

Neue Techniken ante portas

10. Keramik-Symposium lässt in die Zukunft blicken

Zirkoniumdioxidkeramik (ZrO_2) hat sich in den vergangenen Jahren zum Werkstoff der Wahl für prothetische Rekonstruktionen im Frontzahn- und Seitenzahnbereich entwickelt und wurde aufgrund günstiger Prognosen bei geeigneten Indikationen zu einer echten Alternative für metallgetragene Kronen und Brücken. Hatte sich die Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde (AG Keramik) seit einer Dekade zur Aufgabe gemacht, Vollkeramiken im klinischen Einsatz zu beobachten und zu bewerten, richteten die Referenten jüngst auf dem 10. Keramiksymposium den Fokus besonders auf Erfahrungen mit ZrO_2 und auf die neuen, digitalen Intraoral-Abformverfahren.

Der Moderator des Symposiums, Dr. **Klaus Wiedhahn**, Buchholz, gab den Teilnehmern per TED (Teledialog) Gelegenheit, ihre Meinung zu Werkstofffragen kundzutun. Das Faktum, dass unterschiedliche Indikationen spezielle Vollkeramiken für die Restauration erfordern, führte dazu, dass immer mehr Zahnärzte die Werkstoffentscheidung selbst treffen (Abb. 1). Gaben 39,7 % der Praxisinhaber im Jahr 2008 ihrem Dentallabor den Werkstoff vor, waren es in 2010 bereits 54,9 %. Das ist ein Beleg dafür, dass immer mehr Zahnärzte die klinischen Bedingungen und ihre Quali-

tätserwartungen mit den Werkstoffeigenschaften abgleichen und bei der Entscheidung selbst die Verantwortung übernehmen. Weisen universitäre Langzeitstudien für ZrO_2 -Gerüste inzwischen hohe Überlebensraten aus, wird in der Fachwelt das Risiko der Verblendfrakturen (Chippings) auf ZrO_2 -getragenen Kronen und Brücken diskutiert. Per TED wurde das Ausmaß der Chippings erhoben (Abb. 2). Äußerten 21 % der Teilnehmer, keine Chippings zu beobachten, attestierten 62 % dieses Ereignis bei ca. 10 % ihrer ZrO_2 -Restaurationen. 14 % sehen Chippings bei einem Viertel ihrer Arbeiten. Obwohl die Gründe für die Verblendfrakturen noch nicht schlüssig geklärt sind, ist inzwischen literaturbelegt, dass höhere Chippingraten in den Anfangsjahren des ZrO_2 -Einsatzes in der Prothetik aufgetreten sind. Dafür war verantwortlich, dass die ZrO_2 -Gerüste im Vertrauen auf die hohe Biegebruchfestigkeit sehr grazil mit dünnen Wandstärken und mit fehlender Höckerunterstützung ausgeschliffen und dicke Verblendschichten aufgetragen wurden, die unter Kaudruck Opfer von Zugspannungen wurden. Ferner waren die Wärmeausdehnungskoeffizient-Werte (WAK) zwischen Gerüst- und Verblendwerkstoff nicht immer optimal abgeglichen.

Werkstoff mit Langzeitgedächtnis

Seit mehreren Jahren mit der Bearbeitung von ZrO_2 vertraut, fokussierte Frau PD Dr. **Susanne Scherrer**, Abteilung für Kronen- und Brückenprothetik der Universität Genf (Leitung Prof. **Belser**) und Präsidentin der International Association for Dental Research (Dental Materials Group), das Chipping-Thema auf die Stabilisierung der Gerüste und Höcker. Um Frakturrisiken generell auszuschließen, ist erforderlich, dass die Präparationstiefe am Kronenrand mindestens 0,5 mm, bukkal 0,5 bis 1,2 mm betragen sollte, um ausreichende Wandstärken zu erzielen. Ferner sollte die Kronenkappe anatoform gestaltet, d. h. der anatomischen Form folgen (Abb. 3). Höcker müssen durch das Gerüst unterstützt werden, damit keine Zugspannungen in der Verblendschicht entstehen. Kontaktpunkte, die sich auf einer okklusalen Cresta mesialis oder distalis befinden, sollten vermieden werden, da es dort keine Gerüstunterstützung gibt. Zur Vermeidung von Frakturen sollten laut Dr. **Scherrer** folgende Grundsätze beachtet werden: Die Kronenkappe oder das Brückengerüst sollte den verfügbaren Raum für ausreichende Wandstärken und Konnektoren nutzen. Das größte Volu-



Abbildung 1 Zahnärzte übernehmen heute überwiegend die Systementscheidung. (Abb. 1, 2 u. 5: AG Keramik)

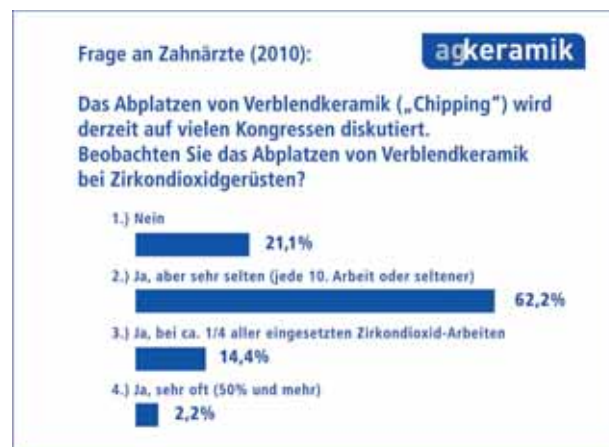


Abbildung 2 Beobachtete Chippings in der Praxis.

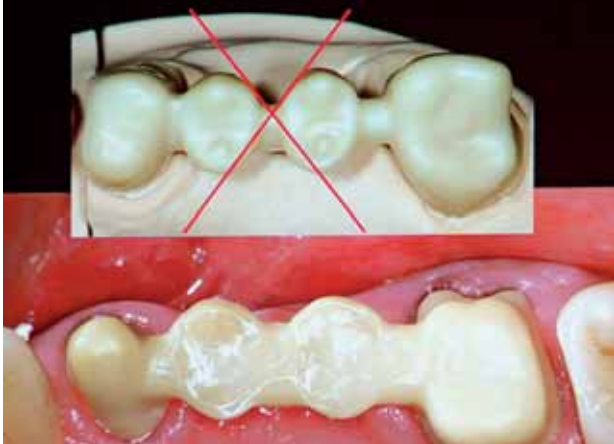


Abbildung 3 Anatomisches Gerüstdesign schützt vor Verblendfrakturen. (Abb. 3, 4, 6: Scherrer)

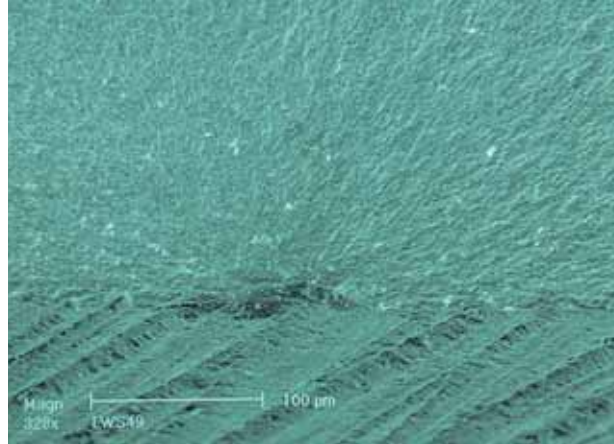


Abbildung 4 Bearbeitete ZrO_2 -Oberfläche: Vorn mit Grobkorninstrument bearbeitet, hinten mit feinkörnigem Schleifdiamanten.

men sollte das Gerüstmaterial beanspruchen. Hier macht es keinen Sinn, mit dünnen Gerüsten Material zu sparen. Die unter dem Gesichtspunkt der Festigkeit schwächere Verblendkeramik sollte eine Schichtstärke von 1,5 mm nicht übersteigen; sie sollte nur dort verwendet werden, wo deren ästhetische Vorteile auch benötigt werden. Auf starke Einziehungen zwischen Brückengliedern sollte verzichtet werden, wann immer das möglich ist. Da Gerüst- und Verblendkeramik schlechte Wärmeleiter sind, sollte beim Sintern der Verblendschicht eine Verlängerung der Abkühlphase genutzt werden. Beim schnellen Abkühlen entstehen thermische Restspannungen (20–40 MegaPascal), die unter Umständen den späteren Verbund zur Verblendkeramik beeinträchtigen. Durch ein geändertes Brennprogramm mit verlängerter Abkühlphase werden Spannungen am Interface ZrO_2 und Verblendung abgebaut.

Auch wenn ZrO_2 der Nimbus eines hochbelastbaren Gerüstwerkstoffs vorausgeht, darf laut Dr. **Scherrer** nicht übersehen werden, dass die zahntechnische Bearbeitung sehr sorgfältig erfolgen muss, um die guten Materialeigenschaften zu konservieren. Sollte das Gerüst nach dem Dichtsintern nachbearbeitet werden müssen, sind großkörnige Diamantschleifer kontraindiziert (Abb. 4). Grobkörnige Instrumente führen zu Mikrorissen, das Beschleifen ohne Wasserkühlung löst thermische Spannungen in der Keramik aus. Deshalb sollten, falls unbedingt erforderlich, nur kleine Flächen mit Feinstkorndiamant in der flüs-

sigkeitgekühlten, hochdrehenden Laborturbine (KaVo) mit geringer Anpresskraft (<2 Newton), kurzzeitig bearbeitet werden. Obwohl der „Airbag“-Effekt – d. h. die Partikelausdehnung in der monoklinen Phase – einen evtl. Rissfortschritt „zuklemmt“ oder verhindert, können früh gesetzte Mikrorisse zu späteren Gerüstfrakturen führen.

Die Annahme, dass ein „Heilbrand“ nach großflächigen Korrekturarbeiten Mikrorisse durch Verschmelzen eliminiert und die Gefügedestruktion regeneriert, ist laut Scherrer durch keine Untersuchung belegt. Generell wird der Regenerationsbrand in der Fachwelt noch kontrovers diskutiert. Deshalb sind die Verarbeitungshinweise der Keramikhersteller unbedingt zu beachten.

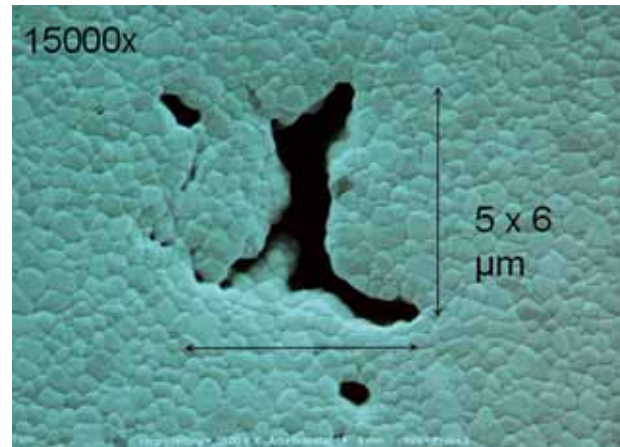
Der Grund für das thermische Regenerieren nach der Korrekturbearbeitung liegt darin, dass durch das mechanische Bearbeiten der Gerüstoberfläche der Oxidkeramik Energie zugeführt wird. Dies kann einerseits zu Verzerrungen des ZrO_2 -Kristallgitters, aber auch zu einer Phasentransformation (Umwandlung des tetragonalen Gitters in monoklin) führen. Was bei einer lokalen, tetragonalen „Rissheilung“ durchaus erwünscht ist, kann sich bei größeren Flächen fatal auswirken. Zum einen kommt es zu einer diskontinuierlichen Veränderung des Volumens, zum anderen haben die beiden Phasen unterschiedliche WAK-Werte. Beides kann nachteilige Folgen für die Verblendung haben. Deshalb ist das Beschleifen unbedingt auf kleine Flächen zu beschränken und mit großer Sorgfalt durch-

zuführen. Stark belastete Teile der Restauration, z. B. Konnektoren, dürfen keinesfalls nachträglich bearbeitet werden.

Das Abstrahlen als Maßnahme zur Reinigung der äußeren, zu verblendenden Gerüstflächen ist ausnahmslos abzulehnen; damit soll durch mechanische Beanspruchung keine neue Energie in das ZrO_2 -Kristallgitter mit dem Risiko der WAK-Verschiebung hineingetragen werden. Für das Gerüstreinigen ist das Abdampfen bestens geeignet und ausreichend. Anders verhält es sich bei den nicht verblendeten Innenflächen der Krone, die aufgrund der glatten Oberfläche keine Mikroretention aufweist. Dafür ist das Abstrahlen zur Verbesserung der adhäsiven Retention in gewissem Umfang geeignet. Dr. **Scherrer** empfahl 30–50 μm Al_2O_3 -Korn, 1 bar Druck, kurzzeitiges Strahlen (5–10 sec). Groberes Korn und höherer Strahldruck bergen die Gefahr einer mechanischen Überbeanspruchung und können die martensitische Phasenumwandlung im ZrO_2 auslösen mit der Folge einer Werkstoffermüdung. Allerdings ist bei kurzzeitigem Einsatz und geringem Strahldruck die Wirkung laut Dr. **Scherrer** zu vernachlässigen und aufgrund der hohen Festigkeitsreserven klinisch nicht relevant. Um die Wirkung des Abstrahlens optisch kontrollieren zu können, eignet sich der Auftrag einer Deckfarbe (Eding-Stift); beim Abstrahlen erodiert die Farbe und zeigt progressiv die behandelte Fläche (Abb. 5). Anätzen des Kronenlumens mit Flusssäure scheidet aus, weil ZrO_2 keine Glasphase enthält;



Abbildung 5 Kontrolle der Abstrahlwirkung durch Farbmaskierung.

Abbildung 6 Fehlerhaft gepresstes ZrO_2 , REM 15.000fach vergrößert. Die Dauerbiegebruchfestigkeit ist erheblich eingeschränkt.

somit bleibt HF-Ätzen ohne Retentionswirkung.

Unüberschaubare Risiken für den prothetischen Einsatz bergen laut Dr. **Scherrer** ZrO_2 -Blocks, die aus unbekanntem, nicht autorisierten oder nicht rückverfolgbaren Quellen am Markt angeboten werden und teilweise keine klinische Bewährung nachweisen können. Diese „Billig-Blanks“ haben oftmals keine normgerechten Eigenschaften oder weisen keine Zusammensetzung und Festigkeitsdaten aus. Da die klinische Sicherheit einer ZrO_2 -Versorgung bereits bei der Auswahl des Rohmaterials beginnt und sich über das Herstellverfahren und die Qualitätskontrolle fortsetzt, ist es unabdingbar, dass Zahnärzte und Zahntechniker sorgfältig die Herkunft, Eigenschaften und Eignung der Blocks kontrollieren (Abb. 6).

Digital gestütztes Vorgehen in Praxis und Labor

Der tradierte Arbeitsablauf in der Prothetik zwischen Zahnarzt und Zahntechniker hat sich durch den Einsatz digitaler Systeme in vielerlei Hinsicht geändert. Unverändert geblieben ist die engmaschige Koordination und das Controlling zwischen den Prozessketten. Prof. Dr. **Hans-Christoph Lauer** und ZTM **Robert Arnold**, Universitätszahnklinik Frankfurt/Main, erläuterten, dass die Digitaltechnik die Abläufe zwar reproduzierbar und einfacher gestaltet, aber die virtuelle Technik nicht die menschliche Hand und Kompetenz ersetzt. Auf

der zahnärztlichen Seite haben die digitalen Intraoral-Aufnahmesysteme (C.O.S. Lava, Cerec AC) bei der Generierung von Teilkiefer- oder Ganzkieferabformungen ihren Nutzen hinlänglich bewiesen. Gemäß Prof. **Lauer** liegt die Genauigkeit der Datensätze im Korridor der Polyätherabformung. Aufgrund der hohen Auflösung ermöglichen die Systeme die sofortige Sichtkontrolle der Präparation. Mit dem „Präp-Check“ kann der Präparationsrand kontrolliert, der Winkel des Kronenkonus geprüft und die okklusale Reduktion analysiert werden. Die Intraoralaufnahme kommt laut Prof. **Lauer** dann an ihr Limit, wenn die Präparationsgrenze tief im Sulcus „vergraben“ ist oder Blut und Sulcusflüssigkeit die lichteoptische Abformung behindern. Retraktionsfäden oder Aluminiumchlorid mit adstringierenden und hämostatischen Eigenschaften (Expasyl) können zwar helfen, den Sulcus zu öffnen, aber das Mattieren der Gewebeerfläche mit Titanoxid-Pulver für den Scan bietet noch Verbesserungspotenzial. Dass Zirkonoxid nicht gleich Zirkonoxid ist, belegen die unterschiedlichen Herstellervorgaben zu den Präparationstiefen und den daraus resultierenden Wandstärken.

Auf der Laborseite bietet die CAD-Konstruktion den Nutzen, dass schon in der Planungsphase die Funktion von Kauflächen, die Einschubrichtung von Primärkronen und teleskopierenden Sekundärkronen sowie von Geschieben geprüft und Abutments individualisiert (Abb. 7) werden können, bevor Fertigungsprozesse ausgelöst werden. Die

Erfahrung zeigt, dass vollkeramische und metallische Gerüste, die auf Basis der Digitaldaten und ohne Modellscan ausgefräst worden sind, eine höhere Genauigkeit aufweisen als bei Nutzung der konventionellen Fertigungskette mit Elastomerabformung, Gipsmodell, Wax-up, Einbettung und Gussvorgang.

Abformen mit der Kamera

Selbstverständlich ist, dass passgenaue und ohne weitere Korrekturen einsetzbare Restaurationen der Wunsch eines jeden Zahnarztes sind. Voraussetzung hierfür sind laut Prof. Dr. **Bernd Wöstmann**, Leiter der Zahnärztlichen Prothetik an der Universität Gießen, die exakte Abformung der Präparation und der Gebissituation. In dieser Disziplin hat seit geraumer Zeit die Digitalisierung Einzug gehalten, wobei die Anfänge der digitalen Abformung, durch Prof. Dr. **Werner Mörmann** an der Universität Zürich initiiert, bis ins Jahr 1985 zurückreichen. Der Referent führte aus, dass auf dem Wege zu einer exakten Restauration die Abbildung der intraoralen Situation auf einem realen oder auch virtuellen Modell einen ganz entscheidenden Schritt darstellt, da die Herstellung definitiver Restaurationen – vom Inlay bis hin zu mehrgliedrigen Brücken – ausschließlich indirekt möglich ist. Aufgrund werkstofflicher und haptischer Bedingungen ist es bis heute nicht möglich, über die klassische Abformung mit Elastomeren ein „fehlerfreies“, konventionelles (Gips)modell herzustellen. Damit

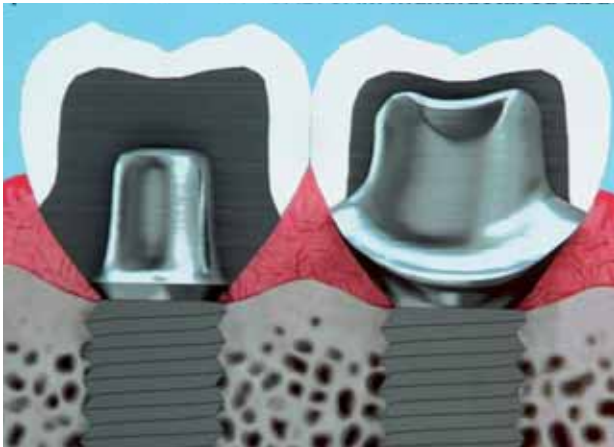


Abbildung 7 Virtuelles Planungsmodell für individualisierte Abutments. (Abb. 7: Lauer/Arnold)



Abbildung 8 Optoelektronischer Intraoral-Scan, System C.O.S. Lava. Kronenstumpf und Präp-Grenze sind exakt dargestellt. Der Datensatz erlaubt neben der Gerüstfertigung auch die Produktion eines Kunststoffmodells mit Gegenbiss. (Abb. 8: Wöstmann)

ist auch jedes auf Basis dieser Arbeitsunterlage erzeugte, virtuelle Modell ungenau – einerlei, wie präzise der Scanvorgang an sich ist. Deshalb liegt es nahe, den Scanvorgang direkt in der Mundhöhle durchzuführen.

Nachdem der labortechnische Prozess bei der Herstellung vollkeramischer Restaurationen ohne CAD/CAM-Einsatz nur noch schwer vorstellbar ist, hat mit der Einführung lichteoptischer Scans zur intraoralen Abformung der nächste Schritt zur vollständigen Digitalisierung der Prozesskette von der Präparation bis zur Eingliederung des Zahnersatzes bereits begonnen (Cerec AC/Sirona, C.O.S. Lava/3M Espe, iTero/Cadent-Straumann). Die Geräte ähneln sich in ihrer klinischen Handhabung, unterscheiden sich jedoch in ihren Funktionsprinzipien. Technisch sind die Systeme ähnlich aufgebaut, allerdings differenzieren die Verfahren bei der Gewinnung dreidimensionaler Datensätze.

Cerec AC nutzt für die Aufnahmeeinheit kurzwelliges Blaulicht (470 NanoMeter) und arbeitet nach dem Prinzip der Streifenlichtprojektion. Der Scanvorgang erfolgt in Form von Einzelbildern; Winkel- und Aufnahmen erfassen Zahnareale unterhalb des Äquators und erhöhen die Wiedergabegenauigkeit. Mehrere Aufnahmen werden durch Matching zu einem Quadranten oder Ganzkiefer zusammengerechnet, ebenso Gegenbiss und Bissregistrator. Das Wavefront Sampling von C.O.S. Lava erfasst die Zahnform durch die Bewegung der Video-

kamera über die Zähne. Durch Positionsänderung der einzelnen Bildpunkte während der Aufnahme kann deren Abstand zur Kamera berechnet werden, wodurch eine dreidimensionale Darstellung der Zahnreihe entsteht (Abb. 8). Der iTero Scanner arbeitet nach dem Prinzip der Laser-Triangulation. Die Aufnahme erfasst den Zahn und scannt vertikal 300 Ebenen mit jeweils 50 µm Tiefe (Abb. 9).

Die Scan-Genauigkeit von Cerec AC und C.O.S. Lava entspricht laut Prof. *Wöstmann* einer konventionellen Hydrocolloid- und Polyvinylsiloxan-Abformung. Unterschiede waren nicht signifikant (DaCosta, Oper Dent 3, 2010). Bei Messungen mit C.O.S. Lava hergestellten Kronen-Käppchen lag der Mittelwert aller Randspalten bei 33 µm (± 16 µm). Bei den mit konventioneller Abformtechnik hergestellten Käppchen betrug der mittlere Randspalt 69 µm (± 25 µm). Vergleichbare Ergebnisse wurden im Rahmen einer klinischen Studie festgestellt (Syrek, J Dent 7, 2010). Der mittlere, marginale Randspalt der konventionell hergestellten Kronen betrug 71 µm gegenüber 49 µm bei den mit C.O.S. Lava hergestellten Kronen. Literaturbelegt ist für Cerec 3D eine Toleranz von 40 µm (± 21 µm; Quelle: Trifkovic, Vojnosanit 2010, PubMed). Dreidimensionale Volumendifferenzanalysen mit Cerec AC zeigten Toleranzwerte von 19 µm für Einzelaufnahmen und 35 µm bei Quadranten (Arnetzl, ZMK 5, 2010). Potenzielle Fehlerquellen bieten gene-

rell die Scannerjustierung, magnetische Störfelder bei der Bildverarbeitung, Bildrauschen und die Software.

Ein weiterer Vorteil der optischen Abformung besteht darin, dass die eingescannte Präparation direkt am Bildschirm kontrolliert und ggf. vorhandene Unzulänglichkeiten direkt korrigiert werden können (Abb. 10). Auch bieten die Scan-Verfahren gerade für Patienten mit starkem Würgereiz einen deutlichen Gewinn an Behandlungskomfort. Vorteile ergeben sich auch durch den Wegfall von Arbeitsschritten, besonders in der Praxis: Auswahl des Abformlöffels, Anmischen der Abformmasse, Abwarten von Abbinde- und Desinfektionszeiten sowie ggf. die Modellherstellung. Weniger Behandlungs- und Arbeitsschritte bedeuten auch weniger Fehlerquellen und eine bessere Standardisierung, wodurch die Vorhersagbarkeit der Behandlungsergebnisse verbessert werden kann. Bei deutlich infragingival liegenden Kronenrändern stoßen optische Systeme laut *Wöstmann* noch an ihre Grenzen, so dass hier weiterhin konventionelle Abformtechniken zum Einsatz kommen.

Implantatprothetik mit ZrO_2

PD Dr. *Stefan Holst*, Universität Erlangen bewertete Indikationen und Kontraindikationen für implantatgetragenen, vollkeramischen Zahnersatz. Haben mehrgliedrige Brücken auf ZrO_2 -Gerüsten



Abbildung 9 iTero scannt den Zahn mit Laser-Triangulation über mehrere Ebenen.

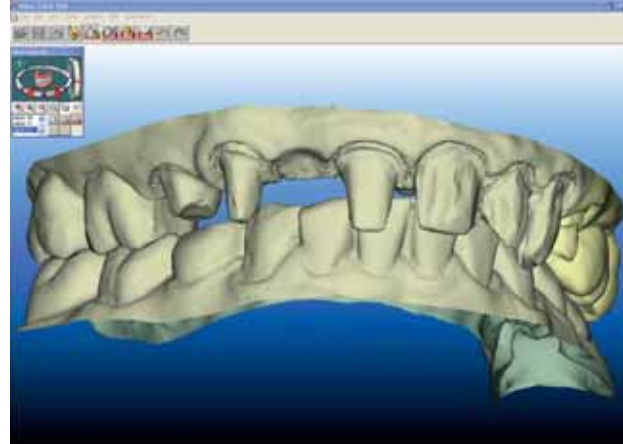


Abbildung 10 Ganzkiefer-Scan für eine Brückenkonstruktion.

(Abb. 9 u. 10: Straumann)

hinlänglich ihre Fraktursicherheit bewiesen, mindern bekanntlich Chippings die Erfolgsrate. Auch wenn die Gründe dafür (mangelnde Höckerunterstützung, zu dünne Gerüstwände) plausibel erscheinen, sind verblendete Kronen und Brücken auf Implantaten einem größeren Chipping-Risiko ausgesetzt.

Der Schlüssel zur Minderung dieses Risikos liegt laut Dr. *Holst* darin, dass das Design des Abutments die Kronenform unterstützen muss. Dazu zählt die Individualisierung der Mesiostuktur und die exakte Passung im Kronenlumen. Die klinische Entscheidung, ob ein Einzelzahnimplantataufbau zementiert oder verschraubt wird, hängt laut Dr. *Holst* sowohl von der vestibuloralen Positionierung des Implantats wie auch von der Präferenz des Zahnarztes ab. Die Verschraubung der Suprastruktur vermeidet Zementreste im periimplantären Weichgewebe und bietet den Vorteil des späteren Zugangs. Die Zementierung hingegen erlaubt dagegen eine einfache Korrektur der Implantatposition auch bei nicht ideal angulierten Implantaten.

Die Anwendung von vollkeramischen Suprakonstruktionen auf Implantaten, abgesehen von Einzelzahnversorgungen in der Front, ist laut Dr. *Oliver Hugo*, Schweinfurt, noch nicht

hinreichend wissenschaftlich dokumentiert. Der Referent verwies darauf, dass aufgrund seiner positiven Erfahrungen mit Gerüsten aus ZrO_2 auf natürlichen Zähnen diese Technik auch bei implantatgetragenen Brücken im Seitenzahnbereich angewendet werden kann. Das Einhalten von 2 mm Mindestabstand zwischen Implantatpfeiler und benachbarten Zähnen ist wichtig, da das unter Belastung stattfindende Remodelling zum Verlust der knöchernen Unterstützung der Interdentalpille und somit zum Verlust der Papille selbst führen kann. Ein Papillenverlust tritt mit hoher Wahrscheinlichkeit auch dann auf, wenn der Abstand zwischen dem Approximalkontakt und dem interdentalen Knochenlevel maximal 5 mm beträgt.

Nachuntersuchungsprojekt für die Praxis

Dr. *Bernd Reiss*, Malsch, berichtete über die Ergebnisse des Qualitätssicherungsprojekts der AG Keramik. An dieser multizentrischen Feldstudie nehmen ca. 200 Zahnärzte mit über 6000 Befunden anonym, internet-geführt und kostenfrei teil. Die Teilnahme an der Studie ist sehr einfach: Nach der Registrierung auf der Website www.csa-online.net wird

für jede einzelne Praxis eine individuelle Datenbank erstellt. Der teilnehmende Zahnarzt übermittelt die klinischen Ausgangsbefunde – wie Lage der Restauration, Zahntyp, Restorationsgröße, Vitalität und Papillenblutungsindex unter Angabe der klinischen Vorgehensweisen, der verwendeten Materialien sowie Verarbeitungstechniken in diese Datenbank. Voreinstellungen bei jeweils gleicher Materialwahl oder klinischer Vorgehensweise erleichtern hierbei die Eingabe. Der Teilnehmer hat dann direkt die Möglichkeit, seine eigene klinische Vorgehensweise mit der der anderen Studienteilnehmer zu vergleichen. Er erhält neben einer Tabelle die graphische Aufarbeitung der Daten und kann die eigenen Behandlungsdaten mit den Werten der anderen Praxen vergleichen. Der „Forschungspreis Vollkeramik“, alljährlich gestiftet von der AG Keramik, ging in diesem Jahr an Dr. *Martin Sasse*, wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Klinik für Zahnärztliche Prothetik, Prophäutik und Werkstoffkunde am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Kiel. Ein ausführlicher Bericht ist in DZZ 12, 791–792, 2010 veröffentlicht. [DZZ](#)

Manfred Kern – Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde
info@ag-keramik.de, www.ag-keramik.eu

