

Vollkeramik und CAD/CAM (Teil 1)

Dr. Aneta Pecanov-Schröder

Die Keramik boomt. Im Jahr 2007 sind 2,5 Millionen Keramikversorgungen eingegliedert worden, 72 Prozent entfielen auf die mithilfe der CAD/CAM-Technik hergestellten Restaurationen.

Nutzen Sie die Erfahrungen unserer drei Experten Prof. Dr. Daniel Edelhoff, Zahntechniker Franz Josef Noll und Dr. Anke Behrens, sich Ihre persönliche Meinung über eine innovative Technik zu machen.

Herr Professor Edelhoff, bitte stellen Sie sich folgende Situation vor: Ein Zahnarzt, der bisher auf metallkeramische Restaurationen gesetzt und wenig Erfahrung mit metallfreien Restaurationen gemacht hat, wägt ab, inwiefern er zukünftig teilweise oder ganz auf Oxidkeramiken als Gerüstwerkstoff und CAD/CAM umschwenkt. Er wendet sich Rat suchend an Sie.

Welche Vorteile sprechen für Aluminiumoxid oder Zirkoniumdioxid in der Praxis?

Edelhoff: Der wesentliche medizinische Vorteil von Oxidkeramiken liegt eindeutig in der hohen Biokompatibilität dieser Materialien. Diese ist für die Patienten mittlerweile ein wichtiges Entscheidungskriterium bei der Auswahl eines Restaurationmaterials geworden. Werkstoffkundlich ist die im Vergleich zu Metallgerüsten spürbar geringere Temperaturleitung, die Umgehung der Korrosionsproblematik sowie die erheblich verbesserte Transparenz zu nennen.



Franz Josef Noll

Der in Köln ausgebildete Zahntechniker hat 1981 seine Laufbahn in der Keramikabteilung bei Kimmel Zahntechnik in Koblenz begonnen. Vier Jahre später war er Leiter der Abteilung mit Schwerpunkt Vollkeramik. 1985 übernahm er die Kundenbetreuung. Seit 1992 ist Noll Geschäftsführender Gesellschafter des Dentallabors. Der 52-Jährige hat für verschiedene Unternehmen sowie für die Deutsche Gesellschaft für Computergestützte Zahnheilkunde e.V. Referententätigkeiten übernommen. Außerdem ist Noll Berater und Erprober von Gerüst- und Verblend-Keramikmassen sowie von CAD/CAM-Systemen verschiedener Anbieter.

Können Oxidkeramiken preislich mit Edelmetall-Legierungen mithalten?

Edelhoff: Aufgrund der extremen Preissteigerungen auf dem Markt für Edelmetall-Legierungen ist der Einsatz von CAD/CAM-gefertigten oxidkeramischen Gerüsten eine wirtschaftlich interessante Alternati-



Dr. Anke Behrens

studierte Chemie an der Technischen Universität Karlsruhe und Konstanz und promovierte anschließend an der Universität Straßburg in Analytischer Chemie. Von 2001 bis 2003 war sie Leiterin der Qualitätskontrolle und Spezialsynthese von Oligonukleotiden bei der metabion GmbH in München. Seit 2003 arbeitet sie als Scientific Affairs Manager bei der 3M ESPE AG in Seefeld und ist verantwortlich für materialwissenschaftliche und klinische Untersuchungen zahntechnischer Produkte einschließlich Lava Zirkonoxid und des gesamten Lava Systems. Außerdem ist sie zuständig für wissenschaftliches Marketing und die klinische Bewertung von zahntechnischen Neuprodukten. Als Projektleiter oder Arbeitspaketverantwortlicher war sie seitdem in mehreren Neuproduktentwicklungen im Bereich CAD/CAM beteiligt.

**1 Thema,
3 Meinungen**

ve geworden. Der Zahnarzt ist bei der augenblicklichen Preissituation in der Lage, diese Restaurationen preisgleich oder vereinzelt sogar preisgünstiger



Prof. Dr. Daniel Edelhoff

Der ausgebildete Zahntechniker und Zahnarzt ist renommierter Autor und Referent national wie international in den Themenbereichen vollkeramische Restaurationen, Adhäsivtechnik, Aufbau endodontisch behandelter Zähne (Autor der DGZMK-Stellungnahme), metallfreie Wurzelstifte und Implantatprothetik. Die Jahre 1999 bis 2001 verbrachte er während eines DFG-Forschungsaufenthaltes am Dental Clinical Research Center der Oregon Health and Sciences University in Portland, Oregon, USA. 2006 folgte der Hochschullehrer dem Ruf auf die W2-Professur für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Seit Dezember 2006 ist Prof. Edelhoff Mitglied des Vorstandes der Deutschen Gesellschaft für Implantologie.

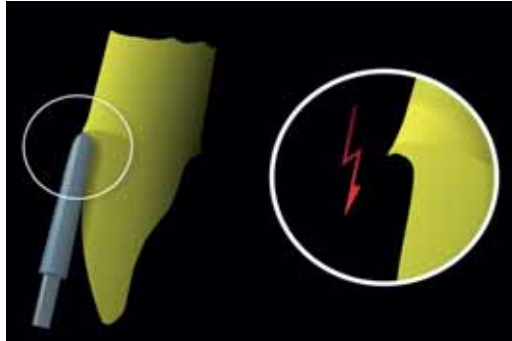


Abb. 1: Dachrinnenartige, zirkulär wieder ansteigende Präparationsgrenzen sind zu vermeiden. Quelle: Edelhoff

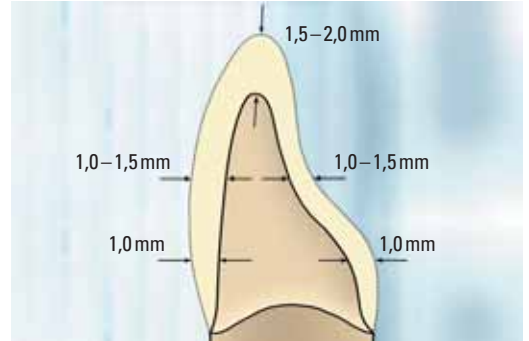


Abb. 2: Präparationsvorgaben für die CAD/CAM-Technologie. Quelle: 3M ESPE

als die Edelmetall-Variante anzubieten. Zudem sind die absolute Reproduzierbarkeit CAD/CAM-gefertigter Restaurationen sowie die geringen Lohnstückkosten durch die Automatisierung als Vorteil zu nennen. Durch die Verwendung industriell vorgefertigter Materialien ist die Qualität gegenüber konventionell gefertigten Restaurationen, deren Ergebnis durch die vorwiegend manuelle Herstellung höheren Schwankungen unterworfen ist, gleich bleibend hoch.

Welche Vorteile würden Sie hervorheben, Frau Behrens?

Behrens: Zirkoniumdioxid vereint zwei für den Einsatz in der Zahnmedizin sehr wichtige Eigenschaften: Ästhetik und hohe Festigkeit. Im Gegensatz zu metallkeramischen Restaurationen ist nicht nur die Verblendkeramik, sondern auch das Gerüstmaterial zahnfarben und hat je nach Keramik und Schichtstärke eine zahnähnliche Transluzenz, wie eben auch angesprochen wurde. Lava Zirkoniumdioxid kann in bis zu acht verschiedenen Farben hergestellt werden, die auf die Vita Classic Farben der Verblendung abgestimmt sind. Man erhält dadurch einen kontinuierlichen Übergang zwischen Verblendung und Gerüst. Ein Schalterbrand, wie es oft in der Metallkeramik notwendig ist, um den metallfarbenen Rand zu verdecken, ist nicht notwendig. Darüber hinaus ist Zirkoniumdioxid ein sehr inertes Material, das eine sehr geringe Löslichkeit und gute Biokompatibilität aufweist. Es entstehen keine Randverfärbungen der Gingiva, wie man es oft bei metallkeramischen Res-

taurationen sieht, die vor allem durch Korrosion nach einiger Zeit auftreten. Das Zahnfleisch schmiegt sich hervorragend an das Zirkoniumdioxid an, so dass auch noch nach längerer Tragedauer eine hervorragende Rot-Weiß-Ästhetik zu verzeichnen ist.

Sie sprachen die verbesserte Transluzenz an. Ist der Faktor Lichtdurchlässigkeit entscheidend für die hohe Ästhetik vollkeramischer Restaurationen?

Edelhoff: Ja, wobei die Transluzenz ganz besonders bei Gerüsten aus hochreiner, dicht gesinterter Aluminiumoxid-Keramik ausgeprägt ist (Edelhoff, Sorensen 2001). Für den Zahntechniker wird es damit einfacher, eine hervorragende Ästhetik zu erreichen, ohne die Gefahr dunkler Abschattungen im marginalen Bereich der Restaurationen. Vom ästhetischen Potenzial bieten derzeit Aluminiumoxid-Keramiken aufgrund der besseren optischen Eigenschaften gewisse Vorteile gegenüber Zirkoniumdioxid-Keramiken. Dennoch ist ihre Anwendung aufgrund der geringeren Festigkeitswerte bei Brücken sehr limitiert. Beeinträchtigungen der Ästhetik im Frontzahnbereich sind derzeit noch durch die hartweiße Farbe von Zirkoniumdioxid-Gerüststrukturen einiger Systeme bedingt (Sailer et al. 2005). Ich bin jedoch sicher, dass zukünftig alle Anbieter auf eingefärbte oder einfärbbare Zirkoniumdioxid-Varianten zurückgreifen werden. Für Einzelkronen im Frontzahnbereich stellen nach wie vor Gerüste aus hochfester Glaskeramik ästhetisch den Maßstab dar.

**CAD/CAM steht für:
Computer Aided Design
(rechnerunterstützte
Gestaltung)/Computer
Aided Manufacturing
(rechnerunterstützte
Fertigung)**



Abb. 3: Modellansicht einer Präparation von zwei Pfeilerzähnen für eine Brücke mit einem Gerüst aus Zirkoniumdioxid-Keramik. Die Pfeilerzähne weisen eine geringe Konvergenz zueinander auf. Bei bestimmten CAD/CAM-Systemen wird damit die Fertigung erschwert oder unmöglich gemacht. Quelle: Edelhoff



Abb. 4: Eine ausreichende Unterstützung der Verblendkeramik durch das oxidkeramische Gerüst stellt eine wichtige Voraussetzung dar, um Abplatzungen des Verblendmaterials vorzubeugen. Eine maximale Schichtstärke der Verblendkeramik von 2,5mm sollte eingehalten werden. Bei dieser sechsgliedrigen Brücke von 13 bis 23 konnte die Gerüstgestaltung aufgrund der vor etwa fünf Jahren noch unzureichenden Softwareoptionen noch nicht optimal gelöst werden. Quelle: Edelhoff

Herr Noll, als Zahntechniker arbeiten Sie täglich mit Oxidkeramiken. Können Sie das bestätigen?

Noll: Der Übergang von Zahnfleisch zur Krone, also die „Rot-Weiß-Ästhetik“ überzeugt Patient und Zahnarzt. Dieser Vorteil spricht entscheidend für vollkeramischen Zahnersatz aus Zirkoniumdioxid oder Aluminiumoxid. Die Farbgestaltung der Krone überzeugt durch ihre Natürlichkeit und ist Dank der Zahnfleischsituation nicht von echten Zähnen zu unterscheiden.

Aber nicht jede Situation kann mit Vollkeramik gelöst werden. Man muss es als eine neue Technik neben der VMK sehen und nicht als Kostenersparnis im Wettlauf mit immer höheren Goldpreisen. Mit einem guten Labor im Rücken, das Erfahrung in der Herstellung von Vollkeramik hat, kann die Praxis ganz neuen Patientenwünschen nachkommen.

Wann ist Vollkeramik eindeutig kontraindiziert?

Edelhoff: Kontraindikationen sind vorwiegend durch unzureichende Platzverhältnisse beim Einsatz vollkeramischer Brückenrestaurationen gegeben. Die Empfehlungen für die Mindestquerschnitte der Verbinder zwischen Brückenanker und Brückenzwischenglied unterscheiden sich nach wie vor von denen für Metallgerüste und können im Seitenzahnbereich bei mehrgliedrigen Brücken oder Extensionsbrücken 12 mm² betragen. Eine Mindest-

höhe der Pfeilerzähne von 4 bis 5 mm ist in diesen Situationen eine entscheidende Voraussetzung für die Umsetzung dieser Dimensionen.

Noll: Kontraindiziert erscheint der Einsatz von Vollkeramik z. B. bei Bruxismus und parafunktionellen Okklusionsverhältnissen. Zirkoniumdioxid kann im Seitenzahnbereich auch bei großen Spannen als Brückengerüst eingesetzt werden. Divergenzen können durch Geschiebe ausgeglichen werden, wie man es von der Metallkeramik her kennt.

Schließen Sie sich dem an, Frau Dr. Behrens?

Behrens: Im Prinzip ja. Man muss natürlich immer genau beachten, welche Indikationen für welche Keramik freigegeben sind. Die Vollkeramik deckt aber ein breites Spektrum an Indikationen ab. Trotz der hohen Festigkeit von Zirkonoxid sollten jedoch langspannige Brücken mit mehr als zwei Brückengliedern im Seitenzahnbereich vermieden werden. Auch Implantate aus Zirkonoxid sind sicherlich erst in der experimentellen Phase und mit Vorsicht zu betrachten.

Sie sprechen einen entscheidenden Bereich an: die klinische Datenlage. Zwar signalisieren die steigenden Fertigungszahlen, dass die Zirkoniumdioxid-bearbeitende CAD/CAM-Technologie bereits einen festen Platz in der restaurativen

Lesetipp: „Die Keramik verstehen“ – Prof. Dr. Daniel Edelhoff über die Besonderheiten von Zirkoniumdioxid, DENTAL MAGAZIN 2/2005, Seite 62 ff.

Am „Curriculum CAD/CAM“ der LMU München Interessierte können sich an daniel.edelhoff@med.uni-muenchen.de wenden.

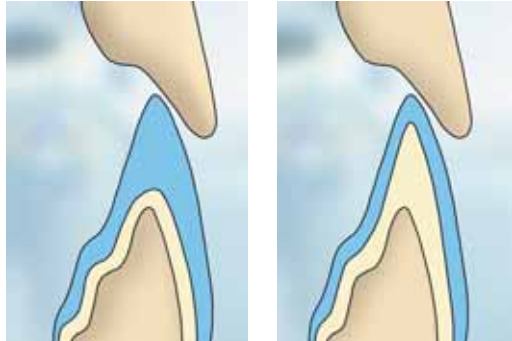


Abb. 5: (links) Nicht optimale Unterstützung der Verblendung durch das Gerüst, (rechts) optimale Unterstützung der Verblendung durch das Gerüst, die Verblendstärke sollte 1,5 bis 2mm nicht überschreiten. Quelle: 3M ESPE



Abb. 6: Bestimmte Areale der Restauration wie der gingivanahe Bereich des Verbinders (Region erhöhter Zugspannungen) dürfen nicht bearbeitet werden. Eine Überhitzung oder mechanische Schädigung in diesem sensiblen Bereich wirkt sich negativ auf die Dauerfestigkeit der Restauration aus. (Foto: ZT J. Schweiger, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der LMU München). Quelle: Edelhoff

Zahnheilkunde eingenommen hat. Aber inwieweit haben sich vollkeramische Restaurationen auch in Langzeitstudien bewährt?

Behrens: Es gibt heute mehrere klinische Studien, die die hohe Festigkeit von Zirkoniumdioxid, die bereits in In-vitro-Studien gezeigt wurde, bestätigen (J. Tinschert et al. 2004; P.V. van Steyern et al. 2005; P. Pospiech et al. 2006; A. Raigrodski et al. 2006; J. Sorensen et al. 2006). Die längsten Studien wie z. B. mit Lava Zirkoniumdioxidbrücken im Seitenzahnbereich, d.h. der Region, wo die höchsten Kaukräfte auftreten, zeigen heute nach fünf Jahren keine Gerüstfraktur (Prof. Pospiech und Dr. Nothdurft).

Herr Edelhoff, wie sieht die klinische Datenlage aus?

Edelhoff: Mittlerweile liegt von verschiedenen Zentren Datenmaterial aus klinischen Studien über einen Beobachtungszeitraum von teilweise mehr als fünf Jahren vor. Diese Daten sind entweder bereits publiziert worden oder stehen kurz vor der Publikation. Die bislang vorliegenden Ergebnisse bestätigen in der Regel die hohe Stabilität der Zirkoniumdioxid-Gerüste für Brücken mit bis zu zwei Brückenzwischengliedern (Edelhoff et al. 2007, Nothdurft et al. 2007, Sailer et al. 2007, Tinschert et al. 2005). Als wesentlicher Schwachpunkt wird in einigen Studien eine hohe Abplatzrate der Ver-

blendkeramik angeführt (Sailer et al. 2007, Raigrodski et al. 2006).

Herr Noll, Ihr Labor Kimmel Zahntechnik hat seit 1990 Erfahrung mit Vollkeramik, 1998 kam CAD/CAM hinzu. Sie verfügen inzwischen über eine sehr interessante Datenbank, die Prof. Dr. Thomas Kerschbaum aktuell als Grundlage für neue Untersuchungen herangezogen hat. Können Sie uns mehr verraten?

Noll: Aus Sicherheitsgründen habe ich ab 2001 alle Restaurationen registriert und in einer Statistik festgehalten. Bis heute haben wir mit vier Systemen mehrere 10.000 Einheiten hergestellt. Die Daten meiner Statistik habe ich einer Universität zur Verfügung gestellt.

In den ersten Jahren sind einige Arbeiten gebrochen, weil wir das Material nicht kannten, keine Erfahrung hatten. Anhand meiner Aufzeichnungen konnten wir jedoch nachvollziehen, was wir ändern mussten. Heute weisen wir dank unserer Statistik eine sehr geringe Bruchrate auf. Erfahrung, Kenntnis des Materials. Richtige Verarbeitung macht Zirkon heute so sicher wie VMK Technik.

Das leitet zu einem überaus praxisnahen Aspekt über: Worin liegen die Tücken z. B. des Werkstoffs Zirkoniumdioxid (oder der Verblendkeramik), was sind klassische „Anfänger“-Fehler?

Die chemisch korrekte Bezeichnung für die in der Zahnmedizin verwendete Variante des Werkstoffs lautet „Yttriumoxid stabilisiertes tetragonales polykristallines Zirkoniumdioxid“, kurz Y-TZP.



Abb. 7: Die Verbinderquerschnitte müssen ca. 9mm² betragen und die Form eines gotischen Bogens aufweisen. Hier hat der Zahntechniker zu dünn geschliffen und es kam zum Verbinderbruch. Quelle: Noll



Abb. 8: Ausgangssituation mit metallkeramischen Restaurationen mit dunklen Rändern am Restaurationsrand. Quelle: Dr. G. Trimpou, ZTM E. Krenz, Universität Frankfurt

- Noll:** Jedes System hat seine Lernkurve. Als Techniker muss ich lernen, keramisch zu denken, denn die Eigenschaften – spröde, gering biegefest, bruchzäh und auf Zugspannung empfindlich reagierend – unterscheiden sich gravierend von denen des Metalls. Also haben Zahntechniker auf einiges zu achten:
- wie Brücken- und Kappen-Gerüste zu gestalten sind.
 - welche Wand- und Verbinderstärken einzuhalten sind.
 - wie und womit Gerüste auszuarbeiten sind.

Auf die spezielle Handhabung der Oxidkeramiken komme ich gleich konkret zu sprechen. Vorab möchte ich bei Herrn Edelhoff nachhaken. Sie haben eben darauf hingewiesen, dass in einigen Studien eine hohe Abplatzrate der Verblendkeramik als wesentlicher Schwachpunkt angeführt wird. Was sind die Ursachen?

- Edelhoff:** In der Fachliteratur werden dazu verschiedene ursächliche Faktoren diskutiert:
- Unzureichende Unterstützung der Verblendkeramik durch das Zirkoniumdioxid-Gerüst.
 - Unsachgemäße mechanische und thermische Behandlung der Zirkoniumdioxid-Oberfläche verbunden mit Phasentransformation
 - Extrem niedrige Temperaturleitfähigkeit der Zirkonoxid-Keramik (längere Aufheiz- und Abkühlungsperioden, insbesondere in großvolumigen Bereichen wie Brückenwischengliedern).
 - Modifizierungen moderner Verblendkeramiken gegenüber konventionellen Feldspatkeramiken

- zur Anpassung des Wärmeausdehnungskoeffizienten (WAK) an das Zirkoniumdioxidgerüst und zur Einstellung einer niedrigeren Aufbrenntemperatur.
- Unzureichende Kalibrierung einiger Keramiköfen für die niedrig schmelzenden Verblendkeramiken (zu niedrige Brenntemperatur führt zu einer massiven Anhäufung von Poren als Auslöser für Risse und zu einem unzureichenden Verbund zur Gerüstkeramik)
- Mangelnde Abstimmung des WAK zwischen Gerüst und Verblendkeramik bei Verwendung nicht systemimmanenter Produkte (z. B. Zirkoniumdioxid-Blanks unbekannter Qualität und Provenienz).
- Zu geringe Schichtstärke der Gerüstkeramik oder der Verblendkeramik.

Das sind eine Menge möglicher Ursachen, die vor allem die zahntechnische Bearbeitung zu betreffen scheinen. Haben Sie einen Praxistipp, um Abplatzungen zu verhindern?

Edelhoff: Da gibt es verschiedene Regeln auch von Seiten des Zahnarztes einzuhalten. Ein wichtiger Schritt zur Verhinderung von Abplatzungen Verblendkeramik besteht in der anschließenden Oberflächenvergütung der durch den Schleifkörper aufgerauten Bereiche. Dies kann bei kleineren Korrekturen an der Verblendkeramik (etwa 1mm²) mit einem Keramik-Polierer (z. B. 9545F 204 110, Komet, Lemgo) erfolgen. Bei umfangreichen Korrekturen (einige mm²) der Verblendkeramik ist eine erneute Vergütung der Keramikoberfläche durch



Abb. 9: Optimale Präparation zur Erstellung von keramischem Zahnersatz. Danach wird die klinische Situation abgeformt, ein Modell erstellt und dieses eingescannt. Die Restauration wird am Computer gestaltet. Konnektorquerschnitte und Mindestwandstärken müssen für eine hohe Langzeitstabilität eingehalten werden.
Quelle: Dr. G. Trimpou, ZTM E. Krenz, Universität Frankfurt



Abb. 10: Gefärbte Gerüste intraoral bei der Einprobe. Im Falle von Lava kann das Gerüst bereits in sieben verschiedenen Farben eingefärbt werden. Quelle: Dr. G. Trimpou, ZTM E. Krenz, Universität Frankfurt

einen Glanzbrand im zahntechnischen Dental-Labor empfehlenswert.

Noll: Das kann ich aus meiner Erfahrung nur unterstützen!

Herr Noll, Sie sprachen davon, „keramisch zu denken“. Welche Parameter müssen von Seiten des Zahnarztes und von Seiten des Zahntechnikers eingehalten werden, damit vollkeramische Restaurationen, besonders Oxidkeramiken, funktionieren?

Noll: Zum Beispiel ist eine Grundvoraussetzung für die Herstellung der Gerüste eine anatomische Modellation, um Keramikabsplitterungen zu vermeiden. Die Verbinderquerschnitte müssen wie in unserem Labor ca. 9 mm² betragen und die Form eines gotischen Bogens aufweisen. Rechtwinklige Übergänge zwischen Verbinder und Kappe sind zu vermeiden. Es darf grundsätzlich nur mit Wasserturbinen ausgearbeitet werden. Die Wandstärke der Kappen müssen ständig überprüft werden, um die Mindestwandstärken von 0,4 mm einzuhalten. Bei großen Brückengliedern muss man andere Verbinderstärken einsetzen, je nach Größe und Länge der Brücke. Der Keramiker muss darauf achten, dass die Temperatur zur Anzeige stimmig ist. Nach Materialstärke des Zirkons muss die Aufheizrate von Objekt zu Objekt individuell eingestellt werden. Je dicker das Objekt, desto niedriger die Ansteigetemperatur des keramischen Brandes, um eine gleichmäßige Verteilung der Temperatur in Verblendung und

Gerüst zu gewährleisten. Auch beim Herausnehmen muss bei dicken Materialstärken langsam abgekühlt werden. Zu schnelles Herausnehmen führt zu Spannungen im Material.

Alle Erkenntnisse werden in unserem Labor an den Kunden weitergegeben, um so einen ausgewogenen Wissenstand zu gewährleisten. In allen Bereichen ist ständige Kommunikation zwischen Zahnarzt und Labor und umgekehrt von existentieller Bedeutung.

Welche Erfahrung haben Sie als Anbieter eines CAD/CAM-Systems gemacht, Frau Behrens?

Behrens: Wie schon angedeutet wurde: CAD/CAM ist keine „Plug & Play“-Technologie. Die für eine ausreichende Festigkeit erforderlichen Designparameter müssen auch bei diesem Material eingehalten werden. Hierbei sollte die Software den Anwender optimal unterstützen, und für jede Indikation die notwendigen Wandstärken und Konnektorquerschnitte angeben. In der Lava Software werden die erforderlichen Designparameter für jede Indikation angegeben und dem User ein Unterschreiten rot signalisiert. Wie Herr Noll und Herr Prof. Edelhoff angedeutet haben, muss die aufgrund ihrer unterschiedlichen Materialeigenschaften weniger stabile Verblendkeramik optimal durch die stabilere Gerüstkeramik unterstützt werden. Verschiedene Funktionen in der CAD/CAM-Software können hierfür genutzt werden. Der Zahntechniker sollte daher eine optimale Schulung seitens des CAD/CAM System-Herstellers bekommen.



Die Literaturliste ist im Internet auf www.dentalmagazin.de als pdf herunterladbar.

Haben Sie Fragen an die Teilnehmer der Expertenrunde? Dann schicken Sie Ihre E-Mail an redaktion@dentalmagazin.de.



Abb. 11: Nach der Erstellung des Gerüstes erfolgt die Verblendung, die 1,5mm bis 2mm nicht überschreiten sollte. Im Bild ist die fertige Zirkoniumdioxidrestauration (Lava) zur sehen. Quelle: Dr. G. Trimpou, ZTM E. Krenz, Universität Frankfurt

„Kenn ich ein System, kenn ich alle“ – gilt dieser saloppe Ausspruch?

Behrens: Nein. Die Systeme unterscheiden sich in ihrer Scan-, und Fräsgenauigkeit, in ihren Designmöglichkeiten, in ihrem Grad an Automatisierung, in ihrer Robustheit, in den verschiedenen Geschäftsmodellen, die die Hersteller für das System anbieten und vielem mehr. Hinzu kommt auch, dass Zirkonoxid nicht gleich Zirkonoxid ist. Chemisch gesehen sind die meisten Zirkonoxidmaterialien auf dem Markt gleich. Durch ihren unterschiedlichen Produktionsprozess (verschiedene Ausgangsmaterialien, verschiedene Press-, Vorsinter- und Sinterbedingungen etc.) haben sie jedoch unterschiedliche mechanische und optische Eigenschaften. Das kann man bereits an den unterschiedlichen Sintertemperaturen, die für die einzelnen Materialien notwendig sind, feststellen. Jeder Zahntechniker und Zahnarzt sollte daher nur mit einem Material arbeiten, das ausreichend getestet wurde und von einem Hersteller stammt, dem er Vertrauen kann. Lava Zirkoniumdioxid wurde von namhaften Universitäten geprüft. Die Ergebnisse zeigen eine gute Langzeitstabilität, eine exzellente Passung und sehr gute optische Eigenschaften des Materials (siehe „Lava Kronen und Brücken: Klinische In-vivo-Studien, In-vitro-Forschung Bewertungen 2000 bis 2006“).

Aber natürlich ist das System und die Materialien nicht alles. Die eigentliche Restauration kann immer nur so gut sein, wie die ursprünglichen

Zusammenfassung

des Expertenzirkels zum Thema „Vollkeramik und CAD/CAM“ (Teil 1)

Biokompatibilität, Ästhetik und Festigkeit sind die wesentlichen Vorteile von Oxidkeramiken. Außerdem ist Vollkeramik durch den gestiegenen Goldpreis auch wirtschaftlich interessant. Die CAD/CAM-Fertigung hat durch die Verwendung industriell vorgefertigter Materialien den Vorteil einer gleich bleibend hohen Materialqualität gegenüber konventionell gefertigten Restaurationen, deren Qualität durch die vorwiegend manuelle Herstellung höheren Schwankungen unterworfen ist.

Aber nicht jede Situation kann mit Vollkeramik gelöst werden. Kontraindikationen sind vorwiegend durch unzureichende Platzverhältnisse beim Einsatz vollkeramischer Brückenrestaurationen gegeben. Außerdem müssen Zahnarzt und Zahntechniker „die Keramik verstehen“. Es gibt einige Verhaltensregeln: Zum Beispiel reagieren oxidkeramische Systeme weniger tolerant gegenüber Präparationsfehlern. Die wesentlichen Herausforderungen für den Zahntechniker bestehen in der Aneignung der erforderlichen EDV-Kenntnisse für CAD/CAM-Fertigungstechniken sowie in der Umsetzung werkstoffadäquater Verarbeitungs- und Gestaltungsrichtlinien für oxidkeramische Gerüste wie auch in neuen Schichtstrategien für die korrespondierende Verblendkeramik.

Fragen, die das Team Zahnarzt und Zahntechniker als Entscheidungshilfe im Vorfeld einer eventuellen Investition beantworten sollten, sind: Was will ich mit dem System konkret anfangen? Geht es ausschließlich um Gerüsterstellung? Wie groß ist das Auftragsvolumen? Amortisiert sich die Anlage durch die eigene Auslastung? Auf Fortbildungsveranstaltungen kann praxisnah überprüft werden, welches System zu einem passt.

Daten, auf denen sie aufgebaut wird. Ein kritischer Punkt ist hier die Präparation. Es sollte entsprechend den Vorgaben präpariert werden, da sonst keine optimale Passung erzielt werden kann. Dies ist bei der CAD/CAM-Technologie noch wichtiger als bei der herkömmlichen Herstellung von Restaurationen.

Was ist bei der Präparation zu beachten?

Edelhoff: Grundsätzlich unterscheiden sich die Präparationsrichtlinien für CAD/CAM-gefertigte vollke-

Lesetipp: „ZE automatisiert – automatisch gut?“ – Dr. Daniel Suttor über Fräszentren, DENTAL MAGAZIN 2 (S. 82ff) und 3/2005 (S. 87ff)

Lesetipp: „So hält keramischer Stahl“ – Prof. Dr. Matthias Kern über Befestigungsmöglichkeiten von Oxidkeramiken, DENTAL MAGAZIN aktuell, Seite 28.



Buchtipps: „Oxidkeramiken und CAD/CAM-Technologien“ – Atlas für Klinik, Labortechnik und Werkstoffkunde von Prof. Dr. Joachim Tinschert und ZTM Gerd Natt (Herausgeber) Weitere Informationen per Telefon unter 02234/7011-254 oder auf www.aerzteverlag.de

ramische Restaurationen erheblich von denen für Metall unterstützte Varianten. Die Präparationsgrenze muss für den Scanner deutlich abtastbar sein, um eine fehlerfreie Vermessung durchführen zu können. Muldenförmige Auskehlungen wie auch unter sich gehende Bereiche sind beispielsweise beim Einscannen nur schwer zu erfassen. Es ist zudem auf eine in allen Bereichen abgerundet gestaltete Präparation zu achten, die dem Durchmesser der ebenfalls abgerundeten Schleifkörper bei der Fräsung entsprechen. Spitz zulaufende Innenwinkel können aufgrund der spezifischen Schleifkörpergeometrie und des rotierenden Abtragsverfahrens nicht ausgefräst werden (Beuer et al. 2007). Bereits geringfügig divergierende Pfeilerzähne können zudem die Herstellung eines oxidkeramischen Brückengerüsts in der CAD/CAM-Technologie gefährden.

Sie sprachen von mehreren Regeln, die auch von zahnärztlicher Seite einzuhalten sind.

Edelhoff: Ja, z. B. können Schädigungen an der oxidkeramischen Restauration durch fehlerhaftes Bearbeiten der Gerüst- oder Verblend-Keramik verursacht werden. Werden Korrekturmaßnahmen erforderlich, können Überhitzungen und mechanische Schädigungen durch den konsequenten Einsatz neuwertiger Diamanten feiner Körnung (60 µm Körnung, rote Kodierung) bei mäßiger Drehzahl (60.000 U/min) und Wasserkühlung vermieden werden. Schädlich kann sich zudem ein zu starker Anpressdruck auswirken. Schließlich gilt es noch die adäquate Befestigungsmethode auszuwählen. Nicht in allen Fällen scheint eine konventionelle Befestigungsmethode geeignet zu sein, dauerhaft einem Retentionsverlust entgegenzuwirken (Edelhoff, Özcan 2007). Das Risiko eines Retentionsverlustes erhöht sich bei Stumpflängen unter 4 mm sowie eher konischen Präparationen (Konvergenzwinkel über 10°).

Auf geeignete Befestigungsmethoden für Oxidkeramiken geht Prof. Dr. Matthias Kern in dieser Ausgabe des DENTAL MAGAZINS ein.

Ist die korrekte Präparation für den Zahnarzt die größte Herausforderung?

Edelhoff: Ich würde sagen, eine der wichtigsten Herausforderungen ist die korrekte Indikationsstellung unter Berücksichtigung der vorgegebenen kli-

nischen Platzverhältnisse bei Beachtung der statischen und dynamischen Okklusion.

Inzwischen sind rund 20 CAD/CAM-Systeme auf dem Markt. Frau Behrens, welche Entscheidungshilfen geben Sie dem Team „Zahnarzt und Zahn-techniker“ auf den Weg, das für sie passende System auszuwählen?

Behrens: Als erstes muss das Team „Zahnarzt und Zahn-techniker“ anhand der Fallstückzahl entscheiden, ob es sich für sie lohnt ein komplettes System zu kaufen, mit dem sie sowohl designen als auch fräsen und sintern können, oder ob es vielleicht ausreichend ist, nur einen Scanner zu erwerben, um die Restauration zu scannen und virtuell zu gestalten. Die Designdaten werden dann elektronisch zur Fertigung (Fräsen und Sintern der Restauration) an ein Fräszentrum geschickt.

Bei sehr geringen Fallzahlen besteht die Möglichkeit, komplett auszulagern bzw. „outsourcen“.

Noll: Nicht jeder braucht ein CAD/CAM-System. Am Anfang muss ich mir zunächst einen Markt schaffen. Meine Gerüste kann ich bis dahin fremdfertigen lassen. Mit einem Grundstock kann ich mir zuerst einen Scanner anschaffen, um die Daten zu verschicken. So haben wir zurzeit zwölf Cercon-Scanner an Labors vergeben, die ihre Daten zu uns schicken und dadurch geringe Investitionskosten haben. Heute bieten Synergieeffekte von Labor zu Labor ganz neue Wege an. Man kann die Kosten gering halten, um so konkurrenzfähig zu bleiben. Dem Kauf einer CAD/CAM-Anlage steht nach einer gewissen Einarbeitungszeit nichts mehr im Wege.

Frau Behrens, welche objektiven Kriterien würden Sie für den Kaufentscheid zu Grunde legen?

Behrens: Wenn das Team eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchgeführt hat und die Entscheidung gefallen ist, dass ein System oder nur einen Scanner mit Designsoftware erworben werden soll, gibt es drei wichtige Kriterien für die Kaufentscheidung. Auf der einen Seite ist die Qualität des Systems sehr wichtig. D. h. das Team „Zahnarzt und Zahn-techniker“ sollte prüfen, welche Möglichkeiten und Features das System hat und wie gut die Materialien sind, die verarbeitet werden (Studien/Tests von Seiten des Herstellers).


Der zweite Aspekt ist der Service und die Unterstützung durch den Hersteller. Gibt es ein ausrei-

chendes Training für das jetzige System, was macht der Hersteller, um mich nach dem Kauf zu unterstützen? Stellt er mir das System nur auf und ist dann nicht mehr erreichbar? Wie zuverlässig ist das System, aber auch: Wie zuverlässig ist der Hersteller bei Training, Wartung und Reparatur?

Hier kommt auch der dritte nicht zu vernachlässigende Aspekt mit ins Spiel, dass das Team sich eine Art „Partner für die Zukunft“ suchen sollte. D. h. es sollte eine Firma sein, die auch in der Zukunft in diesem Bereich aktiv sein wird und das Team mit Neuerungen im digitalen Bereich versorgen kann und wird. Dies ist ein Aspekt, der oft vergessen wird, der aber in dem sich schnell wandelnden Markt der digitalen Zahnheilkunde sehr wichtig ist. Es wird dem Team nichts bringen, wenn es ein System kauft, das momentan alle notwendigen Features bietet, das aber in zwei Jahren vom Markt verschwunden ist, weil der Hersteller mit der technischen oder wirtschaftlichen Entwicklung nicht mithalten kann.

Grau ist alle Theorie und ob ein System zu einem „passt“ erfahre ich erst bei der konkreten Handhabung. Welchen praxisnahen Tipp würden Sie dem Team „Zahnarzt/Zahntechniker „auf den Weg geben?

Edelhoff: Alle praktischen Aspekte, u. a. die Bedienungsfreundlichkeit der Software und Serviceaufwand für die Hardware, können am besten durch ein praktisches Arbeiten mit den in Frage kommenden CAD/CAM-Systemen in Kursen bei den Herstellern oder an unabhängigen Fortbildungsinstituten (z. B. Curriculum CAD/CAM an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik an der Zahnklinik der LMU in München, Edelhoff et al. 2007) beurteilt werden. Auf diese Weise kann eine objektive Einschätzung der Eignung bestimmter Systeme erfolgen.

Es geht weiter: In der nächsten Ausgabe des DENTAL MAGAZINs erscheint Teil 2 des Expertenzirkels. 

In Teil 2 des Expertenzirkels geht es u. a. um betriebswirtschaftliche Aspekte.

Vollkeramik und CAD/CAM (Teil 2)

Dr. Aneta Pecanov-Schröder

In Teil 1 gaben Ihnen drei Experten Tipps zur Handhabung von Oxidkeramiken in Praxis und Labor, stellten Präparationsrichtlinien für CAD/CAM-gefertigte vollkeramische Restaurationen und stellten Auswahlkriterien für CAD/CAM-Systeme dar.

Um betriebswirtschaftliche Aspekte geht es im zweiten Teil des Expertenzirkels mit Prof. Dr. Daniel Edelhoff, Zahntechniker Franz Josef Noll und Dr. Anke Behrens.

4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
34
36
38
40
42
44
46
48
50
52
54
56
58
60
62
64
66
68
70
72
74
76
78
80
82
84
86
88
90
92
94
96
98
100
102
104
106
108
110
112
114
116
118
120
122
124
126
128
130

Frau Behrens, Sie haben betont, dass das Team „Zahnarzt und Zahntechniker“ zunächst eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchführen sollte, bevor es sich für ein System entscheidet. Hohe Investitionskosten sind oft ein Hindernis sein, überhaupt ein CAD/CAM-System anzuschaffen.

Anhand welcher Parameter sollte eine Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgen? Wie sollte analysiert werden, ob sich die Umstellung auf CAD/CAM-Verfahren betriebswirtschaftlich rechnet?

Behrens: Eine exakte Wirtschaftlichkeitsrechnung ist stark abhängig vom jeweiligen System (Kapazität, Kosten des Systems), den Laborkosten und Restaurationskosten. Eine generelle Wirtschaftlichkeitsrechnung lässt sich daher nicht aufstellen. Sie muss anhand der kundenspezifischen Situation erstellt werden. Aufgabe der Firmen ist hier die objektive Unterstützung des Kunden. Letztlich gewinnt keiner, wenn eine Maschine (System oder Scanner) zwar verkauft wurde, aber nicht ausgelastet ist. Daher bietet unser Unternehmen wie auch andere Firmen verschiedene Geschäftsmodelle an.

3M Espe setzt auf Fräszentren. Inwieweit ist das eine wirtschaftliche Alternative für das Team „Zahnarzt/Zahntechniker“?



Franz Josef Noll

Der in Köln ausgebildete Zahntechniker hat 1981 seine Laufbahn in der Keramikabteilung bei Kimmel Zahntechnik in Koblenz begonnen. Vier Jahre später war er Leiter der Abteilung mit Schwerpunkt Vollkeramik. 1985 übernahm er die Kundenbetreuung. Seit 1992 ist Noll Geschäftsführender Gesellschafter des Dentallabors. Der 52-Jährige hat für verschiedene Unternehmen sowie für die Deutsche Gesellschaft für Computergestützte Zahnheilkunde e.V. Referententätigkeiten übernommen. Außerdem ist Noll Berater und Erprober von Gerüst- und Verblend-Keramikmassen sowie von CAD/CAM-Systemen verschiedener Anbieter.



Dr. Anke Behrens

studierte Chemie an der Technischen Universität Karlsruhe und Konstanz und promovierte anschließend an der Universität Straßburg in Analytischer Chemie. Von 2001 bis 2003 war sie Leiterin der Qualitätskontrolle und Spezialsynthese von Oligonukleotiden bei der metabion GmbH in München. Seit 2003 arbeitet sie als Scientific Affairs Manager bei der 3M ESPE AG in Seefeld und ist verantwortlich für materialwissenschaftliche und klinische Untersuchungen zahntechnischer Produkte einschließlich Lava Zirkonoxid und des gesamten Lava Systems. Außerdem ist sie zuständig für wissenschaftliches Marketing und die klinische Bewertung von zahntechnischen Neuprodukten. Als Projektleiter oder Arbeitspaketverantwortlicher war sie seitdem in mehreren Neuproduktentwicklungen im Bereich CAD/CAM beteiligt.

Behrens: Fräszentren sind der optimale Einstieg in die CAD/CAM-Technologie ohne Investitionen und ermöglichen jedem Labor, unabhängig von seinen



Prof. Dr. Daniel Edelhoff

Der ausgebildete Zahntechniker und Zahnarzt ist renommierter Autor und Referent national wie international in den Themenbereichen vollkeramische Restaurationen, Adhäsivtechnik, Aufbau endodontisch behandelter Zähne (Autor der DGZMK-Stellungnahme), metallfreie Wurzelstifte und Implantatprothetik. Die Jahre 1999 bis 2001 verbrachte er während eines DFG-Forschungsaufenthaltes am Dental Clinical Research Center der Oregon Health and Sciences University in Portland, Oregon, USA. 2006 folgte der Hochschullehrer dem Ruf auf die W2-Professur für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Seit Dezember 2006 ist Prof. Edelhoff Mitglied des Vorstandes der Deutschen Gesellschaft für Implantologie.

**1 Thema,
3 Meinungen**

3
5
7
9
11
13
15
17
19
21
23
25
27
29
31
33
35
37
39
41
43
45
47
49
51
53
55
57
59
61
63
65
67
69
71
73
75
77
79
81
83
85
87
89
91
93
95
97
99
101
103
105
107
109
111
113
115
117
119
121
123
125
127
129

4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
34
36
38
40
42
44
46
48
50
52
54
56
58
60
62
64
66
68
70
72
74
76
78
80
82
84
86
88
90
92
94
96
98
100
102
104
106
108
110
112
114
116
118
120
122
124
126
128
130

Lesetipp: „Die Keramik verstehen“ – Prof. Dr. Daniel Edelhoff über die Besonderheiten von Zirkoniumdioxid, DENTAL MAGAZIN 2/2005, Seite 62 ff.



Abb. 1: Implantatabformung für die Herstellung einer Extensionsbrücke mit einem CAD/CAM-gefertigten Gerüst aus Zirkoniumdioxid-Keramik.
Quelle Abb. 1 bis 8: Edelhoff

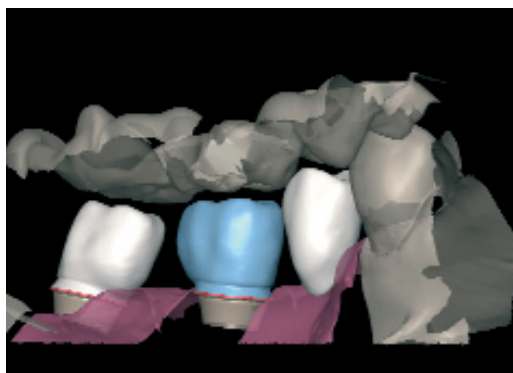


Abb. 2: Konstruktion (CAD) der Kappchen mit anatomischer Unterstützung der später aufzubringenden Verblendkeramik unter Berücksichtigung der Okklusionsverhältnisse. (Zahntechnik: ZT J. Schweiger, Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der LMU München)

finanziellen Möglichkeiten, seinen Kunden CAD/CAM-gefertigte Restaurationen anzubieten. Durch das anfängliche „Auslagern“ der Fertigung bekommt das Labor auch eine gute Einschätzung der Fallstückzahl, greift außerdem auf einen Partner mit Erfahrung zurück und vermeidet so Anfangsfehler.

Aber das Labor gibt hierbei einen Teil der Wertschöpfung aus dem Haus...

Behrens: ...und holt durch das Scannen und das Design der Restaurationen einen Teil der Wertschöpfung wieder in sein Labor. Dies sind auch die eigentlich interessanten Schritte für ihn, bei denen er seine Expertise in der ästhetischen und funktionellen Ausgestaltung der Restauration einbringen kann. Wenn mehr und mehr Restaurationen erstellt werden, kann der Zahntechniker sein Labor schrittweise mit vertretbarem Risiko an die Technologie heranführen, indem er zunächst einen Satelliten-scanner erwirbt. Steigt der Bedarf an CAD/CAM-erstellten Restaurationen weiter, kann er z. B. beim Lava System auch eine Fräsmaschine und einen Sinterofen erwerben und sich damit als Lava Fräszentrum positionieren. In diesem Fall wird er zum Lava Kompetenzzentrum und erlangt die Unterstützung von 3M ESPE bei Marketing, Services, Updates und Schulungen. Nicht jedes Labor muss jedoch diesen letzten Schritt machen.

Gleichwohl bedeutet es: Der Zahntechniker gibt einen Teil der Wertschöpfung aus seine Hand. Das sehen viele kritisch.

Behrens: In vielen Industriebereichen werden heute Fertigungsschritte ausgelagert. Das hat den Vorteil, sich auf diejenigen Schritte konzentrieren zu können, bei denen man die eigentliche Expertise hat. Im Falle des Zahntechnikers sind das die Verblendung und ästhetische Ausgestaltung der Restauration.

Herr Noll, Sie sind Zahntechniker – wie beurteilen Sie das?

Noll: Neue Techniken läuten neue Zeiten ein, und diese stellen neue Anforderungen an uns alle. Jedes Labor sollte das Beste daraus für sich ziehen und Vorteile nutzen. Das heißt konkret: Nur durch den Zugewinn an neuen Kunden und durch die Abnahme von zusätzlichen vollkeramischen Kappen

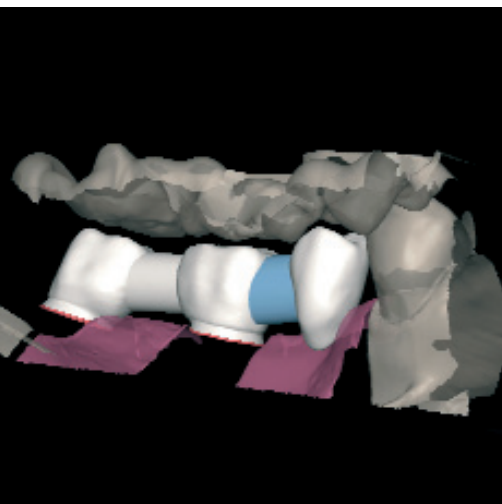


Abb. 3: Konstruktion (CAD). Einbringen eines Verbinders zum Extensionsglied. Die Software kontrolliert eine ausreichende Dimensionierung des Verbinderschnittes. Vor allem die vertikale Ausdehnung ist von Bedeutung (Balkengesetz).



Abb. 4: Nach der Gerüsterstellung wird die anatomische Unterstützung der Verblendkeramik durch das Zirkonoxid-Gerüst nochmals bei statischer und dynamischer Okklusion im Artikulator überprüft. (Foto: ZT J. Schweiger, LMU München)

kann sich eine CAD/CAM-Anlage amortisieren. Schafft sich das Labor eine eigene CAD/CAM-Anlage an, reicht es bei weitem nicht aus, allein die bestehenden Kunden auf Vollkeramik umzustellen, denn durch den Wegfall der Goldrabatte werden die Investitionskosten nicht getragen.

Sind Fräscentren denn für Dentallabors ein guter Einsteig in die CAD/CAM-Technologie, da sie wenig unternehmerisches Risiko fordern?

Noll: Wir im Hause Kimmel haben einen anderen Ansatz. Zum Beispiel stellen wir Cercon- Scanner zu einem geringen Preis zur Verfügung und liefern nach Datenaustausch die Gerüste zu einem günstigen Preis zurück. So bleibt die Wertschöpfung weitgehend im eigenen Betrieb. Zusätzlich bieten wir die Möglichkeit, NEM-Gerüste durch Daten, die zu Compartis (DeguDent) geschickt werden, herstellen zu lassen. Wie ich im ersten Teil der Diskussion angesprochen habe: Heute bieten Synergieeffekte von Labor zu Labor ganz neue Wege an. Man kann die Kosten gering halten, um so konkurrenzfähig zu bleiben. Dem Kauf einer CAD/CAM-Anlage steht nach einer gewissen Einarbeitungszeit nichts mehr im Wege.

Agiert Ihr Labor letztlich nicht wie ein „kleines“ Fräscentrum?

Noll: Wir nennen uns „Synergiecenter“. D.h., wir sind kein Fräscentrum, sondern öffnen alle Dateien, um uns die Restauration anzuschauen, zu kontrollieren. Sind die Daten nicht in Ordnung, erfolgt ein Rückruf an den Kunden. So wird der Datensatz korrigiert, dadurch wird die Qualität verbessert und eine hohe Sicherheit erzielt.

Herr Edelhoff, Sie haben mit ganz unterschiedlichen CAD/CAM-Systemen Erfahrungen gesammelt und können diese sowohl aus dem Blickwinkel des Zahnarztes als auch des Zahntechnikers bewerten.

Worin liegen Vorteile von Fräscentren, wo sehen Sie Nachteile des Konzepts?

Edelhoff: Die wesentlichen Vorteile eines Fräscentrums liegen in den geringen Investitionskosten für das Labor und in der Zugriffsmöglichkeit auf sehr aufwändige „High-Tech“-Fertigungsmaschinen (Industriemaschinen). Damit ist das Team stets auf dem neuesten Stand der technischen Entwicklung und mögliche Probleme auf der Fertigungsseite entfallen. In einem Fertigungszentrum ist darüber

Haben Sie Fragen an die Teilnehmer der Expertenrunde? Dann schicken Sie Ihre E-Mail an redaktion@dentalmagazin.de.

3
5
7
9
11
13
15
17
19
21
23
25
27
29
31
33
35
37
39
41
43
45
47
49
51
53
55
57
59
61
63
65
67
69
71
73
75
77
79
81
83
85
87
89
91
93
95
97
99
101
103
105
107
109
111
113
115
117
119
121
123
125
127
129



Abb. 5: Einprobe der Implantat-Abutments und des Zirkonoxid-Gerüsts mit Kontrolle der Passgenauigkeit und der Platzverhältnisse im Mund des Patienten.

hinaus ein optimales Qualitätsmanagement möglich. Die finanziellen Risiken reduzieren sich dadurch für das Labor.

Als Nachteile sind aufzuführen, wie auch schon angesprochen wurde, dass sich mit der Verlagerung der Wertschöpfung der Ertrag reduziert. Das Labor muss sein Auftragsvolumen erhöhen, um die gleichen Umsätze zu erzielen. Zudem bestehen keine Einflussmöglichkeiten auf den Ablauf oder auf die Reihenfolge der Fertigung und das Marketinginstrument „CAD/CAM“ geht größtenteils verloren, da die äußerst werbewirksame maschinentechnische Fertigungsseite für das Labor entfällt.

Was sollte in eine betriebswirtschaftliche Analyse einfließen?

Edelhoff: Durch die sich stark unterscheidenden Teilaspekte der einzelnen Systeme ist eine system-spezifische Berechnung anzuraten. Solche individuellen Berechnungen werden von vielen Herstellern für Ihre CAD/CAM-Systeme angeboten, daher empfehle ich den direkten Austausch mit einem Hersteller, um eine individuelle konkrete betriebswirtschaftliche Analyse vorzunehmen. Grundsätzlich sollte das Hauptinteresse bei der Kalkulation auf die Lohnkosten gerichtet werden, die so gering wie möglich zu halten sind.

Während sich bei der Entwicklung der Fräsmaschinen (Hardware) bereits ein sehr hohes Niveau etablieren konnte und Wegweisende Verbesserung in naher Zukunft nicht zu erwarten sind, gehen die Weiterentwicklungen der Software rasant voran. Damit können betriebswirtschaftliche Berechnungen nur als Momentaufnahmen betrachtet werden. Der Konstruktionsaufwand kann durch eine intelligente Software erheblich reduziert werden.

Welche Einflussgrößen bestimmen die Kalkulation maßgeblich?

Edelhoff: Bedienungsfreundlichkeit und möglichst kurze Berechnungszeiten sind wichtige Einflussgrößen für die Kalkulation. Automatisierte Konstruktionselemente, wie eine Präparationsranderkennung und eine biogenerische Konstruktion von Kauflächen und Zahnoberflächen für die Restauration, können den Arbeitsaufwand des Zahntechnikers und damit die Lohnkosten erheblich reduzieren.

Noll: Dabei sollte auch bedacht werden: Ein erkrankter Techniker darf nicht zu einem Produktionsausfall führen. Und das wiederum bedeutet: Die Anlage muss für jeden zugänglich und bedienbar sein. Das A und O: CAD/CAM-Systeme müssen anwenderfreundlich sein! Es nutzt nichts, das umfangreichste System zu verwenden, wenn im Labor erst ein IT-Techniker beschäftigt werden muss!

Hohe Anwenderfreundlichkeit ist eine Forderung. Herr Edelhoff, was sollte an den CAD/CAM-Systemen aus Ihrer Sicht optimiert werden?

Edelhoff: Zum Beispiel sind vereinfachte Benutzeroberflächen mit intuitiv zu bedienender Software wünschenswert. Dies würde die Akzeptanz und die



Abb. 6: Fertig ausgearbeitetes Zirkonoxid-Gerüst vor der Verblendung. Das Gerüst gibt in verkleinerter Form die spätere Außenkontur der Verblendung wieder. Deutlich erkennbar ist auch die ausgeprägte vertikale Dimensionierung der Verbinder.



Abb. 7: Fertig gestelltes Zirkonoxid-Gerüst mit einer gleichmäßigen Schichtstärke der Verblendkeramik.

Produktivität der Systeme wie auch die Anwendungssicherheit im Fertigungsprozess entscheidend erhöhen.

Beide Bereiche, sowohl die Konstruktions- (CAD) als auch die Fertigungsseite (CAM), weisen noch ein hohes Optimierungspotenzial auf. Kontinuierliche Updates stellen hohe Anforderungen an den Anwender, damit er sich stets auf dem neuesten Stand der Softwareentwicklung befindet. Als verbesserungswürdig halte ich auch die zum Teil Software-bedingten Einschränkungen für spezielle Restaurationsgeometrien wie Adhäsivbrücken- und Inlaybrückenanker.

Wünschen würde ich mir darüber hinaus, dass zukünftig intraorale Erfassungssysteme eine höhere Verbreitung finden könnten. Damit würde der für Patienten häufig strapaziöse Weg über eine konventionelle Abformung und extraorale digitale Erfassung des Meistermodells umgangen und die Fertigungszeiten verkürzt. Denkbar wäre, dass diese Systeme an eine spezielle Software gekoppelt werden, die eine zeitnahe Evaluierung der jeweiligen Präparation zuließe und gegebenenfalls auf Präparationsfehler hinweist. Dies wäre ein weiterer wichtiger Schritt hin zu einer Standardisierung der Fertigungskette und damit zu einer Verbesserung der Qualität.

Worin sehen Sie die größte Herausforderung bei der Weiterentwicklung?

Edelhoff: Die größte Herausforderung bei der Weiterentwicklung von CAD/CAM-Systemen besteht in einer dem Entwicklungsstand angemessenen Ausbildung der Fachkräfte. Nur derjenige Anwender, der sich auf dem aktuellen Stand der technischen Entwicklung hält, ist auch in der Lage, Restaurationen sicher und zuverlässig in hoher Qualität mit CAD/CAM-Systemen herzustellen.

Was kommt auf den Anwender zu und was wird „Forschung und Entwicklung“ leisten müssen?

Behrens: Die Herausforderung der Zukunft ist die Digitalisierung und Vernetzung der Arbeitsschritte, von der Abformung bis zur Herstellung der letztendlichen Restauration. Man spricht heute vom „Digital Workflow – Digitalen Arbeitsablauf“, der von einem intraoralen Scan über elektronischen Datentransfer die Erstellung eines Modells und einer kompletten Restauration ermöglicht. Die Herausforderung für Forschung und Entwicklung ist einerseits, dies Hardware- und Software-Anforderungen technisch zu lösen, aber andererseits auch die Materialien hierfür bereitzustellen. Die heutige CAD/CAM-Technologie ist sicherlich



Die Literaturliste ist im Internet auf www.dental-magazin.de als pdf herunterladbar.

Informationen über Lava-Fräszentren via kostenfreie Hotline: 0800 / 275 37 73.

3
5
7
9
11
13
15
17
19
21
23
25
27
29
31
33
35
37
39
41
43
45
47
49
51
53
55
57
59
61
63
65
67
69
71
73
75
77
79
81
83
85
87
89
91
93
95
97
99
101
103
105
107
109
111
113
115
117
119
121
123
125
127
129

4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
32
34
36
38
40
42
44
46
48
50
52
54
56
58
60
62
64
66
68
70
72
74
76
78
80
82
84
86
88
90
92
94
96
98
100
102
104
106
108
110
112
114
116
118
120
122
124
126
128
130

Lesetipp:
**„ZE automatisiert –
 automatisch gut?“ –
 Dr. Daniel Suttor
 über Fräszentren,
 DENTAL MAGAZIN 2
 (S. 82ff)
 und 3/2005 (S. 87ff) .**



Abb. 8: Klinische Situation nach der Eingliederung der Implantat getragenen oxidkeramischen Extensionsbrücke.

noch nicht das Ende der Fahnenstange, neue Technologien werden die einzelnen Arbeitsschritte noch effizienter machen.

Herr Edelhoff, welche Veränderungen sehen Sie auf das Praxis- und Laborteam zukommen?

Edelhoff Die Nachfrage nach vollkeramischem Zahnersatz ist in den letzten Jahren weltweit rasant gestiegen. Gemäß den Herstellerprognosen wird sich dieses Wachstum in den nächsten Jahren ungebrochen fortsetzen. Das ist das Verdienst der

CAD/CAM-Fertigung, durch die eine extreme Erweiterung des Materialspektrums sowie eine erhebliche Verbesserung der Qualität und der Produktivität stattgefunden hat. Diese modernen Technologien werden zukünftig noch stärker in den Praxis- bzw. im Laboralltag Einzug halten. Vor diesem Hintergrund befindet sich vor allem das Berufsbild des Zahntechnikers in einem starken Wandel. Automatisierte Prozesse sind im zahntechnischen Laboralltag schon jetzt Routine. Durch die schnelle Weiterentwicklung der Software wird sich die Konstruktion (CAD) der Restaurationen zusehends vereinfachen und damit die Produktivität nochmals erhöhen. Die automatische Präparationsranderkennung und die automatisierte Konstruktion von Gerüsten und Kauflächen wurden bereits beispielhaft genannt. Dies schließt auch die Anfertigung der Verblendung ein, die in teilautomatisierten Schritten erfolgen wird (z. B. CAO = Computer Aided Overpress) oder durch den Einsatz bereits aktuell verfügbarer geschichteter Blanks ganz entfällt. Schließlich werden innovative, Material sparende und effizientere Fertigungswege (CAM) zur Marktreife entwickelt werden, wie das Herstellen der Gerüste mittels Rapid-Prototyping-Verfahren. Diese additiv vorgehenden Verfahren werden dem Anwender neue Möglichkeiten im wirtschaftlichen wie auch im technischen Bereich eröffnen. Intraorale Erfassungssysteme werden es dem Zahnarzt ermöglichen, vermehrt chairside-gefertigte Restaurationen einzusetzen oder die erfassten Daten direkt an ein zahntechnisches Labor oder an ein Fertigungszentrum zu versenden.

Das klingt für mich danach, dass nicht nur der Beruf des Zahntechnikers im Wandel ist, sondern auch der des Zahnarztes. Muss nicht die Ausbildung von Zahntechnikern und Zahnärzten den Entwicklungen hinsichtlich der gestiegenen Nachfrage nach vollkeramischen und CAD/CAM-Restaurationen schnellstmöglich Rechnung tragen?

Edelhoff: Natürlich, diese rasanten Entwicklungen müssen verstärkt bei der Ausbildung von Zahntechnikern und Zahnärzten Berücksichtigung finden. Es ist eine wichtige Aufgabe, Auszubildende und Studenten frühzeitig an die neuen Technologien heran zu führen. Die Forschungsbereiche der

Hochschulen haben die neuen Herstellungsverfahren bereits in den Anfängen aufgegriffen und maßgebliche Schritte zu deren Entwicklung beigetragen. Heute ist die CAD/CAM-Technologie an nahezu allen Zentren ein wichtiger Bestandteil der universitären Forschung, Lehre und klinischen Behandlung. Die Studierenden erlernen auf diese Weise bereits in den vorklinischen Kursen den Umgang mit modernen Technologien. Ein weiterer sinnvoller Einsatz für die Lehre ergibt sich durch CAD-basierte Bewertungssysteme, die für den Unterricht der Studenten an Simulationseinheiten entwickelt werden.

Frau Behrens, welche Veränderungen erwarten Sie für Praxis und Labor?

Behrens: Wie schon angesprochen werden in Zukunft mehr und mehr Schritte bei der Diagnose, der Erfassung der klinischen Situation, als auch bei der Erstellung der Restauration digitalisiert werden. Die Arbeitsweise wird sich hierdurch verändern und der Umgang mit Computern und Software wird sicherlich immer wichtiger. Es wird zu einem verstärkten digitalen Datenaustausch und einer entsprechenden Kommunikation zwischen Zahnarzt und Zahntechniker kommen, der jedoch meiner Meinung nach den persönlichen Kontakt nicht komplett ersetzen kann. Die zahnärztliche und zahntechnische Expertise, die für diese Arbeitsschritte benötigt wird, bleibt die gleiche, aber die Umsetzung und Ausführung wird sich ändern.

Das Berufsbild des Zahntechnikers ist im Wandel. Ihr Labor hat das in Zusammenarbeit mit den Praxiskunden früh erkannt und die Weichen rechtzeitig gestellt. Was empfehlen Sie Kollegen?

Noll: CAD/CAM-Anlagen werden in weiteren Arbeitsbereichen Einzug halten, Herstellungszentren werden entstehen und Labore werden Produkte zukaufen. Der Druck aus anderen Ländern wird zunehmen. Wie schon gesagt wurde: Auch in den Praxen wird der Rechner eine zunehmend größere Rolle spielen, Datenübermittlung wird Alltag werden. Und damit steigt der Anspruch an gut ausgebildetem, qualifiziertem Personal!

Die Veränderungen eröffnen aber neue Perspektiven und Chancen für Labors und Praxen. Daher sehe ich

 **Zusammenfassung**

des Expertenzirkels zum Thema „Vollkeramik und CAD/CAM“ (Teil 2)

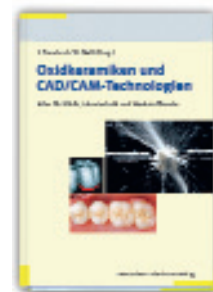
Eine exakte Wirtschaftlichkeitsrechnung ist stark abhängig vom jeweiligen System, den Laborkosten und Restaurationskosten. Bei einer Aufstellung und Analyse unterstützt der Hersteller des Systems den Interessenten auf Grundlage der kundenspezifischen Situation. Grundsätzlich gilt: Nicht jedes Team „Zahnarzt/Zahntechniker“ braucht ein eigenes CAD/CAM-System. Als Einstieg in die automatisierte Fertigung können Gerüste außer Haus gefertigt werden, eine Möglichkeit hierfür bieten Fräszentren. Dadurch reduzieren sich finanzielle Risiken für das Labor. Allerdings reduziert sich mit der Verlagerung der Wertschöpfung auch der Ertrag.

Auf alle am CAM/CAM-Herstellungsprozess Beteiligten kommen Veränderungen zu: Die CAD/CAM-Systeme müssen anwenderfreundlicher werden, Software-bedingte Einschränkungen für spezielle Restaurationsgeometrien wie Adhäsivbrücken- und Inlaybrückenanker sollten entfallen. In Zukunft wird verstärkt auf intraorale Erfassungssysteme und damit auf die „abdruckfreie Praxis“ gesetzt. Sowohl die Ausbildung von Zahntechnikern als auch Zahnärzten sollte den Entwicklungen hinsichtlich der gestiegenen Nachfrage nach vollkeramischen und CAD/CAM-Restaurationen schnellstmöglich Rechnung tragen, indem der Umgang mit den neuen Techniken im Lehrplan aufgenommen wird. In Zukunft werden Schritte bei Diagnose, Erfassung der klinischen Situation als auch Planung und Erstellung der Restauration digitalisiert. Der Umgang mit Computern und Software nimmt einen höheren Stellenwert in Praxis wie Labor ein. Es wird zu einem verstärkten digitalen Datenaustausch zwischen Zahnarzt und Zahntechniker kommen.

es positiv: Ich gestalte Zukunft lieber als mich von ihr jagen zu lassen. Ich kann nur jedem empfehlen, sich den neuen Technologien und den damit verbundenen Herausforderungen zu stellen, das Passende für sich auszuwählen, zu erlernen und einzusetzen.

Vielen Dank für die interessante Diskussion! 

Am „Curriculum CAD/CAM“ der LMU München Interessierte können sich an daniel.edelhoff@med.uni-muenchen.de wenden.



Buchtip:
„Oxidkeramiken und CAD/CAM-Technologien“ – Atlas für Klinik, Labortechnik und Werkstoffkunde von Prof. Dr. Joachim Tinschert und ZTM Gerd Natt (Herausgeber)
Weitere Informationen per Telefon unter 02234/7011-254 oder auf www.aerzteverlag.de

3
5
7
9
11
13
15
17
19
21
23
25
27
29
31
33
35
37
39
41
43
45
47
49
51
53
55
57
59
61
63
65
67
69
71
73
75
77
79
81
83
85
87
89
91
93
95
97
99
101
103
105
107
109
111
113
115
117
119
121
123
125
127
129