



Verstärkte Silikatkeramiken im Überblick

Die Vielfalt der keramischen Werkstoffe in der Zahnmedizin ist eindrucksvoll und aus Anwendersicht sehr spannend. Im ersten Teil des Artikels haben sich die Autoren mit Zirkonoxidkeramiken beschäftigt. Im zweiten Teil gehen sie auf das spannende Thema der verstärkten Silikatkeramiken ein. Sie geben einen Rückblick auf die Entwicklung, beschreiben den Status-quo und vermitteln einen Ausblick in die nahe Zukunft.

DENTALE VOLLKERAMIKEN unterscheiden sich grundsätzlich in Oxid- und Silikatkeramiken. Während Zirkonoxidkeramiken seit etwa 25 Jahren für dentale Restaurationen verwendet werden, werden Silikatkeramiken in der Zahnmedizin seit Jahrzehnten beispielsweise in Form von Verblendkeramiken angewandt. Die Verblendkeramiken werden in diesem Artikel nicht näher betrachtet. Vielmehr geht es um verstärkte dentale Silikatkeramiken, die speziell für die Press- und CAD/CAM-Fertigung von vollkeramischen Restaurationen konzipiert worden sind.

Was ist eine Silikatkeramik?

Silikatkeramiken sind mehrphasige Werkstoffe, bestehend aus mindestens einer glasigen und einer kristallinen Phase. Das Ausgangsprodukt ist Glas, in dem durch eine gesteuerte Keimbildung und Kristallisation die Kristalle (auch als Verstärkungspartikel bezeichnet) wachsen. Hierbei handelt es sich beispielsweise um Leuzit- oder Lithiumsilikat-Kristalle. Vereinfacht gilt: Je mehr Verstärkungskristalle in der Glasphase enthalten sind, desto besser sind die mechani-

schen Eigenschaften. Allerdings sinken mit Zunahme der Verstärkungskristalle innerhalb der Glasphase zugleich die ästhetischen Eigenschaften.

Was sind Lithiumsilikat-Keramiken?

Lithiumsilikat-Keramiken zählen mit ihren verschiedenen Modifikationen zu den verstärkten Silikatkeramiken. Diese Keramiken weisen je nach Zusammensetzung Biegefestigkeitswerte zwischen 250 und 420 MPa auf [1, 2]. Unterschieden werden sie in Lithiumdisilikat-, Lithiummetasilikat- und Lithiumaluminosilikat-Keramiken (D1). Die Glasphase dieser Keramiken ist Siliziumoxid und die kristalline Phase ist Lithiumoxid. Lithiumdi-

silikat- und Lithiummetasilikat-Keramiken entstehen durch eine Kristallisation aus Lithiumoxid und Siliziumoxid. Das molare Verhältnis zwischen Lithiumoxid und Siliziumoxid in der Glasphase bestimmt die Entstehung von Lithiummetasilikat oder Lithiumdisilikat-Kristallen. Bei der Lithiumaluminosilikat-Keramik findet eine Co-Kristallisation von Lithiumdisilikat und Lithiumaluminasilikat statt.

Bis dato wurde die Materialklasse der Lithiumdisilikat-Keramiken unweigerlich mit dem Unternehmen Ivoclar Vivadent und dem Produktnamen IPS e.max in Zusammenhang gebracht. Der Grund hierfür ist denkbar einfach. Ivoclar Vivadent hat diese verstärkte Silikatkeramik entwickelt, patentiert und auf den Markt gebracht.



D1 Einteilung der Lithiumsilikat-Keramiken

Wer kennt sie nicht, die IPS e.max Press oder IPS e.max CAD?

IPS e.max Press oder IPS e.max CAD zählen zu den ersten dentalen verstärkten Silikatkeramiken, den Lithiumdisilikat-Keramiken. Der Unterschied der beiden Keramiken liegt in der Verarbeitung. Während IPS e.max Press als Presskeramik in Pellets angeboten wird, sind IPS e.max CAD blau gefärbte CAD/CAM-Blöcke, die unter Wasserkühlung geschliffen und anschließend kristallisiert werden. Die heute unter IPS e.max Press bekannte Keramik ist im Jahr 1998 unter dem Namen Empress 2 auf den Markt gekommen [3]. Es handelt sich um eine Weiterentwicklung der Leuzitkeramik Empress, die seit dem Jahr 1989 Verwendung findet. Empress hat sich aufgrund der guten Ästhetik und Passung klinisch bewährt [4, 5]. Allerdings ist die Leuzitkeramik wegen der niedrigen Festigkeit von rund 110 MPa nur für Inlays, Onlays, Einzelzahnrestorationen im Frontzahn- und Seitenzahnbereich indiziert. Hintergrund der Entwicklung von Empress 2 war, die Festigkeit durch die Verstärkung der Keramik mit Lithiumdisilikat zu erhöhen, ohne Kompromisse in der Passung und Ästhetik eingehen zu müssen (► Tabelle 1).

Genau genommen wurden die ersten Lithiumdisilikat-Keramiken bereits in den 1950er Jahren entwickelt. Doch erst mit Empress 2 ist es gelungen, eine Lithiumdisilikat-Keramik zu etab-

lieren, die chemisch beständig ist und zugleich gute optische sowie mechanische Eigenschaften liefert. Da die pressbare Lithiumdisilikat-Keramik patentiert worden ist, war sie für 20 Jahre zunächst Ivoclar Vivadent vorbehalten.

Um das Jahr 2005 hat das Unternehmen das Vollkeramiksyste IPS e.max auf den Markt gebracht, welches hochfeste keramische Press- sowie CAD/CAM-Materialien integriert. In diesem Zuge wurde aus Empress 2 nun IPS e.max Press. Zudem zeichnet sich IPS e.max Press laut Hersteller durch einen erhöhten Anteil an Lithiumdisilikat-Kristallen (von etwa 60 Vol% auf zirka 70 Vol%) aus und hat somit im Vergleich zu Empress 2 eine etwas höhere Festigkeit (► Tabelle 1).



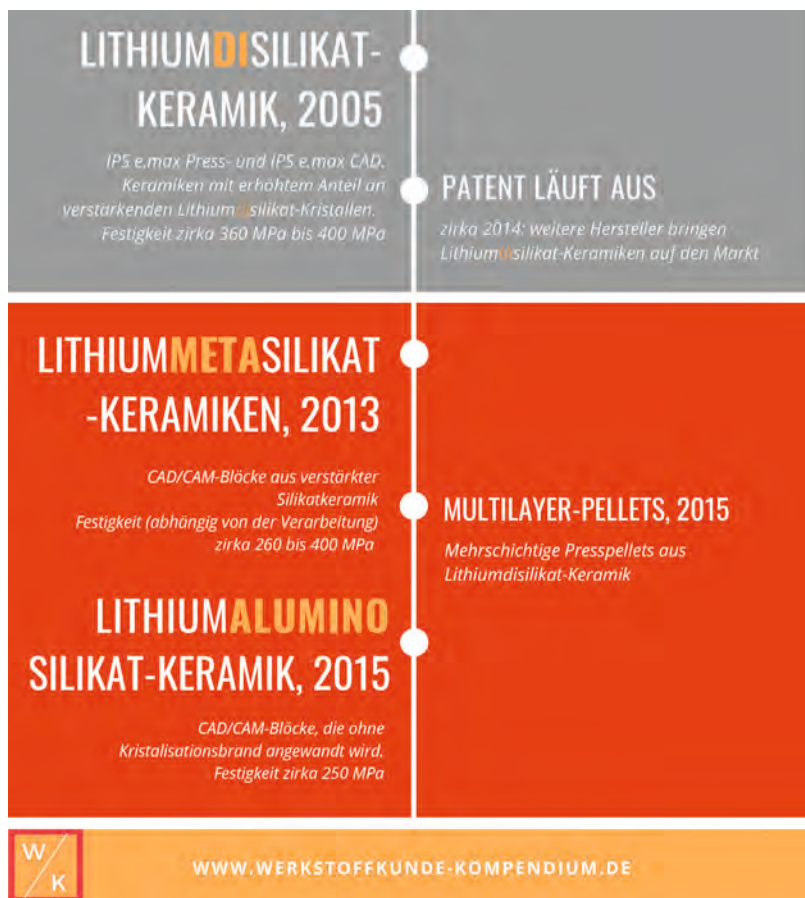
Was machen aktuell verfügbare verstärkte Presskeramiken aus?

Um das Jahr 2014 sind Patente für die IPS e.max Press ausgelaufen. Das führte dazu, dass weitere Hersteller mit pressbaren Lithiumdisilikat-Keramiken auf den Markt kamen. Es ist zu betonen, dass alle aktuellen verstärkten Presskeramiken ausschließlich Lithiumdisilikat-Keramiken sind. Das Gefüge von Lithiumdisilikat-Keramiken besteht zu etwa 70% aus Lithiumdisilikat-Kristallen ($\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$), die in der Glasmatrix eingebettet sind. Die Lithiumdisilikat-Kristalle sind nadelförmig und haben eine Länge von etwa 3 bis 6 μm . Die Indikationsbereiche von Lithiumdisilikat-Keramiken umfassen Inlays, Onlays, Veneers, Einzelkronen und dreigliedrige Brücken im Frontzahnbereich oder bis maximal zum zweiten Prämolaren [7–10].

Hinweis: Pressbare Lithiummetasilikat- und Lithiumaluminosilikat-Keramiken sind nicht verfügbar, da sich diese Modifikationen nur schlecht unter Laborbedingungen verpressen lassen.

Die Presspellets sind in unterschiedlichen Farben und Opazitätsstufen erhältlich. Auf der IDS 2015 wurden erste Pellets als mehrschichtige Variante (Multilayer) vorgestellt. Für den Anwender gilt hierbei zu beachten, dass eine bestimmte Anstiftung und Presstechnik zu berücksichtigen sind, um die gewünschten ästhetischen Ergebnisse zu erreichen. Da Lithiumdisilikat-Keramiken und Zirkonoxid ähnliche Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, können beide mit der gleichen Verblendkeramik verblendet werden.

Zu den aktuell verfügbaren Lithiumdisilikat-Presskeramiken zählen beispielsweise IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent), Amber Press (Hass Corporation), Celtra Press (Dentsply Sirona), CeraMotion Press (Dentaurum), Initial LiSi Press (GC Europe), Livento Press (Cendres+Métaux), Vita Ambria (Vita Zahnfabrik). Diese Keramiken unterscheiden sich teilweise in ihren Eigenschaften, wie beispielsweise Biegefestigkeit oder Bruchzähigkeit (D3 und D4) [11].



D2 Grafische Darstellung der wichtigsten Schritte der Silikatkeramiken

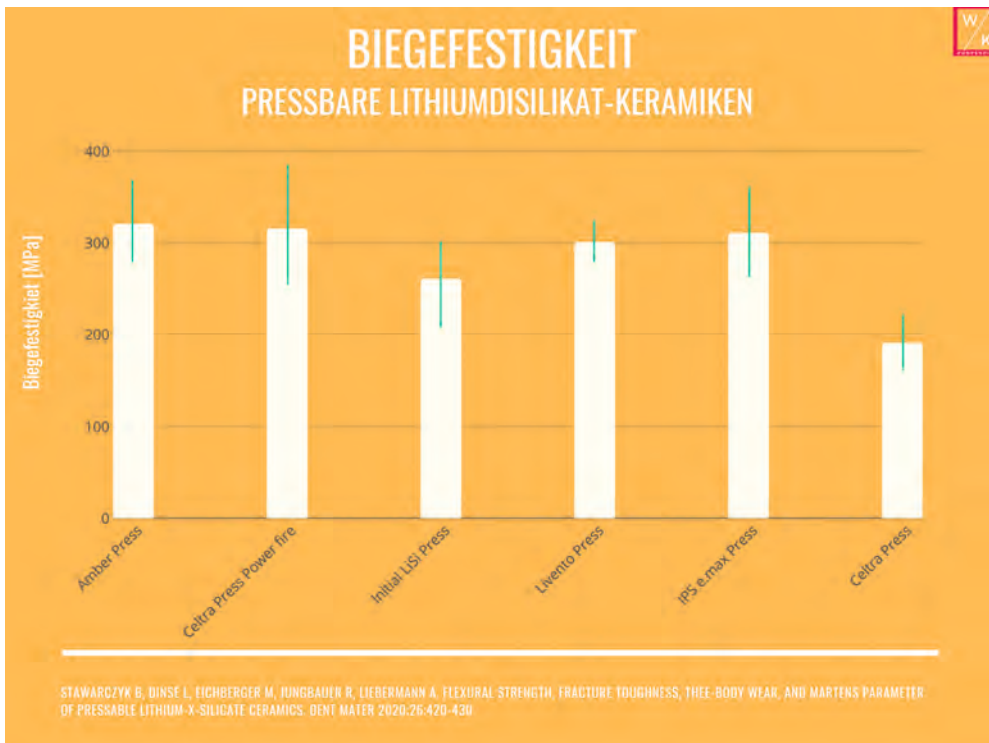
Werkstoffkennwerte	Empress 1 [1]	Empress 2 [1]	IPS e.max Press [4]	IPS e.max CAD [9]
Chemische Basis	SiO ₂ -Al ₂ O ₃ -K ₂ O	SiO ₂ -Li ₂ O		
Biegefestigkeit	111 MPa (4-Pkt.)	290 MPa (4-Pkt.)	400 MPa (biax)	360 MPa (biax)
Weibullmodul	10	10		
Bruchzähigkeit	1,2 MPa/m	2,5 MPa/m	2,5-3,0 MPa/m	2-2,5 MPa/m
Elastizitätsmodul	67 GPa	96 GPa	91-96 GPa	95 GPa
Vickershärte	5900 MPa	5800 MPa	5800 MPa	5800 MPa
WAK	14,9 * 10 ⁻⁶ K ⁻¹	10,6 * 10 ⁻⁶ K ⁻¹	10,6 * 10 ⁻⁶ K ⁻¹	10,5 * 10 ⁻⁶ K ⁻¹

▣ Tab. 1 Werkstoffkennwerte von Empress 1, Empress 2, IPS e.max Press und IPS e.max CAD

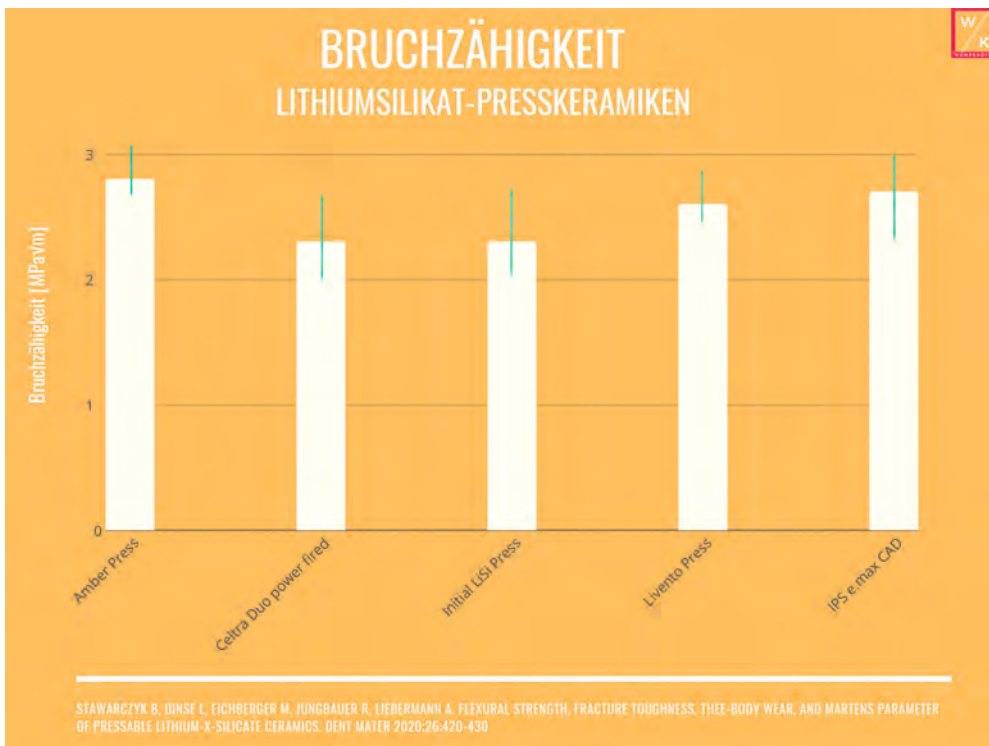
Wie unterscheiden sich die Presskeramiken von den CAD/CAM-Keramiken?

IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent) ist eine CAD/CAM-Variante von Lithiumdisilikat-Keramik. Es handelt sich um teilgesinterterte Blöcke aus Glasrohlingen mit zirka 40 Vol% Lithiummetasilikat-Kristallen in einer Länge 0,2–1,0 µm [12]. Die blau gefärbten Blöcke befinden sich in einer Zwischenphase und weisen geringere Festigkeiten und Härten auf. Somit lassen sie sich leichter und schneller schleifen als bereits kristallisierte Keramiken. Nach dem CAD/CAM-Schleifen findet ein Kristallisationsbrand statt. Hierbei wachsen zirka 70 Vol% Lithiumdisilikat-Kristalle; das Material verfestigt sich und nimmt seine endgültige Farbe und Festigkeit an. Eine weitere schleifbare Lithiumdisilikat-Keramik ist das Material Amber Mill (Hass Corporations). Innovation dieser Blöcke ist die Einstellung der Transluzenzstufe über die Kristallisationstemperatur. Die Indikationsbereiche der schleifbaren Lithiumdisilikat-Keramiken

ähneln denen der pressbaren Lithiumdisilikat-Keramiken. Diese Keramiken weisen jedoch minimal geringere Festigkeiten auf als die gepressten Lithiumdisilikat-Keramiken. Seit 2013 sind die CAD/CAM-Blöcke aus zirkonoxidverstärkten Lithiummetasilikat-Keramiken (Vita Suprinity PC, Vita Zahnfabrik/Bad Säckingen, und Celtra Duo, Denstply Sirona/Hanau) erhältlich. Diese weisen als Hauptkristallphase Lithiummetasilikat (Li₂SiO₃) auf; zudem kristallisieren Lithiumorthophosphat (Li₃PO₄) und Lithiumdisilikat (Li₂Si₂O₅). Die Glasphase enthält gelöstes, also nicht kristallines Zirkonoxid in der Größenordnung von 10 Gew. %. Als Keimbildner werden Ceroxid (CeO₂) und Phosphorpentoxid (P₂O₅) verwendet. Die Lithiummetasilikat-Keramiken können ebenso in einem nicht voll-auskristallisierten Zustand beschliffen werden (Suprinity PC) und werden dann in Form der Restauration einem Kristallisationsbrand unterzogen. Alternativ können sie im teil-kristallisierten Zustand beschliffen (Celtra Duo) und dann ohne zusätzliche Kristallisation direkt nach dem Schleifen intraoral aller-



03 Biegefestigkeiten von verschiedenen pressbaren Lithiumdisilikat-Keramiken [11]

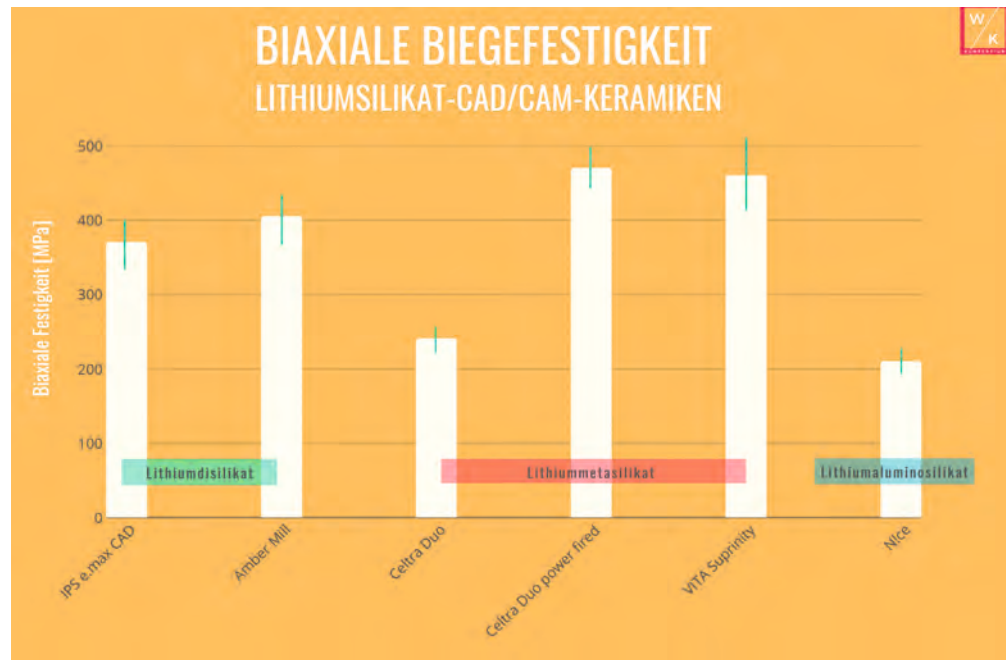


04 Bruchzähigkeiten von verschiedenen pressbaren Lithiumdisilikat-Keramiken [11]

dings maximal für Kronen eingesetzt werden. Durch einen zusätzlichen Kristallisationsbrand steigt die Festigkeit der letztgenannten Keramik (von zirka 210 MPa auf zirka 350 MPa). Die von den Herstellern angegebenen

Indikationsbereiche dieser Keramiken sind Kronen, Abutmentkronen, dreigliedrige Brücken bis zum ersten beziehungsweise zweiten Prämolaren (bitte Herstellerangaben beachten), Inlays, Onlays und Veneers.

5 Biaxiale Biege- festigkeiten von CAD/ CAM-Lithiumsilikat- Keramiken



Auf der IDS 2015 wurden CAD/CAM-Blöcke aus Lithiumaluminosilikat-Keramiken (N!ce, Straumann, Basel/Schweiz) vorgestellt. Bei diesem Material findet eine Co-Kristallisation zwischen Lithiumdisilikat und Lithiumaluminosilikat statt. Die Keramik wird direkt nach dem Schleifen ohne zusätzlichen Kristallisationsbrand intraoral eingesetzt. Die Festigkeit liegt bei zirka 250 MPa. Die Lithiumaluminosilikat-Keramik ist vom Hersteller für Kronen, Abutmentkronen, Teilkronen, Inlays, Onlays und Veneers freigegeben. Die Festigkeit dieser CAD/CAM-Blöcke ist in der 5 dargestellt.

Was bedeutet das zusammenfassend?

Alle verstärkten, pressbaren Silikatkeramiken gehören den Lithiumdisilikat-Keramiken an. Obwohl diese Restaurationen Materialien einer Werkstoffgruppe untergeordnet sind, können die mechanischen Eigenschaften der einzelnen Materialien voneinander abweichen. Die verstärkten CAD/CAM-Silikatkeramiken sind teilweise unterschiedlich zusammengesetzt und zeigen somit verschiedene Eigenschaften und teilweise auch verschiedene In-

dikationsbereiche. Für die erfolgreiche Indikationsstellung, Bearbeitung und Befestigung dieser Keramiken ist werkstoffkundliches Grundwissen erforderlich. □

Literaturliste bei den Autoren erhältlich.

WERKSTOFFKUNDE-KOMPENDIUM

Ausführliche Informationen rund um die verstärkten Silikatkeramiken – Werkstoffkunde, Anwendung in Praxis und Labor, Herstellerinformationen – sind im iBook „Dentale Keramiken“ detailliert zusammengefasst und werden auf „spielerische“ Art vermittelt; ergänzt von klinischen und zahntechnischen Bildern, Videos, animierten Grafiken, einem umfangreichen Glossar mit Lernkartenfunktion, Frage-Antwort-Spielen und aussagekräftigen, informativen Herstellerinformationen.
www.werkstoffkunde-kompodium.de

VITAE

BOGNA STAWARCZYK studierte nach ihrer Zahntechnikerausbildung Dentaltechnologie an der Fachhochschule Osnabrück. Dieses schloss sie 2006 mit ihrer Diplomarbeit an der Klinik für Zahnärztliche Prothetik der Universität Bern (Prof. Mericske-Stern) ab. Später besuchte sie das postgraduelle Studium Master of Science Dental Technik an der Donauuniversität Krems. Bogna Stawarczyk promovierte 2013 an der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) in München zum Thema „Langzeitstabilität von CAD/CAM Kunststoffen“. Von Februar 2006 bis Februar 2012 war sie an der Universität Zürich am Zentrum für Zahnmedizin als wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Materialforschung der Klinik für Kronen- und Brückenprothetik, Teilprothetik und Materialkunde (Prof. Hämmerle) tätig. Von 2008 bis 2009 war sie dort die Leiterin (ad interim) der Materialforschung. Ab März 2012 war Bogna Stawarczyk als Ingenieurin für dentale Werkstoffkunde und seit Januar 2014 als Funktionsoberassistentin an der LMU München an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik (Prof. Gernet, ab 2014 Prof. Edelhoff) beschäftigt. Im Juli 2015 hat sie sich im Fachgebiet Exp. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde insbesondere Biomaterialien habilitiert und die wissenschaftliche Leitung der Werkstoffkunde an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik an der LMU übernommen. Zudem ist sie unter anderem Mitautorin des digitalen Werkstoffkunde-Kompodiums.



MARTIN ROSENTRITT übernahm nach Abschluss seines Diplomstudiums der Kunststofftechnik die Koordination und wissenschaftliche Leitung des Werkstoffkundelabors an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Universitätsklinikums Regensburg. Dort etablierte er werkstoffkundliche und biologische Verfahren zur Materialforschung. Er promovierte über Zirkonoxid-Keramiken an der Universität Amsterdam und habilitierte zum Thema der werkstoffkundliche Charakterisierung von zahnmedizinischen Materialien. Er erhielt sein Venia legendi an der Universität Regensburg. Prof. Rosentritt ist national und international als Referent tätig. Er ist Autor einer Vielzahl von wissenschaftlichen peer-reviewed Publikationen und als Mitglied diverser zahnmedizinischer Vereinigungen und als Fachgutachter für verschiedene nationale und internationale Fachzeitschriften aktiv. Zudem ist er Autor von Fachbüchern im Bereich der Dentalen Werkstoffkunde und unter anderem Mitautor des digitalen Werkstoffkunde-Kompodiums.



ANNETT KIESCHNICK entschied sich nach ihrer Ausbildung zur Zahntechnikerin sowie einigen Jahren der Gesellenzeit im Jahr 2007 für einen beruflichen Werdegang im Fachjournalismus. Sie absolvierte ein Volontariat bei einem zahnärztlichen Fachverlag verbunden mit einer journalistischen Ausbildung an der Akademie der Bayrischen Presse in München. Danach war sie als Fachredakteurin tätig. Seit 2012 arbeitet sie als Freie Fachjournalistin in Berlin mit Fokus auf Zahnmedizin/Zahntechnik und hat zudem eine kleine Agentur für die dentale Fachkommunikation aufgebaut. Schwerpunkte der Agenturarbeit liegen in der digitalen Kommunikation. Annett Kieschnick ist unter anderem Mit-Autorin des digitalen Werkstoffkunde-Kompodiums „Moderne Dentale Materialien im praktischen Arbeitsalltag“.

