

Neue Werkstoffe bieten neue Eigenschaften¹



Synthese von Keramik und Polymeren – Computer-gestützte Implantatprothetik

Klinische Erfahrungen mit neuen Keramikwerkstoffen und der digital gestützte Behandlungsprozess in der Implantologie – das waren die herausragenden Themen auf dem 13. Keramiksymposium der Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde (AG Keramik), das zusammen mit dem Kongress der Deutschen Gesellschaft für Implantologie (DGI) stattfand.

Vollkeramische Restaurationen haben seit den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts eine beständige Indikationserweiterung erfahren. Neue keramische Materialien mit einer verbesserten Dauerfestigkeit, aber auch Innovationen im Bereich der Befestigungsverfahren waren treibende Kräfte für die rasante Entwicklung und Verbreitung der Vollkeramik. Die klinischen Erfahrungen der vergangenen Jahre haben jedoch gezeigt, dass für Keramikwerkstoffe eine differenzierte Anwendung erforderlich ist, um sie langfristig klinisch erfolgreich nutzen zu können. Dr. Jan Hajto, Praxisinhaber in München (Abb. 1), erläuterte unter dem Thema „Übersicht Materialien und Indikationen – ein Praxiskonzept“ seine Kriterien bei der Werkstoffauswahl.

Eine sogenannte „Universalkeramik“, einsetzbar für alle Indikationsklassen, gibt es nicht. Biegebruchfestigkeit, Risszähigkeit, Werkstoffmindeststärke zusammen mit dem klinischen Platzbedarf, Chroma, Lichtleitfähigkeit und Transluzenz, Retentionsverhalten und Befestigungsbedingungen – alle Spezifikationen und Vorgaben beeinflussen maßgeblich die Auswahl des geeigneten Werkstoffs und dessen Verarbeitung. Zahnarzt und Zahntechniker haben die Aufgabe, den Überblick zu behalten und das jeweils optimale Material für die individuelle Patientenversorgung zu bestimmen. Für den Patienten spielen ne-

ben dem Aspekt der natürlichen Ästhetik auch Fragen der Langzeitbewährung und die Wirtschaftlichkeit eine entscheidende Rolle.

Im Prinzip geht es immer um die Entscheidung, ob die Keramik im konkreten Fall ausgeprägte ästhetische Eigenschaften oder eine Festigkeit für hohe Kaudruckbelastungen bieten muss – jeweils abhängig von der Lage der Restauration im Kieferbogen, vom ästhetischen Anspruch und von funktionellen Gegebenheiten. Dentalkeramik weist eine umso höhere Festigkeit auf, je höher der kristalline Anteil ist. Von dieser Eigenschaft profitieren besonders Oxidkeramiken (Zirkoniumdioxid, Aluminiumoxid). Die hohe Strukturdichte gibt der Oxidkeramik jedoch ein opakes Aussehen und muss aufbrennkeramisch verblendet (Feldspat) oder mit Colourliquid eingefärbt werden. Silikatkeramiken hingegen haben eine leuzitverstärkte Glasphase. Durch die Semitransparenz und Transluzenz bieten sie Eigenschaften, die sie besonders für ästhetische Frontzahnversorgungen empfehlen.

Zwischen den Silikatkeramiken mit ihren naturgemäß begrenzten Festigkeiten (80 bis 200 MegaPascal, MPa) und den Oxidkeramiken (500 bis 1200 MPa) ist ein Korridor, der von der Lithiumdisilikatkeramik (LS₂) besetzt wird. Mit initialen Biegefestigkeiten von 360 bis 420 MPa vereint sie eine natürliche Transluzenz, die variierbar ist (Typ HT, LT, MO, HO; e.max, Ivoclar), mit einer indikationsadäquaten Festigkeit, die sie für Veneers, Teilkronen, Kronen, dreigliedrige Brücken (bis zum zweiten Prämolaren) sowie für Abutments und implantatgetragene Kronen qualifiziert. Das Risiko kohäsiver Frakturen als Folge von Gefügedefekten ist gegenüber der reinen Schichttechnik deutlich verringert. Kronen können entweder mono-

lithisch angefertigt – optional mit Mal Farben charakterisiert, im Cutback-Verfahren oberflächlich um Schmelzdicke zurückgeschliffen und mit Schichtkeramik individualisiert – oder auf LS₂-Gerüsten komplett verblendet werden (Abb. 2).

Ästhetik und Festigkeit im Fokus

Der Referent hat in seiner Praxis das Werkstoffkonzept dahingehend optimiert, dass für vollkeramische Restaurationen nur noch Zirkoniumdioxid und Lithiumdisilikat in angezeigten Fällen zum Einsatz kommen. Damit lässt sich laut Dr. Hajto die gesamte Bandbreite der festsitzenden Versorgungen – vom Inlay bis zur mehrgliedrigen Brücke sowie Implantatkomponenten – abdecken. Die pragmatisch gesammelten Erfahrungen mit diesen Keramiken spiegeln sich auch in den Ergebnissen der Nachuntersuchungen des Referenten. So zeigten sich bei 398 Verblendkronen und -Brücken aus ZrO₂ keine Gerüstfrakturen und lediglich 1,2 % Chippings auf Verblendungen pro Jahr. Bei 3.000 monolithischen LS₂-Restaurationen im Seitenzahnbereich (Kunden von Fa. Absolute Ceramics) betrug die Frakturrate 1,8 % bei Kronen und 0,8 % bei Teilkronen im Zeitraum von 18 Monaten. Eine gute Prognose gab Dr. Hajto den Sinterverbundkronen und -brücken, die in seiner Praxis seit mehr als 3 Jahren standardmäßig im Einsatz sind. Hierbei wird der digital generierte Datensatz des virtuellen Modells aufgespalten, d.h. die Gerüstform wird vom Verblendteil getrennt. Die Verblendung wird aus Silikatkeramik im CAD/CAM-Verfahren ausgeschliffen oder gepresst und auf das ZrO₂-Gerüst aufgesintert (Abb. 3). Durch

¹ Weitere Referatberichte vom 13. Keramiksymposium finden Sie unter www.ag-keramik.de/keramiksymposium

den homogenen Verbund können damit sehr hohe Kaudruckbelastungen provoziert (bis 1.700 Newton Bruchlast) und Verblendfrakturen praktisch ausgeschlossen werden [3].

Dr. Hajto bewertete die aktuelle Werkstoffentwicklung auch aus der Sicht der Biomimetik. Aus diesem Blickwinkel stellte der Referent zur Diskussion, ob vollkeramische Restaurationen immer fester und härter werden müssen – oder ob es nicht sinnvoller sei, das biomechanische Verhalten des intakten Zahns zu reproduzieren. Damit zielte der Referent auf die neuen Hybrid- und Nanoresin-Keramiken, deren E-Modul zwischen jenem von Schmelz und Dentin liegt. Daraus resultiert ein „zahn-schonender“ Nutzen, dass z.B. ein Inlay oder Onlay langfristig in situ eine schmelzähnliche Abrasion zeigt. Die Attrition der Okklusalfäche verläuft „parallel“ mit der natürlichen Zahnhartsubstanz – nach dem Vorbild der Natur. Waren bisher verblendete, implantatgetragene Kronen auf ZrO₂-Gerüst einem verhältnismäßig hohen Chippingrisiko ausgesetzt – ausgelöst durch die fehlende Eigenbeweglichkeit und die verminderte Taktilität der osseointegrierten Implantatpfeiler – eignen sich die „stoßdämpfenden“ Hybrid- und Nanoresin-Keramiken laut Dr. Hajto für diese Indikation. Aufgrund der elastischen Eigenschaften sind diese Werkstoffe möglicherweise auch für Versorgungen bei Bruxismus geeignet.

Der Referent resümierte, dass die Konzentration auf 2 vollkeramische Werkstoffklassen (LS₂ und ZrO₂) sich in der Praxis bewährt hat. Die pragmatisch gesammelten, klinischen Erfahrungen mit diesen Materialien sowie die eingespielte Zusammenarbeit mit dem Zahntechniklabor bei der Erfüllung der vielfältigen Anforderungen haben bewirkt, dass die Misserfolgsrate unter ein Prozent gebracht wurde und damit dem Niveau von Goldguss- und VMK-Restaurationen entspricht.

CAD/CAM-Werkstoffe bieten neue Perspektiven

Die Referentin, Priv.-Doz. Dr. Petra Güß, Universität Freiburg (Abb. 4), hatte schon vor einigen Jahren bei der Literaturdurchsicht festgestellt, dass verblendete Einzelkronen auf ZrO₂-Gerüsten ei-

ne Chippingrate von 2–9 % der berichteten Fälle nach 2–3 Jahren Tragedauer aufwies. Bei verblendeten ZrO₂-Brücken lag die Chipping-Rate zwischen 3 und 36 % im Zeitfenster von 1–5 Jahren. In Kausimulationen hatte die Referentin die Belastbarkeit von Kronen aus monolithischem Lithiumdisilikat (LS₂) und ZrO₂ mit Verblendung unter 1.100 Newton Kaudruck gemessen. Während alle LS₂-Kronen frakturefrei blieben, zeigten 49 % der handgeschichteten Verblendungen auf ZrO₂ Anzeichen von initialen Mikrorissen [12]. Weitere klinische Studien mit LS₂-Kronen zeigten nach 2 Jahren eine 100 %ige Überlebensrate [10, 22]. In weiteren Untersuchungen stellte Dr. Güß fest, dass monolithisch gefertigte, verblendfreie Kronen aus LS₂ eine ernsthafte Alternative gegenüber Verblendkronen auf Gerüsten aus ZrO₂ sind – auch im Molarenbereich und als Implantatkronen. Obwohl ZrO₂-Kronen und -Brücken eine hohe Biegebruchfestigkeit haben (initial bis 1400 MPa), bietet die manuell geschichtete, gesinterte Verblendkeramik eine deutlich geringere Festigkeit (80–100 MPa). Risiken für kohäsive Verblendfrakturen und Chippings ergeben sich besonders dann, wenn das Kronengerüst nicht anatoförmig gestaltet und die Höcker nicht vom Gerüst unterstützt werden [26, 30]. Ferner tragen dicke Verblendschichten (über 1,5 mm) dazu bei, dass Zugspannungen am Interface zum ZrO₂-Gerüst entstehen [21, 27]. Auch bei der zahntechnischen Bearbeitung des ZrO₂-Gerüsts ist Zurückhaltung angesagt; extensives Beschleifen kann eine Phasenverschiebung (von tetragonal zu monoklin) auslösen und damit die Keramikmatrix schwächen [24, 29]. Da ZrO₂ grundsätzlich ein schlechter Wärmeleiter ist, muss die Brandführung beim Verblendsintern zeitlich gestreckt und die Abkühlphase verlängert werden, um Strukturspannungen zu vermeiden. Bei monolithischen LS₂-Kronen muss kein Platz für die Verblendung geschaffen werden. Dadurch kann der Substanzabtrag defektorientiert und die Präparationstiefe substanzschonend erfolgen. Eine klinische Studie hat gezeigt, dass nach 2 Jahren Beobachtungszeit keine Mikrorisse und Chippings an LS₂-Molarenkronen festzustellen waren [11].

Unter dem Thema „Innovative CAD/CAM-Werkstoffe in Klinik und Wissenschaft“ wies die Referentin da-



Abbildung 1 Dr. Jan Hajto, München.

(Abb. 1: J. Hajto)



Abbildung 2 FZ-Kronen im Cutback-Verfahren zur Verblendung zurückgeschliffen.

(Abb. 2: Seger/Ivoclar)



Abbildung 3 Sinterverblendkronen auf ZrO₂-Gerüst mit gepresster LS₂-Verblendung. Ein Keramiklot (DCM Hotbond) verbindet die Keramikkörper.

(Abb. 3: Absolute Ceramics/Hajto)

rauf hin, dass die Kombination von monolithischen Kronen und Abutments aus LS₂ der Implantatprothetik neue Perspektiven gibt (Hybrid-Abumentkronen). Dadurch kann bei dünner Gingiva der grau durchscheinende Titan-Enossalpfeiler mit der Mesiostruktur maskiert, die „rote Ästhetik“ unterstützt und ein zahnfarbiger Über-



Abbildung 4 PD Dr. Petra Güß, Oberärztin, Universität Freiburg, referierte über „Innovative Werkstoffe und Verarbeitung“.

(Abb. 4: Güß)

gang zur LS₂-Vollkrone in der iso- oder supragingivalen Zone erzielt werden (Abb. 5–7). Kausimulationen mit vollkeramischen Abutments für implantatgetragene Prämolaren zeigten, dass CAD/CAM-gefräste Mesiostrukturen und LS₂-Kronen Kaubelastungen bis zu 1.875 Newton standhielten – ein Wert, der den habituellen Kaudruck im Molarenbereich um das Dreifache übertrifft [1].

ZrO₂-Monolithen ohne Verblendung

Das Risiko von Verblendfrakturen auf ZrO₂-Gerüsten kann, wenn dieser Werkstoff alternativlos angezeigt ist, durch die „Vollzirkon“-Restauration vermieden werden, die monolithisch ausgeschliffen und nicht verblendet werden muss. Dafür mussten jedoch einige Parameter werkstofflicher und klinischer Art verändert werden, um ZrO₂ für monolithische Kronen zu qualifizieren. Dies betrifft die Eigenfarbe und Opazität, die Oberflächenbeschaffenheit der Restauration sowie die Kontaktpunktdurchdringung zum Antagonisten. Die weiße Eigenfarbe des Werkstoffs kann dadurch auf die Zahnfarbe getrimmt werden, in dem industriell bereits eingefärbte Blocks gemäß den bekannten Farb-Guides (Vita Classical, 3D-Master u.a.) Verwendung finden. Alternativ können die Gerüste im



Abbildung 5 Abutment und Implantatkrone aus Lithiumdisilikat (LS₂) vor dem Kristallisationssintern.



Abbildung 7 Hybrid-Abumentkrone aus LS₂ in situ. (Abb. 5–7: Ivoclar)



Abbildung 9 Präparationen zur Versorgung mit zirkonverstärktem Lithiumsilikat (Celtra Duo).

Grünzustand nach dem Ausfräsen mit Colourliquids im Tauchverfahren eingefärbt und dann festigkeitssteigernd schrumpfungesintert werden (Abb. 8). Durch die Laborsinterung wird zwar eine hohe Biegebruchfestigkeit (1.200–1.400 MPa) sowie eine harte Oberfläche erreicht, aber die beim Ausfräsen entstandenen Werkzeugspuren bleiben jedoch sichtbar. Der Abtrag dieser Rauigkeit erfordert eine professionelle Politur, um eine glatte, hochglänzende Oberfläche zu erzielen.

Die Referentin resümierte, dass monolithische ZrO₂-Kronen und -Brücken sich aus ästhetischen Gründen bisher nur für den Molarenbereich eignen. Es fehlt die Fluoreszenz, die Licht-

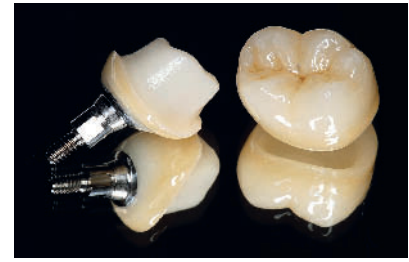


Abbildung 6 LS₂-Abutment mit Emergenzprofil, abdhävis mit der TiBase verbunden. LS₂-Krone farblich individualisiert.



Abbildung 8 „Vollzirkon“-Kronen bei der Einprobe, noch unpoliert. (Abb. 8: Wiedhahn)



Abbildung 10 Inlays und Onlays aus Lithiumsilikat (Celtra Duo) bei der Politur.

(Abb. 9–10: Rinke/Dentsply)

brechung der Glaskeramik, der Chamäleon-Effekt. Die Semi-Transparenz wird mit der Absenkung des Al₂O₃-Anteils erreicht; das kann die klinische Haltbarkeit auf Dauer beeinflussen. Mehrgliedriger Zahnersatz aus ZrO₂ im Oberkiefer kann bei nicht einwandfreien Bissverhältnissen Parafunktionen und Kiefergelenkbeschwerden auslösen. Aufgrund dieser Limitationen ist die Vollzirkon-Prothetik noch keine Regelversorgung. Bewährt haben sich bisher vollanatomische LS₂-Kronen, auch in der Implantatprothetik. Damit spielt das Risiko der Verblendfraktur wegen der fehlenden osären Eigenbeweglichkeit des Enossalpfeilers und des taktilen Defizits keine Rolle.

Keramik mit „Stoßdämpfer“ – Fraktur-Resistenz durch Elastizität?

Neben den bewährten Silikat- und Oxidkeramiken für die konservierende und prothetische Versorgung positionieren sich neuerdings die Hybridkeramik (Enamic, Vita Zahnfab.) und die Nanoresin-Keramik (Lava Ultimate, 3M Espe). Die Hybridkeramik enthält eine duale Keramik-Polymerstruktur, das zu 86 Gewichts-Prozent (Gew.-%) aus einem gitterähnlichen, dreidimensionalen Keramiknetzwerk aus Feldspatkeramik besteht. In diese poröse Keramikstruktur wird werkseitig ein Polymernetzwerk mit 14 Gew.-% eingebracht, das thermisch vollständig gehärtet ist. Das Polymernetzwerk bildet mit der Keramik einen adhäsiven, interpenetrierenden Verbund. Mit einem Elastizitätsmodul von 30 GigaPascal (GPa) besitzt der Werkstoff jene Elastizität, die im Bereich des humanen Dentins liegt. Deshalb kann die „elastische Keramik“ mit ca. 160 MPa Festigkeit hohe Kaukräfte kompensieren, ohne Frakturen auszulösen. Die Schichtstärke kann gegenüber dem Standard (Feldspatkeramik) okklusal auf 1,0 mm, approximal auf 0,8 mm reduziert werden. Kronenränder können feiner ausgeschliffen werden als bei Silikatkeramik; dadurch bleiben Restaurationsränder in situ unsichtbar. In Abrasionstests zeigte die Hybridkeramik einen „physiologischen“ Substanzverlust auf der Restauration sowie eine geringe Attritionswirkung auf dem Zahnschmelz des Antagonisten. Kausimulationen belegten nach 1,2 Millionen Zyklen (simuliert 5 Jahre Tragedauer) Attritionsverluste von 46 µm auf der restaurierten Okklusionsfläche und 27 µm am Antagonisten [18, 19].

Die Nanoresin-Keramik enthält neben Silikatfüller (Korngröße 20 Nanometer, nm) auch Zirkoniumdioxid-Feinstpartikel (4–11 nm) in einer Polymermatrix. Der Werkstoff ist nicht HF-ätzbar, Retentionsflächen müssen sandgestrahlt und adhäsiv befestigt werden. In-vitro-Ergebnisse bei Belastung bis zum Bruch belegten, dass eine Fraktur im Vergleich zur Silikatkeramik zeitverzögert eintritt. Eine 10-jährige In-vivo-Studie mit einem Vorgängerprodukt zeigte keinen Unterschied in der klinischen Performance im Vergleich zur Feldspatkeramik-Inlays (Vita Mark II),



Abbildung 11 Univ.-Prof. Dr. Daniel Edelhoff zu „Komplexen Versorgungen aus Vollkeramik mit Veränderung der Vertikaldimension der Okklusion“.



Abbildung 12 CAD/CAM-gefertigte, langzeitprovisorische Kauflächen-Veneers aus Hochleistungspolymer (Zahntechnik: Josef Schweiger, LMU München).

[9]. Als Indikationen für die Hybrid- und Nanoresin-Keramik empfehlen sich Inlays, Onlays, Kronen, Endo-Inlays und Endo-Kronen mit zirkulärer Hohlkehlfassung der Restzahnsubstanz [9]. Die stoßdämpfende Eigenschaft indiziert die Werkstoffe auch für implantatgetragene Kronen.

Die neuen, zirkoniumdioxidverstärkten Lithiumsilikat-Glaskeramiken (Suprinity, Vita Zahnfab.; Celtra Duo, Dentsply) basieren auf einer gemeinsamen Entwicklung der beiden Unternehmen, zusammen mit dem Fraunhofer-Institut (ISC), und haben eine sehr feine Mikrostruktur, die bei mittlerer Biegebruchfestigkeit einen hohen Glasanteil aufweist – geeignet für ästhetische Restaurationen mit erhöhter Belastbarkeit. Celtra Duo ist eine auskristallisierte, präfabrizierte Keramik; die Biegebruchfestigkeit und Riss-



Abbildung 13 Präparation für keramische Onlay-Veneers (Prämolaren) und Onlays (Molaren).



Abbildung 14 Kauflächen aus monolithischer Lithiumdisilikat-Keramik (IPS e.max Press, Eintrübungsgrad HT, Zahntechnik: Oliver Brix, Mindeststärke 1,0 mm).



Abbildung 15 Kauflächen in situ nach adhäsiver Befestigung. (Abb. 11–15: Edelhoff)

zähigkeit wurde durch eine 10 %ige ZrO₂-Dotierung deutlich angehoben, ohne dass eine optische Trübung eingetreten ist. Die im Cerec-System (Sirona) schleifbaren Blocks werden entweder Chairside poliert und weisen dann eine Festigkeit von 210 MPa auf oder können mittels einer Sinterglasur auf 370 MPa gebracht werden (Abb. 9–10). Das feinkristalline Gefüge von Suprinity hat eine Kristallgröße von ca. 0,5 µm und einen ZrO₂-Anteil von etwa 10 Gew.-%. Der Block wird im vorkristallisierten Zustand geschliffen und erreicht durch einen finalen Kristallisationsbrand 420 MPa. Beide Produkte haben damit eine höhere Biegebruchfestigkeit als Feldspatkeramik und eignen sich, adhäsiv befestigt, für Inlays, Onlays, Veneers, Teilkronen und verblendfreie, monolithische Frontzahn- und Seitenzahnkronen.



Abbildung 16 Dr. Karl-Ludwig Ackermann, Filderstadt, über den „Digitalen Workflow in der Implantatprothetik“.



Abbildung 18 Virtuelle Abutment-Konstruktion mit Schraubenzugang zum Implantat.

Okklusionsänderung mit Kauflächen-Veneers

Bei einem massiven Verlust der Zahnhartsubstanz durch mechanische, chemische oder traumatische Ursachen entstehen für den betroffenen Patienten funktionelle und ästhetische Probleme. Wird eine solch umfangreiche Veränderung der Okklusion nicht therapeutisch behandelt, können daraus Störungen der Phonetik und Kaufunktion im stomatognathen System entstehen sowie Kiefergelenksbeschwerden auslösen. Univ.-Prof. Dr. Daniel Edelhoff, München (Abb. 11), wies darauf hin, dass eine Rehabilitation meist komplex und oft nur durch die Neugestaltung der Ok-

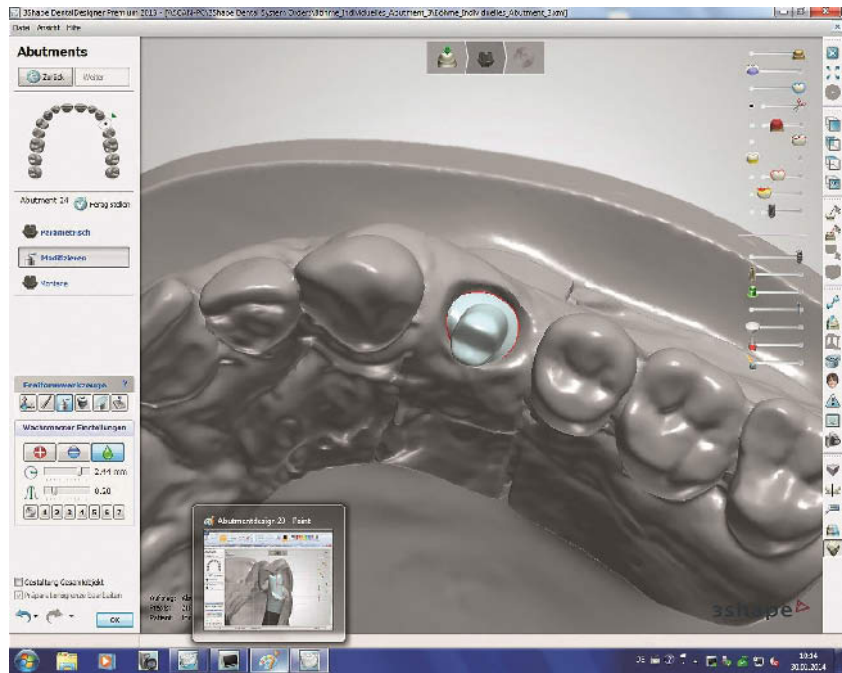


Abbildung 17 Gestaltung des Abutments im Computer.



Abbildung 19 Titan-Abutments, mit Methacrylat-Opaker beschichtet.



Abbildung 20 Abutments in situ vor der Eingliederung der Kronen.



Abbildung 21 Klinische Situation nach der Eingliederung.



Abbildung 22 Implantatgetragene ZrO₂-Brückengerüste mit stabilen Konnektoren. Die Höckerunterstützung senkt das Risiko einer Verblendfraktur.

(Abb. 16–22: Dr. Ackermann, ZTM Neuendorff)

klusalfächen aller Zähne möglich ist. Dazu bieten sich relativ dünne, keramische Restaurationen an, die bei minimaler Präparation an der noch verbliebenen Zahnhartsubstanz adhäsiv befestigt werden.

Auch Veränderungen der Bisslage können mit diesen Materialien durchgeführt werden. Die Substitution einer kompletten okklusalen Kaufläche kann je nach Ausdehnung durch On-

lays, Onlay-Veneers oder Teilkronen vorgenommen werden. Der Vorteil ist, dass die relevanten Kauflächenanteile des Zahns ersetzt werden können, ohne die invasive Präparation für eine Vollkrone. Die Verwendung einer defektorientierten, keramischen Kaufläche in Form einer adhäsiv befestigten Okklusionsschale gewährleistet eine ästhetische Adaptation an die Restzahnhartsubstanz sowie eine gute chemische und mechanische Beständigkeit.

Angezeigt sind solche Kauflächen-Veneers – auch Table Tops genannt – im Abrasions- oder Erosionsgebiss zur Wiederherstellung von anatomischen Kauflächen nach funktionsmorphologischen Prinzipien. Sie dienen ebenso zur Bisshebung, bei Bisslageänderungen und zur Wiederherstellung einer adäquaten statischen und dynamischen Okklusion. Kontraindiziert sind Kauflächen-Veneers im kariesanfälligen Gebiss oder bei noch bestehenden erosiven Einwirkungen, da die Gefahr einer Sekundärkaries oder einer neuen Karies oder erosiven Schädigung (z.B. approximal oder zervikal) im Vergleich zu einer Vollkrone größer ist. Die Anwendung wird eingeschränkt, wenn die Schmelzmenge eine unzureichende Haftfläche bietet oder die Restkronenlänge aufgrund einer ungünstigen anatomischen Form zu kurz ausfällt. Problematisch sind Veneers auch dann, wenn Zähne rotiert oder zu eng stehen [15].

Eine Bisserhöhung kann auch dadurch erzielt werden, in dem nur ein Kiefer (OK oder UK) versorgt wird. Die Entscheidung, nur einen Kiefer zu rekonstruieren, wird von einer vorherigen funktionellen und ästhetischen Analyse der Ausgangssituation sowie vorhandener, intakter Restaurationen beeinflusst. Unter ästhetischen Gesichtspunkten sind die Übergänge zwischen den Kauflächen-Veneers und der natürlichen Zahnhartsubstanz im Unterkiefer weniger auffällig als im Oberkiefer.

Um den therapeutischen Erfolg komplexer Rehabilitationen vorhersehbarer zu machen, kann eine Zwischenversorgung mit Langzeitprovisorien, d.h. Kauflächen-Veneers aus Polymer, zum Einsatz kommen [28]. Die einzeln CAD/CAM-gefertigten Veneers werden adhäsiv eingesetzt, sodass der Patient die neue Situation funktionell und ästhetisch testen und den Behandlungserfolg im Vorfeld verifizieren kann. Alter-

nativ werden Methoden unter Zuhilfenahme von laborgefertigten Eierschalenprovisorien [20] und Chairside gefertigten Provisorien mit Tiefziehschienen vom diagnostischen Wax-up in der Literatur beschrieben [17]. Bei klassischen Verfahren ist es erforderlich, die Zähne zeitgleich zu beschleifen. Durch den Einsatz adhäsiv befestigter Langzeitprovisorischer, zahnfarbener Restaurationen kann eine segmentierte Überführung in die definitiven Versorgungen vorgenommen werden [4].

Die Langzeitprovisorischen Versorgungen können durch die CAD/CAM-Technik relativ kostengünstig hergestellt werden und sind einer klassischen Schientherapie klar überlegen, da sie 24 h in Funktion bleiben und die neuen Zahnproportionen und das angestrebte Okklusionskonzept „zur Probe gefahren“ und gegebenenfalls modifiziert werden kann [14].

Rehabilitation der vertikalen Kieferrelation

Für eine gute Langzeitprognose der neuen Kauflächen ist die genaue Planung der neu einzustellenden Okklusion von entscheidender Bedeutung [15]. Wichtige Punkte sind dabei die Bestimmung der Zentrikrelation, die Einstellung der Vertikaldimension, die Okklusionsebene, die maxilläre und mandibuläre Inzisalkantenposition und die okklusale Oberflächenmorphologie der Seitenzähne [7, 28].

Nach einer klinischen Funktionsanalyse werden Situationsmodelle hergestellt und diese anhand einer arbiträren Scharnierachsbestimmung und eines Zentrikregistrats im Artikulator montiert. Die für die spätere Versorgung funktionell und ästhetisch ideale Vertikaldimension wird durch ein analytisches Wax-up eingestellt. Dieses wird in eine diagnostische Schablone (Tiefziehfolie) für eine „ästhetische Evaluierung“ durch den Zahnarzt und den Patienten überführt. Dazu kann die Schablone mit Komposit gefüllt und reversibel auf die mit flüssiger Vaseline isolierten Zähne gesetzt werden. Wird dieser Restaurationsvorschlag vom Patienten angenommen, wird im zahntechnischen Labor eine in der Höhe und Bisslage dem Wax-up entsprechende Repositionsschiene mit Front-Eckzahn-Führung angefertigt.

Diese Schiene sollte ca. 3 Monate möglichst permanent getragen werden, um zu überprüfen, ob der Patient die neue Bisslage beschwerdefrei toleriert („funktionelle Evaluierung“) [6, 13, 25].

Wird die Schiene vom Patienten beschwerdefrei getragen, kann die Übertragung der Situation entweder direkt in vollkeramische Restaurationen oder zunächst in CAD/CAM-gefräste, Langzeitprovisorische Onlays aus Hochleistungskunststoff erfolgen (Abb. 12). Die Table Tops können mithilfe der Adhäsivtechnik auf natürlichen Zähnen und Kunststofffüllungen sowie auf metallischen und keramischen Versorgungen eingesetzt werden [2]. Da die neue Bissituation nun permanent inkorporiert ist, können sich die neuronalen Bewegungsmuster besser etablieren. Um zukünftig funktionelle Beschwerden nach definitiver Rekonstruktion der vertikalen Kieferrelation möglichst ausschließen zu können, sollte diese semipermanente Phase für ca. 6 bis 12 Monate beibehalten werden.

Wurde die provisorische Restauration funktionell und ästhetisch vom Patienten akzeptiert, kann mit der definitiven Versorgung begonnen werden. Es bietet sich ein quadrantenweises Vorgehen an, wobei die vertikale und horizontale Kieferrelation nicht mehr verändert wird. Die definitive Versorgung kann konventionell oder mit der CAD/CAM-Technik erfolgen, wobei im Idealfall die Datensätze der provisorischen Onlays für die Konstruktion der vollkeramischen Kauflächen verwendet werden können (Abb. 13–15).

Als Werkstoff für die provisorischen Kauflächen-Veneers sind Polymere (z.B. Telio CAD, Ivoclar-Vivadent; artBloc Temp, Merz; CAD-Temp, Vita Zahnfab.), die auf CAD/CAM-Anlagen ausgefräst werden [8], geeignet. Die okklusale Schichtstärke kann bis 0,3 mm reduziert werden. Für die definitiven Kauflächen-Veneers bieten sich an: Presskeramik (IPS e.max Press, Empress Esthetic) oder die CAD/CAM-Fertigung mit vorkristallisierten Blöcken (IPS e.max CAD). Aufgrund der hohen Belastung im Kauflächenbereich ist Lithiumdisilikat (LS₂) zu bevorzugen. Bei der Präparation ist zu beachten, dass der Verbund zum Schmelz besser ist als zu Dentin. Gleichzeitig stabilisiert das hohe E-Modul von Schmelz die Keramik. Falls erforderlich, wird die Okklusalfäche mit Finierdiamant (25–40 µm Korn) geringfügig ab-



Abbildung 23 Priv.-Doz. Dr. Michael Stimmelmayer, Cham.



Abbildung 24 Knochendefekt nach Membran- und Augmentatentfernung mit freiliegender Implantat regio 12 und freiliegender Wurzel Zahn 11.

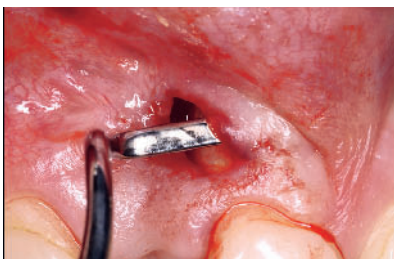


Abbildung 25 Lappenbildung mittels Tunneltechnik zum Defektverschluss mit einem Bindegewebe-Transplantat.



Abbildung 26 Bindegewebs-Transplantat zum Defektverschluss in situ.



Abbildung 27 Das chirurgische Ergebnis nach der Einheilung des Bindegewebe-Transplantats.



Abbildung 28 Einflügelige Adhäsivbrücke für den Lückenschluss, befestigt am Zahn 13.
(Abb. 23–28 Stimmelmayer)

getragen; unter okklusalen Kontaktpunkten maximal 1,5 mm. Die Präparationstiefe sollte mit Silikonschlüssel oder Tiefziehfolie, die nach dem Wax-up ausgerichtet sind, kontrolliert werden. Ein zirkulärer Stützrand ist nicht erforderlich; die Präparationsgrenze nach Möglichkeit muss jedoch vorhandene Füllungskavitäten überdecken [6, 16]. Hinsichtlich der klinischen Bewährung von vollkeramischen Kauflächen-Veneers ist die Datenlage noch unzureichend. Für Kauflächen-Veneers aus Lithiumdisilikat auf Molaren bestehen günstige Prognosen [5].

Digitaler Workflow in der Implantatprothetik

Die Implantologie hat sich in den letzten Jahren erheblich weiterentwickelt. Situationen, die noch vor wenigen Jahren aus therapeutischer Sicht als wenig erfolgsversprechend oder gar als aussichtslos galten, können heute erfolgreich implantologisch versorgt werden. Untersuchungen haben bewiesen, dass Knochengewebe durch implantatgetragene oder implantatgestützte Zahnersatz erhalten werden kann. Hinzu kommt, dass durch den Einsatz von Computer und spezieller Implantations-Software die Diagnostik und Planung im Zusammenhang mit dreidimensionalen Röntgenbefunden und digitalen Schnittbildern exakter vorbereitet sowie die Pfeilerinsertion sicherer durchgeführt werden kann.

Der Einsatz der computergestützten Aufnahmeverfahren ermöglicht auch, dass mit der digitalen, intraoralen Abformung die Erstellung eines virtuellen Modells möglich wurde. Mittels der CAD/CAM-Technik kann der Scanbody,

die klinische Positionsmarke des Implantatpfeilers, zusammen mit den Zahnstümpfen gescannt und die passende Implantatkronen mit dem Abutment konstruiert sowie die individuelle Angulation berechnet werden. Dr. Karl-Ludwig Ackermann (Abb. 16), Filderstadt, stellte den „Digitalen Workflow und die Langzeitbewährung der vollkeramischen Implantatprothetik“ vor. Der erfahrene Implantologe erläuterte, dass mit der Digitaltechnik auch der Weg geöffnet wurde, um neue Werkstoffe für die Fertigung von implantatgetragenen Kronen und Brückengerüsten sowie von Abutments mit individualisiertem Emergenzprofil zu nutzen.

Eine entscheidende Schnittstelle zwischen dem Implantat und der prothetischen Suprastruktur ist das Implantatabutment (Abb. 17–18). Es bildet den sensiblen Übergang durch das periimplantäre Weichgewebe zur Mundhöhle und zur Implantatkrone. Die Anforderungen für das Abutment sind eine hohe Stabilität und Dauerfestigkeit, chemische Beständigkeit, sehr gute Biokompatibilität, die Option für eine individuelle Formgebung und Achsenausrichtung sowie ästhetische Eigenschaften, um durch ein Maskieren des Durchschimmerns des meist grauen Titan-Enossalteils bei dünner Gingiva zu verhindern. Vor allem im Frontzahnbereich gelten ein individualisierbares Austrittsprofil sowie eine zahnähnliche Farbe und Transluzenz bei einem dünnen parodontalen Biotyp als wichtige Faktoren zur Rekonstruktion einer zufriedenstellenden Ästhetik. Hierbei bieten zahnfarbene Materialien in der ästhetischen Zone gewisse Vorteile, wenn es unter ungünstigen strukturellen Bedingungen zu einer Freilegung der Abutment-Oberfläche kommen sollte. Als

Material für Abutments und für die prothetischen Aufbauten haben sich laut Dr. Ackermann Zirkoniumdioxid-Keramik (ZrO_2) oder Titan mit Opakerbeschichtung (in.joy Methacrylat, Dentsply) bewährt (Abb. 19–21). Aus biologischer Sicht weist die Oxidkeramik eine günstige Gewebeverträglichkeit auf, da der Werkstoff chemisch inert ist und – im Gegensatz zu Metalllegierungen – im sauren Milieu nicht in Lösung geht. Studien haben gezeigt, dass die Oxidkeramik eine geringere Affinität zur Plaque hat als vergleichsweise die metallgestützte Prothetik.

In der letzten Dekade haben sich besonders durch die Entwicklung der CAD/CAM-Verfahren neue Möglichkeiten zur Individualisierung von Implantat-Abutments ergeben. Hierbei werden bevorzugt Werkstoffe wie Titan und ZrO_2 kombiniert eingesetzt. Industriell vorgefertigte Materialien, standardisierte Produktionsprozesse, die softwaregesteuerte Kontrollmöglichkeit zur Einhaltung der Mindeststärken, die materialschonende Bearbeitung – das sind die Vorteile der computergestützten Herstellung gegenüber der manuellen Fertigung. Diese Kriterien tragen wesentlich dazu bei, dass Implantate mit CAD/CAM-gefertigten Suprastrukturen eine hohe Überlebensrate aufweisen.

Für die Herstellung von Implantatkronen und -brücken kann laut Dr. Ackermann ZrO_2 als Gerüstwerkstoff bevorzugt werden (z.B. Lava, 3M Espe), weil der Werkstoff über eine hohe Biegebruchfestigkeit verfügt (Abb. 22). Als Mindestfläche für Brückenverbinder empfahl der Referent $7\text{--}8\text{ mm}^2$ im Frontzahnbereich, $9\text{--}12\text{ mm}^2$ für Konnektoren im Molarenssektor. In klinischen Studien mit verblendeten Kronen und Brückengerüsten aus ZrO_2 wird von guten Erfolgsraten berichtet; in anderen Studien wurde ein hoher Anteil von Verblendfrakturen (Chipping) auf ZrO_2 festgestellt. Die Gründe waren meist eine ungenügende Höckerunterstützung durch das Gerüst, extensives Beschleifen des Gerüsts nach der Sinterung, Verblendschichten über 2 mm Schichtdicke mit Zugspannungen sowie eine zu kurz gewählte Abkühlphase beim Aufbrennen der Verblendkeramik.

Bei einer retrospektiven Untersuchung in der Praxis Ackermann im Rahmen einer Dissertation [23] wurden 344 Verblendkronen auf ZrO_2 -Gerüst

nach 10-jähriger Liegezeit befundet. Die Überlebensrate betrug 86,3 %. Die Misserfolge zeigten Verblendfrakturen und Chippings sowohl auf implantatgetragenen Kronen als auch auf überkronen, natürlichen Zähnen. Das Ergebnis legt offen, dass Verblendkronen auf Implantaten ein höheres Risiko für Verblendfrakturen haben als Kronen auf vitalen Zahnstümpfen. Das Frakturrisiko wird beeinflusst durch die Struktur des Pfeilers (Implantat vs. natürlicher Zahn) sowie durch die Art der Gegenbezahnung.

Obwohl die Gründe für Verblendfrakturen auf ZrO_2 -Gerüsten inzwischen literaturbelegt sind und ein Rückgang der Chippings zu erkennen ist, werden heute in zunehmendem Maße monolithische ZrO_2 -Kronen, also ohne Verblendung, auch auf Implantaten genutzt. Obwohl das semitransparente ZrO_2 vor dem Sintern eingefärbt werden kann, bleiben diese Kronen aus ästhetischen Gründen auf den Seitenzahnbereich beschränkt. ZrO_2 -Monolithen stellen jedoch einen Ersatz für Vollgusskronen und -brücken dar und haben im Vergleich zu diesen einen ästhetischen Vorteil. Gute Aussichten für ZrO_2 -Monolithen bietet die Implantatprothetik; hier kann wegen der fehlenden Propriozeption der Implantate bzw. der fehlenden ossären Eigenbeweglichkeit des Enossalpfeilers und des taktilen Defizits das erhöhte Risiko einer Fraktur ausgeschlossen werden. Die okklusale Adjustierung muss jedoch sehr sorgfältig vorgenommen werden, damit keine Fehlkontakte als Triggerfaktoren für Parafunktionen wirken.

Damit ein Implantat als erfolgreich gewertet werden kann, muss jegliche Mobilität in der kompletten Konstruktion ausgeschlossen werden. Ob eine Implantatkronen verschraubt oder zementiert wird, hängt von der Präferenz des Behandlers und von der vestibulo-orale Positionierung des Implantates ab. Ein palatinal gelegener Schraubenzug ermöglicht eine Verschraubung. Die Vorteile liegen in einem möglichen späteren Zugang zur Schraube und in der Vermeidung von Zementresten im periimplantären Weichgewebe. Als Nachteile sind eine größere Gefahr von Keramikabplatzungen aufgrund der diskontinuierlichen Keramikfläche und mögliche biomechanische und hygienische Probleme bei zu ausladenden Überhängen anzusehen. In mehreren Studi-

en stellte das Lösen oder Abbrechen der Schraube die häufigste Komplikation dar, meist ausgelöst durch die mangelnde Vorspannung der Schraube. Dieses Problem ist auch die Ursache, warum auch die auf das Abutment aufzementierten Suprastrukturen temporär oder semi-permanent befestigt werden sollten.

Der Referent bevorzugt zementierte oder geklebte Suprakonstruktionen; sie erlauben eine den anatomischen Voraussetzungen entsprechende Gestaltung der Abutments. Nicht ideal positionierte bzw. angulierte Implantatachsen können leichter ausgeglichen werden. Mit der Verwendung von Vollkeramik, die ein weitgehend naturnahes, ästhetisches Erscheinungsbild liefert, wird es möglich, den Präparationsrand geringfügig supragingival zu legen. Damit ist ein Zugang zur Entfernung von Kleberüberschüssen gewährleistet.

Knochenvolumen stabilisieren ist eine Voraussetzung

PD Dr. Michael Stimmelmayr, Cham (Abb. 23), stellte im Rahmen des Themas „Korrekturen missglückter implantat-prothetischer Frontzahnversorgungen“ einen jugendlichen Überweisungs-Patienten vor, bei dem Zahn 12 alieno loco bereits implantiert war. Aufgrund einer Wundheilungsstörung wurde alieno loco 2 Wochen nach der Implantation buccal ein erneuter Lappen gebildet und nachaugmentiert. Das nachträglich eingebrachte Knochenaugmentat führte erneut zu einer Entzündung und war weder eingeeilt noch ossifiziert. Das Augmentatgranulat hatte die Mukosa durchbrochen und eine Wunddehizienz ausgelöst (Abb. 24). Durch die fehlende ossäre und weichgewebliche Stabilität kam es zum implantologischen und dentogenen Misserfolg. Therapeutisch angezeigt, wurden für die Ausheilung der Infektion das Implantat und das eingebrachte Augmentat von Dr. Stimmelmayr entfernt. Die Wunde wurde primär der Spontanheilung überlassen. Angesichts des Knochendefektes buccal auch an der Wurzel von Zahn 11 kam es jedoch nicht zu einem vollständigen Wundverschluss. Dieser musste mittels eines Gingivatransplantates und Tunneltechnik realisiert werden (Abb. 25). Alternativ hätte es eines größeren Block-

augmentats bedurft, welches aufgrund des Knochendefektes an Zahn 11 eine sehr fragliche Prognose gehabt hätte. Außerdem wären daraus plastische Deckungsprobleme mit entsprechender Narbenbildung entstanden. Nach erfolgter Einheilung des Gewebetransplantats (Abb. 26–27) blieb jedoch ein deutlicher Knochenverlust erkennbar, sodass eine erneute Implantation nicht möglich war. Als sinnvollste Möglichkeit blieb, die Lücke regio 12 mit einer

einflügeligen Adhäsivbrücke zu verschließen. Hierzu wurde der Schmelz von Zahn 13 palatinal minimalinsasiv präpariert, ein graziles Gerüst aus ZrO₂ mit Flügel gefertigt und bukkal verblendet. Die Befestigung erfolgte mit Monophosphatkleber (Abb. 28). Das 2-Jahres-Recall zeigte stabile klinische Verhältnisse. Mit der Adhäsivbrücke blieb die Option langfristig erhalten, nach Rehabilitation der Knochensituation wiederum ein Implantat zu inserieren. **DZZ**

M. Kern, Schriftführung
Arbeitsgemeinschaft für Keramik
in der Zahnheilkunde
info@ag-keramik.de
www.ag-keramik.de



Literatur

- Albrecht T, Kirsten A, Kappert HF, Fischer H: Fracture load of different crown systems on zirconia implant abutments. *Dent Mater* 2011;27:298–303
- Bertolotti RL, De Luca SS, De Luca S: Intraoral metal adhesion utilized for occlusal rehabilitation. *Quintessence Int* 1994;25:525–528
- Beuer F, Schweiger J, Eichberger M, Kappert HF, Gernet W, Edelhoff D: High-strength CAD/CAM-fabricated veneering material sintered to zirconia copings – a new fabrication mode for All-ceramic restorations. *Dent Mater* 2009;25:121–128
- Bonilla ED, Luna O: Oral rehabilitation of a bulimic patient: a case report. *Quintessence Int* 2001;32:469–475
- Clausen JO, Abou Tara M, Kern M: Dynamic fatigue and fracture resistance of non-retentive all-ceramic full-coverage molar restorations. Influence of ceramic material and preparation design. *Dent Mater* 2010;26:533–538
- Edelhoff D, Beuer F, Güth JF, Brix O: Vollkeramische Restauration. Präparation und Farbnahe. *ZWP* 2013;19:60–64
- Edelhoff D, Brix O, Stimmelmayer M, Beuer F: Ästhetische und funktionelle Gesamtrehabilitation eines Patienten unter Einsatz von Lithiumdisilikatkeramik – ein Fallbericht. *Quintessenz* 2013; 64:623–638
- Edelhoff D, Beuer F, Schweiger J, Brix O, Stimmelmayer M, Güth JF: CAD/CAM-generated high-density polymer restorations for the pre-treatment of complex cases. *Quintessence Int* 2012;43: 457–467
- Fasbinder DJ: Treatment concept with CAD/CAM-fabricated high-density polymer temporary restorations. *J Esthet Restor Dent* 2012;24:319–320
- Fasbinder DJ, Dennison JB, Heys D, Neiva G: A clinical evaluation of chairside lithium disilicate CAD/CAM crowns: a two-year report. *J Am Dent Assoc.* 2010;141(Suppl 2):10–14
- Guess PC, Schultheis S, Wolkewitz M, Zhang Y, Strub JR: Influence of preparation design and ceramic thicknesses on fracture resistance and failure modes of premolar partial coverage restorations. *J Prosthet Dent* 2013;110:264–273
- Guess PC, Zavanelli RA, Silva RA, Bonfante EA, Coelho PG, Thompson VP: Monolithic CAD/CAM lithium disilicate versus veneered Y-TZP crowns: Comparison of failure modes and reliability after fatigue. *Int J Prosthodont* 2010;23:434–442
- Harper RP: Clinical indications for altering vertical dimension of occlusion. Functional and biologic considerations for reconstruction of the dental occlusion. *Quintessence Int* 2000;31:275–280
- Kavoura V, Kourtis SG, Zoidis P, Andritsakis DP, Doukoudakis A: Full mouth rehabilitation of a patient with bulimia nervosa. A case report. *Quintessence Int* 2005;36:501–510
- Keough B: Occlusal-based treatment planning for complex dental restorations: Part 1. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:237–247
- Kern M, Kohal RJ, Mehl A et al.: Vollkeramik auf einen Blick. 5. Aufl., 2012: p 36–41. Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde
- Lerner J: A systematic approach to full-mouth reconstruction of the severely worn dentition. *Pract Proced Aesthet Dent* 2008;20:81–87
- Mörmann W: Ein neuer Keramik-Polymer-Hybridwerkstoff für CAD/CAM. *Zahntech Mag* 2013;17:130–131
- Mörmann W, Stawarczyk B, Ender A, Sener B, Attin T, Mehl A: Wear characteristics of current aesthetic dental restorative CAD/CAM materials: Two-body wear, gloss retention, roughness and martens hardness. *J Mech Behav Biomed Mat* 2013;20:113–125
- Otto T: Rehabilitation eines Erosionsgebisses – ein Fallbericht. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2004;114:585–592
- Raigrodski AJ, Chiche GJ, Potiket N et al.: The efficacy of posterior three-unit zirconium-oxide-based ceramic fixed partial dental prostheses: a prospective clinical pilot study. *J Prosthet Dent* 2006;96:237–244
- Reich S, Fischer S, Sobotta B, Klapper HU, Gozdowski S: A preliminary study on the short-term efficacy of chairside computer-aided design/computer-assisted manufacturing-generated posterior lithium disilicate crowns. *Int J Prosthodont* 2010;23:214–216
- Reichenbach N: Vergleichende Studie der klinischen Überlebensrate von Einzelzahnkronen aus Zirkoniumdioxid auf Implantaten und natürlichen Zähnen über 10 Jahre – eine retrospektive Analyse. Diss in Vorbereitung, LMU München
- Rekow ED, Silva NR, Coelho PG, Zhang Y, Guess P, Thompson VP: Performance of dental ceramics. Challenges for improvements. *J Dent Res* 2011;90:937–952
- Rivera-Morales WC, Mohl ND: Restoration of the vertical dimension of occlusion in the severely worn dentition. *Dent Clin North Am* 1992;36:651–664
- Sailer I, Fehér A, Filser F, Gauckler LJ, Lüthy H, Hämmerle CH: Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2007;20:383–388
- Schmitt J, Holst S, Wichmann M, Reich S, Gollner M, Hamel J: Zirconia posterior fixed partial dentures: a prospective clinical 3-year follow-up. *Int J Prosthodont* 2009;22:597–603
- Schweiger J, Stumbaum M, Richter J, Beuer F, Gernet W: Rehabilitation der vertikalen Kieferrelation mittels CAD/CAM-Technik. *Teamwork J Cont Dent Educ* 2011;2:158–171
- Swain MV: Unstable cracking (chipping) of veneering porcelain on all-ceramic dental crowns and fixed partial dentures. *Acta Biomater* 2009;5: 1668–1677
- Tinschert J, Schulze KA, Natt G, Latzke P, Heussen N, Spiekermann H: Clinical behavior of zirconia-based fixed partial dentures made of DC-Zirkon: 3-year results. *Int J Prosthodont* 2008;21: 217–222