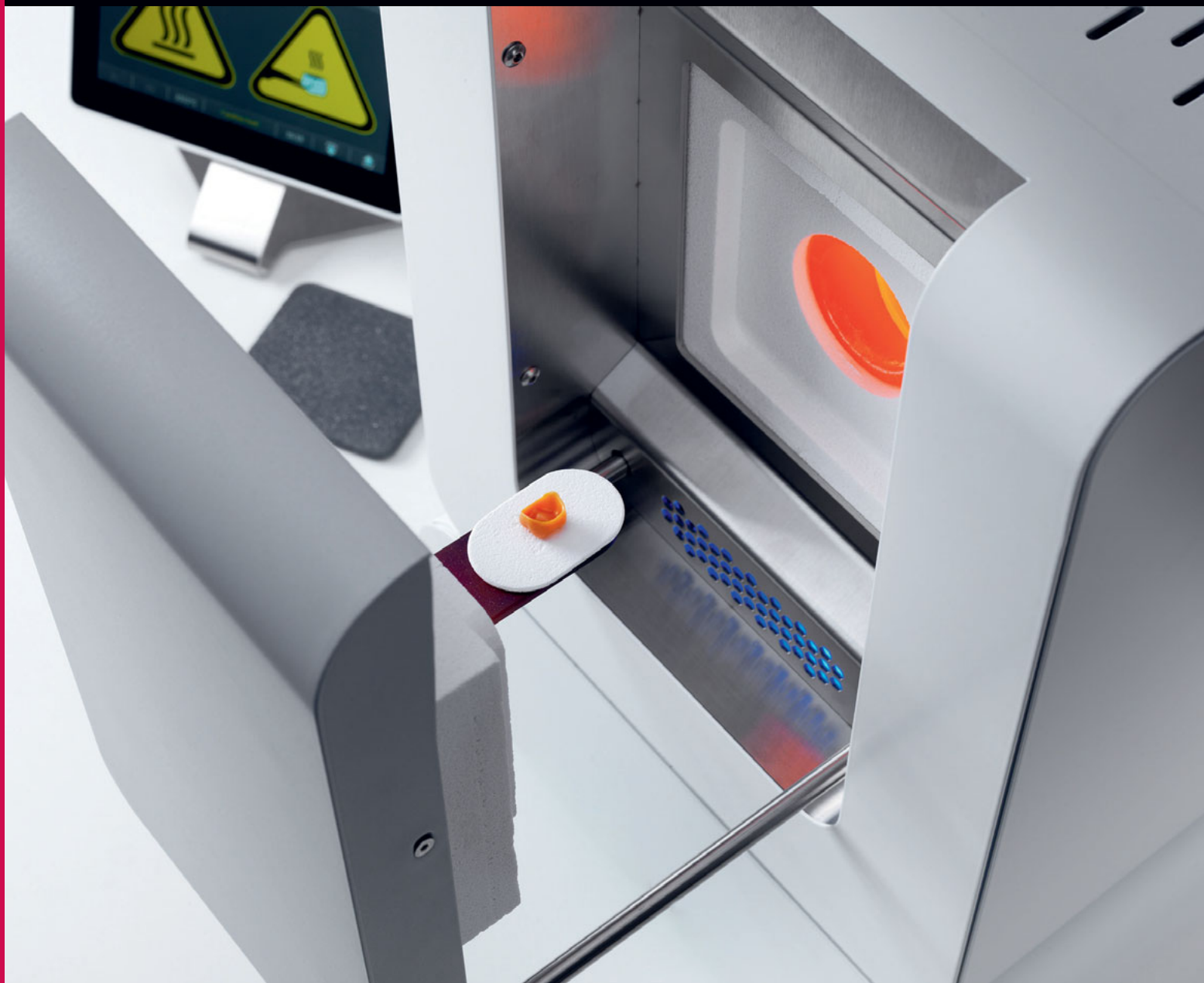


High-Speed-Sintern von Zirkonoxid

BOGNA STAWARCZYK, ANNETT KIESCHNICK, MARTIN ROSENTRITT,
FELICITAS MAYINGER



Einleitung

In der restaurativen Zahnheilkunde hat sich das Yttriumoxid-stabilisierte tetragonale Zirkonoxid (Y-TZP) in den vergangenen Jahrzehnten bewährt und eine enorme Weiterentwicklung erfahren. Die erste Generation von Zirkonoxid, das 3Y-TZP-Material, das 3 mol-% Yttriumoxid und 0,25 Gew.-% Aluminiumoxid enthält, wurde als robusteste Keramik entwickelt und erreicht Biegefestigkeiten von bis zu 1200 MPa²⁴. Die zweite Generation der Zirkonoxide hat einen verringerten Gehalt von 0,05 Gew.-% Aluminiumoxid²¹. Des Weiteren wurden im Gefüge die Aluminiumkörner umplatziert und an die Korngrenzen der Zirkonoxidkörner positioniert. Das führte dazu, dass die Transluzenz des Materials unter Beibehaltung der mechanischen Eigenschaften erhöht wurde²¹. Trotz der verbesserten Transluzenz war diese Zirkonoxidkeramik jedoch noch immer nicht für monolithische Restaurationen mit adäquater Ästhetik geeignet und wurde bei Anwendung im sichtbaren Bereich weiterhin mit Silikatkeramiken verblendet.

Monolithische 3Y-TZP Keramik wird oft als Gerüstmaterial bei verfärbten devitalen Stümpfen verwendet, um den zervikalen Bereich abzudecken und die gewünschten Weißanteile im Mund zu erhalten. Für die okklusal transluzenter gewünschte Ästhetik reichten die optischen Eigenschaften jedoch oftmals nicht aus. Um die Transluzenz zu verbessern und somit die Herstellung monolithischer Restaurationen zu ermöglichen, wurden die dritte Generation von Zirkonoxid, die 5Y-TZP-Keramik¹⁷, und später die vierte Generation, die 4Y-TZP-Keramik^{7,9}, entwickelt. Hier wurde der Yttriumoxidgehalt auf 5 mol-% bzw. 4 mol-% erhöht und der Aluminiumoxidanteil bei 0,05 Gew.-% belassen, was zu

einem höheren Prozentsatz an kubischer Phase führte.

Grundsätzlich sind bei Zirkonoxidkeramiken die Anteile von Yttriumoxid für die Phasenstabilisierung (tetragonal bzw. tetragonal/kubisch) zuständig, während das Aluminiumoxid der Langzeitstabilität des Werkstoffes dient. Bei den zurzeit auf dem Markt erhältlichen Yttriumoxid-stabilisierten Zirkonoxiden besteht eine Korrelation zwischen der Transluzenz und der Festigkeit des Materials. Bei einer Erhöhung der Transluzenz nimmt die Festigkeit des Materials ab, da keine spannungsinduzierten Phasentransformationen stattfinden können²². Die 5Y-TZP-Keramik zeigt im Vergleich zur 4Y-TZP-Keramik eine höhere Transluzenz, gepaart mit einer geringeren Biegefestigkeit und Bruchzähigkeit^{8,9}. Die unterschiedlichen Generationen von Zirkonoxid sind für verschiedene klinische Situationen angezeigt^{5,22}. 4Y-TZP kann jedoch als „Allrounder“ angesehen werden, da dieses Zirkonoxid ein Gleichgewicht zwischen Biegefestigkeit sowie Transluzenz und folglich ein breiteres Spektrum an Indikationen beinhaltet (Abb. 1).

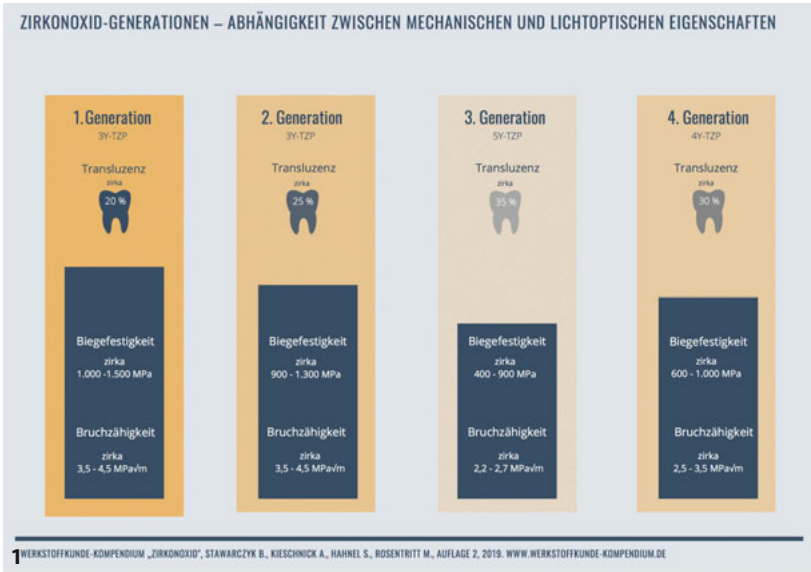
Der Schwerpunkt der Weiterentwicklung von Zirkonoxidrohlingen liegt in der Verbesserung des ästhetischen Erscheinungsbilds und somit auf den lichtoptischen Eigenschaften. Eine zukunftsweisende Option stellen Multilayerrohlinge dar. Diese werden mit unterschiedlich eingefärbten Schichten von den Herstellern gepresst. Momentan sind Rohlinge mit drei bis sieben verschiedenen Schichten auf dem Markt verfügbar. In der Regel werden die Schichten nach okklusal hin heller und transluzenter. Der Anwender kann mit dem Nesting der Restauration im Rohling den Farbverlauf weitestgehend selber beeinflussen. Hierzu sind allerdings gewisse Erfahrungswerte notwendig.

Zusammenfassung

Durch das High-Speed-Sintern von Zirkonoxidrestaurationen kann der Sinterprozess auf unter 30 Minuten verkürzt werden. Da die Sinterparameter die Struktur des Zirkonoxids und damit seine physikalischen Eigenschaften beeinflussen, sind spezielle Zirkonoxidrohlinge notwendig.

Indizes

Zirkonoxid, Sinterprotokolle, High-Speed-Sintern, Rohling



	Haltezeit in min	Aufheiterte in °C/min	Endsinter-temperatur in °C	Gesamtdauer in min
Konventionelles Sintern	> 120	< 30	1450 - 1550	ca. 240 - 590
Speed-Sintern	ca. 30 - 60	> 60	> 1450	ca. 60 - 240
High-Speed-Sintern	5 - 20	> 200	> 1560	ca. 10 - 30

2

Abb. 1 Abhängigkeit zwischen den mechanischen und lichtoptischen Eigenschaften der verschiedenen Zirkonoxid-Generationen. **Abb. 2** Einteilung der Sinterprotokolle von Zirkonoxid.

Seit ca. zwei Jahren werden die Heligkeiten und Transluzenzen nicht nur durch die Rezepturen der Farbgradienten des Pulvers (gelb, pink, grau, weiß), sondern auch durch das Zusammenspiel verschiedener Generationen von Zirkonoxid erreicht^{5,6}. Hier werden verschiedene Zirkonoxid-Generationen in einem Multigeneration-Rohling zusammengeführt. Während okklusal transluzentere Generationen (5Y-TZP bzw. 4Y-TZP) verwendet werden, kommen im basalen Bereich eher festere Keramiken zum Ein-

satz (3Y-TZP bzw. 4Y-TZP). Zum heutigen Zeitpunkt liegen allerdings nur wenige wissenschaftliche Daten zu diesen Multigenerationen-Rohlingen vor^{16,18}. Momentan beobachtet man keinen Nachteil der Multigenerationen-Rohlinge in Bezug auf die mechanischen Eigenschaften, aber einen klaren Vorteil hinsichtlich deren Ästhetik¹⁶. Allerdings zeigt die Positionierung der Restaurationen innerhalb eines Multigenerationen-Rohlings einen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften der Restaurationen¹⁸.

Ein Nachteil von Zirkonoxidrestaurationen ist deren zeitaufwendiger Sinterprozess, insbesondere mit der zunehmenden Patientennachfrage von monolithischen Restaurationen, die auf vergleichsweise schnellem Weg (zum Beispiel im Praxislabor) gefertigt werden. Auch im Labor können kürzere Sinterzeiten die Arbeitsabläufe verbessern. Generell ist das Sintern von Y-TZP für technische Anwendungen zeitaufwendig und beinhaltet langsame Aufheiz- und Abkühlraten (typischerweise 5 °C bis 10 °C pro Minute) und eine längere Haltezeit (oft mehrere Stunden)^{3,11,20,23}. Dementsprechend erfordert die Fertigung von Zirkonoxidrestaurationen in einem herkömmlichen Sinterverfahren mindestens zwei Behandlungstermine an unterschiedlichen Tagen, sodass der Einsatz von Zirkonoxid als „schneller Zahnersatz“ nicht mit den etablierten Chairside-Systemen der Lithiumsilikatkeramiken konkurrieren kann. Mit dem High-Speed-Sintern kann dieses Problem überwunden werden, indem die Gesamtdauer der Sinterzyklen mit speziell hierfür entwickelten Öfen auf weniger als 30 Minuten verkürzt werden kann.

Da jedwede Veränderung der Sinterparameter die Struktur des Zirkonoxids und damit seine physikalischen Eigenschaften, wie die Biegefestigkeit und die Transluzenz, beeinflusst^{3,4,7,13,14,23,25,26}, müssen die Eigenschaften verschiedener Zirkonoxidkeramiken nach dem High-Speed-Sintern intensiv untersucht werden.

Definitionen der Sinterprotokolle

Da eine Vielzahl unterschiedlicher Begriffe für die Sinterprotokolle der Zirkonoxidkeramik verwendet werden, haben die Autoren diese nach den Sinterparametern in drei Gruppen eingeteilt (Abb. 2 und 3):

- konventionelles Sintern
- Speed-Sintern
- High-Speed-Sintern

Frühere Untersuchungen zeigen, dass eine Betrachtung der Sinterkurve erst ab ca. 1200 °C eine Aussage über den Einfluss der Sinterparameter auf die Eigenschaften von Zirkonoxid erlaubt²⁰. Hierbei sind nicht allein die Endsintertertemperatur und deren Haltezeit, sondern auch die Aufheizrate ausschlaggebend. Nicht nur die einzelnen Parameter, sondern die gesamte Fläche unter der Sinterkurve muss für die Einschätzung eines Werkstoffes verwendet werden. Ist die Fläche unter der Sinterkurve (Area Under the Curve) bei unterschiedlichen Endsintertemperaturen jedoch gleich, indem sie durch die Aufheizrate und die Haltezeit ausgeglichen wird, so kann davon ausgegangen werden, dass auch die Eigenschaften der 3Y-TZP Keramik konstant bleiben (Abb. 4).

Bei 4Y-TZP und 5Y-TZP Keramiken sind die optischen Eigenschaften, wie z. B. die Transluzenz, hingegen nicht nur vom reinen Energieeintrag abhängig. Langsamere Steigraten in bestimmten Temperaturbereichen können hier zur stärkeren Verdichtung des Materials führen, was die optischen Eigenschaften schneller bzw. direkter beeinflusst als die resultierenden mechanischen Eigenschaften. Allerdings sind hier noch weitere wissenschaftliche Untersuchungen notwendig (Abb. 5).

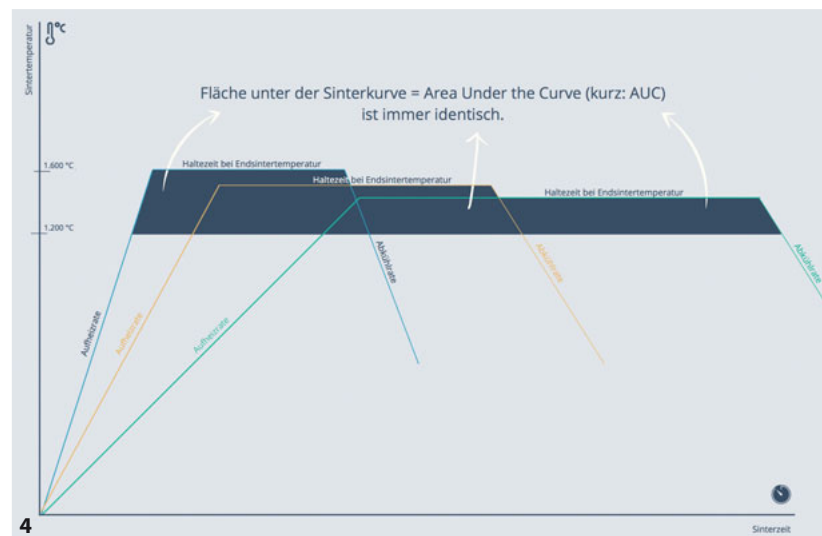
Literaturübersicht

Auswirkung der Sinterparameter auf die Korngröße

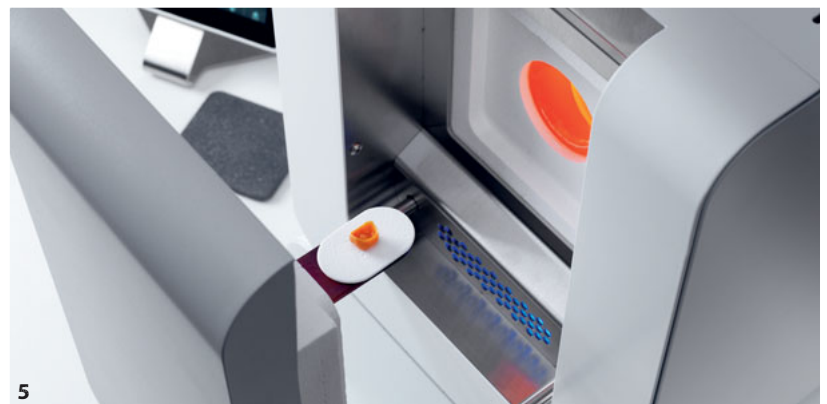
Bei 3Y-TZP führen eine Steigerung der Endsintertertemperatur sowie eine längere Haltezeit zu einem Kornwachstum^{2,6,7,12,20,23}. Endsintertemperaturen von



3



4



5

Abb. 3 Übersicht über die verschiedenen Sinterprotokolle von Zirkonoxid.

Abb. 4 Sinterkurven für die verschiedenen Sinterprotokolle von 3Y-TZP-Keramiken. **Abb. 5** High-Speed-Sintern einer Einzelzahnrestauration (Ceramil Therm RS, Fa. Amann Girrbach; Foto: Amann Girrbach).



mehr als 1600 °C können hier zur Entstehung von Hohlräumen in der Zirkonoxidstruktur führen²³. Die Ausbildung einer inhomogenen Oberflächenstruktur kann in diesem Zusammenhang unter Umständen den Antagonisten schädigen¹¹. Bei 4Y-TZP- und 5Y-TZP-Keramiken wird dieses Phänomen nicht beobachtet^{7,9,17}.

Auswirkung der Sinterparameter auf das ästhetische Erscheinungsbild

Die Menge an Licht, die absorbiert, weitergeleitet oder reflektiert wird, hängt von der Mikrostruktur/Kornverteilung und der Korngröße des Zirkonoxides ab. Bei 3Y-TZP führt eine Steigerung der Endsintertemperatur und der Haltezeit, was in einer Zunahme der Korngröße resultiert, zu einer höheren Transluzenz von Zirkonoxid^{2,11,12,19}. Dies ist bedingt durch die höhere Enthalpie, die durch die Vergrößerung der Fläche unter der

Sinterkurve entsteht. Da die Fläche unter der Sinterkurve bei Speed- bzw. High-Speed-Sintern meist geringer als beim konventionellen Sintern ist, wird hier eine niedrigere Transluzenz erwartet und auch gemessen^{7,13}. Das ist der Grund, warum Zirkonoxide für High-Speed-Sinterprotokolle speziell eingefärbt werden müssen⁷.

Auswirkung der Sinterparameter auf die mechanischen Eigenschaften

Die Biegefestigkeit der 3Y-TZP-Keramik nimmt ab Endsintertemperaturen von > 1550 °C ab²³. Nach dem High-Speed-Sintern zeigt die 4Y-TZP-Keramik im Vergleich zu konventionell gesinterten 4Y-TZP-Keramiken konstante^{2,7,19} oder sogar höhere Biegefestigkeitswerte^{4,10,19}. Auch die Bruchlastwerte von Einzelzahnrestorationen und deren Abrasionsbeständigkeit sind nach dem High-Speed-Sin-

tern höher als bei konventionell gesinterten Gruppen²⁵. Des Weiteren kann eine verbesserte marginale Passung von im High-Speed-Verfahren gesinterten dreigliedrigen 3Y-TZP Zirkonoxidbrücken beobachtet werden³. 4Y-TZP Einzelzahnkronen sowie dreigliedrige Brücken zeigen nach den High-Speed-Sintern klinisch ausreichend gute Passgenauigkeiten¹.

Die Zuverlässigkeit einer 3Y-TZP-Restoration, welche mittels Weibull-Modul dargestellt wird, nimmt jedoch ab Endsintertemperaturen von > 1550 °C ab²³. Beim High-Speed-Sintern von 3Y-TZP, aber auch bei 4Y-TZP wurden sowohl ein positiver¹⁵ als auch ein negativer Einfluss¹⁰ auf die mechanischen Eigenschaften beobachtet. Diese kontroverse Beobachtung muss in weiteren Untersuchungen geklärt werden, da eine spontane unvorhergesehene Fraktur fatale klinische Folgen hätte.

Werkstoffwissenschaftliche Untersuchungen zeigen zudem, dass die mechanischen Eigenschaften von speedgesinterten Restaurationen durch eine künstliche Alterung im Rahmen einer thermischen und mechanischen Belastung nicht beeinflusst werden^{10,15} (Abb. 6).

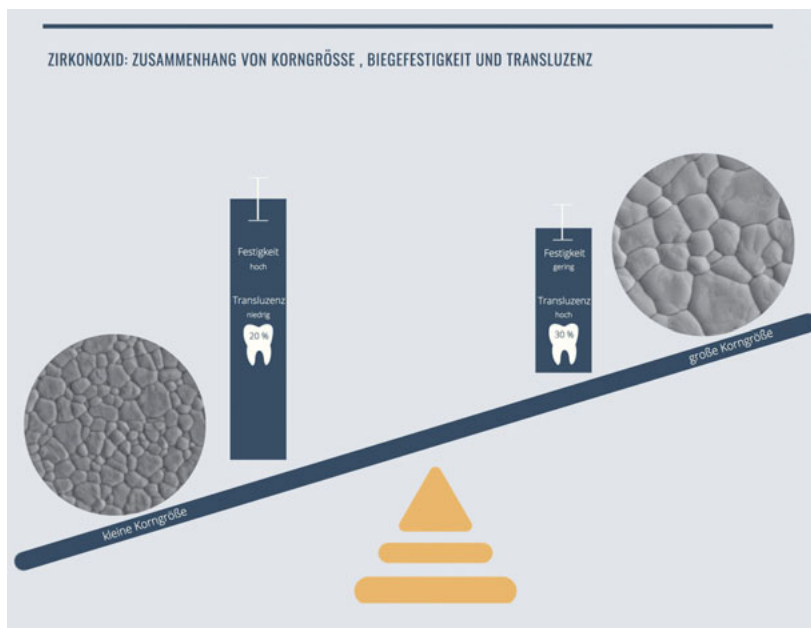


Abb. 6 Zusammenhang zwischen Korngröße, Biegefestigkeit und Transluzenz bei der 3Y-TZP Keramik.

Aktuelle High-Speed-Sinteröfen

Während zahlreiche konventionelle und mehrere Speed-Sinteröfen auf dem dentalen Markt erhältlich sind, sind den Autoren zum jetzigen Zeitpunkt nur zwei High-Speed-Sinteröfen bekannt.

Zu den gängigsten Speed-Sinteröfen zählen der AUSTROMAT 664i/674i (Fa. Dekema, Freilassing), der PROGRAMAT S1 (Fa. Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), der VARIO S400 (Fa. Zuber, Ulm) und der HTS-2/M/ZIRKON-120 (Fa. Mihm-Vogt, Stutensee). Pionier der High-Speed-Sinteröfen ist der CEREC SpeedFire der Fa. Dentsply Sirona (Bens-



7



8

Abb. 7 High-Speed-Sinterofen CEREC SpeedFire der Fa. Dentsply Sirona (Foto: Fa. Dentsply Sirona, Bensheim). **Abb. 8** High-Speed-Sinterofen Ceramik Therm RS der Fa. Amann Girschbach (Foto: Fa. Amann Girschbach).

heim) (Abb. 7). Dieser ist direkt an die Chairside-Fräseinheit CEREC gekoppelt. In diesem Ofen können nur Restaurationen gesintert werden, die bereits im CEREC-System konstruiert und gefräst wurden. Die Sinterparameter werden durch die Größe der Konstruktion ermittelt und können bei massiveren Einheiten dementsprechend länger ausfallen. Folgende Werkstoffe sind von Dentsply Sirona für diesen Sinterprozess freigegeben:

- das eigene 3Y-TZP Material Dentsply Sirona
- die 4Y-TZP Katana Zirconia Blocks STML der Fa. Kuraray (Hattersheim)
- das 3Y-TZP VITA YZ HT der Fa. Vita Zahnfabrik (Bad Säckingen)
- das 4Y-TZP Chairside Zirconia der Fa. 3M (Neuss)
- das 5Y-TZP IPS e.max ZirCAD MT der Fa. Ivoclar Vivadent

Die Fa. Amann Girschbach (Koblach, Österreich) hat 2021 Jahr einen High-Speed-

Sinterofen auf dem Markt vorgestellt, den Ceramik Therm RS. Hier handelt es sich um ein abgestimmtes System, für das extra eingefärbte Multilayer-4Y-TZP-Blöcke entwickelt wurden. So kann eine höchste Qualität der Restauration in Bezug auf die mechanischen und lichteoptischen Eigenschaften gewährleistet werden. Der Ofen hat neben dem High-Speed-Sinterprogramm weitere Programme, die dem Anwender zur Verfügung stehen, zum Beispiel für das Speed-Sintern (Abb. 8).

Limitationen

Für das High-Speed-Sintern sollen nur die dafür freigegebenen Materialien verwendet werden. Die Ausdehnung der Zirkonoxidrestaurationen, die im High-Speed-Verfahren gesintert werden können und dürfen, ist auf dreigliedrige Brücken beschränkt. Größere Restaurationen werden entweder im Speed-Verfahren oder konventionell gesintert.

Fazit

Die Weiterentwicklung der Zirkonoxidkeramik fokussiert sich auf die Optimierung der Ästhetik und der schnelleren Verarbeitung dieses Werkstoffes. Das 4Y-TZP-Material verbindet hier gute ästhetische Eigenschaften mit einer ausreichenden Festigkeit und kann heute anhand der In-vitro-Studien als „Allrounder“ bezeichnet werden. Durch das High-Speed-Sintern ist es möglich, Zirkonoxidrestaurationen in einer deutlich verkürzten Zeitspanne fertigzustellen. Der Zahntechniker bzw. der Zahnarzt hat in Abhängigkeit von der klinischen Indikation und dem Patientenwunsch die Wahl zwischen unterschiedlichen Zirkonoxidwerkstoffen und Sinterprotokollen. Die momentane wissenschaftliche Datenlage untersucht überwiegend das 4Y-TZP-Material und beobachtet hier sehr gute und vielversprechende mechanische Eigenschaften. Um nach dem High-Speed-Sintern die gewünschte Ästhetik



sicherzustellen, ist es essenziell, nur die dafür freigegebenen Rohlinge zu verwenden, da diese vor allem in der Farbgebung anders abgestimmt wurden. Generell muss betont werden, dass sowohl das 4Y-TZP-Material als auch das High-Speed-Sintern auf dem dentalen Markt neu sind und den Autoren zum jetzigen Zeitpunkt keine klinischen Langzeitstudien bekannt sind, die diese Materialien und Bearbeitungsprozesse untersuchen.

Hinweis

Ausführliche Informationen rund um die dentale Werkstoffkunde und die Anwendung von Materialien sind im digitalen „Werkstoffkunde-Kompendium“ zusammengefasst. Derzeit sind Bücher zu den Themen Zirkonoxid, dentale Keramiken, dentale Befestigungsmaterialien, PAEK-Werkstoffe und polymerbasierte Materialien verfügbar. Informationen unter www.werkstoffkunde-kompendium.de

Literatur

- Antón X, Stawarczyk B, Reymus M, Joda T, Liebermann A. Impact of high-speed sintering on accuracy and fit of 4 mol% yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystals (4Y-TZPs). *Int J Prosthodont* 2021 Feb 12. doi: 10.11607/ijp.7428. Online ahead of print.
- Ebeid K, Wille S, Hamdy A, Salah T, El-Etreby A, Kern M. Effect of changes in sintering parameters on monolithic translucent zirconia. *Dent Mater* 2014;30:e419–424.
- Elisa Kauling A, Guth JF, Erdelt K, Edelhoff D, Keul C. Influence of speed sintering on the fit and fracture strength of 3-unit monolithic zirconia fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 2020;124:380–386.
- Ersoy NM, Aydogdu HM, Degirmenci BU, Cokuk N, Sevimay M. The effects of sintering temperature and duration on the flexural strength and grain size of zirconia. *Acta Biomater Odontol Scand* 2015;1:43–50.
- Güth JF, Stawarczyk B, Edelhoff D, Liebermann A. Zirconia and its novel compositions: What do clinicians need to know? *Quintessence Int* 2019;50:512–520.
- Inokoshi M, Zhang F, De Munck J, Minakuchi S, Naert I, Vleugels J, Van Meerbeek B, Vanmeensel K. Influence of sintering conditions on low-temperature degradation of dental zirconia. *Dent Mater* 2014;30:669–78.
- Jansen JU, Lumkemann N, Letz I, Pfefferle R, Sener B, Stawarczyk B. Impact of high-speed sintering on translucency, phase content, grain sizes, and flexural strength of 3Y-TZP and 4Y-TZP zirconia materials. *J Prosthet Dent* 2019;122:396–403.
- Jansen JU, Lumkemann N, Sener B, Stawarczyk B. Comparison of fracture toughness measurements for zirconia materials using two test methods. *Dent Mater J* 2019;38:806–812.
- Jerman E, Lumkemann N, Eichberger M, Zoller C, Nothelfer S, Kienle A, Stawarczyk B. Evaluation of translucency, Marten's hardness, biaxial flexural strength and fracture toughness of 3Y-TZP, 4Y-TZP and 5Y-TZP materials. *Dent Mater* 2020;37:212–222.
- Jerman E, Wiedenmann F, Eichberger M, Reichert A, Stawarczyk B. Effect of high-speed sintering on the flexural strength of hydrothermal and thermo-mechanically aged zirconia materials. *Dent Mater* 2020;36:1144–1150.
- Kaizer MR, Giethmuehlen PC, Dos Santos MB, Cava SS, Zhang Y. Speed sintering translucent zirconia for chairside one-visit dental restorations: Optical, mechanical, and wear characteristics. *Ceram Int* 2017;43:10999–11005.
- Kim MJ, Ahn JS, Kim JH, Kim HY, Kim WC. Effects of the sintering conditions of dental zirconia ceramics on the grain size and translucency. *J Adv Prosthodont* 2013;5:161–166.
- Lawson NC, Maharishi A. Strength and translucency of zirconia after high-speed sintering. *J Esthet Restor Dent* 2020;32:219–225.
- Lumkemann N, Stawarczyk B. Impact of hydrothermal aging on the light transmittance and flexural strength of colored yttria-stabilized zirconia materials of different formulations. *J Prosthet Dent* 2021;125:518–526.
- Mayinger F, Pfefferle R, Jerman E, Reichert A, Stawarczyk B. Impact of high-speed sintering of three-unit 3Y-TZP and 4Y-TZP fixed dental prostheses on fracture load with and without artificial aging. *Int J Prosthodont* 2021;34:47–53.
- Michailova M, Elsayed A, Fabel G, Edelhoff D, Zylla IM, Stawarczyk B. Comparison between novel strength-gradient and color-gradient multilayered zirconia using conventional and high-speed sintering. *J Mech Behav Biomed Mater* 2020;111:103977.
- 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.
- Rosentritt M, Preis V, Schmid A, Strasser T. Multilayer zirconia: Influence of positioning within blank and sintering conditions on the in vitro performance of 3-unit fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 2020;30:S0022–3913(20)30711–3.
- Sen N, Sermet IB, Cinar S. Effect of coloring and sintering on the translucency and biaxial strength of monolithic zirconia. *J Prosthet Dent* 2018;119:308 e1–308 e7.
- Stawarczyk B, Emslander A, Roos M, Sener B, Noack F, Keul C. Zirconia ceramics, their contrast ratio and grain size depending on sintering parameters. *Dent Mater J* 2014;33:591–598.
- 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.
- 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.
- Stawarczyk B, Ozcan M, Hallmann L, Ender A, Mehl A, Hammerlet CH. The effect of zirconia sintering temperature on flexural strength, grain size, and contrast ratio. *Clin Oral Investig* 2013;17:269–274.
- Stawarczyk B, Ozcan M, Trottmann A, Hammerle CH, Roos M. Evaluation of flexural strength of hiped and presintered zirconia using different estimation methods of Weibull statistics. *J Mech Behav Biomed Mater* 2012;10:227–234.
- Wiedenmann F, Pfefferle R, Reichert A, Jerman E, Stawarczyk B. Impact of high-speed sintering, layer thickness and artificial aging on the fracture load and two-body wear of zirconia crowns. *Dent Mater* 2020;36:846–853.
- Zimmermann M, Ender A, Mehl A. Influence of CAD/CAM fabrication and sintering procedures on the fracture load of full-contour monolithic Zirconia crowns as a function of material thickness. *Oper Dent* 2020;45:219–226.



Summary

By high-speed-sintering, the sintering process of zirconia restorations can be shortened up to 30 minutes. As the sinter parameters influence the structure and hereby the physical properties of zirconia, special zirconia blanks are necessary.



**Prof. Dr. Dipl. Ing. (FH)
Bogna Stawarczyk, M. Sc.**
Poliklinik für Zahnärztliche
Prothetik
Klinikum der Universität
München
LMU München
Goethestraße 70
80336 München



Annett Kieschnick
Freie Fachjournalistin
Helmholtzstr. 27
10587 Berlin



**Prof. Dr. Dipl. Ing. (FH)
Martin Rosentritt**
Poliklinik für Zahnärztliche
Prothetik
UKR Klinikum der Universität
Regensburg
Franz-Josef-Strauss-Allee 11
95035 Regensburg



Dr. Felicitas Mayinger
(Adresse wie Prof. Dr. Bogna
Stawarczyk)
E-Mail: felicitas.mayinger@med.
uni-muenchen.de