Chancen und Risiken dentaler CAD/CAM-Systeme

Autoren_Dr. Sebastian Quaas, Dr. Heike Rudolph, Prof. Dr. Ralph G. Luthardt

Die moderne Zahnheilkunde bietet eine Vielzahl unterschiedlicher Möglichkeiten, unsere Patienten bedarfsgerecht und anspruchsvoll zu versorgen. Dabei hat, neben der Entwicklung der Implantologie und der Adhäsivtechnik, auch die Einführung dentaler CAD/CAM-Verfahren die Möglichkeiten vergrößert.

_Die Etablierung der Oxidkeramiken (Zirkoniumdioxid, Aluminiumdioxid) im Versorgungsalltag ist eng mit dem Einsatz von CAD/CAM-Technologien (CAD/CAM = computer aided design – computerunterstütztes Design/computer aided manufacturing – computerunterstützte Fertigung) verknüpft, da es erst durch den Einsatz dieser Technologien möglich war, diese Werkstoffe zu verarbeiten. Für die Einschätzung der Möglichkeiten und Risiken, welche der Einsatz dieser Technologien mit sich bringt, ist es jedoch wichtig, die einzelnen Schritte der Prozesskette bei der Herstellung zahnärztlich-zahntechnischer Restaurationen zu kennen.

Nach der versorgungs- und werkstoffgerechten Präparation der Zähne (hierbei sei auf die einschlägige Literatur sowie die einzelnen Präparationsanleitungen der jeweiligen Anbieter von CAD/CAM-Systemen verwiesen) muss die Oberfläche der präparierten Zähne, gegebenenfalls die der Nachbarzähne und der Antagonisten, dreidimensional digital erfasst werden, um die Daten computergestützt verarbeiten zu können.

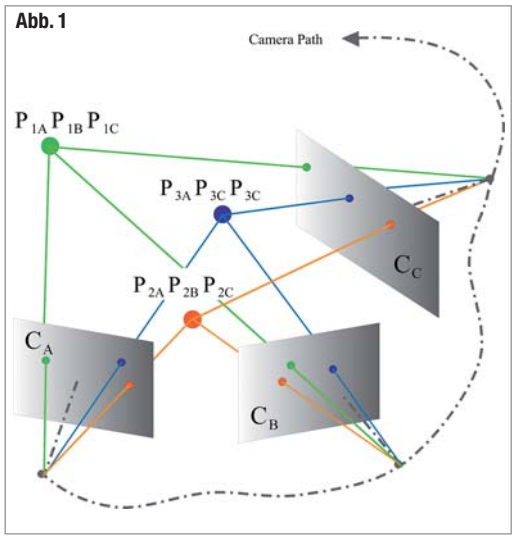


Abb. 1_ Aufnahmeprinzip der Intraoralkamera LAVA C.O.S. (3M ESPE, Seefeld).

_Intraorale Digitalisierung

Die intraorale Erfassung der Zahnoberflächen ist ein berührungslos-optisches Digitalisierverfahren. Dabei ermöglicht die intraorale Digitalisierung den Verzicht auf eine Abformung der klinischen Situation. Etablierte Systeme sind derzeit der LAVA Chairside Oral Scanner C.O.S. (3M ESPE, Seefeld), die CEREC Bluecam (Sirona Dental, Bensheim) sowie der Ora-Scanner (OraMetrix Inc, Richardson, USA). In diesem Segment sind derzeit eine große Dynamik und neue Innovationen zu beobachten. Belastbare klinische Studien zu den Messunsicherheiten fehlen jedoch. Dabei ist aufgrund des begrenzten Platzangebotes im Mund und der 100%igen Luftfeuchtigkeit der optisch-technische Aufbau des Digitalisiergerätes begrenzt. Die ersten Generationen der intraoralen Digitalisiergeräte konnten die Präparation aus nur einer Aufnahmerichtung betrachten und mussten dafür kleine Triangulationswinkel benutzen. Daraus ergab sich eine begrenzte Höhenmessgenauigkeit. Weiterhin reduzieren die Bewegungen des Patienten und des Behandlers die Aufnahmezeit für die optische Datenerfassung auf unter 1/8 Sek. Moderne Digitalisiergeräte erhöhen die Anzahl der Aufnahmen und der Ansichten auf die Zahnreihe und rechnen die Daten im Nachgang zusammen. Der LAVA C.O.S. nutzt das Prinzip des „Active Wave Front Sampling" (LAVA COS, Brontes Technologies, Inc., MA, USA). Dabei nimmt das Digitalisiergerät ähnlich einer Videokamera eine Vielzahl von Einzelmessungen auf, die automatisch zu einem Modelldatensatz zusammengefügt werden. Inwiefern sich der Fortpflanzungsfehler beim Zusammensetzen der einzelnen Datensätze auf das Di-

gitalisierergebnis auswirkt, ist unklar. Besonders an den Rändern der Datensätze kann es zu erheblichen Abweichungen des Datensatzes vom Original kommen. Bei der Kontrolle der Digitalisierung am Monitor können jedoch unklare Bereiche erkannt und gegebenenfalls nachdigitalisiert werden. Zusätzlich beeinflussen klinische Parameter wie Speichel, Blut sowie Patientenbewegungen, wie auch bei der konventionellen Abformung, das Digitalisierergebnis. Ein Verdrängen von Gingiva oder Flüssigkeiten im Bereich der Präparationsgrenze, wie durch die Stempelwirkung des Abformmaterials, entfällt bei der intraoralen Digitalisierung. Somit erhält ein adäquates Weichgewebsmanagement eine besondere Bedeutung. Ein weiteres Problem stellen die transluzenten Zahnoberflächen dar. Durch das unterschiedliche Eindringverhalten des Lichtes in die verschiedenen Schichten (Schmelz, Dentin) kommt es zu ungenauen Messungen. Dabei werden zur Vermeidung von Reflexionen oder zur Strukturierung der Zahnoberfläche die Zähne bepudert. Das Pulver kann sich in Ecken und Kanten (oder im Bereich der Präparationsgrenze) ansammeln und zu einem zusätzlichen Messfehler von 20 bis 40 µm führen.

_Extraorale Digitalisierung

Neben der intraoralen Digitalisierung kann ebenfalls der „klassische" Weg über eine Abformung gegangen werden. Dafür stehen die verschiedenen Arten der Abformung (Doppelmischabformung, Korrekturabformung, Monophasenabformung) zur Verfügung. Die aus der Abformung entstandenen Meistermodelle können dann optisch oder mechanisch (taktil) dreidimensional erfasst werden. Extraoral-optische Digitalisierverfahren weisen, verglichen mit taktilen Systemen, zumeist kürzere Digitalisierzeiten, dafür aber höhere Messungenauigkeiten auf. Die optischen Digitalisierverfahren sind aus einer Projektor- und einer Detektoreinheit aufgebaut, die in einem bekannten Winkel zueinander angeordnet sind (Triangulationswinkel). Die Projektoreinheit projiziert entweder Laserpunkte bzw. -linien oder strukturiertes Weißlicht (Streifen) auf die Meistermodelle. Die Projektionen aus verschiedenen Richtungen auf das Modell werden von der Detektoreinheit aufgenommen. Aus der Projektionsrichtung und der Verzerrung des Musters auf dem Modell kann ein dreidimensionaler Datensatz erzeugt werden. Verschiedene Autoren geben dabei Messfehler von ca. 10 µm an. Hierbei kann die Oberflächenbeschaffenheit des Gipses sowie Erschütterungen bei der Messung das Digitalisierergebnis beeinflussen. Werden Bereiche der Projektion durch die Geometrie des Modells oder der Stümpfe abgeschattet (zum Beispiel bei Hinterschnitten), werden dort keine Daten erfasst.

Mechanische (taktile) Digitalisiergeräte können Positive (Modelle, Stümpfe) und Negative (Innenformen)


Abb. 2

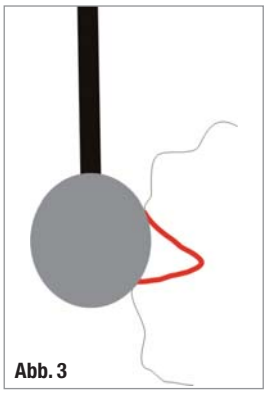

Abb. 3

Abb. 2_ Extraoral-optische Digitalisierung mit einer Streifenprojektion (Gray-Code).
Abb. 3_ Mögliche Fehler bei der mechanischen Digitalisierung.

mit einer geringen Messunsicherheit erfassen. Jedoch hat sich die mechanische Digitalisierung von Abformungen als nicht praktikabel erwiesen. Die Stumpfoberfläche wird hierbei mit einem Taster erfasst. Für die Genauigkeit der Abtastung ist die Form und Größe des Tasters und die Geschwindigkeit der Abtastung entscheidend. Als Taster wird eine Kugel aus einem harten Material (z.B. Korund) benutzt. Feine Strukturen (Kavitäten, Präparationsgrenze) werden bei dem Einsatz eines zu großen Tastkugeldurchmessers nicht erfasst, zu kleine Taster können jedoch die Oberfläche des Objektes beschädigen. Mechanische Digitalisiersysteme scannen das Messobjekt heute vorwiegend vollautomatisch ab und weisen eine Messunsicherheit von etwa 3 µm auf. Die Zahnform (Molar oder Eckzahn) kann das Ergebnis der mechanischen Digitalisierung beeinflussen. Neben dem hohen Zeitaufwand ist eine eventuell auftretende Antastverformung bei weichen bzw. nicht biegesteifen Objekten ein Nachteil. Ein zu großer Antastdruck kann die Oberfläche des Messobjektes beschädigen oder verformen, was auch der mechanischen Digitalisierung von Abformungen zum Verhängnis wurde.

Von der Art der Datenerfassung unabhängig entstehen aus der Digitalisierung dreidimensionale Datensätze in Form von sogenannten „Punktewolken". Alle Punkte der Punktewolke beschreiben zusammen die Oberfläche der Modelle und Stümpfe. Der Einsatz von Filtern kann die Qualität der Punktewolke verbessern. Dabei können einzelne Streupunkte und Ausreißer sowie messbedingtes Rauschen entfernt werden. Solche Filter sind in der Regel auf das jeweilige Digitalisiersystem abgestimmt und für den Anwender nicht veränderbar. Um aus der dreidimensionalen Oberflächenbeschreibung der Zähne Kronen und Brücken konstruieren zu können, müssen die ungeordneten, optisch gemessenen Punktewolken zunächst aufbereitet werden. Dabei werden die 3-D-Daten in mathematisch beschreibbare, zusammenhängende Flächen überführt. Diesen Prozess nennt man Flächenrückführung.

Für die Flächenrückführung können verschiedene mathematische Verfahren benutzt werden. Die am häufigsten verwendete Variante ist die Triangulation (nicht zu verwechseln mit der bereits erwähnten op-



Abb. 4_ Mechanische Digitalisierung von Abformungen.

tischen Triangulation). Hierbei bilden je drei benachbarte Punkte der Wolke ein Dreieck, sodass die gesamte Oberfläche als Fläche dargestellt werden kann. Alternativ können für die Flächenrückführung sogenannte NURBS (Non-Uniform, Rational, B-Splines) verwendet werden. Dies ist ein mathematisches Verfahren zur Beschreibung von glatten Kurven oder Flächen unter Verwendung von Polynomen, basierend auf den gemessenen Punkten. Das Ergebnis der Flächenrückführung wird in aller Regel erst visualisiert, die Berechnungen im Vorfeld laufen im Hintergrund ab. Häufig wird aus Performancegründen die gemessene Situation grafisch reduziert dargestellt. Dabei ist es jedoch für die Kontrolle des Digitalisierdatensatzes von Vorteil, wenn die vollständige Auflösung visualisiert wird (What You See Is What You Get-Prinzip).

_CAD (Konstruktion)

Für die Konstruktion der Restaurationen kann auf werkstoffkundliches Wissen sowie klinische Erfahrungen zurückgegriffen werden. Für einen klinischen Erfolg benötigen Restaurationen aus bestimmten Materialien eine Mindestschichtstärke. Wenn das verwendete Material der späteren Restauration der benutzten CAD-Software bekannt ist, kann das Programm die Einhaltung bestimmter Mindestparameter der Restauration (zum Beispiel Mindestschichtstärke, Verbinderquerschnitt) kontrollieren. Sogenannte „intelligente Gerüstdesigns" beim Einsatz von Oxidkeramiken verstärken die Gerüstkeramik in allen Bereichen mit genügend Raum zu Nachbarzähnen, Antagonisten und Gingivabereichen, sodass die ästhetische Verblendkeramik in gleichmäßiger Schichtstärke aufgebracht werden kann und somit das Risiko einer Fraktur der Verblendkeramik verringert wird. Bei der Konstruktion von Brücken muss die Grundform eines oder mehrerer Brückenglieder in Form, Lage und Größe der Verbinderquerschnitte festgelegt werden. Dabei sollte der Verbinderquerschnitt, in Abhängigkeit vom verwendeten Fertigungssystem und Werkstoff, im Seitenzahnbereich 9–12 mm² nicht unterschreiten. Die verwendete Restaurationsart (Kronengerüst, Brücke, Restaurationen mit funktionellen Kauflächen) bestimmt den Aufwand an computergestütztem Design, jedoch sollte aus klinischer Sicht auch bei der Konstruktion von Käppchen und Brückengerüsten die okklusalen Beziehungen beachtet werden.

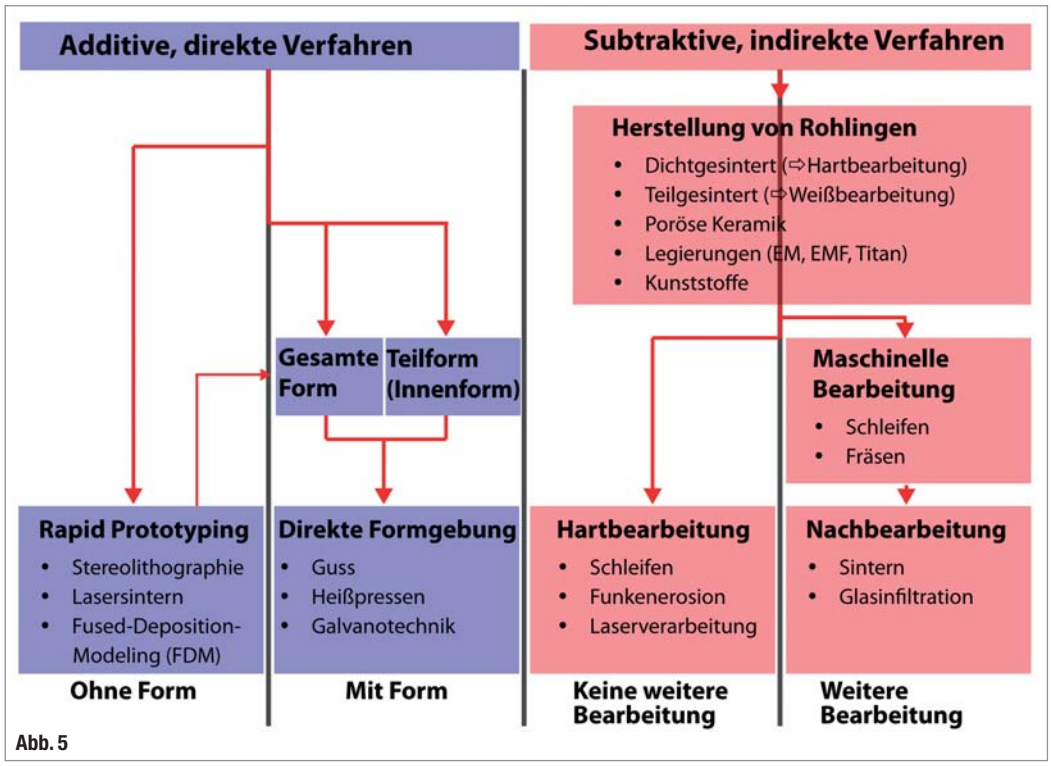


Abb. 5_ Systematische Übersicht der Fertigungsverfahren in der Zahnheilkunde nach Rudolph, Quaas, Luthardt.

dentona®
NEW WAY DENTAL TECHNOLOGY

Optimiert für die digitale Modellherstellung in Ihrem Labor!



IHRE VORTEILE

- vielseitig einsetzbar für die Modell- und Gerüstherstellung
- fräsbar sind Gips, Zirkon, Kunststoff und Wachs
- Modelle und Gerüste mit Unterschnitten in allen Richtungen

3D vario-mill 5A

UNSCHLAGBAR WIRTSCHAFTLICH!

49.500,– € zzgl. MwSt. inklusive CAD-Software für die Modellkonstruktion und 5-Achsen CAM-Software für die Modell- und Restaurationsherstellung.

3D vario-mill 5A

3D vario-mill 5A ist die 5+1-Achsen-Hochleistungsfräsmaschine für jedes Dentallabor. Optimiert für die wirtschaftliche Herstellung von Präzisionsmodellen aus Gips, wie der Zahntechniker sie kennt und erwartet. Vielseitig einsetzbar ist die 3D vario-mill 5A auch für die Restaurationsherstellung aus Zirkon, Kunststoff und Wachs. Mit der CAM-Software SUM 3D dentona®-edition wählen Sie zwischen verschiedenen Strategieoptionen aus und bestimmen so die Effizienz Ihrer Modell- und Gerüstherstellung.

www.digitale-modellherstellung.de

Nicht immer können die am Bildschirm konstruierten Restaurationen auch so hergestellt werden. Abhängig vom verwendeten Fertigungsverfahren ist nicht jede konstruierte Form (spitze Winkel, Kurvaturen, Okklusalflächen) auch fertigbar. Wenn die Innenseite der inzisalen Spitze eines Kronenkäppchens nur 0,5 mm breit ist, kann diese nicht mit einem Schleifer von 1 mm Durchmesser gefertigt werden. Abhängig vom eingesetzten Herstellungsverfahren müssen vor der Fertigung die konstruierten Geometrien teilweise durch Postprozesse modifiziert werden, damit sie herstellbar sind.

_Fertigung

In den ersten Jahren des Einsatzes von CAD/CAM-Technologien standen subtraktive Verfahren im Vordergrund. Die Mehrzahl der keramischen Restaurationen werden auch heute noch subtraktiv durch Schleifen der Restauration aus präfabrizierten Blöcken herausgearbeitet. Seit der Jahrtausendwende werden auch zunehmend Rapid-Prototyping-Technologien angewandt, die alle additiv arbeiten. Dabei werden die Restaurationen schichtweise aufgebaut. Alle CAD/CAM- und Rapid-Prototyping-Technologien lassen sich in eine Systematik einordnen, die auch für die konventionellen Herstellungstechniken geeignet ist und somit einen Vergleich aller Verfahren zur Herstellung von zahnmedizinischen Restaurationen erlaubt. Dabei können die Herstellungsverfahren, sowohl konventionelle als auch CAD/CAM- und Rapid-Prototyping-Technologien, in direkte und indirekte, additive und subtraktive Formgebungsverfahren unterteilt werden. Alle Rapid-Prototyping-Technologien sind direkte Verfahren, d.h. sie tragen Material auf. Beim Urformen (auch „Direkte Formgebung") wird das Rohmaterial durch Lasersintern, Stereolithografie, Fused Deposition Modeling oder das 3-D-Drucken (Keramikpulver oder -schlicker, Metallpulver, flüssiges Fotopolymer, Thermoplaste) direkt vom CAD-Modell in die jeweilige Restauration oder das Therapiemittel überführt. Alle diese Verfahren bauen die Restauration oder ein anderes Therapiemittel (Bohrschablone, Schiene) entsprechend dem zuvor erstellten CAD-Modell schichtweise auf. Dabei bestimmt die Größe der Schichten die Genauigkeit der Umsetzung des CAD-Modells in das reale Werkstück (Restauration, Schiene, Wachsrestauration, Schablone). Je feiner die einzelnen Schichten sind, desto genauer ist die Umsetzung und desto besser die Oberflächenqualität, aber auch desto größer ist der Zeitbedarf zur Herstellung der Werkstücks. Also sollte, in Abhängigkeit von dem für die Restauration oder dem Therapiemittel vorgegebenen Toleranzen, ein Optimum zwischen Geschwindigkeit und Präzision gefunden werden.

Für die indirekten subtraktiven Verfahren werden zunächst aus dem Grundmaterial Rohlinge hergestellt. Aus diesen wird dann wiederum durch abtragende Verfahren die eigentliche Restauration (zum Beispiel Schleifen einer vollkeramischen Krone aus einem gepressten Keramikblock) gewonnen. Weiterhin können die subtraktiven Herstellungsverfahren in Verfahrenswege unterteilt werden, die keine weitere Nachbearbeitung erfordern und jene, bei denen weitere Bearbeitungsschritte wie Sintern oder Glasinfiltrieren notwendig sind. Bei subtraktiven Verfahren müssen die Größen der Fräser und Schleifer auf das jeweilige zu bearbeitende Material abgestimmt sein, damit die Fertigung hinreichend schnell, aber auch ohne Schädigung des Materials (vor allem bei Keramik von Bedeutung) stattfinden kann. Der Weg des Schleifers durch den Block aus Rohmaterial ist durch die Fräsbahn definiert. Diese wird mit dem NC-Postprozessor auf die Maschinensteuerung abgestimmt, um eine hohe Präzision bei der Fertigung zu erreichen.

Durch eine mögliche Nachbearbeitung, wie Sintern, kann es zu einer Volumenänderung des Werkstückes nach dem Herstellungsprozess kommen. Diese Volumenänderung muss bereits bei der Konstruktion im CAD-Modell berücksichtigt werden. Fotopolymere und Acrylate schrumpfen um etwa 3–4 %, Grünlinge aus Aluminiumoxid um etwa 18 % und solche aus Zirkoniumdioxid um etwa 27 %, sodass vor der Fertigung das CAD-Modell um diesen Betrag vergrößert werden muss.

Die Zahl der CAD/CAM-Systeme für die Zahnheilkunde ist seit ihrer Einführung stetig gestiegen. Darüber hinaus werden die Systeme ständig weiter-


Abb. 6


Abb. 7

Abb. 6_ Prinzipieller Fehler bei der Innenbearbeitung einer Krone beim Fräsen aus einem Block. Die Innenpassung ist durch den Fräserdurchmesser limitiert.
Abb. 7_ Replika der Krone von Abb. 6. Der Zementspalt wurde mit einem dünnfließenden Silikon gefüllt und dargestellt. Moderne Fertigungsverfahren liefern heute wesentlich bessere Innenpassungen als hier gezeigt.

entwickelt: neue Werkstoffe (z.B. Rohlinge mit Farbverlauf für eine verbesserte Ästhetik), neue Software-Tools zur Konstruktion oder eine verbesserte Anwenderfreundlichkeit sind Beispiele für diese Neuerungen. Bei den dentalen Fertigungssystemen kann weiterhin zwischen zentraler und dezentraler Fertigung unterschieden werden. Die zentrale (oder: industrielle) Fertigung bietet den Vorteil der Herstellung unter kontrollierten Bedingungen (z.B. Reinraumbedingungen). Investitionskosten für Fräsmaschinen entfallen, am gewohnten Ablauf (Zahnarzt-Labor-Zahnarzt) ändert sich aus zahnärztlicher Sicht nur sehr wenig (Zahnarzt-Labor-Fertigungszentrum-Labor-Zahnarzt), sofern eine konventionelle Abformung und Modellherstellung vorgenommen wird. Bei der dezentralen Fertigung können Design-Parameter, sofern gewünscht und die Software dies zulässt, vor Ort beeinflusst werden. Für diesen frühzeitigen Einstieg in die Wertschöpfungskette müssen mindestens ein Digitalisiergerät (nur Scannen dezentral bei zentraler Fertigung) und gegebenenfalls auch Software, Schleifmaschinen und Spezialöfen angeschafft werden.

Durch den Einsatz neuer intraoraler Digitalisierverfahren in Kombination mit Rapid-Prototyping-Technologien ist ein Verzicht auf die klassische Abformung und Modellherstellung denkbar. Der erfasste Datensatz wird digital an ein zentrales Fertigungszentrum gesandt und das Modell anhand der digitalen Daten generiert. Modell und Restauration werden dann aus dem Fertigungszentrum an das zahntechnische Labor geschickt, um dort die Verblendung vorzunehmen. Dabei ändert sich die zeitliche Abfolge grundlegend (Zahnarzt-Fertigungszentrum-Labor-Zahnarzt).

Randspalten zwischen Zahnstumpf und Restauration, welche als mikroökologische Nischen wirken, werden für das Entstehen von Erkrankungen des Parodonts und Sekundärkaries verantwortlich gemacht. Somit stellt der Kronenrand bei der Herstellung zahnärztlicher Restaurationen den Schwachpunkt dar. Bei der Herstellung zahnärztlich-zahntechnischer Restaurationen mittels CAD/CAM-Technologien ist die Präzision immer die Summe aller Fehler jedes Einzelschritts der Prozesskette. Fehler der einzelnen Schritte (Datenerfassung, CAD/CAM) sowie Fehler des Anwenders können sich auf die Passgenauigkeit der Restauration auswirken. Wenn man die Passgenauigkeit CAD/CAM-gefertigter Restaurationen bewerten will, kommt man nicht um eine Analyse der internen Passung, bei Restaurationen mit Kauflächen um die kombinierte Analyse der internen und okklusalen Passgenauigkeit, herum. Bei zu großen Spalten zwischen der Stumpfoberfläche und Kroneninnenfläche (als interne Passgenauigkeit definiert) kann die Festigkeit der Restaurationen bei der Verwendung bestimmter Materialien herabgesetzt sein oder es können Retentionsverluste eintreten.


Abb. 8

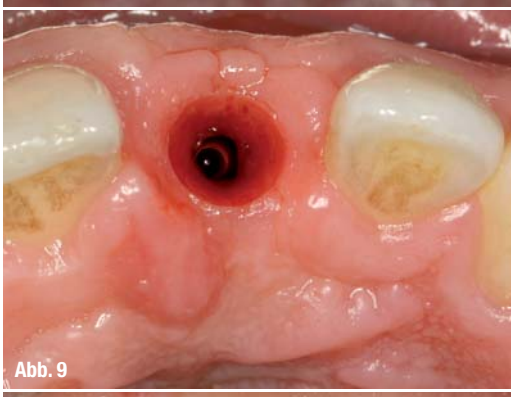

Abb. 9


Abb. 10

Abb. 8_ Situation nach Implantation und Ausformung des Weichgewebes mit einem individualisierten provisorischen Abutment und provisorischer Krone Regio 21 von frontal.
Abb. 9_ Situation der Abbildung 8 von okklusal.
Abb. 10_ Eingegliedertes individuelles vollkeramisches Abutment (Zirkoniumdioxid) auf Implantat Regio 21.

_Passgenauigkeit bei CAD/CAM-Restaurationen klinisch ausreichend

Untersuchungen zu CAD/CAM-gefertigten Restaurationen zeigen prinzipiell klinisch ausreichende Passgenauigkeiten. Dabei betrachten diese Studien den Randspalt einer Restauration in Verbindung mit der klinischen Überlebensrate. Randspaltbreiten innerhalb einer gewissen Bandbreite (bis zu 200 µm) ließen vor allem bei adhäsiv befestigten Restaurationen keinen unmittelbaren Rückschluss auf die zu erwartende klinische Überlebensrate zu. Bezüglich der klinischen internen und marginalen Passgenauigkeit zeigten sich systemabhängig keine signifikanten Unterschiede zu metallkeramischen Restaurationen. Aus klinischer Sicht ist eine konventionelle Befestigung computergestützt hergestellter Restaurationen aus Oxidkeramiken (Aluminiumoxid, Zirkoniumdioxid) mit Zinkoxidphosphatzementen und im sichtbaren Bereich mit Glasionomerzementen aus parodontalen Gründen zu bevorzugen. Glaskeramiken, die


Abb. 11

Abb. 11_ Eingegliedertes individuelles vollkeramisches Abutment und Krone aus Zirkoniumdioxid auf Implantat Regio 21.

im Gegensatz zu Oxidkeramiken keine ausreichende Eigenfestigkeit haben, müssen zwingend adhäsiv befestigt werden.

_Okklussion präzise einschleifen

Um ein Abplatzen der Verblendkeramik (sog. Chipping) zu verringern, sollte die statische und dynamische Okklusion der Restaurationen sehr präzise eingeschliffen werden. Zirkoniumdioxidkeramik sollte nur mit speziell für Zirkondioxidkeramik hergestellten Schleifern, dem Einsatz einer Turbine mit Wasserkühlung (Drehzahlempfehlung 160.000/min) und nur mit geringer Anpresskraft (< 2 N) bearbeitet werden, um eine Schädigung der Keramik zu vermeiden. Gleiches gilt, falls eine Trepanation eines Gerüstes aus einer Oxidkeramik (Aluminiumdioxid, Zirkoniumdioxid) nötig sein sollte. Um Antagonisten vor angerauter Keramik zu schützen, ist eine Politur der Keramikoberfläche sehr zu empfehlen.
Intraorale Reparaturen einer Verblendung CAD/CAM-gefertigter festsitzender Restaurationen aus Oxidkeramiken können mit allen herkömmlichen Reparatursets (z.B. CoJet® System; 3M ESPE AG, Seefeld, DE; Bifix DC, VOCO, Cuxhaven, DE), welche für Vollkeramik freigegeben sind, und einem Füllungscomposite durchgeführt werden.

_Überlebensraten von CAD/CAM-Restaurationen

Aufgrund der frühen Einführung von Inlays aus Glaskeramik mit dem CEREC-System gibt es dafür die beste Datenlage, im Bezug auf klinische Studien und damit auch die am längsten währende Erfahrung. In einer Meta-Analyse zeigten keramische Inlays Überlebensraten von 96 % nach 4,5 Jahren bis 91 % nach sieben Jahren sowie 84,4 % nach durchschnittlich 16,7 Jahren. Entsprechende Goldgussrestaurationen zeigen vergleichbare Überlebensraten (87,5 % nach zehn Jahren und 73,4 % nach 25 Jahren). Ein systematischer Review über 15 Studien zu Cerec-Inlays zwischen 1986 und 1997 zeigte mittlere Überlebensraten von 97,4 % über 4,2 Jahre. In diesem Fall schnitten Einlagefüllungen aus Goldguss im Vergleich zu Keramikinlays mit einer 100 % Überlebensrate in einem Zeitraum von fünf Jahren deutlich besser ab. Daher kann, unter Berücksichtigung der materialspezifischen Eigenschaften bei der Indikationsstellung und der Verarbeitung des keramischen Grundmaterials, CAD/CAM-gefertigte keramische Inlays, Teilkronen und Veneers für die Anwendung in der Praxis empfohlen werden.
Eine Meta-Analyse zur 5-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit festsitzender Einzelzahnrestaurationen zeigte Überlebensraten von 95,6 % für metallkeramische Kronen und 93,3 % für vollkeramische Kronen. Dabei zeigte unter den vollkeramischen Systemen Aluminiumdioxid (nach Procera-Verfahren, Nobel Biocare, Stockholm, SE) die besten Überlebensraten (96,4 %), gefolgt von gepressten Glaskeramikkronen (Empress) und InCeram-Restaurationen (95,4 % und 94,5 %). Betrachtet man die 5-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit von Einzelkronen auf Implantaten, schnitten metallkeramische Einzelkronen signifikant besser ab (95,4 %) als vollkeramische Versorgungen (91,2 %). Technische Probleme (Gerüst- und Verblendungsfrakturen) wie auch biologische Komplikationen (Implantatverlust durch Periimplantitis, Knochenverlust, Weichgewebsdefekte) führten zum Verlust der Restaurationen.
Die 5-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit metallkeramischer Brücken war mit 94,4 % signifikant höher als die vollkeramischer Brücken (88,6 %). Die hohe Anzahl materialbedingter Komplikationen (Fraktur der Gerüstkeramik, Abplatzungen der Verblendkeramik) senkte die Überlebenswahrscheinlichkeit vollkeramischer Brückenrestaurationen gegenüber metallkeramischer Systeme. Andere technische und biologische Komplikationen (Retentionsverlust, Randkaries, Vitalitätsverlust der Pfeilerzähne) waren zwischen beiden untersuchten Gruppen vergleichbar. Aufgrund von Verbesserungen der CAD/CAM-Systeme („intelligentes Gerüstdesign") sowie des klinischen Handlings sollten derzeit gefertigte Restaurationen höhere Überlebensraten aufweisen, was sich in den nächsten Jahren auch in Studienergebnissen niederschlagen sollte._

_Kontakt

digital dentistry

OA Dr. med. dent. Sebastian Quaas
Klinik für Zahnärztliche Prothetik
Universitätsklinikum Ulm
Albert-Einstein-Allee 11
89081 Ulm
E-Mail: Sebastian.Quaas@computerzaehne.de
www.computerzaehne.de

QUATTRO MILL CAD/CAM
QUALITÄT für Neueinsteiger



- 4-Achs Fräsmaschine Quattro Mill Easy
- Bearbeitung von Zirkondioxid, Wachs und PMMA
- Wirtschaftlichkeitsberechnung:
  4,- Euro Materialpreis/Zirkonkäppchen

Ausführliche Informationen erhalten Sie von unseren Außendienstmitarbeitern oder bei einem persönlichen Besuch in unseren bundesweiten Referenzfräszentren.

GOLDQUADRAT

Goldquadrat GmbH I Büttnerstraße 13 I 30165 Hannover I Telefon: +49 (0) 511 449897-0
Fax: +49 (0) 511 449897-44 I info@goldquadrat.de I www.goldquadrat.de