

Ist Zahnersatz aus Edelmetall noch zeitgemäß?

ZTM Björn Maier

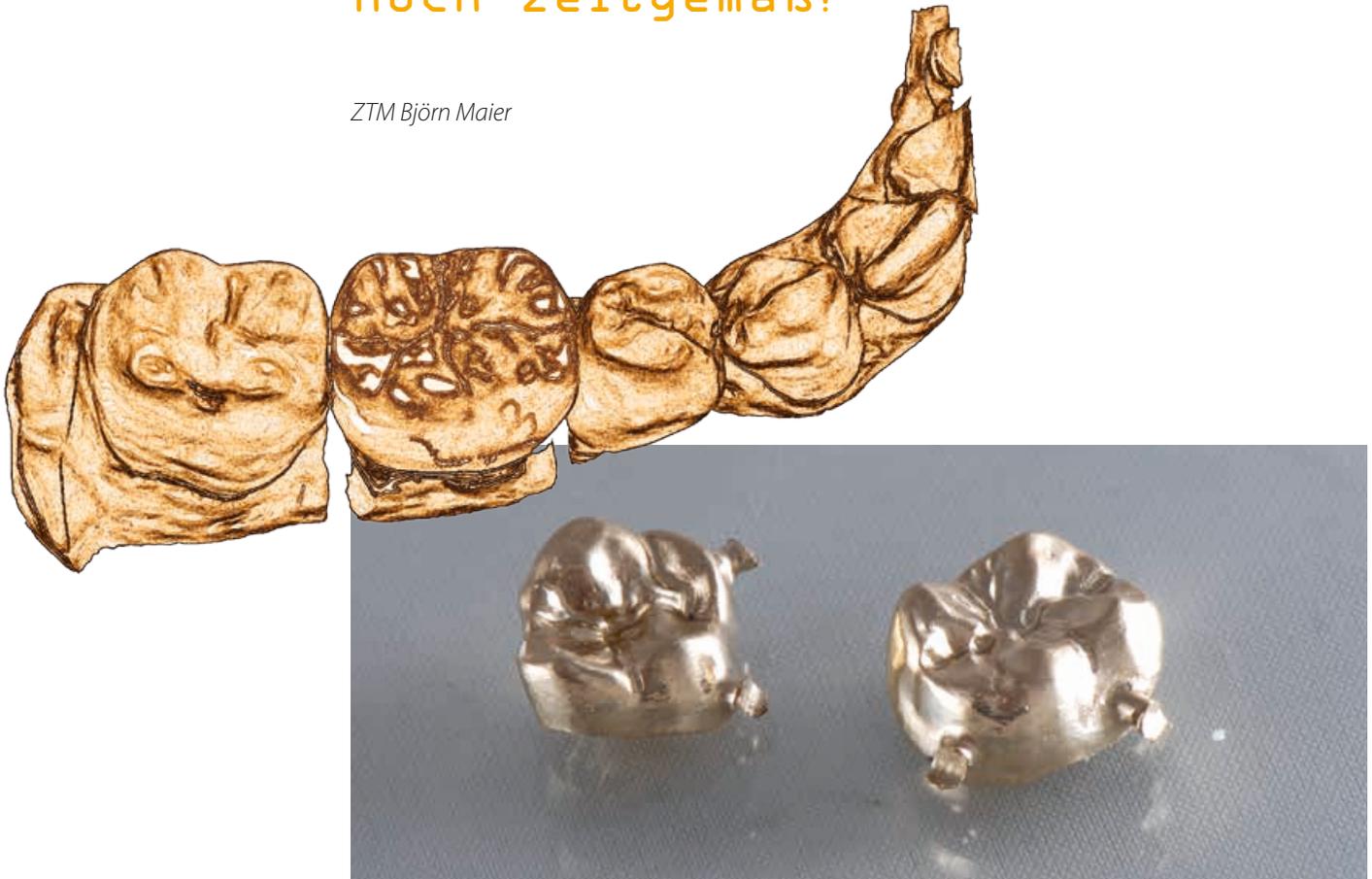


Abb. 01: Teilkronen nach dem Fräsprozess

Einleitung

Dank CAD/CAM-Technologien haben in den vergangenen Jahren viele neue Materialien Einzug in den zahntechnischen Alltag gefunden. Der Mehrwert wurde hier hauptsächlich bei keramisch-basierten sowie kunststoffbasierten Werkstoffen gesehen.

Edelmetalllegierungen hingegen werden schon seit einigen Jahrzehnten in den zahntechnischen Laboren verarbeitet. Auch zu diesem Material stellt sich unter Betrachtung der technologischen Möglichkeiten die Frage, ob die Gießtechnik noch der State of the Art ist.

Dabei sollten Themen wie Werkstoffhomogenität und Wirtschaftlichkeit eine wichtige Rolle spielen.

Indizes

CAD/CAM, subtraktive Fertigung, Korrosionsbeständigkeit, Wirtschaftlichkeit, Funktion

Einleitung

Gold zählt zu den ersten Metallen, die von Menschen verarbeitet wurden. Mit seiner auffallend glänzenden gelben Farbe wurde es metallisch gediegen in der Natur gefunden.

Gold lässt sich sehr gut mechanisch bearbeiten und korrodiert nicht. Wegen der Beständigkeit seines Glanzes, seiner Seltenheit, seiner scheinbaren Unvergänglichkeit und seiner auffallenden Schwere wurde es in vielen Kulturen vor allem für herausgehobene rituelle Gegenstände und Schmuck verwendet.

Auch die Vorteile bei der Herstellung von Zahnersatz wurden schon früh erkannt. Die Etrusker (ca. 450 v. Chr.) ersetzten fehlende Zähne durch goldbandgestützte Brücken. Dabei wurden natürliche Zähne oder aus Elfenbein geschnitzte Zahnformen in das Goldband genietet, welches anschließend an den noch vorhandenen Zähnen befestigt wurde.

Im Laufe der Zeit wurden die Verarbeitungstechniken verfeinert und verliefen dann über die geschmiedete Jacketkrone hin zur gegossenen Zahnkrone, welche in Wachs modelliert und anschließend über das Gießverfahren umgesetzt wurde. Letzteres Verfahren wird bis heute in zahlreichen zahntechnischen Laboren zur Verarbeitung von metallischen Legierungen angewendet.

Beobachtet man allerdings die technologische Veränderung der letzten fünfzehn Jahre im Bereich der zahntechnischen Fertigung, dominieren zunehmend „digital gestützte“ additive- und subtraktive Verfahren den zahntechnischen Alltag.



Abb. 02: Gefügestruktur von gegossenen Objekten im Querschnitt unter dem Mikroskop betrachtet

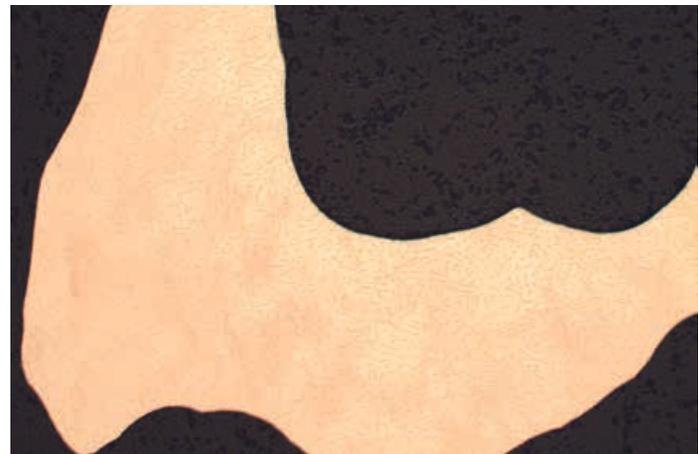


Abb. 03: Homogene Gefügestrukturen von Kronen, welche aus industriell gefertigten Werkstoffronden gefräst wurden

Subtraktive Fertigung von Zahnersatz im CAD/CAM-Workflow

Zirkoniumdioxid ist sicherlich ein Material, welches mit dem Einzug der subtraktiven Fertigung von zahntechnischen Halbzeugen in Verbindung gebracht werden kann. Die anfänglich noch mit einigen Stolpersteinen behaftete Herstellung solcher Gerüste wurde mit der Zeit immer weiter optimiert und ist aus dem heutigen zahntechnischen Alltag nicht mehr wegzudenken.

Mit der Optimierung der Verfahrenstechnologien wurden neue Materialien entwickelt, welche dank der CAD/CAM-Technologien eine höhere Individualität im Bereich der zahnmedizinischen Versorgung zugelassen haben.

Aber auch alt bewährte Materialien, wie z.B. Polymethylmethacrylat und kompositbasierte Kunststoffe bekamen eine neue Bedeutung. Dank der industriell gefertigten Fräsronden bekommen diese Materialien eine höhere Homogenität, und dadurch auch bessere physikalische Eigenschaften.

Diese Vorteile sehe ich auch bei der Verarbeitung von edelmetallbasierten Legierungen. Betrachtet man die Homogenität einer gegossenen Krone unter dem Mikroskop, können Lunker und inhomogene Gefügestrukturen erkannt werden (Abb. 02). Diese führen zu einer Herabsetzung der physikalischen Eigenschaften, sowie zu einer verstärkten Korrosion.

Betrachtet man hingegen die Gefügestruktur von industriell gefertigten Edelmetallronden, ist eine gleichmäßige homogene Struktur zu erkennen, welche eine Korrosion verhindert und auch eine einheitliche gleichbleibende physikalische Eigenschaft garantiert (Abb. 03).

Dieses Argument führt in aufklärenden Patientengesprächen oft zu einer Entscheidung für die subtraktive Fertigung.

Ist die Goldkrone überhaupt noch zeitgemäß?

Wie einleitend schon geschildert, sind mit dem Einzug der CAD/CAM-Technologien viele neue Materialien auf den Markt gekommen, um individuellen auf die Patientenwünsche abgestimmten Zahnersatz fertigen zu können.

Im Bereich der Kronen- und Teilkronenherstellung können monolitische zahnfarbene Materialien wie zum Beispiel Feldspatkeramiken, zirkoniumdioxidbasierte Materialien, Composite oder Lithiumdisilikate eingesetzt werden. Betrachtet man allerdings die Härte der aufgeführten Materialien und das damit zusammenhängende Abrasionsverhalten auf den Antagonisten sowie auf das Kiefergelenk, stellt sich durchaus die Frage, ob die ästhetischen Vorteile deren Einsatz rechtfertigen.

Kauflächen aus Gold bieten den Vorteil, dass sie in etwa die gleiche Härte wie natürlicher Zahnschmelz besitzen und sich deshalb beim Kauen nicht nach Zahnersatz anfühlen. Hochgoldhaltige Restaurationen gleichen sich dem natürlichen Abrasionsverhalten der Zähne an.

Im Weiteren können dank der physikalischen Eigenschaften von hochgoldhaltigen Legierungen Kronenränder enorm dünn gestaltet werden. Dies führt wiederum zu einer minimalinvasiven Präparation der zu versorgenden Zähne. Gerade bei okklusal abgestützten Kronenrändern kann bei natürlichem Abrasionsverhalten ein konstantes Anschmieden der Ränder beobachtet werden. Aufgrund dieser Kriterien kann die Goldkrone dank technologischer Weiterentwicklung auch im heutigen Zeitalter weiterhin glänzen!

Der CAD/CAM-gestützte Prozessablauf

Der physikalischen Umsetzung des edelmetallbasierten Zahnersatzes geht immer eine Konstruktion der morphologischen und funktionellen Eigenschaften voraus. Die Unterschiede der digitalen Konstruktion gegenüber der analogen sollen durch die direkte Gegenüberstellung der einzelnen Arbeitsschritte verdeutlicht werden (Abb. 04 und 05).

Prozessablauf digital:	Prozessablauf analog:
<ul style="list-style-type: none"> • Digitalisierung der Modellsituation (Spacer) • Konstruktionsvorschlag optimieren • Konstruktion an Fräszentrum senden • gefräste Krone kontrollieren und polieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Vorbereiten der Stümpfe • Modellation in Wachs • Modellation anstiften und Einbetten • Muffel vorwärmen • Muffel gießen • gegossenes Objekt ausbetten und abstrahlen • Gußkanäle verschleifen und ausarbeiten

Detaillierte Vorgehensweise im digitalen Workflow (CAD/CAM)

Im Weiteren möchte ich Ihnen den digitalen Weg anhand einer Patientenarbeit im Detail schildern. Die Ausgangssituation war eine analoge Abformung von zwei Teilkronen im Ober- und Unterkiefer. Nach der Modellherstellung und schädelbezüglichen Artikulation konnte die Situation digitalisiert werden.



Abb. 04: Analoges Wax-up

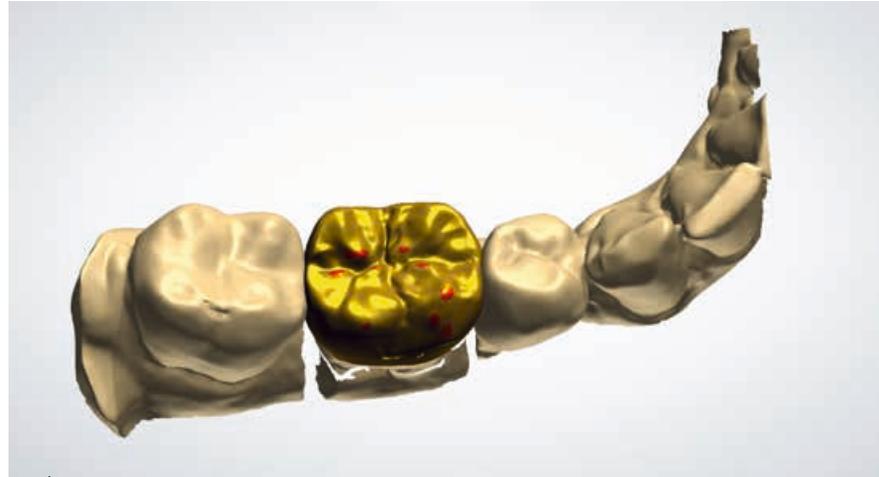


Abb. 05: Digitales Wax-up



Abb. 06: Anlegen des Patientenfalles in der CAD-Software

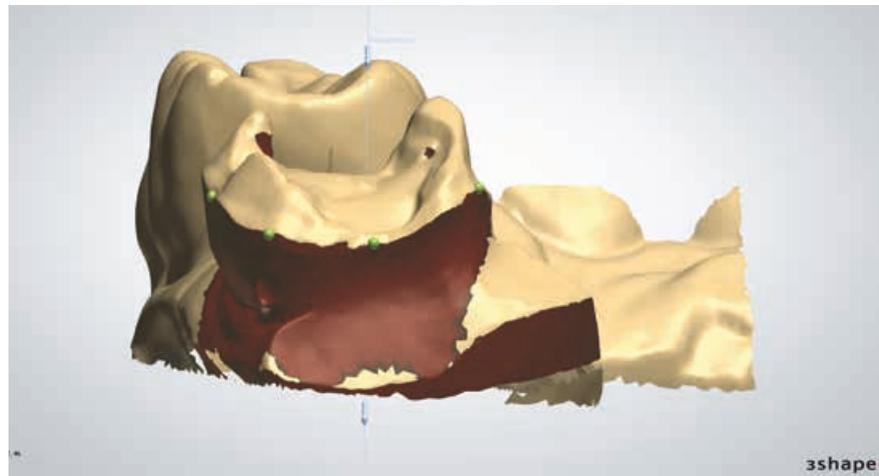


Abb. 07: Festlegen der Präparationsgrenze und Einschubrichtung

CAD (Computer Aided Design)

Im vorliegenden Fall wurde mit einem Laserlichtbasierten Scanner der Firma 3shape (Kopenhagen), sowie der DentalDesigner™ Software gearbeitet. Das gewünschte Material wird in der Software mit den entsprechenden Prozessparametern hinterlegt und beim Anlegen des Patientenfalles aufgerufen (Abb. 06).

Nach der Digitalisierung der Patientensituation wird die Präparationsgrenze in der CAD-Software festgelegt. Hierzu macht die Konstruktionssoftware einen ersten Vorschlag, welcher unter dreidimensionaler Betrachtung im Detail optimiert werden kann. Gerade bei minimalinvasiven Präparationen, für die edelmetallbasierte Teilkronen wegen ihrer physikalischen Eigenschaften gut geeignet sind, ist es nicht immer ganz einfach, die Präparationsgrenze sauber zu erkennen. Hierbei kann das Umschalten in einen Schwarzweißmodus ein hilfreiches Feature sein, um die Kronenkante ohne Reflexionen darstellen zu können (Abb. 07 und 08).

Die Einschubrichtung wird ebenfalls nach einem durch Algorithmen berechneten Prozess von der Software vorgeschlagen und kann übernommen werden. Sollte der Konstrukteur mit dem vorgegebenen Einschub nicht einverstanden sein, kann durch Verlagerung des Objektes der Einschub weiter optimiert werden.

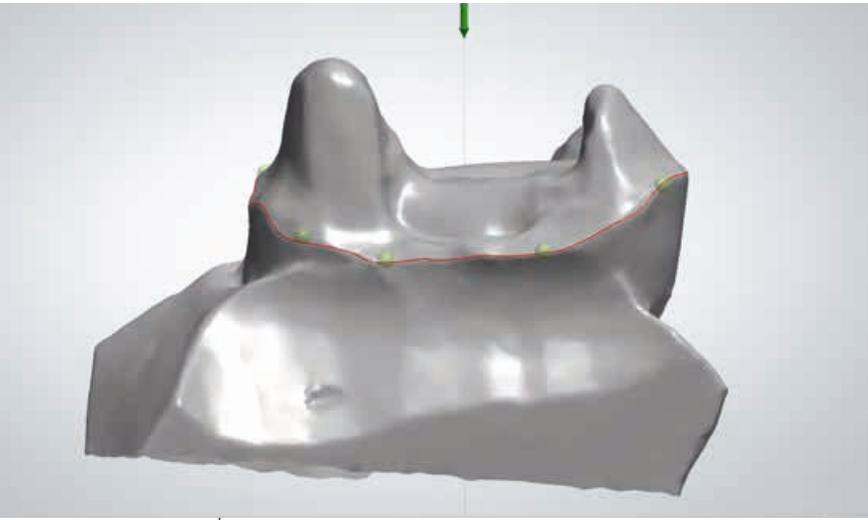


Abb. 08: Durch den schwarz-weiß Modus können dünn auslaufende Präparationsgrenzen besser erkannt werden

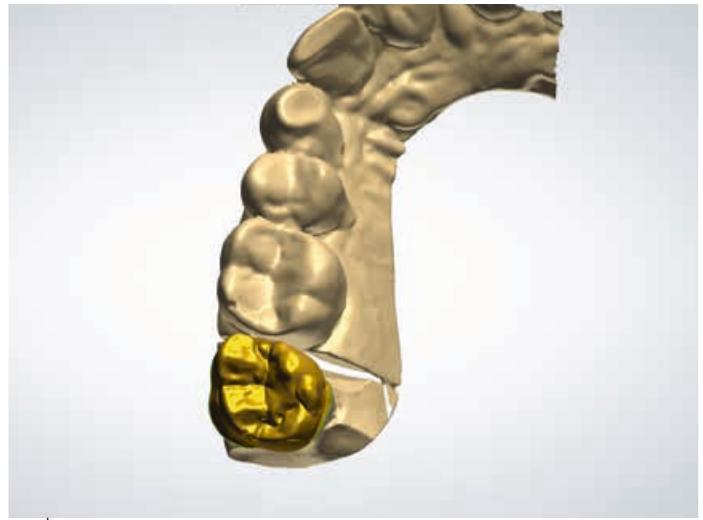


Abb. 09: Erster Konstruktionsvorschlag der OK-Teilkrone



Abb. 10: Erster Konstruktionsvorschlag der UK-Teilkrone

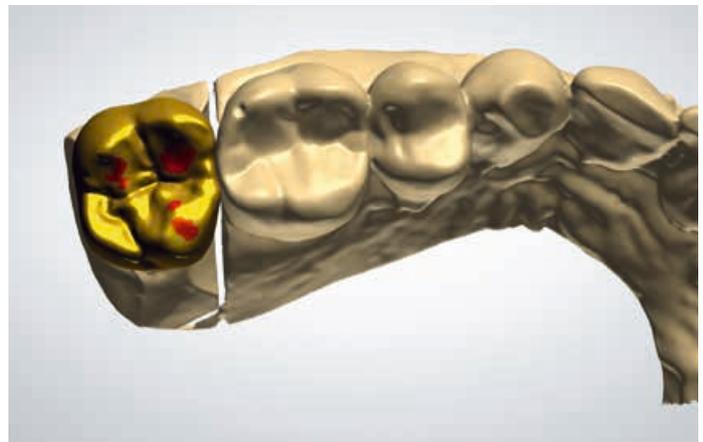


Abb. 11: Die Morphologie der Krone wird mit Hilfe der virtuellen Modellierinstrumente optimiert

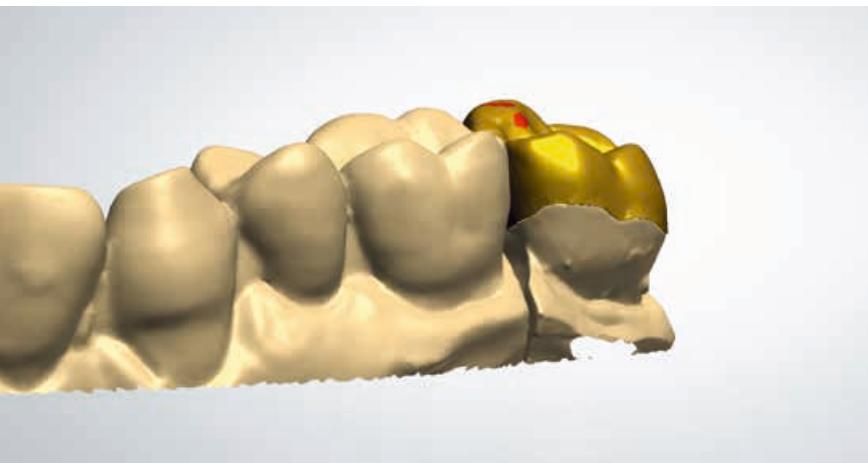


Abb. 12: Der Kronenrand ist in der Software mit 0,4 Millimeter eingestellt

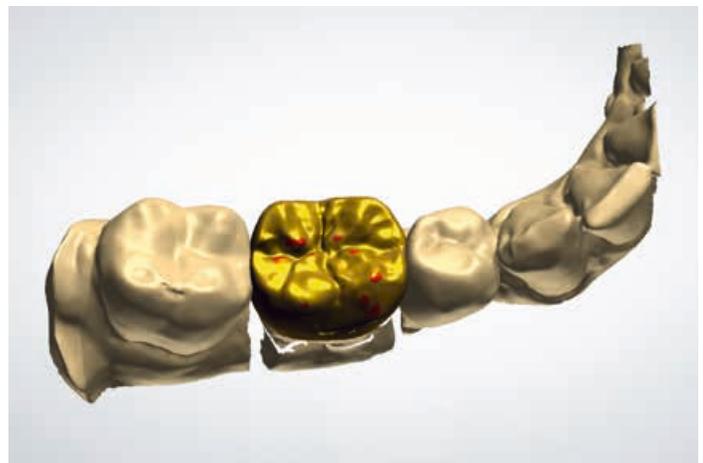


Abb. 13: Die optimierte Teilkrone im Unterkiefer



Abb. 14: Funktionsüberprüfung und Justierung mit Hilfe des virtuellen Artikulators

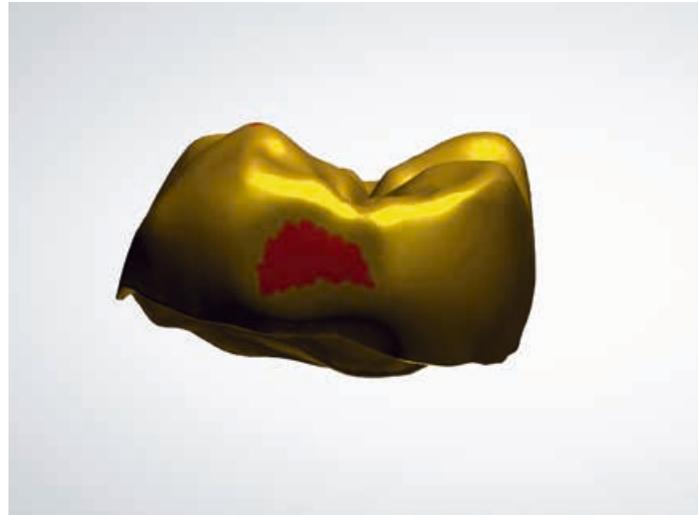


Abb. 15: Der mesiale Kontaktpunkt wird flächig konstruiert und eine Durchdringung von 0,15 Millimeter eingestellt

Die Einstellung des Zementspaltes und der Höhe kann ebenfalls je nach Behandlerwunsch individuell nachjustiert werden. Hier habe ich sehr gute Erfahrungen mit den Empfehlungen der Firma C. Hafner Dentaltechnologie (Wimsheim) gemacht, die ihre Angaben genau auf den Scanner abgestimmt haben.

Morphologische Gestaltung

Im nächsten Schritt folgt der erste Konstruktionsvorschlag der Software. Dabei handelt es sich um eine grobe Positionierung der Kronen, welche mit Hilfe des „Smile Composers“ in vertikaler und horizontaler Dimension, sowie dem Neigungswinkel nachjustiert werden können. Je nach Abrasionsgrad und Zahneigenschaften kann aus der Library eine passende Zahnform gewählt oder eine eigene Modellation aufgerufen werden, welche in der Library hinterlegt wurde. Letzteres kann die Individualität des Labors hervorheben (Abb. 09 und 10).

Zur nun folgenden Feinjustierung stehen dem Zahntechniker im DentalDesigner™ (Firma 3shape, Kopenhagen) die „Freiform Werkzeuge“ zur Verfügung. Mit Hilfe dieser Werkzeuge können die einzelnen Winkelmerkmale der Restauration detailliert gestaltet und die individuelle Einstellung der Kontaktpunkte erarbeitet werden. Ein gerne benutztes Hilfsmittel stellt hierbei das „morphing-tool“ für mich dar. Bei diesem virtuellen Hilfsmittel kann ich die Restauration mit einem definierten Durchmesser aktivieren und die morphologische Form verfeinern. Gerade im okklusalen Bereich eignet sich dieses Hilfsmittel sehr gut, um mit wenig zeitlichem Aufwand die Höcker und Fissuren der Kauflächen zu optimieren, sowie die Kontaktpunkte zu gestalten (Abb. 11 bis 13).

Funktion

Einen weiteren Vorteil in der digitalen Konstruktion sehe ich in dem virtuellen Artikulator. Dabei handelt es sich zwar im Moment noch um einen Mittelwertartikulator, trotz allem habe ich hiermit sehr gute Erfahrungen gemacht. Allerdings ist es empfehlenswert, vor Einsatz des Artikulators die Kauflächen wie eben beschrieben erst einmal grob zu gestalten und die Kontaktsituation auszuformen. Mit Hilfe des virtuellen Kausimulators können die Kiefergelenkbahnen nachgeahmt werden und die daraus errechnete Funktion in die Restauration übernommen werden. Allerdings sollte man wissen, dass die Software unter einer funktionellen Anpassung ausschließlich die Beseitigung der Störkontakte versteht. Deshalb ist meine Empfehlung, schon vor Benutzung des virtuellen Artikulators die Kauflächen möglichst unter Berücksichtigung der Kontaktpunkte zu gestalten. Somit hält sich nach dem virtuellen Einschleifen die morphologische Nacharbeit in Grenzen (Abb. 14).

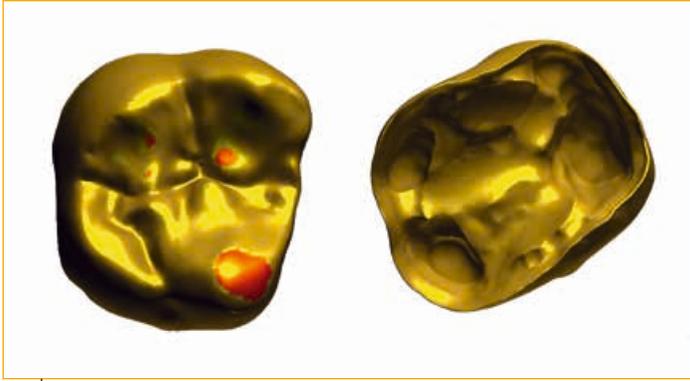


Abb. 16: Die fertig konstruierte Teilkrone von okklusal und koronal betrachtet

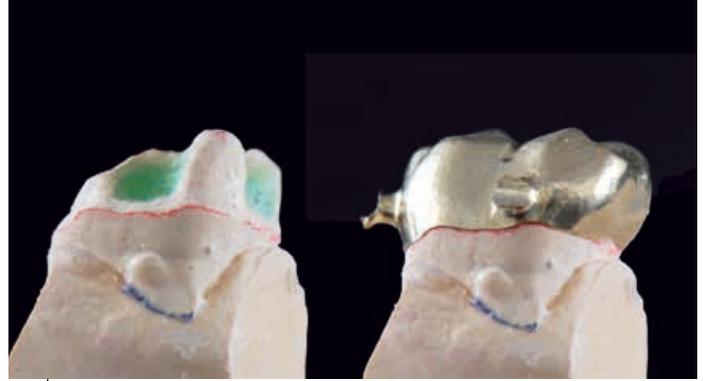


Abb. 17: Die Passung der Unterkieferkrone direkt nach dem Fräsen

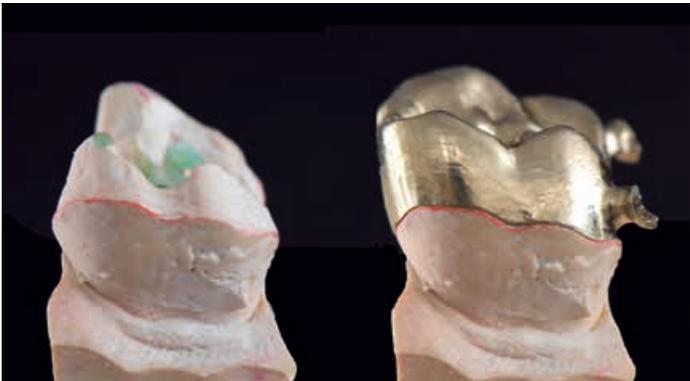


Abb. 18: Die Passung der Oberkieferkrone direkt nach dem Fräsen



Abb. 19: Endkontrolle auf dem unbenutzten Kontrollmodell



Abb. 20: Passung der ausgearbeiteten Krone



Abb. 21: Die fertige Oberkieferkrone



Abb. 22: Die fertige Unterkieferkrone



Abb. 23: Dank einer homogenen Oberflächenstruktur lassen sich die Kronen gut auf Hochglanz polieren

Die Durchdringung der Kontakte kann individuell eingestellt werden. Ich habe sehr gute Erfahrungen mit einer Überkonstruktion von 0,15 Millimetern gemacht. Damit habe ich nach der analogen Fertigung der Kronen ein leichtes Übermaß, welches nach einem Überarbeiten der gefrästen Oberfläche eingeebnet ist. Ebenso verhält es sich mit den flächig gestalteten mesialen- und distalen Kontaktpunkten (Abb. 15 und 16).

CAM (Computer Aided Manufacturing)

Die abgeschlossene Konstruktion wird im nächsten Schritt als STL-Datensatz (Surface Triangulation Language / Beschreibung der Objektoberfläche durch Dreiecke) an das Fertigungszentrum übermittelt.

Um eine homogene Gefügestruktur gewährleisten zu können, werden die Restaurationen über den subtraktiven Weg aus industriell gefertigten Werkstoffronden der Firma Hafner (Wimsheim) umgesetzt. Dabei geht es in der CAM-Software als erstes um eine optimale Platzierung der Konstruktionsdatensätze. Mit Hilfe einer Nestingsoftware wird die optimale Lage und Platzierung der Datensätze errechnet. Ebenfalls werden die Haltestifte positioniert, da eine schwingungsfreie Fixierung des Objektes während des Zerspahnens die Grundvoraussetzung darstellt, um eine hohe Oberflächenqualität und möglichst dünne Ränder gewährleisten zu können.

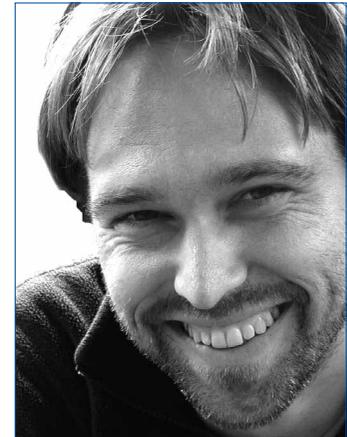
Finishing

Für die Umsetzung der Datensätze sollten 2-3 Werktage eingerechnet werden. Die gefrästen Halbzüge werden als erstes auf scharfe Kanten kontrolliert, welche, falls vorhanden, vor einem ersten Aufsetzen auf den Gipsstumpf mit einem Rosenbohrer oder Gummipolierer entgratet werden sollten (Abb. 17 und 18).

Nach einem ersten Aufsetzen der Objekte werden die Kontaktpunkte überprüft, welche noch etwas überkonturiert sein sollten. Das weitere Ausarbeiten sollte sich auf ein Glätten der Oberflächenstruktur und Ausdünnen der Kronenränder begrenzen. Dazu kommen Gummipolierer mit unterschiedlichem Abrasionsgrad zum Einsatz. Zum Aufpolieren der Kronen verwende ich handelsübliche Polierpaste unter Einsatz eines Robinsonbürstchens. Der abschließende Hochglanz wird mit einem Wollschwabbel unter ständigem Richtungswechsel und ohne Anpressdruck erreicht (Abb. 19 bis 23).

Fazit

Die Herstellung digital gestützter edelmetallbasierter Kronen erleichtert die Arbeit bei der Umsetzung von Kronen und Gerüsten. Dank der virtuellen Modellation kann kostenintensive Arbeitszeit eingespart und anderweitig eingesetzt werden. Eine kostenintensive Lagerhaltung von edelmetallbasierenden Werkstoffen kann vermieden werden, wenn man individuell auf die situationsbezogen optimale Legierung zurückgreift.



Björn Maier

- Jahrgang 1976
- Von 1992 bis 1995 Ausbildung zum Industriemechaniker Fachrichtung CNC Technik und Feinmechanik
- Von 1995 bis 1999 Ausbildung zum Zahntechniker im elterlichen Betrieb, anschließend dreimonatiges Praktikum bei Dentallabor Mitch Unrath in Arizona (USA)
- Von 1999 bis 2001 Zahnmedizinische Universitätsklinik in Ulm
- Von 2001 bis 2006 in zwei gewerblichen Laboren und einem Praxislabor mit Schwerpunkt Implantologie und CAD/CAM in der Schweiz tätig, 4. Platz bei internationalem KunstZahnWerk-Wettbewerb der Firma Candulor, zahlreiche Veröffentlichungen in nationalen und internationalen Fachzeitschriften, erfolgreiche Teilnahme beim 3M Espe Talent Award
- Von 2006 bis 2007 Meisterschule Stuttgart
- Im Frühjahr 2007 Eröffnung des Dentallabors „Zahntechnik Björn Maier“, Mitautor der Bücher „Frontzahn-Restauration“ und „CAD/CAM-Technik“ (Verlag Neuer Merkur)
- Januar 2010 bis Dezember 2011 Mitarbeit an der Zahnmedizinischen Universitätsklinik München (Schwerpunkt CAD/CAM), Mitautor des Buches „Prothesenzähne und -kunststoffe“

Kontakt

Zahntechnik Björn Maier
Ludwigstr. 10 · 89415 Lauingen
Telefon: 09072 / 4352
Email: info@bjoern-maier.com