

Ist Silikatkeramik gleich Silikatkeramik?*

Current technological processing and uses of silicate ceramics



Fragestellung:

Welche klinischen Indikationsspektren und Verarbeitungsformen gibt es bei Silikatkeramiken?

Hintergrund:

In der Zahnmedizin unterscheiden wir Silikatkeramik mit verschiedenen hohen Glasanteilen von Oxidkeramik mit geringem bzw. keinem Glasanteil. In einem idealen Glas liegen keine kristallinen Strukturelemente wie bei einer Keramik vor. Je höher und feinteiliger die Ordnung des kristallinen Gefüges ausfällt, desto weniger Licht kann die Keramik durchfluten (Abb. 1), desto opaker erscheint sie. Aufgrund der Anteile an amorphen Strukturen ist bei einer Silikatkeramik der Durchtritt des Lichtes weniger beeinträchtigt. Die höhere Transluzenz der Keramik wird aber mit geringerer Festigkeit erkauft [7] (Abb. 2, Abb. 3).

Silikatkeramiken entstehen im Prinzip aus Rohlingen einer Glasmelze, in denen in einem nachträglichen thermischen Prozess eine Kristallbildung angeregt wird. Die Eigenschaften einer Silikatkeramik werden durch die Keimbildung und die spätere Kornbildung sowie die Größe der entstehenden Kristalle bestimmt. Wir unterscheiden heutzutage folgende Silikatkeramiken [7, 10]:

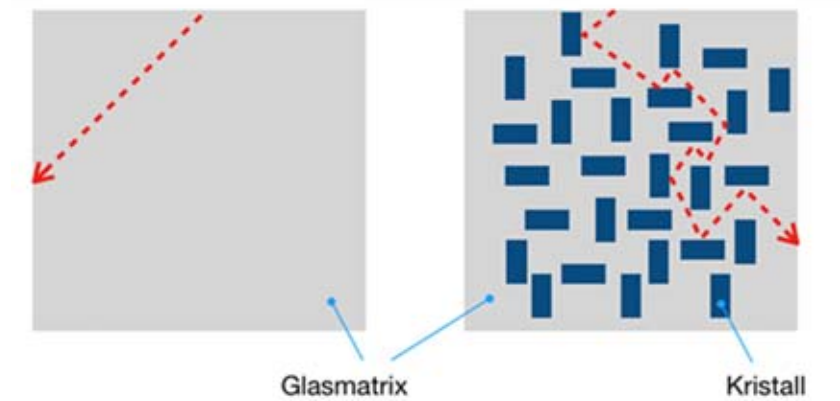


Abbildung 1 Unterschiede in der Lichtbrechung. Links amorphes ideales Glas, rechts Silikatkeramik mit hohem Anteil an teilkristalliner Struktur

- Feldspatkeramik mit der Indikation für klassische Verblendkeramik, Veneers oder Teilkronen (z. B. Vitablocs Mark II, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, D)
- Leuzitverstärkte Glaskeramik mit der Indikation von Einzelkronen, Veneers, Teilkronen (z. B. Empress 1, Empress CAD, Ivoclar, Schaan, FL)
- Lithiumdisilikatkeramik mit Indikationen für Kronen, dreigliedrige Brücken (Frontzähne, Prämolaren), Veneers, Teilkronen (z. B. e.max CAD, Ivoclar, Schaan, FL)
- Zirkonoxidverstärktes Lithiumsilikat mit Indikationen für: Kronen, kleine 3-gliedrige Brücken (Frontzähne, Prämolaren), Veneers, Teilkronen (z. B. Celtra Duo, Dentsply-Sirona, Bensheim, D; Suprinity, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, D)
- Fluorapatitkeramik mit der Indikation für Überpressen von Lithiumdisilikatgerüsten (z. B. e.max Ceram), von Abutments (z. B. Straumann Anatomic IPS e. max, Ivoclar, Schaan, FL) oder Überpressen von Zirkoniumdioxidgerüsten (z. B. e.max ZirPress, Ivoclar, Schaan, FL) sowie Veneers

Verarbeitungsverfahren

Heutzutage unterscheiden wir folgende Verarbeitungsverfahren für Silikatkeramiken (Tab. 1):

* Deutsche Version der englischen Erstveröffentlichung Schmid A, Behr M, Wulff J, Schneider-Feyrer S, Beierlein G, Strasser T: Current technological processing and uses of silicate ceramics. Dtsch Zahnärztl Z Int 2021; 3: 143–147

Zitierweise: Schmid A, Behr M, Wulff J, Schneider-Feyrer S, Beierlein G, Strasser T: Ist Silikatkeramik gleich Silikatkeramik? Dtsch Zahnärztl Z 2021; 76: 213–217
DOI.org/10.3238/dzz.2021.0016

Schlickerverfahren

Die klassischen Verblendkeramiken aus Feldspat werden im Schlickerverfahren auf die Restaurationen aufgetragen. Verblendkeramiken für die Metallgerüste haben einen relativ hohen Gehalt an Leuzit, da Leuzit den Wärmeausdehnungskoeffizienten (WAK) erhöht und an den WAK der Metalllegierung angleicht. Verblendkeramik für Gerüste aus beispielsweise Zirkoniumdioxid haben dagegen einen geringen Leuzitanteil (z. B. Vita VM9, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, D). Das individuelle Know-how des Zahntechnikers im Umgang mit Verblendkeramik bestimmt in der Schlickertechnik Variablen wie anatomische und farbliche Gestaltung, Luftporen, Poren, Dauer und die Zahl der Brennzyklen.

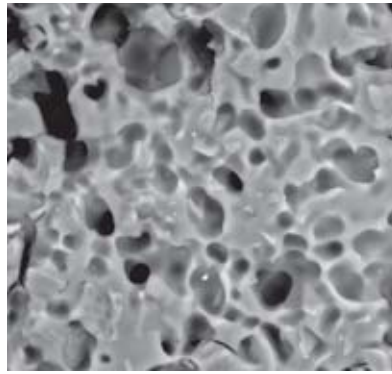


Abbildung 2 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer Feldspatkeramik (Vitablocs Mark II, VITA Zahnfabrik, D). Zustand nach 60 s Ätzen mit 5 % Flußsäure. Nach dem Ätzen treten die scharfkantigen Konturen der Feldspatkristalle aus der nun porös erscheinenden Glasmatrix hervor (Vergrößerung 5000×).

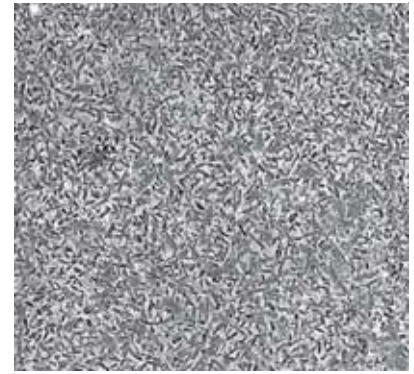


Abbildung 3 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer Lithium(di)silikatkeramik (e.max CAD, Ivoclar, Schaan, FL). Zustand nach 20 s Ätzen mit 5 % Flußsäure. Es treten die hier dunkler dargestellten Lithium(di)silikatkristalle aus der hell dargestellten Glasmatrix hervor (Vergrößerung 4000×).

Pressverfahren

Da Gläser „eingefrorene Flüssigkeiten“ darstellen, können silikatkeramische Massen wie Feldspat- oder Fluorapatitkeramik heißgepresst werden (Abb. 4). Der Vorteil dieses Vorgehens liegt darin, dass sich Verarbeitungsfehler wie Poren und Defekte, minimieren lassen [7]. Auf dem Gerüstmaterial wird mithilfe von Wachs oder ausbrennfähigen Polymeren die Form der Verblendung gestaltet. Gerüst und

Ausbrennform werden eingebettet, und die keramische Masse wird in den Hohlraum unter Vakuum eingepresst. Im sog. „Cut-back-Verfahren“ lassen sich individuelle Ansprüche an Form und Farbgebung realisieren. In diesem Verfahren wird ein Teil des gepressten Verblendmaterials wieder entfernt und durch farblich optimierende Dentin- bzw. Schmelzmassen ersetzt. Für jeden Typus von Gerüstmaterial gibt es spezielle Massen. So

eignet sich beispielsweise Vita PM9 (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, D) zum Überpressen von Metalllegierungen, e.max Ceram (Ivoclar) zum Überpressen von Lithium(di)silikat und e.max ZirPress (Ivoclar, Schaan, FL) zum Verblenden von Zirkoniumdioxidgerüsten.

Im Pressverfahren können auch monolithische Restaurationen hergestellt werden. So lassen sich Veneers, Teilkronen (Abb. 5), Kronen

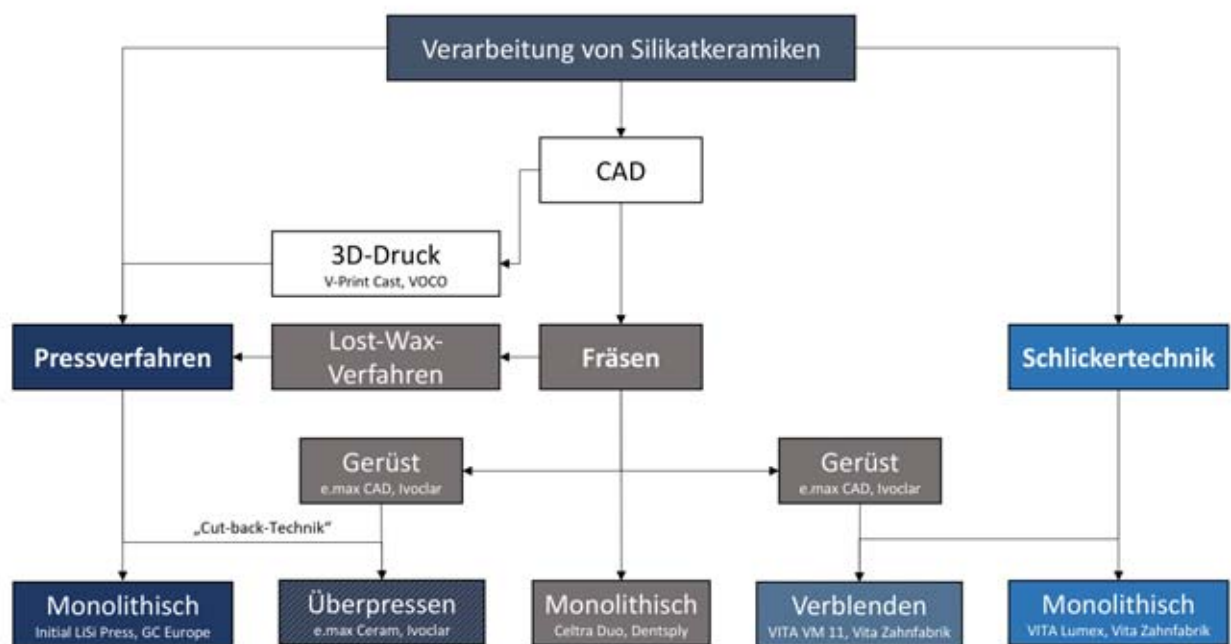


Tabelle 1 Übersicht über die verschiedenen Verarbeitungsverfahren von Silikatkeramik. (Details siehe Text)



Abbildung 4 Ausgebettete und gereinigte heißgepresste Restaurationen. Verfahren: e.max Press (Ivoclar, Schaan, FL)

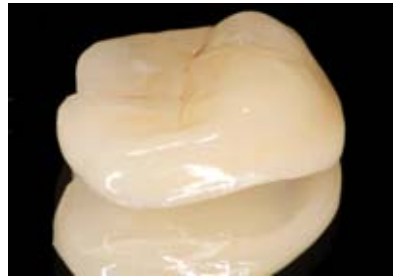


Abbildung 5 Sog. „Tabletop“ aus Lithium(di)silikat

(Abb. 6) und kleine dreigliedrige Brücken herstellen. Gepresste Restaurationen weisen in der Regel ein höheres Festigkeitsniveau [1] und eine bessere Grenzflächenqualität auf als Restaurationen, die im Schlickerverfahren hergestellt wurden [7].

Fräsverfahren

Auf dem Vormarsch sind CAD/CAM-gefräste Verblendungen und Restaurationen aus Silikatkeramik. Die Vorteile liegen darin, dass Fräsblöcke in der industriellen Fertigung besser auf

Fehler in der Struktur und Zusammensetzung hin kontrolliert werden können. Leichter beurteilbar ist am PC im CAD-Modus auch die effektive Schichtstärke der Verblendung, die nach der Faustregel nie dicker (stärker) als 1,5 mm sein sollte, da sich ansonsten die Chippingrate erhöht. Die Verbindung zwischen Gerüst und gefräster Verblendung erfolgt im Brennofen über ein „Glaslot“ (Ivoclar, Schaan, FL) oder über ein adhesives Befestigungskomposit mit der „Rapid-Layer“-Technik (Vita Zahn-

fabrik, Bad Säckingen, D) [7]. Silikatkeramiken haben für die letztgenannte Technik den Vorteil, dass sie mit Flusssäure geätzt werden können und dass somit ein zuverlässiger Verbund entstehen kann. Dagegen lässt sich Zirkoniumdioxid nicht ätzen. Der Verbund zu Zirkoniumdioxid gilt als teilweise problematisch [3].

Aufgrund ihrer Härte sind pressbare kristallinierte Lithium(di)silikatblöcke ungeeignet für Fräsverfahren. Es wurden dafür spezielle Fräsblöcke entwickelt. Die Blöcke aus Lithiummetasilikaten werden bei niedrigen Temperaturen „vorgesintert“. Sie haben dann ein hell-bläulich schimmerndes Aussehen. Diese vorgesinterten Blöcke lassen sich im CAD/CAM-Verfahren gut fräsen. Die gefrästen „Blaulinge“ sind so stabil, dass sie einprobiert werden können. Nach klinischer Kontrolle und Korrektur erhalten sie die gewünschte Farbgebung durch Malfarben und einen Kristallisationsbrand. Die Biegefestigkeit wird mit >350 MPa angegeben, sodass Kronen aus Lithium-

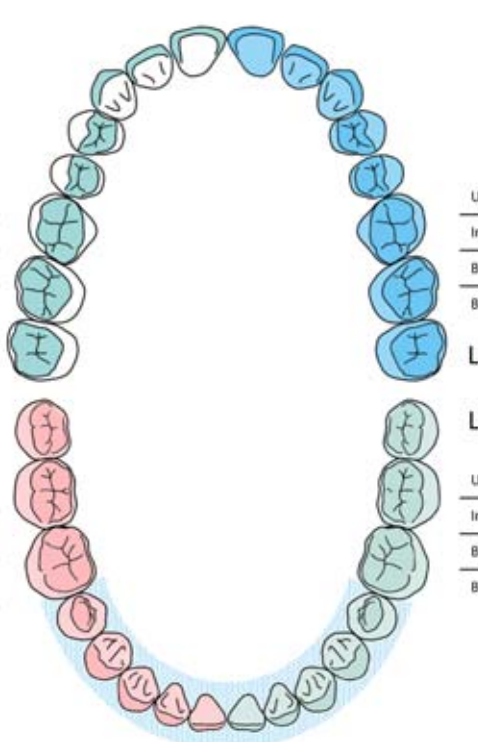
Feldspatkeramiken		
Untergruppen	Amorph, verstärkt	Untergruppen
Indikation	V, TK	Indikation
Biegefestigkeit	< 150 MPa	Biegefestigkeit
Befestigung	adhäsiv	Befestigung
Zirkonoxidverstärktes Lithiumsilikat		
Untergruppen	ohne Glasurbrand mit Glasurbrand	Untergruppen
Indikation	V, TK, FK, SK V, TK, FZK, SZK, SK, FZ Br, PräM Br	Indikation
Biegefestigkeit	ca. 210 MPa > 350 MPa	Biegefestigkeit
Befestigung	adhäsiv adhäsiv (FZK/SZK auch konventionell)	Befestigung
Leuzitkeramiken		
Untergruppen	-	Untergruppen
Indikation	V, TK, FZK, SZK	Indikation
Biegefestigkeit	< 200 MPa	Biegefestigkeit
Befestigung	adhäsiv	Befestigung
Lithiumdisilikat		
Untergruppen	-	Untergruppen
Indikation	V, TK, FZK, SZK, SK, FZ Br, PräM Br	Indikation
Biegefestigkeit	> 350 MPa	Biegefestigkeit
Befestigung	adhäsiv (FZK/SZK auch konventionell)	Befestigung

Tabelle 2 Übersicht Silikatkeramik: Indikation und Befestigung. V = Veneer, TK = Teilkrone/Inlay, FZK = Frontzahnkrone, SZK = Seitenzahnkrone, SK = Implantatabutment, FZ Br = dreigli. Frontzahnbrücke, PräM Br = dreigli. Prämolarenbrücke

(di)silikat nicht zwingend adhäsiv eingegliedert werden müssen.

Eine vergleichbare Strategie verfolgen sog. „zirkonoxidverstärkte“ Lithiumsilikate [5]. Da das Zirkoniumdioxid nur im Glas gelöst ist, ist die Frage, inwieweit das Zirkoniumdioxid in der Keramik eine Verstärkung bewirkt, umstritten [4]. Lithiumsilikate wie Celtra Duo (Dentsply) oder Suprinity (Vita) sind auskristallisiert. Sie können gefräst und anschließend poliert werden. Allerdings beträgt die Biegefestigkeit dann nur rund 210 MPa. Das bedeutet, dass Kronen mit einer Biegefestigkeit von unter 350 MPa adhäsiv zementiert werden müssen. Ein zusätzlicher Glasurbrand erhöht die Biegefestigkeit auf ca. 370 MPa, sodass Kronen dann auch konventionell befestigt werden könnten. Für Brückenversorgungen aus zirkonoxidverstärktem Lithiumsilikat oder aus Lithium(di)silikat gilt aus Sicherheitsgründen: Besser adhäsiv befestigen (Tab. 2).

Printverfahren

Erste Verfahren zur rein additiven Fertigung von Zahnersatz aus Keramiken befinden sich noch in der Erprobung [8]. Anwendung findet heutzutage schon der sog. 3D-Druck im Bereich der Pressverfahren [11] (Abb. 7). Nach CAD-Konstruktion der Restauration, beispielsweise einer Krone, wird diese zunächst in einem ausbrennfähigen Kunststoff gedruckt (z. B. Voco Cast, Voco, Cuxhaven, D). Die stabilen Kunststoffrestaurationen können einprobiert und klinisch angepasst werden. Danach werden sie feuerfest eingebettet, die (geprintete) Kunststoffform wird ausgetrieben und in den verbliebenen Hohlraum die Keramikmasse heiß eingepresst. Die endgültige Farbgebung erfolgt mit der o. g. Cut-back-Technik oder mit Malfarben und Glasurbrand.

Befestigung von Silikatkeramik

In-vitro- wie In-vivo-Studien geben Hinweise, dass offensichtlich der adhäsive Verbund Lithium(di)silikatversorgungen grundsätzlich besser gegen Kaukräfte stabilisiert, als konventionelle Befestigung mit beispielsweise Glasionomerkement. In einer klinischen Studie zeigten konventionell befestigte Kronen nach 8 Jahren ge-



Abbildung 6 Frontzahnkronen aus Lithium(di)silikat



Abbildung 7 Beispiel für ein 3D-Druckverfahren (V-Print Cast, Voco, Cuxhaven, D) zur Herstellung einer gepressten Lithium(di)silikatkronen. Linkes Bild: Druckobjekt im lichtgehärteten Zustand nach CAD-Konstruktion. Mittleres Bild: Aufgepasste und ausgearbeitete Kunststoffkrone vor dem Einbetten. Rechtes Bild: Fertige Keramikkrone

Abb. 1–7, Tab. 1 und 2: Behr et al.

ringfügig höhere Verlustraten. Die Unterschiede waren aber statistisch nicht erheblich [6]; und andere klinische Studien konnten keinen Unterschied in der Überlebensrate von Lithium(di)silikatversorgungen in Abhängigkeit von der Befestigung nachweisen [12]. In-vitro-Studien zeigten nach Kausimulation leichte Vorteile für die adhäsive Befestigung. Interessant ist in diesem Zusammenhang die Beobachtung, dass mit selbstadhäsiven Kompositen zementierte Kronen lediglich das Bruchfestigkeitsniveau der konventionellen Befestigung erreichten [9]. Um die Vorteile der adhäsiven Befestigung zu erreichen, bedarf es offensichtlich der klassischen adhäsiven Verfahren. Gerade bei der adhäsiven Befestigung können Silikatkeramiken ihren großen Vorteil gegenüber „transluzenten“ Zirkoniumdioxiden ausspielen: Im Gegensatz zu Zirkoniumdioxid sind Silikatkerami-

ken mit 5% Flußsäure ätzbar. Nach Ätzen und Applikation eines Haftsilikans entsteht ein zuverlässiger adhäsiver Verbund. Das Indikationsspektrum von Lithium(di)silikaten und („transluzente“) Zirkoniumdioxiden der Generation III ist weitgehend identisch [2].

Statement

Die optischen Eigenschaften prädestinieren Silikatkeramik für die natürliche Nachbildung von Schmelz und Dentin. Verschiedene Arten von Silikatkeramiken stehen für Verblendungen von Gerüsten und für monolithische Restaurationen zur Verfügung.

Verblendungen werden zumeist mit der klassischen Feldspatkeramik im Schlickerverfahren aufgetragen. Es wurden aber (Über-)Pressverfahren entwickelt, die den Arbeitsablauf optimieren und die Qualität der Verblendung steigern können. Bei den

Pressverfahren werden leuzitverstärkte Glaskeramik (Metall-Gerüste) oder Fluorapatitkeramik (zumeist für Zirkoniumdioxid- und Lithium(di)silikat-Gerüste) verwendet.

Eine wesentliche Steigerung der Festigkeit, und damit eine Indikationserweiterung bei monolithischen Restaurationen erfuhren die Silikatkeramiken durch die Entwicklung von Lithium(di)silikaten (LiSiO₂, Zr-LiSi). Deren Indikationsstellung ist mit derjenigen der Zirkoniumdioxide der Generation III („transluzente“ Zirkoniumdioxide) weitgehend identisch. Gute optische Eigenschaften, hohe Festigkeiten, die verschiedene Befestigungskonzepte erlauben, Ätzbarkeit mit Flusssäure für einen, bei Bedarf, zuverlässigen adhäsiven Verbund, schmelzähnliches Abrasionsverhalten und verschiedene neue Verarbeitungsmöglichkeiten wie Pressen, Fräsen, Drucken, weisen die Materialgruppe der Silikatkeramiken aus. Sie stellen damit eine wesentliche Bereicherung in der klinischen Auswahl dentaler Werkstoffe dar.

Interessenkonflikte

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

Alois Schmid, Michael Behr, Johann Wulff, Sybille Schneider-Feyrer, Georg Beierlein, Thomas Strasser, Regensburg

Literatur

1. Almarza R, Ghassemieh E, Shahrabaf S, Martin N: The effect of crown fabrication process on the fatigue life of the tooth-crown structure. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl* 2020; 109: 110272
2. Behr M, Fuellerer J, Strasser T, Preis V, Zacher: Ist Zirkoniumdioxid gleich Zirkoniumdioxid? *Dtsch Zahnärztl Z* 2020; 75: 4–7
3. Behr M, Proff P, Kolbeck C et al.: The bond strength of the resin-to-zirconia interface using different bonding concepts. *J Mech Behav Biomed Mater* 2011; 4: 2–8
4. Belli R, Wendler M, Ligny D de et al.: Chairside CAD/CAM materials. Part 1. Measurement of elastic constants and microstructural characterization. *Dent Mater* 2017; 33: 84–98
5. Dentsply Sirona: Celtra Duo. Zirkonoxidverstärktes Lithiumsilikat (ZLS). FactFile. www.dentsplysirona.com/de_DE/Fixed/Celtra_Duo, 11.01.2021
6. Gehrt M, Wolfart S, Rafai N, Reich S, Edelhoff D: Clinical results of lithium-disilicate crowns after up to 9 years of service. *Clin Oral Investig* 2013; 275–284
7. Lohbauer U, Belli R, Wendler M: Keramische Materialien. In: Rosentritt M, Ilie N, Lohbauer U (Hrsg): *Werkstoffkunde in der Zahnmedizin. Moderne Materialien und Technologien*. Thieme, Stuttgart, New York 2018, 239–305
8. Methani MM, Revilla-León M, Zandinejad A: The potential of additive manufacturing technologies and their processing parameters for the fabrication of all-ceramic crowns. A review. *J Esthet Restor Dent* 2020; 32: 182–192
9. Preis V, Behr M, Hahnel S, Rosentritt M: Influence of cementation on in vitro

performance, marginal adaptation and fracture resistance of CAD/CAM-fabricated ZLS molar crowns. *Dent Mater* 2015: 1363–1369

10. Rosentritt M, Kieschnick A, Stawarczyk B: Zahnfarbene Werkstoffe im Vergleich. *Kleine Werkstoffkunde für Zahnärzte – Teil 4*. ZM-online 2019

11. Rosentritt M, Kiesneck A, Hahnel S, Stawarczyk B: Werkstoffkunde-Kompodium Zirkonoxid. *Moderne dentale Materialien im Arbeitsalltag*. <https://werkstoffkunde-kompodium.de/das-werkstoffkunde-kompodium/zirkonoxid/>, 27.01.2020

12. Teichmann M, Göckler F, Weber V, Yildirim M, Wolfart S, Edelhoff D: Ten-year survival and complication rates of lithium-disilicate (Empress 2) tooth-supported crowns, implant-supported crowns, and fixed dental prostheses. *J Dent* 2017; 56: 6–77



Foto: UKR

**PROF. DR. MED. DENT.
MICHAEL BEHR**
Universität Regensburg
Fakultät für Medizin

Franz-Josef-Strauss-Allee 11
93053 Regensburg

michael.behr@klinik.uni-regensburg.de