrößert hergestellt. Auf diese Weise sollten mögliche Messungenauigkeiten, die durch einen Scan-Prozess entstehen können, ausgeschlossen werden. Schließlich wurden die gesinterten Konstruktionen visuell und haptisch mittels Passungsmodell sowie virtuell durch Überlagerung der digitalen mit der realen Konstruktion mittels Wrap-Software auf ihre Passung untersucht. In dieser Dokumentation wird exemplarisch eine 14-gliedrige VITA YZ T-Brückenkonstruktion gezeigt.

b) Quelle

Interne Untersuchung, VITA F&E, (Gödiker, 10/2014, [1] vgl. S. 35)

c) Ergebnis



Abbildung 14a/b/c: a) Modell; b) gefräste, vielgliedrige VITA YZ-Konstruktion; c) Wrap-Software mit überlagerten Konstruktionen (v. l. n. r.)



VITA YZ T

Mitbewerber-ZrO₂

Abbildung 15/16: Visuelle Passungskontrolle nach Sinterprozess mittels Passungsmodell für VITA YZ T/Mitbewerber

d) Fazit

Für VITA YZ SOLUTIONS wird der Vergrößerungsfaktor je Produktionscharge in allen drei Raumdimensionen messtechnisch exakt bestimmt, sodass auch bei vielgliedrigen VITA YZ-Brückenkonstruktionen eine sehr gute Passung erreicht wird. Sämtliche in dieser Untersuchung ermittelten Toleranzen bewegten sich in der Größenordnung des Zementspalts (50 µm). Das hier untersuchte Mitbewerber-Zirkondioxid zeigt hingegen bereits bei der visuellen Kontrolle eine mangelhafte Passung (vgl. Abb. 16).

2.9 Prüfung der CAM-Bearbeitbarkeit mittels Kronen-/Gerüstgeometrien

a) Material und Methode

Zur Überprüfung der CAM-Verarbeitbarkeit und der Wiedergabegenauigkeit der virtuell konstruierten Randbereiche wurden verschiedene Restaurationen aus VITA YZ T und einem Mitbewerber-Zirkondioxid maschinell hergestellt. Danach wurden die Restaurationen im Lichtmikroskop hinsichtlich der Kantenqualität untersucht. Da Farbstoffe auf das Sinterverhalten und auf die jeweilige Rohbruchfestigkeit eines Materials einen Einfluss haben können, wurde hier speziell die Bearbeitbarkeit von voreingefärbten Rohlingen betrachtet.

b) Quelle

Interne Untersuchung, VITA F&E, (Gödiker, 01/2014, [1] vgl. S. 35)

c) Ergebnis



Abbildung 17: VITA YZ T (voreingefärbter Werkstoff)



Abbildung 18: Mitbewerber-Zirkondioxid (voreingefärbter Werkstoff)

d) Fazit

Dieser Test zeigt exemplarisch anhand eines Kronengerüsts, dass sich mit VITA YZ T dank seiner hohen Kantenstabilität sehr präzise und damit passgenaue Versorgung herstellen lassen (vgl. Abb. 17). Das untersuchte Wettbewerbsmaterial weist hingegen nach dem CAM-Prozess Randausbrüche auf (vgl. Abb. 18). Bei der VITA Zahnfabrik wird die Rohbruchfestigkeit des Weißlings (entbinderter und vorgesinterter Rohling) für un- und voreingefärbte VITA YZ-Varianten prozesstechnisch auf ein ähnliches Niveau eingestellt, um dem Praxis- und Laboranwender unabhängig von der eingesetzten Variante reproduzierbare Ergebnisse zu ermöglichen.

2.10 Prüfung der CAM-Bearbeitbarkeit mittels „Merlon“-Geometrie



a) Material und Methode

Zur besseren Beurteilung der CAM-Verarbeitbarkeit und der Wiedergabegenauigkeit der virtuell konstruierten Randbereiche der verschiedenen VITA YZ-Varianten (T, HT, ST, XT) wurden je Variante sieben sog. „Merlons“ (Probengeometrie mit vier Zinnen, s. Abbildung links) mit Wandstärken von 0,2 mm bzw. 0,3 mm bzw. 0,4 mm mittels einer CAD/CAM-Einheit hergestellt (vgl. Abb. 19). Für alle Proben wurde dieselbe Frässtrategie verwendet. Schließlich wurden die Probengeometrien in den drei Wandstärken visuell begutachtet und die Zinnen der jeweiligen Proben auf Defekte untersucht. Die Ergebnisgrafik zeigt je Materialvariante und Wandstärke die sog. „Erfolgsrate“ der Zinnen je Probengeometrie.

b) Quelle

Interne Untersuchung, VITA F&E, (Gödiker, 08/2017, [1] vgl. S. 35)

c) Ergebnis

CAM-Bearbeitbarkeit der verschiedenen VITA YZ-Materialien

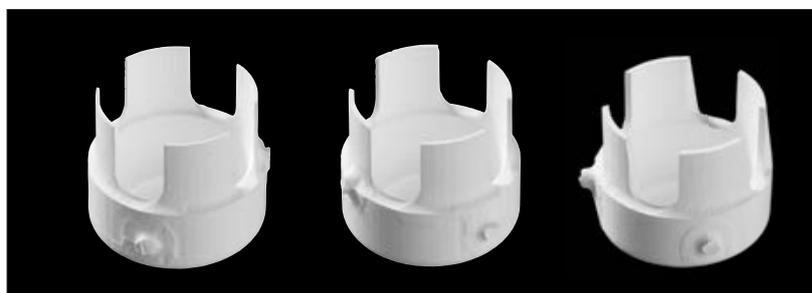
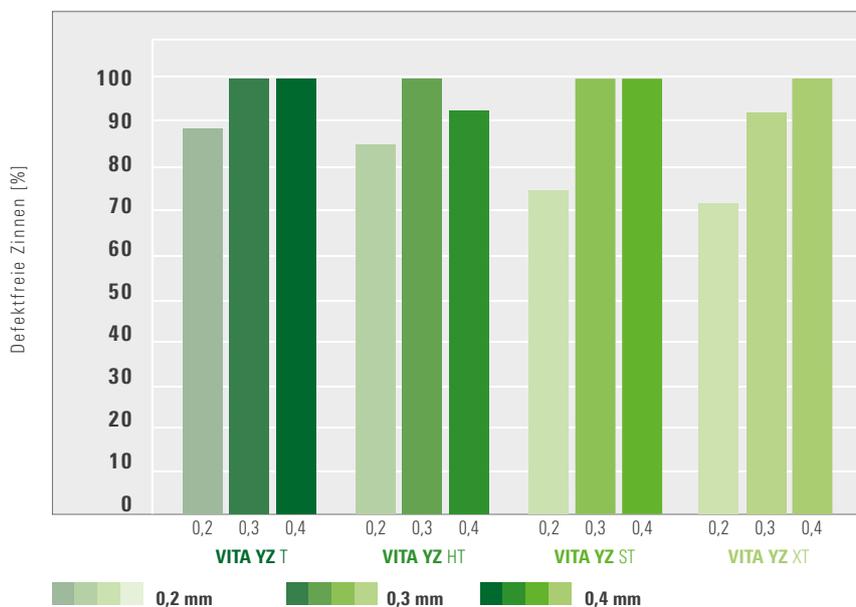
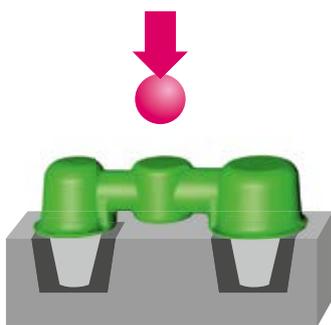


Abbildung 19: „Merlon“-Geometrien aus VITA YZ mit Wandstärken von 0,2 mm, 0,3 mm und 0,4 mm (von links nach rechts)

d) Fazit

Dieser Test zeigt, dass sich mit allen VITA YZ SOLUTIONS Varianten dank der generell hohen Kantenstabilität sehr präzise und damit passgenaue Ergebnisse herstellen lassen (vgl. Abb. 19). Mit geringerer Eigenfestigkeit nimmt jedoch bei besonders dünnwandigen Geometrien (vgl. 0,2 mm) die sog. „Überlebensrate“ ab und die Wahrscheinlichkeit eines Defekts nach CAM-Bearbeitung steigt folglich an.

2.11 Einfluss der CAM-Bearbeitung auf die Belastbarkeit



a) Material und Methode

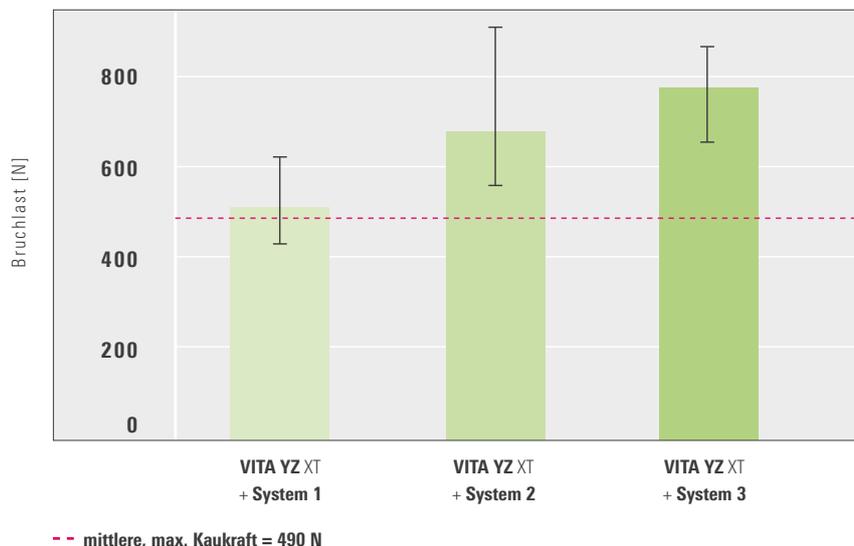
Um den Einfluss der CAM-Bearbeitung (z. B. durch verschiedene Frässtrategien) auf die Belastbarkeit von Brücken zu untersuchen, wurden stilisierte Seitenzahnbrücken aus VITA YZ XT mittels drei verschiedener CAD/CAM-Systeme gefräst und gemäß Herstellerangaben dichtgesintert. Der dünnere „mesiale“ Verbinder wies einen Radius von 1,7 mm (~ 9,0 mm² Querschnittsfläche) auf, der „distale“ Verbinder einen Radius von 2,0 mm (~ 12,0 mm²). Die Pfeilerkappen besaßen eine einheitliche Wandstärke von 0,5 mm. Alle Brücken wurden mit Zink-Phosphat-Zement auf Stahlstümpfen befestigt. Je verwendetem CAD/CAM-System wurden sechs Brücken mittels Universalprüfmaschine bis zum Versagen belastet.

b) Quelle

Interne Untersuchung, VITA F&E, (Kolb, 11/2017, [1] vgl. S. 35)

c) Ergebnis

Bruchlast nach CAM-Fertigung mit verschiedenen Systemen



d) Fazit

Das Ergebnis dieses Tests zeigt, dass das zur Herstellung eingesetzte CAD/CAM-System einen signifikanten Einfluss auf die Bruchlast einer Brückenversorgung haben kann. Sowohl die Parameter der Software (Drehgeschwindigkeit, Vorschub, Zustellung) als auch die Fräswerkzeuge (Art, Zustand) bzw. die Fräsmaschine können beispielsweise die Oberflächenqualität der Restauration und somit deren Belastbarkeit beeinflussen. Für beständige Versorgungen sind deshalb die jeweiligen Herstellerangaben (Material- und Systemhersteller) genau zu beachten. Empfehlungen zur Bearbeitung von VITA YZ finden sich unter: www.vita-zahnfabrik.com

2.12 Sinterverhalten

2.12.1 Einfluss der Sintertemperatur

a) Material und Methode

Aus Untersuchungen von Piconi [4] ist der Einfluss der Sintertemperatur auf die Partikelgröße bekannt. Bei zu geringer Temperatur kann das Gefüge nicht vollständig dichtgesintert werden. Bei zu hohen Temperaturen neigt das Material tendenziell zum Kornwachstum. Solche Temperaturabweichungen haben sowohl optisch als auch mechanisch einen Einfluss auf das Endergebnis. Zu gering versinterte Werkstoffe wirken opak. Zu hoch gesinterte Werkstoffe wirken transluzent, besitzen jedoch in der Regel verringerte mechanische Eigenschaften. Für den direkten Vergleich wurden Proben aus VITA YZ HT und XT bei einer Maximaltemperatur von 1370 °C, 1450 °C, 1530 °C und 1600 °C gesintert. Die jeweilige Temperatur wurde für zwei Stunden gehalten. Danach wurden die Gefüge mittels Rasterelektronenmikroskop (REM) analysiert.

b) Quelle

Interne Untersuchung, VITA F&E, (Kolb, 10/2017, [1] vgl. S. 35)

c) Ergebnis

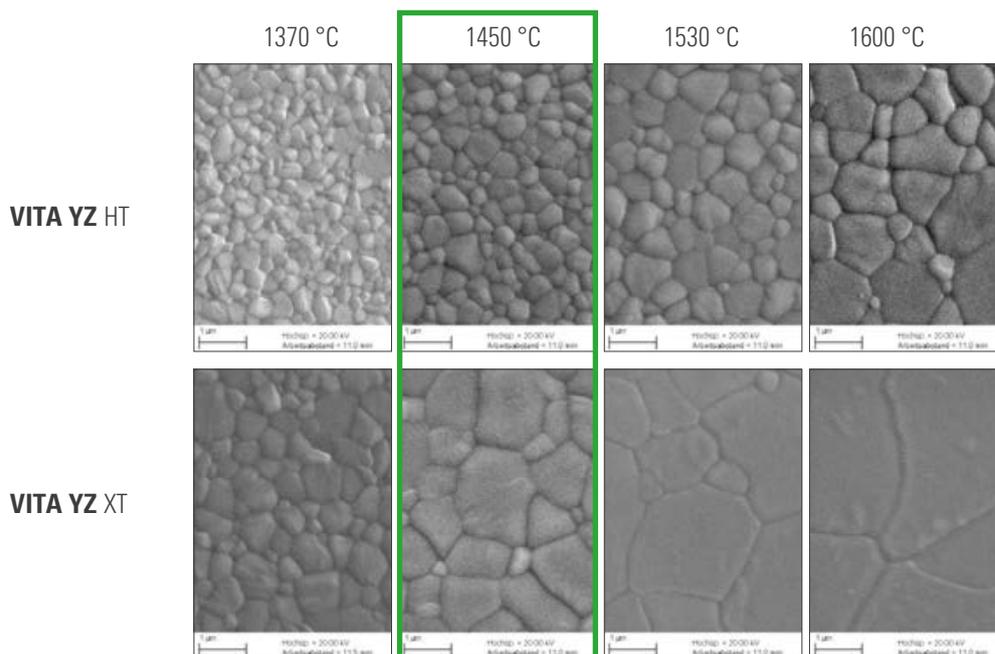


Abbildung 20: VITA YZ-Gefüge bei verschiedenen Temperaturen, 20.000-fache Vergrößerung

d) Fazit

Laut Herstellerempfehlungen ist die ideale Sintertemperatur für VITA YZ HT und XT 1450 °C. Mit dieser Temperatur lassen sich für die benannten VITA YZ-Varianten ideale optische und mechanische Eigenschaften erreichen. Wird VITA YZ bei einer höheren Temperatur gesintert (z. B. bei 1600 °C), findet hier ein deutlich sichtbares Kornwachstum statt. Damit lässt sich zwar die Transluzenz des Materials erhöhen, aber gleichzeitig werden hiermit auch die mechanischen Eigenschaften herabgesetzt. Im Fall von VITA YZ XT führt die Temperaturerhöhung zu einer Reduzierung der Festigkeit um ca. 100 MPa. Zudem ist zu befürchten, dass auch die Dauerbelastbarkeit durch das enorme Kornwachstum negativ beeinflusst wird.

2.12.2 Einfluss des HighSpeed-Sinterverfahrens

a) Material und Methode

Restaurationen aus VITA YZ T und HT können mit der Brenneinheit VITA ZYRCOMAT 6000 MS innerhalb von 80 Minuten dichtgesintert werden. Passend abgestimmte Aufheiz- und Abkühlparameter machen dies möglich. Ein HighSpeed-Sinterverfahren darf sich jedoch nicht negativ auf Gefügequalität, mechanische Eigenschaften und Passung auswirken. In der folgenden Versuchsreihe wurden exemplarisch Materialproben aus VITA YZ T sowohl konventionell als auch schnell gesintert. Danach wurde das Gefüge im REM untersucht und in diversen weiteren Tests analysiert.

b) Quelle

Interne Untersuchung, VITA F&E, (Gödiker, 10/2011, [1] vgl. S. 35)

c) Ergebnis

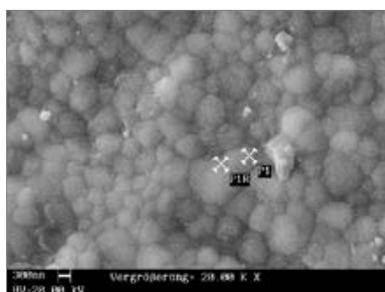


Abbildung 21a: Gefüge VITA YZ T, konventionell gesintert, 20.000-fache Vergrößerung

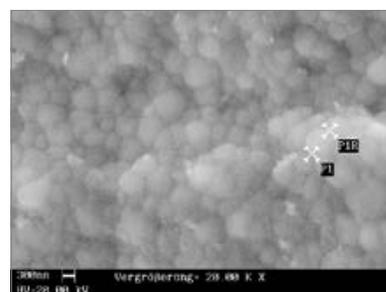


Abbildung 21b: Gefüge VITA YZ T, schnell gesintert, 20.000-fache Vergrößerung

Kennwerte/Daten VITA YZ	Konventioneller Sinterprozess	HighSpeed-Sinterprozess
Sinterdichte [g/cm ³]	6,06	6,07
3-Punkt-Biegefestigkeit [MPa]	1.200	1.278
Kristallstruktur	tetragonal	tetragonal
Partikelgröße [nm]	500	500
Passung Brücken	sehr gut	sehr gut

d) Fazit

Sowohl mit konventionellen (17 °C/min, 2 h Haltezeit) als auch mit dem HighSpeed-Sinterverfahren lassen sich für VITA YZ T und VITA YZ HT vergleichbar gute Resultate hinsichtlich Gefüge, mechanischen Eigenschaften und Passung erzielen. Bei den transluzenteren Varianten VITA YZ ST und XT ist mit zunehmendem Yttrium-Gehalt eine deutliche Erhöhung der Opazität nach dem HighSpeed-Sintern feststellbar, weshalb dieser Sinterprozess allein schon aus ästhetischen Gründen nicht empfohlen werden kann.

2.13 Manuelle Nachbearbeitung/Oberflächenbearbeitung

2.13.1 Einfluss von Keramiksleifersystemen

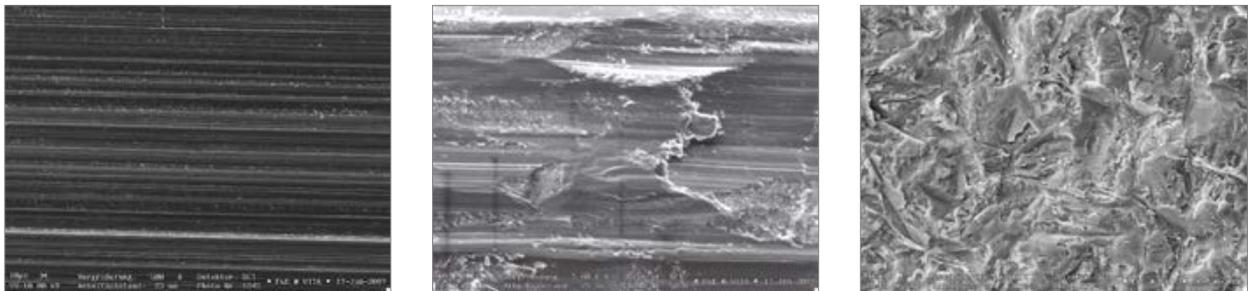
a) Material und Methode

Im Rahmen der Untersuchung wurde der Einfluss von Schleifkörpern und Sandstrahlen auf das Gerüstmaterial VITA YZ T untersucht. Dafür wurden insgesamt 158 Schleifkörper von 12 verschiedenen Herstellern eingesetzt. Um einen standardisierten Schleifprozess zu gewährleisten, wurde für diese Versuche ein spezielles Testsystem entwickelt. Nach der Oberflächenbehandlung (Schleifkörper oder Sandstrahlen) wurden die Materialproben im REM analysiert.

b) Quelle

Einfluss Keramiksleifersysteme, Quintessenz Zahntechnik 2009 ([6], vgl. S. 35)

c) Ergebnis



Abbildungen 22 – 24: VITA YZ-Oberflächen poliert, mit Schleifkörpern nachbearbeitet und sandgestrahlt (von links nach rechts); jeweils 5.000-fache Vergrößerung

d) Fazit

Unterschiedliche Werkzeuge und Methoden verursachen bei Zirkondioxid Oberflächenverletzungen unterschiedlichen Grades (s. Abb. 22 bis 24). Es empfiehlt sich, das zahntechnische Werkstück im vorgesinterten Stadium immer von grob zu fein auszuarbeiten. Der letzte Schritt sollte idealerweise die Politur der Oberflächen sein, um an der Oberfläche liegende „Defekte“ zu minimieren. Das zum Vergleich angewendete Verfahren des Sandstrahlens verursacht eine sichtbar zerklüftete Oberfläche. Die so eingebrachten „Defekte“ können ggf. die mechanischen Eigenschaften herabsetzen und Spannungen in der Verbundzone zur Verblendkeramik hervorrufen.

2.13.2 Einfluss von Sandstrahlen

a) Material und Methode

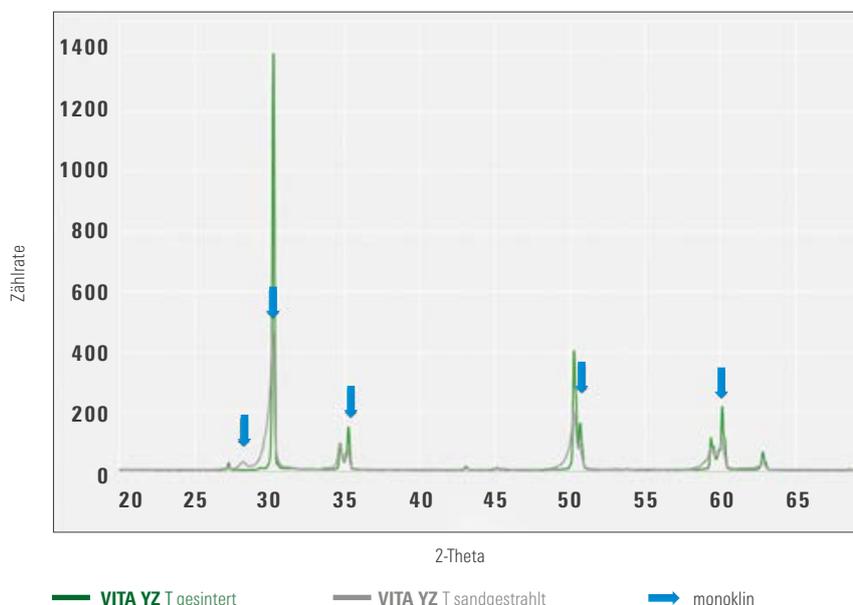
Für diesen Test wurden identische Probekörper aus VITA YZ T hergestellt und gesintert. Bei der ersten Serie folgte keine Nachbearbeitung der Proben. Die Proben der zweiten Serie wurden oberflächlich im Sandstrahlgerät bearbeitet (50 µm Korund, 2 bar). Danach erfolgte die Analyse der vorliegenden Kristallstrukturen im Röntgendiffraktometer. Die Peaks der unbehandelten Proben in der u.g. Darstellung zeigen, dass an der Oberfläche nur tetragonale Kristallstrukturen detektierbar sind. Die zusätzlichen Peaks und die Peak-Verbreiterungen nach dem Sandstrahlen deuten auf Spannungen im Gefüge und monokline Phasenanteile hin.

b) Quelle

Interne Untersuchung, VITA F&E, (Gödiker, 12/2017 [1] vgl. S. 35)

c) Ergebnis

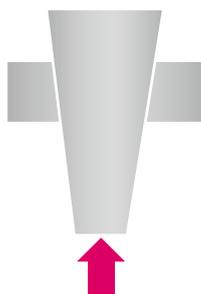
Diffraktometermessung von VITA YZ T vor und nach dem Sandstrahlen



d) Fazit

Bedingt durch das Sandstrahlen wandelt sich das tetragonale Zirkondioxidgitter in eine monokline Kristallstruktur um. Positive Materialeigenschaften wie Risszähigkeit und Alterungsbeständigkeit, die der tetragonalen Modifikation zugesprochen werden, können in dem Fall nicht mehr gewährleistet werden. Ferner weist die monokline Phase einen anderen WAK auf, was in Verbindung mit der Verblendkeramik zu ungünstigen Spannungen in der Verbundzone führen kann. Vermutete positive Effekte des Sandstrahlens, wie eine Erhöhung der Oberflächenrauigkeit, lassen sich im Vergleich zu einem unbehandelten Gerüst nach dem CAM-Prozess nicht nachweisen. Somit ist durch das Sandstrahlen keine Verbesserung der Benetzbarkeit mit Verblendkeramik zu erwarten. Aus diesen Gründen wird empfohlen, die zu verblendenden Flächen nicht mittels Sandstrahlen zu bearbeiten. Das Sandstrahlen der Innenflächen zur Verbesserung des Haftverbunds ist jedoch möglich und sinnvoll.

2.14 Untersuchung zur Qualität des Haftverbundes



a) Material und Methode

Gepüft wurde die Druckscherfestigkeit von zwei Befestigungskompositen zu VITA YZ SOLUTIONS. Zu diesem Zweck wurden jeweils aus VITA YZ T und XT definierte Kegelstümpfe in mit einer Bohrung versehene Scheiben aus dem identischen Material eingeklebt und danach die Kegel mittels Universalprüfmaschine ausgestoßen bzw. bis zum Versagen belastet.

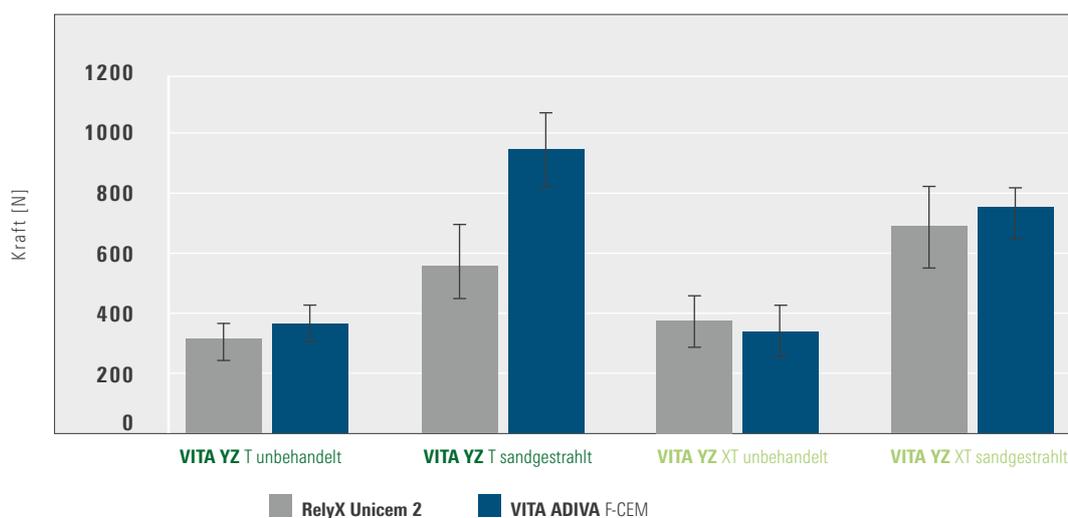
Zur Befestigung wurden das Befestigungskomposit RelyX™ Unicem 2 (3M ESPE) und VITA ADIVA F-CEM (VITA Zahnfabrik) verwendet. Ein Teil der Proben wurde unbehandelt verklebt und der andere Teil vorkonditioniert. Die unbehandelten Proben zeigten die typische Oberfläche maschineller Bearbeitung durch den Fräsprozess. Die andere Probenserie wurde mit 50 µm Al₂O₃-Partikeln und einem Druck von 2,0 bar sandgestrahlt. Insgesamt wurden pro Serie 10 Prüfkörper untersucht.

b) Quelle

Interne Untersuchung, VITA F&E, (Gödiker, 10/2017, [1] vgl. S. 35)

c) Ergebnis

Druckscherfestigkeit Befestigungskomposite zu VITA YZ-Varianten

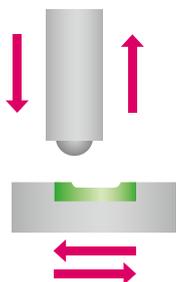


d) Fazit

Die Testergebnisse zeigen, dass sich nach Vorkonditionierung mittels Sandstrahlen die Druckscherfestigkeit zu VITA YZ signifikant erhöht. Das Abstrahlen der Kroneninnenflächen mit einem Druck von 2,0 bar und 50 µm Al₂O₃-Partikeln wird daher empfohlen. Bei der ermittelten Druckscherfestigkeit zu VITA YZ T und VITA YZ XT zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Lediglich für die sandgestrahlten VITA YZ T-Proben in Kombination mit VITA ADIVA F-CEM wurden im Vergleich deutlich höhere Druckscherfestigkeitswerte ermittelt. Insgesamt ist jedoch zwischen den beiden Befestigungssystemen kein wesentlicher Unterschied bzgl. des Haftverbundes zu VITA YZ erkennbar.

2.15 Abrasionsverhalten

Zwei-Medien-Abrasion



a) Material und Methode

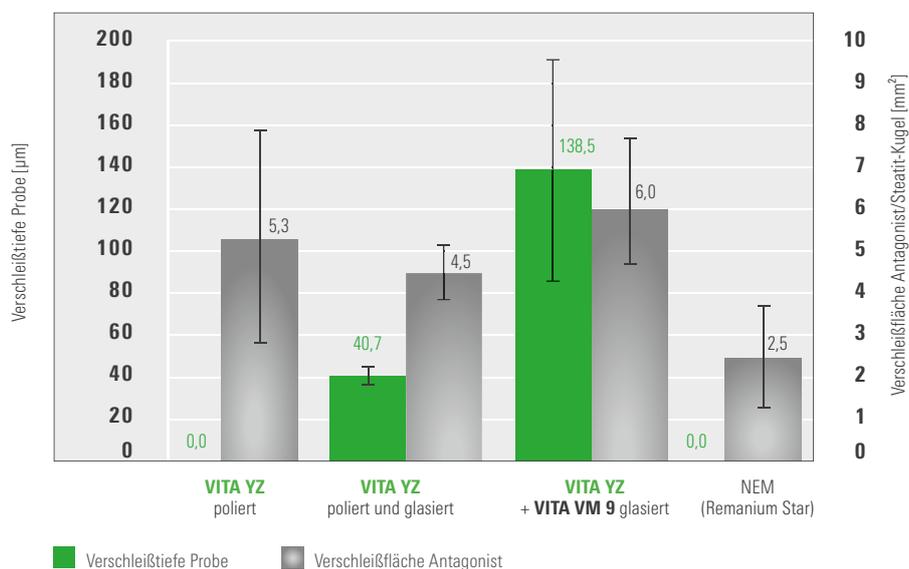
Zur Ermittlung der Abrasion von Zirkondioxid im Vergleich zu einer Nichtedelmetall-Legierung (NEM) wurde ein „Pin-on-block wear test“ im Kausimulator (EGO, Regensburg) mit den folgenden Parametern durchgeführt: Steatit-Kugeln als Antagonist; 50 N Belastungskraft; $1,2 \times 10^5$ Zyklen; 1,6 Hz und 600 Thermozyklen bei 5 – 55 °C. Nach durchgeführter Kausimulation wurde der Substanzabtrag gemessen. Pro Serie wurden acht Prüfkörper untersucht.

b) Quelle

Universität Regensburg, Report (Rosentritt, 09/2011, [3], vgl. S. 35)

c) Ergebnis

Abrasionsuntersuchung



d) Fazit

Bei auf Hochglanz polierten Zirkondioxid-Proben (vgl. o.g. Testergebnisse zu VITA YZ) wie auch bei NEM ist kein Materialabtrag messbar. Wird eine Glasurschicht auf die VITA YZ-Proben aufgetragen, ist wieder ein Materialabtrag messbar. Der Glasurauftrag hat zum Ziel, dass sich zahntechnische Werkstücke aus Zirkondioxid dem schmelzähnlichen Abrasionsverhalten angleichen (vgl. glasierte VITA YZ-Proben). Neue In-vivo-Studien weisen darauf hin, dass sowohl an der Zirkondioxid-Restauration als auch am Antagonisten, bei entsprechender Oberflächenqualität, kein erhöhter Verschleiß zu erwarten ist.

Aktuelle In-vitro-Studien mit Zirkondioxid unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung kommen in Abhängigkeit von der Oberflächenbearbeitung zu ähnlichen Resultaten [11].

2.16 Biokompatibilität

VITA YZ wird nach der Normenreihe ISO 10993 Biologische Beurteilung von Medizinprodukten von unabhängigen Instituten geprüft und bewertet. VITA YZ wird in allen Varianten als biokompatibel beurteilt. Mittels detaillierten Qualitätskontrollen jeder neuen Charge, wie z. B. Radioaktivitätsmessungen, wird sichergestellt, dass die Biokompatibilität beständig gewährleistet ist.

3. Verblendkeramik VITA VM 9

3.1 Physikalische/Mechanische Eigenschaften

VITA VM 9	Maßeinheit	Wert
Wärmeausdehnungskoeffizient (25 – 500 °C)	$10^{-6} \cdot K^{-1}$	8,8 – 9,2
Erweichungspunkt	°C	670
Transformationstemperatur (Tg)	°C	600
Chemische Löslichkeit (ISO 6872)	$\mu g/cm^2$	9,9
Mittlere Korngröße	$\mu m (d_{50})$	18
3-Punkt-Biegefestigkeit (ISO 6872)	MPa	102
Vickershärte (Transpa Dentine)	HV1	670

Bestimmung gemäß DIN EN ISO 6872

3.2 Chemische Zusammensetzung

Komponenten	Gew.-%
SiO ₂	60 – 64
Al ₂ O ₃	13 – 15
Na ₂ O	4 – 6
K ₂ O	7 – 10
CaO	1 – 2
ZrO ₂	0 – 1
B ₂ O ₃	3 – 5

3.3 Wärmeausdehnungskoeffizient

a) Material und Methode

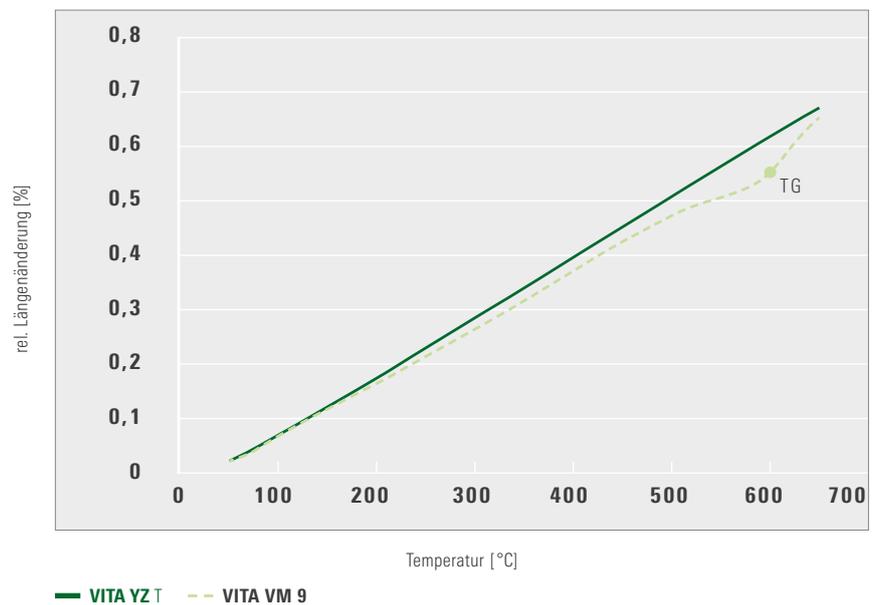
Probekörper aus VITA YZ T und VITA VM 9 wurden im direkten Vergleich im Dilatometer (Netzsch) gemessen. Dabei wurden sie mit einer Heizrate von 5 °C/min bis zum Erweichungspunkt erhitzt. Durch die gemessene Längenausdehnung bis zu einer definierten Temperatur (hier: 500 °C) ergibt sich der Wärmeausdehnungskoeffizient (WAK) für das jeweilige Material.

b) Quelle

Interne Untersuchung, VITA F&E, (Gödiker, 10/2009, [1] vgl. S. 35)

c) Ergebnis

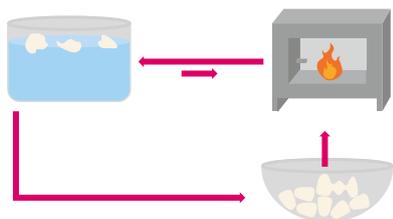
Wärmeausdehnung von VITA YZ T und VITA VM 9



d) Fazit

VITA YZ T weist einen WAK von ca. $10,5 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$ auf. Um optimale Spannungsverhältnisse zu gewährleisten, liegt der WAK von VITA VM 9 mit ca. $9,2 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$ etwas niedriger. Damit soll sichergestellt werden, dass ein beständiger und somit langfristig belastbarer Verbund zwischen Verblend- und Gerüststruktur erzielt werden kann. Die ermittelte Glasübergangstemperatur (TG) der Verblendkeramik liegt bei dieser Messmethode bei ca. 600 °C.

3.4 Temperaturwechselbeständigkeit



a) Material und Methode

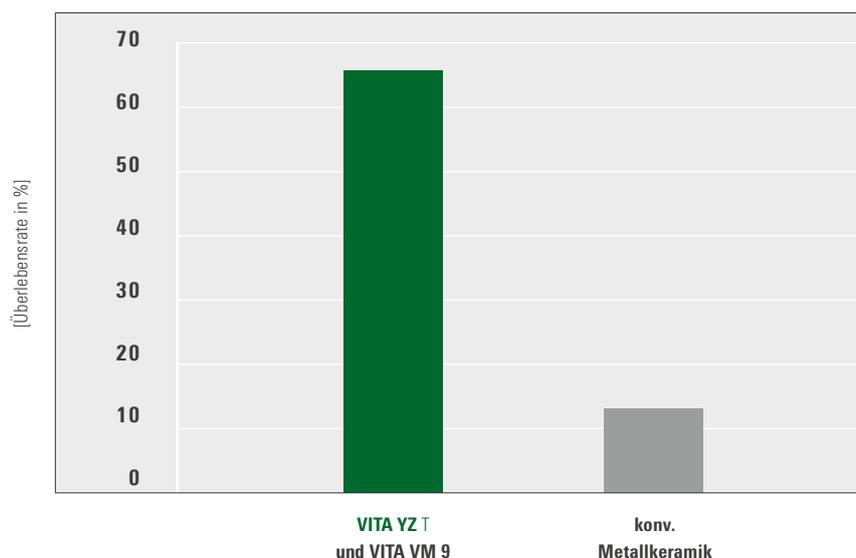
Bei der Temperaturwechselbeständigkeit (TWB) handelt es sich um ein bewährtes VITA-internes Testverfahren, um das Zusammenspiel von Gerüstwerkstoff und Verblendkeramik bzw. residuelle Spannungen im Gesamtsystem zu beurteilen. Für diesen Test wurden sechs Kronen und eine dreigliedrige Gerüstkonstruktion aus VITA YZ T gemäß Verarbeitungsanleitung des Herstellers gefertigt und später mit VITA VM 9 verblendet. Danach wurden die Restaurationen in einem Ofen auf 105 °C erhitzt und 30 Minuten auf dieser Temperatur gehalten. Schließlich wurden die Restaurationen in Eiswasser abgeschreckt und auf Rissbildung sowie Keramikabplatzungen untersucht. Unbeschadete Restaurationen wurden anschließend in 15 °C-Schritten auf die nächste Temperaturstufe (120 °C) erhitzt, bis auf eine maximale Temperatur von 165 °C.

b) Quelle

Interne Untersuchung, VITA F&E, (Gödiker, 10/2009 [1] vgl. vgl. S. 35)

c) Ergebnis

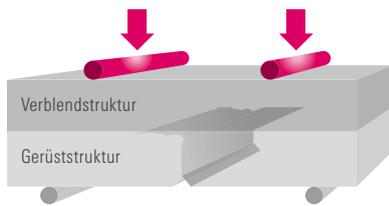
Überlebensrate Temperaturwechselbeständigkeit



d) Fazit

Je höher die Überlebensrate der Restaurationen in diesem Test ist, desto geringer ist das Risiko von Rissbildung oder Keramikabplatzungen in der Verblendkeramik gemäß langjähriger Erfahrung im praktischen Praxis-/Laboralltag. VITA YZ T zeigt in Kombination mit VITA VM 9 bei diesem Testaufbau eine deutlich höhere Überlebensrate als verblendete Metallkeramik. Die für VITA YZ in Verbindung mit VITA VM 9 ermittelten Werte werden mit den Durchschnittsergebnissen der Metallkeramik-Untersuchungen (unterschiedliche VMK-Generationen in Kombination mit diversen Metalllegierungen) der vergangenen Jahre verglichen.

3.5 Verbundqualität von VITA YZ T und VITA VM 9



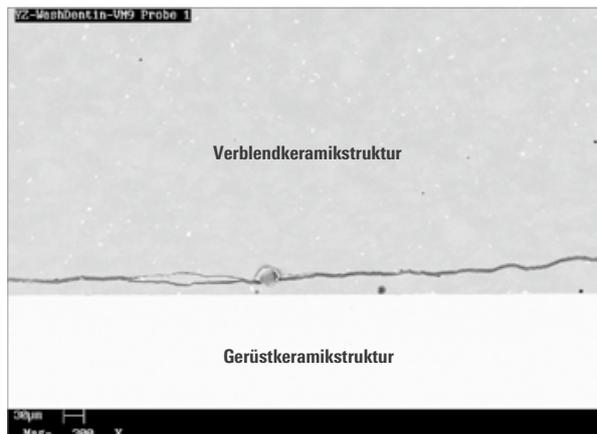
a) Material und Methode

Verbundtests sind Testmethoden, um die Verbundqualität, d. h. die Belastbarkeit des Verbundes von Gerüstwerkstoff zum Verblendmaterial, zu beurteilen. Es gibt z. B. den „Schwickerath-Test“ (s. ISO 9693), welcher als 3-Punkt-Biegetest für Metallkeramik eingesetzt wird. Für vollkeramische Systeme gibt es keinen ISO-Standardtest. Beim hier genutzten Versuchsaufbau wurde ein 4-Punkt-Biegetest durchgeführt mit dem Ziel, einen Riss in die Verbundzone zu leiten, um die Energie zu ermitteln, die bei Rissfortpflanzung freigesetzt wird (vgl. Energiefreisetzungsrate). Diese Methode (etabliert von Charalambides et al. [7]) wird z. B. von der NASA (National Aeronautics and Space Administration) für Lackschichten auf der Raketenaußenseite eingesetzt.

b) Quelle

Haftverbundmechanismen in dentalen Schichtsystemen (Tholey, 2007, [8] vgl. S. 35)

c) Ergebnis

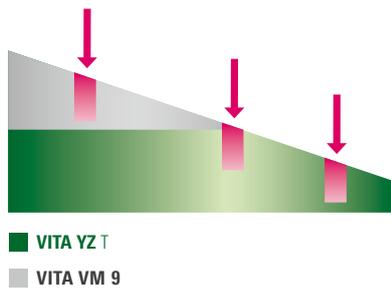


Abbildungen 25 : VITA YZ T mit VITA VM 9 verblendet, Rissverlauf in der Verblendung, 300-fache Vergrößerung

d) Fazit

Der Verbund von VITA YZ T mit VITA VM 9 kann als exzellent bewertet werden, da bei der angewendeten Versuchsreihe die Rissbildung in keinem einzigen Fall in der Verbundzone auftrat, sondern durch die Verblendkeramikschicht verlief (vgl. REM-Bild; Gerüststruktur hellgrau und Verblendstruktur dunkelgrau). Es ist folglich kein messbarer (Energie-)Wert des tatsächlichen Verbundes zu ermitteln.

3.6 Verbundzone zwischen VITA YZ T und VITA VM 9



a) Material und Methode

Um die Verbundzone VITA YZ T zu VITA VM 9 detailliert zu untersuchen, wurden VITA YZ T Probekörper mit VITA VM 9 verblendet und dann in Keile gesägt. Danach wurden die Probekörper für 20 Sekunden mit VITA CERAMICS ETCH (Flusssäure-Gel 5 %) behandelt und die Oberflächen unter einem Rasterelektronenmikroskop (REM) untersucht.

b) Quelle

SEM observations of porcelain YTZP interface (Tholey, 2009, [10] vgl. S. 35)

c) Ergebnis

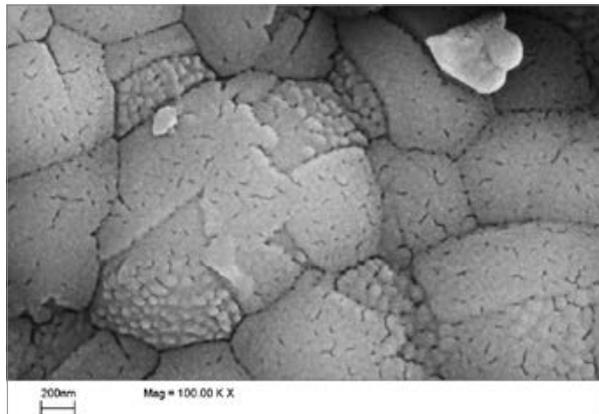


Abbildung 26: VITA YZ T Struktur nach Verblendung, 100.000-fache Vergrößerung

d) Fazit

Der Verblendvorgang (Keramikauftrag und Brandführung) verändert das kristalline Gefüge der VITA YZ T Gerüststruktur in der Verbundzone, sodass sich eine neue Kristallstruktur bildet. Das REM-Bild zeigt in 100.000-facher Vergrößerung diese neue Oberfläche. Die Ergebnisse lassen erwarten, dass sich diese neue Struktur chemisch hervorragend mit der VITA VM 9 Verblendkeramikstruktur verbindet und dadurch der hochbelastbare Verbund zwischen Gerüst und Verblendung erzielt wird.

4. Referenzen

1. Interne Untersuchungen, VITA F&E:
VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co. KG
Ressort Forschung und Entwicklung
Spitalgasse 3
79713 Bad Säckingen

Dipl.-Ing. Michael Gödiker, Projektleiter F&E, Bad Säckingen
Eva Kolb MSc., Projektleiterin F&E, Bad Säckingen
2. Brevier Technische Keramik, Verband der Keramischen Industrie e.V., 2003
3. Abrasionsuntersuchungen Universitätsklinikum Regensburg, Bericht: Pin-on-block wear test of different ceramics, 09/2011 Prof. Dr.-Ing. Martin Rosentritt, Forschungsbereichsleiter, Universitätsklinikum Regensburg, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Regensburg
4. Piconi, C., Maccauro, G. (1999). Review Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials*, 1999, 1–25.
5. Körber, K., Ludwig, K. (1983). Maximale Kaukraft als Berechnungsfaktor zahntechnischer Konstruktionen. *Dent Lab*, 1983, 55–60.
6. Coldea, A. et. al. (2009). Untersuchung des Einflusses verschiedener Keramikschleifersysteme auf Zirkoniumdioxid, *Quintessenz Zahntech*, 2009, 470–483.
7. Charalambides P. G. et al. Near-Tip Mechanics of Stress-Induced Microcracking in Brittle Materials, *J. Am. Ceram. Soc.* 1988, 465–472.
8. Tholey M. J., Stephan M. Haftverbundmechanismen in dentalen Schichtsystemen. *Quintessenz Zahntech*, 2007; 160–168.
9. Tholey M. J., Swain M. V. , Thiel N. SEM observations of porcelain YTZP interface. *Dental Materials*, 2009, 857–862.
10. Tosoh Corporation, Japan, Technical Report, 2017
11. Preis V. et al. Cycle-dependent in vitro wear performance of dental ceramics after clinical surface treatments, *Dental Materials*, 2015, 49–58
12. Kailera A., Stephan M. On the feasibility of the Chevron Notch Beam method to measure fracture toughness of fine-grained zirconia ceramics *Dental Materials*, 2016, 1256–1262

WIR HELFEN IHNEN GERNE WEITER

› Mehr Informationen zu Produkten und zur Verarbeitung auch auf www.vita-zahnfabrik.com

Hotline Vertriebs-Support

Zur Erfassung von Aufträgen und bei Fragen zur Lieferung, zu Produktdaten sowie Werbemitteln stehen Ihnen gerne Herr Udo Wolfner und sein Team vom Vertriebsinnendienst zur Verfügung.

▶ **Tel. + 49 (0) 7761 / 56 28 90**
Fax + 49 (0) 7761 / 56 22 33
8.00 bis 17.00 Uhr CET
Mail info@vita-zahnfabrik.com

Weitere internationale Kontakte
finden Sie unter
www.vita-zahnfabrik.com/contacts

Technische Hotline

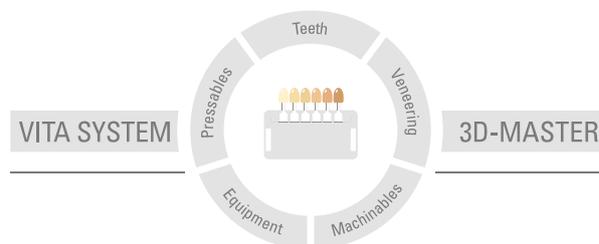
VITA Produktlösungen können Sie gerne Herrn Dr. Michael Tholey und sein Team vom technischen Service kontaktieren.

▶ **Tel. + 49 (0) 7761 / 56 22 22**
Fax + 49 (0) 7761 / 56 24 46
8.00 bis 17.00 Uhr CET
Mail info@vita-zahnfabrik.com

Mehr Informationen
zu VITA YZ SOLUTIONS:
www.vita-zahnfabrik.com/cadcam



Weitere Informationen zu **VITA YZ SOLUTIONS**
finden Sie unter: www.vita-zahnfabrik.com/cadcam



Zur Beachtung: Unsere Produkte sind gemäß Gebrauchsinformationen zu verwenden. Wir übernehmen keine Haftung für Schäden, die sich aus unsachgemäßer Handhabung oder Verarbeitung ergeben. Der Verwender ist im Übrigen verpflichtet, das Produkt vor dessen Gebrauch auf seine Eignung für den vorgesehenen Einsatzbereich zu prüfen. Eine Haftung unsererseits ist ausgeschlossen, wenn das Produkt in nicht verträglichem bzw. nicht zulässigem Verbund mit Materialien und Geräten anderer Hersteller verarbeitet wird und hieraus ein Schaden entsteht. Die VITA Modulbox ist nicht zwingender Bestandteil des Produktes. Herausgabe dieser Gebrauchsinformation: 2023-02

Mit der Herausgabe dieser Gebrauchsinformation verlieren alle bisherigen Ausgaben ihre Gültigkeit. Die jeweils aktuelle Version finden Sie unter www.vita-zahnfabrik.com

VITA Zahnfabrik ist zertifiziert und folgende Produkte tragen die Kennzeichnung

CE 0124

VITA YZ® T, VITA YZ® HT, VITA YZ® ST, VITA YZ® XT, VITAVM®9

VITA YZ® und **VITAVM®9** sind eingetragene Marken der VITA Zahnfabrik. In diesem Dokument genannte Produkte anderer Hersteller sind eingetragenen Marken der jeweils genannten Hersteller.

MD

VITA

VITA Zahnfabrik H. Rauter GmbH & Co.KG
Spitalgasse 3 · D-79713 Bad Säckingen · Germany
Tel. +49(0)7761/562-0 · Fax +49(0)7761/562-299
Hotline: Tel. +49(0)7761/562-222 · Fax +49(0)7761/562-446
www.vita-zahnfabrik.com · info@vita-zahnfabrik.com
[facebook.com/vita.zahnfabrik](https://www.facebook.com/vita.zahnfabrik)