



### Zusammenfassung

Trotz der Möglichkeiten einer gezielten präimplantologischen Planung ergeben sich im Laboralltag nach wie vor Situationen, in denen ungünstig positionierte Implantate in die Suprastruktur eingebunden werden müssen. Ein ästhetisch-funktionell hochwertiges Ergebnis ist hier unter anderem von der Wahl der Restauration abhängig. Dank der CAD/CAM-gestützten Fertigung bietet sich in fast jeder Situation ein Lösungsweg. Im Artikel wird dargestellt, wie externe Fräszentren in herausfordernden Situationen zu einem wichtigen Partner werden können.

### Indizes

CAD/CAM, Implantatprothetik, Fräszentren, Gerüstkonstruktion, Suprastruktur

## CAD/CAM in der Implantatprothetik – Komplexe Versorgungen

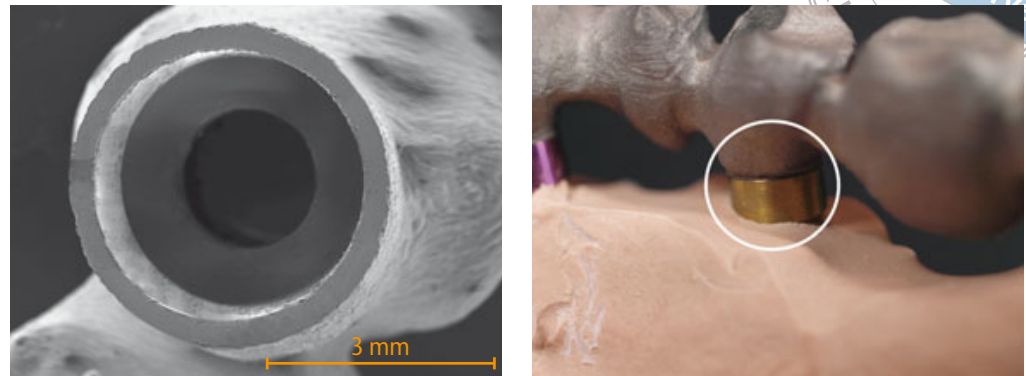
**Lutz Tamaschke**

Die CAD/CAM-gestützte Fertigung ermöglicht eine individuelle Herstellung hochpräziser Implantatsuprastrukturen und wird als eine sinnvolle Alternative zu konventionellen Herstellungsverfahren erachtet. Der Forderung nach Kostensenkung im Gesundheitswesen, in diesem Fall Zahnersatz, kann also theoretisch Rechnung getragen werden. Doch wie sieht es mit der wirtschaftlichen Betrachtung seitens eines zahntechnischen Labors aus? Die Möglichkeiten, die CAD/CAM bieten, begeistern und doch hadern viele Laborinhaber mit der Investition in ein eigenes Fräsgerät. Die Schnellebigkeit des Marktes rechtfertigt das Zögern. Wird heute die hochmoderne 4-Achsfräsmaschine gekauft, kommt morgen vielleicht ein labortaugliches 5-Achsgerät auf den Markt und übermorgen ein 3-D-Drucker. Es kann kaum gelingen, immer auf den aktuellen Stand zu sein. Umso mehr lohnt sich ein Blick über den Tellerrand des Labors und die Begutachtung anderer Möglichkeiten der CAD/CAM-gestützten Fertigung. Im zahntechnischen Alltag sind externe Fräszentren zu interessanten Partnern geworden (bspw. Phibo, Barcelona, Spanien). Mit einem breiten Indikationsspektrum spezialisieren sich z. B. Anbieter für implantologische Lösungen unter anderem auf die Fertigung von Implantatsuprastrukturen. Für Labore wird es somit

### Einleitung



**Abb. 1** Ein wesentlicher Vorteil der CAD/CAM-gestützt gefertigten Suprakonstruktionen liegt in der guten Passgenauigkeit.



möglich, auf einfachem Weg und ohne große Investitionen von allen Möglichkeiten der CAD/CAM-gestützten Fertigung zu profitieren. Bei der Fertigung komplexer Implantatrestitutionen erachtet es der Autor für effektiver, die Gerüste bei einem externen, spezialisierten Partner fertigen zu lassen.

### Implantatprothetik: Warum CAD/CAM- gestützte Fertigung?

Die Vorteile von CAD/CAM sind neben Effizienz, Präzision und der hohen Passung die Spannungsfreiheit der Gerüstkonstruktion sowie eine hohe Materialgüte. Es wird eine biomechanische Funktionalität erreicht, die im konventionellen Gussverfahren kaum zu erreichen ist. Zudem entstehen biokompatible Restaurationen, korrosive Phänomene werden quasi ausgeschlossen. Wissenschaftliche Studien belegen, dass die zur Herstellung von Suprakonstruktionen angewendeten, konventionellen Abläufe mit vielen Fehlern behaftet sind und eine absolute Passgenauigkeit implantatgetragener Suprakonstruktionen nicht erreicht werden kann.<sup>6</sup> Die für eine Suprakonstruktion nötigen Fertigungsschritte (Aufwachsen, Einbetten, Gießen, Ausarbeitung etc.) sind fehleranfällig und können zu einer ungenügenden Passung der Suprakonstruktion führen. Ein wesentlicher Vorteil von CAD/CAM-gestützt gefertigten Suprakonstruktionen liegt somit in der guten Passgenauigkeit (Abb. 1). In Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass mittels CAD/CAM eine konstant hohe Genauigkeiten bei der Umsetzung von Implantatpfosten<sup>8</sup>, Implantatkronen<sup>1</sup> und mehrgliedrigen Restaurationen<sup>7,5</sup> erreicht werden kann. Um bei Implantatsuprakonstruktionen die geforderte Spannungsfreiheit zu erreichen, führt kaum ein Weg an CAD/CAM vorbei.

### Implantatgetragene Suprakonstruktionen

Trotz der Möglichkeiten navigierter Implantologie und einer prothetisch-anatomisch orientierten Planung gibt es im Laboralltag Situationen, denen Zahntechniker anfangs ratlos gegenüberstehen. Ungünstige Implantatpositionen, divergente Achsneigungen, kompromittierte Implantate etc. sind keine Seltenheit. Patienten, die vor Jahren implantologisch versorgt wurden, konsultieren zunehmend die Zahnarztpraxen mit dem Wunsch nach einer neuen prothetischen Suprakonstruktion. In diesem Fall gilt es, die vorhandenen Implantate bestmöglich zu versorgen und etwaige Unzulänglichkeiten mittels Suprakonstruktion auszugleichen. Mit verschraubten Rekonstruktionen kann diese Anforderung oft gelöst werden.



**Abb. 2** Unzulänglich gewordene, zu ersetzende Implantatversorgung.



**Abb. 3** Die vorhandenen Implantate im Unterkiefer. Sichtbarer Knochenverlust (Resorption) in regio 43/44.

Der Patient wünschte die prothetische Neuversorgung der vorhandenen Implantate im Ober- und Unterkiefer. Seine vorhandenen Prothesen waren viele Jahre im Mund und zeigten diverse ästhetische sowie funktionelle Unzulänglichkeiten (Abb. 2). Im Oberkiefer waren sechs Implantate inseriert. Im Unterkiefer standen fünf Implantate, wobei in regio 43/44 ein starker Verlust des Knochens (Resorption) zu einer Implantatlockerung geführt hat (Abb. 3). Ein chirurgischer Eingriff sollte aber vermieden werden. Zur Entscheidungsfindung bezüglich der prothetischen Versorgung zog der behandelnde Zahnarzt den Autor hinzu. Nach einer gemeinsamen Beratung entschieden sie sich für eine verschraubte Implantatbrücke. Sie bevorzugten für diesen Fall die Adhoc Implantbridge (Phibo). Die CAD/CAM-gestützte Gerüstfertigung bei einem externen Dienstleister nutzt der Autor insbesondere bei großspannigen Versorgung, die er mit seinem Fräsgerät nicht in hoher Qualität umsetzen kann.

### *Kasuistik 1 – Unterkieferbrücke auf fünf Implantaten*

Beispielhaft wird die Herstellung der Unterkieferversorgung mit einer Adhoc Implantbridge dargestellt. Nach einer Abformung wurde das Implantatmodell erstellt und zusammen mit der vorhandenen Prothese digitalisiert (D700, 3Shape, Kopenhagen, Dänemark). Der D700-Scanner gewährt eine hohe Präzision (20 µm), was insbesondere bei Suprastrukturen ein wichtiger Aspekt für die Passung ist. Die STL-Daten wurden in die Konstruktionssoftware (Dental System, 3Shape by Phibo) importiert. Die Software ist benutzerdefiniert und hat eine umfangreiche Implantatbibliothek mit passendem Zubehör und Attachments. Die Brücke wurde basierend auf den vorhandenen Daten konstruiert und die Konstruktionsdaten über das Web-Tool an das Fertigungszentrum weitergeleitet (Abb. 4). Die Implantbridge wurde im Laser-Melting-Verfahren aus Kobalt-Chrom gefertigt. Das Laser-Melting-Verfahren ähnelt dem 3-D-Druck. Das bedeutet, dass die Konstruktion nicht aus einem Block herausgefräst wird, sondern im additiven Verfahren entsteht.

Wenige Tage nach dem Datenversand wurde das Gerüst geliefert (Abb. 5 und 6). Die Passungskontrolle auf dem Modell bestätigte eine hohe Präzision. Die Brücke passte ohne Nacharbeit und konnte für die Fertigstellung vorbereitet werden (Abb. 7). Für die individuelle Verblendung wurde Keramik ausgewählt. Hierbei kommt ein weiterer Vorteil der Adhoc Implantbridge zum Tragen: Die Kobalt-Chrom-Legierung ist vom Hersteller so optimiert, dass eine gute Keramikhaftung garantiert wird.<sup>4</sup> Die keramische Verblendung erfolgte im

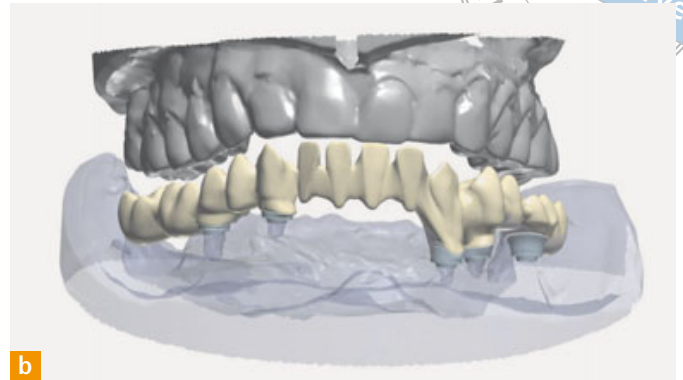
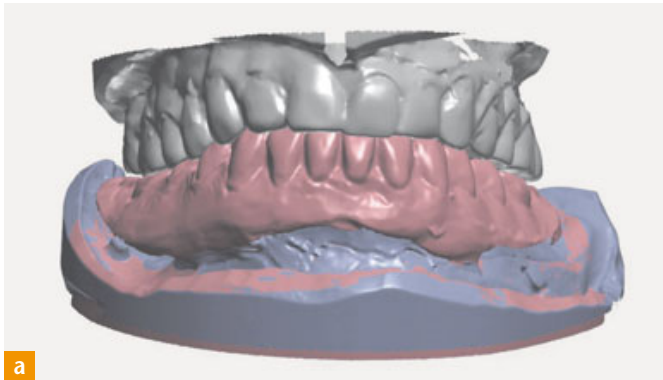


Abb. 4a und b Digitale Konstruktion der Implantatbridge für den Unterkiefer auf Basis der vorhandenen Prothesen.



Abb. 5 Die Adhoc Implantatbridge zum Zeitpunkt der Anlieferung.



Abb. 6 Exakte Kanten an den Implantatverbindern, saubere Oberflächen, keinerlei Einschlüsse.



Abb. 7a und b Die Passungskontrolle auf dem Modell bestätigte die Spannungsfreiheit. Die Brücke saß ohne Nacharbeit exakt auf allen Implantataufbauten auf.

Copyright by  
all rights reserved



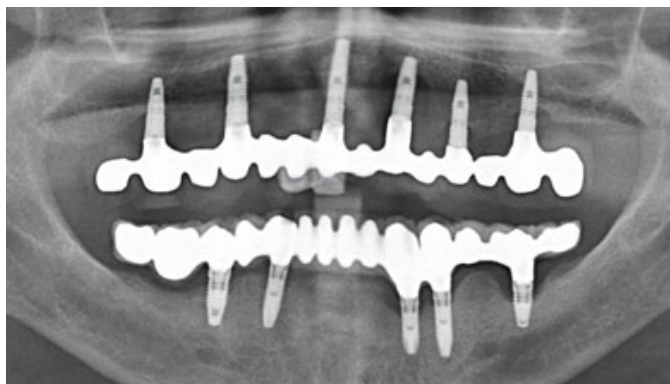
**Abb. 8** Die Kobalt-Chrom-Oberfläche der Adhoc Implantbridge ist für die keramische Verblendung optimiert (Keramikaftung).



**Abb. 9** Die verblendete Implantbridge auf dem Modell.



**Abb. 10 und 11** Nach einer abschließenden Kontrolle im Mund konnte die Brücke auf den Implantaten verschraubt und die Schraubenkanäle mit Komposit verschlossen werden.



**Abb. 12** Röntgenbild nach der Eingliederung der neuen Implantatversorgungen im Ober- und Unterkiefer.

gewohnten Vorgehen (Abb. 8 und 9). Ergebnis war eine stabile, spannungsfrei passende und ästhetisch aussehende Implantatbrücke. Die Passungskontrolle im Mund zeigte keinerlei Änderungsbedarf (Abb. 10 und 11). Beide Brücken (Ober- und Unterkiefer) konnten auf die Implantate verschraubt werden (Abb. 12). Die gelockerten Implantate in regio 43/44 fanden durch die starre Konstruktion der verschraubten Versorgung Halt, sodass dem Implantatverlust effektiv entgegengewirkt werden konnte. Die guten Reinigungsmöglichkeiten der Implantatbrücken sowie die bedingte Abnehmbarkeit kommen der Forderung nach einem langzeitstabilen Ergebnis entgegen.



**Abb. 13** Überabformung zur Herstellung der prothetischen Versorgung. Zahn 23 wurde während der provisorischen Phase erhalten.



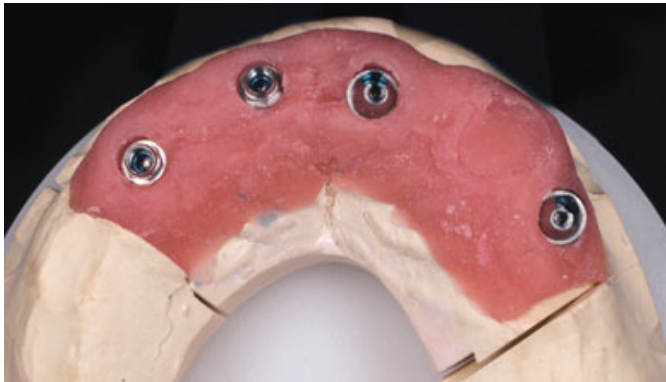
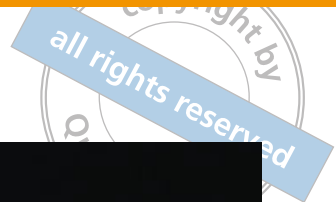
**Abb. 14** Abformlöffel mit aufgeschraubten Laboraufbauten für die Herstellung des Meistermodells.

### *Kasuistik 2 – Oberkieferbrücke auf vier Implantaten*

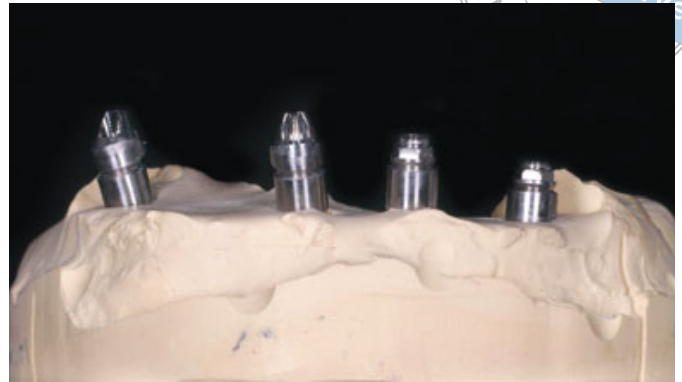
Zahntechniker kommen in der Implantatprothetik oft in die Verlegenheit, Auswege aus einem schwierigen Terrain finden zu müssen. In vielen Fällen wird der Zahntechniker zu einem „Rettungsanker“, um trotz ungünstiger Ausgangssituation ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erhalten. Nicht nur bei bereits inserierten Implantaten können Unzulänglichkeiten auftreten. Auch wenn bei der Planung die prothetischen Aspekte einbezogen werden, können aufgrund der anatomischen Gegebenheiten bspw. Divergenzen auftreten. Neuralgischer Punkt kann ein mangelndes Angebot an ortsständigen Knochen sein. Sollen knochenaufbauende Maßnahmen umgangen werden, steht der Implantologe vor einem Balanceakt. Die Implantate müssen im vorhandenen Knochen stabil verankert und zudem prothetisch orientiert eingebracht werden. Hier sind Divergenzen häufig nicht zu vermeiden. In vielen Fällen können konische Abutments zum Ausgleich der Implantatangulation eine Hilfe sein.

Der Patient konsultierte den Zahnarzt mit dem Wunsch einer festsitzenden Versorgung im fast zahnlosen Oberkiefer. Zahn 23 war mit einer Wurzelkappe versorgt, wurde allerdings als nicht erhaltungswürdig eingestuft. Nach entsprechender Diagnose und Planungsmaßnahmen, wurden im anterioren Bereich des Oberkiefers vier Implantate (Aurea, Phibo) inseriert. Der Zahn 23 verblieb für die Verankerung der provisorischen Versorgung vorerst erhalten. Nach der Einheilung erfolgte die Überabformung für die Herstellung der definitiven Versorgung. Die Abutments der provisorischen Phase dienten auch der Abformung (Abb. 13 und 14). Zum Ausgleich der divergentstehenden Implantate wurden zwei Implantate mit konischen Aufbauten (Aurea-Abutments, Phibo) versorgt. Die anderen beiden Implantate wurden mit transmukosalen Aurea-Abutments versehen (Abb. 15 und 16).

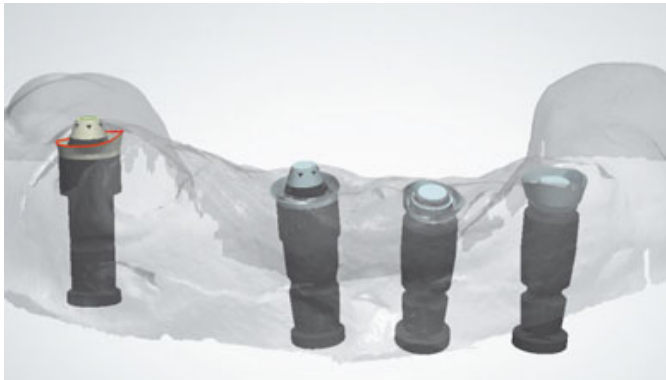
Erneut fiel die Entscheidung auf eine Adhoc Implantbridge. Nach der Modellherstellung wurde die Situation digitalisiert und wie im zuvor beschriebenen Fall das Gerüst konstruiert (Abb. 17 bis 20). Für das Aufschrauben der Brücke wurden verschiedene Schraubendreher bereitgestellt, sodass Restaurationen auch auf abgewinkelten respektive konischen Abutments problemlos aufgeschraubt werden können (Abb. 21). Es konnte eine hohe Passung und guter Sitz auf den Verbindungselementen erreicht werden (Abb. 22). Die ästhetische Fertigstellung erfolgte in diesem Fall aus einem hochwertigen Komposit. Der Autor verwendet in der Regel ein Verblendschalenkonzept (visio.lign, bredent), welches eine effizien-



**Abb. 15** Zwei Implantate sind mit konischen und zwei mit transmukosalen Aufbauten versehen.



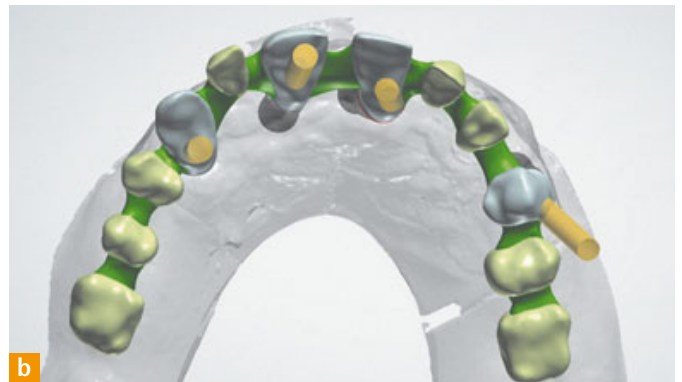
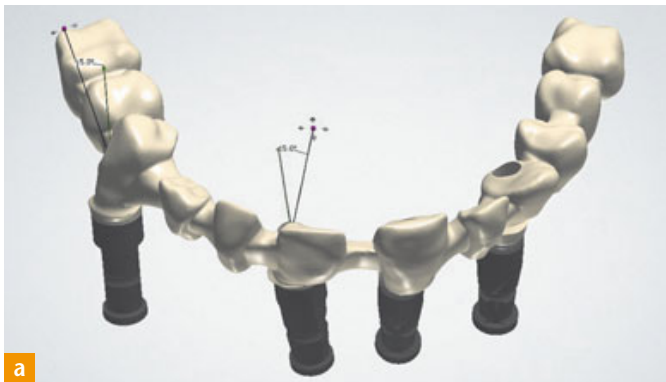
**Abb. 16** Modell ohne Zahnfleischmaske. Die mittels der konischen Implantate auszugleichende Divergenz der Implantate ist deutlich erkennbar.



**Abb. 17** Modellscan mit konischen sowie transmukosalen Aufbauten.



**Abb. 18** Grundlage für die Konstruktion der Implantatbridge ist ein im Vorfeld erstelltes und digitalisiertes Set-up.

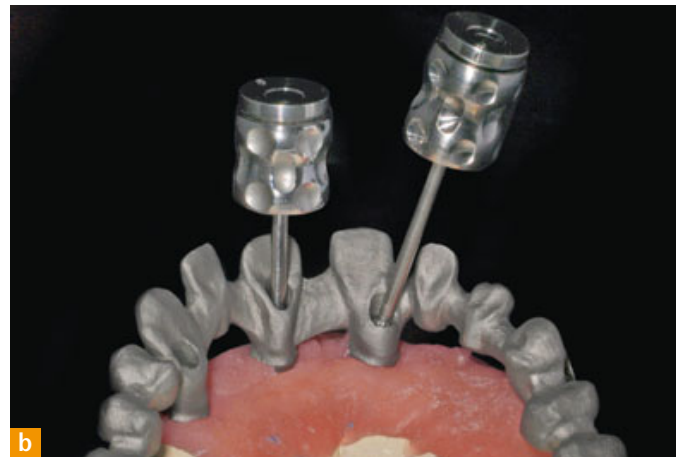
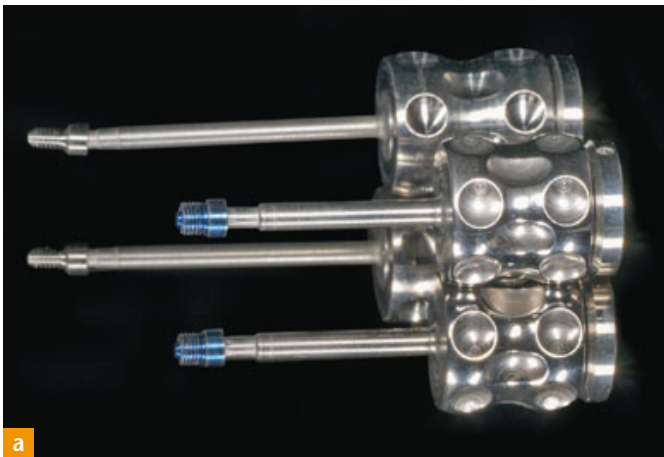


**Abb. 19a und b** Konstruktion der Implantatbridge. Über die konischen Aufbauten konnte eine Abwinkelung von 15° erzeugt werden.

ente Umsetzung und ein hochwertiges Ergebnis gewährt. Die fertige Restauration passte sowohl auf dem Modell als auch im Mund völlig spannungsfrei und konnte nach einer Kontrolle der funktionellen, ästhetischen sowie hygienischen Parameter definitiv im Mund verschraubt werden (Abb. 23 bis 25).



**Abb. 20a und b** Die aus dem Fräszentrum gelieferte Implantbrücke aus Kobalt-Chrom mit klar definierten Kanten im Bereich der Verbindungsstellen und einer sauberen, glatten Oberfläche.



**Abb. 21a und b** Das zum Implantatsystem gehörige Prothetik-Set integriert zwei Schraubendreher in unterschiedlicher Länge. So kann die Brücke auch auf den abgewinkelten, konischen Aufbauten problemlos verschraubt werden.



**Abb. 22a und b** Exakte Passung der Brücke auf dem Modell. Abbildung 22b macht sichtbar, wie über die konischen Abutments die Divergenzen ausgeglichen werden konnten.



Copyright by  
all rights reserved



Abb. 23a und b Verblendung der Implantbridge mit Komposit.



Abb. 24a und b Die im Oberkiefer zu verschraubende Restauration ist zum Einsetzen bereit. Unter anderem wurde auf die hygiene-fähige Gestaltung geachtet.



Abb. 25a und b Die fertigen Restaurationen auf dem Modell. Der Schraubenkanal in regio 25 liegt im bukkalen Bereich, was jedoch die Ästhetik nicht beeinträchtigen wird.

## Individuelle Lösungen für eine effiziente und präzise Fertigung

In beiden vorgestellten Patientenfällen konnte das gewünschte Ergebnis erreicht werden. Trotz der suboptimalen Ausgangssituationen ist es gelungen, eine hochwertige, individuelle Versorgung herzustellen. Durch die Kombination von computergestütztem Design und der CAM-Fertigung kann der Autor Restaurationen mit besserer Passung, Ästhetik und Funktionalität anbieten, als durch konventionell hergestellte Versorgungen.<sup>2,3</sup> Neben der Indikationsbreite und Materialvielfalt bilden für den Autor zuverlässigen Prozesse ein Fundament für gute Ergebnisse. Daher arbeitet er mit Partnern zusammen, die Qualitätskontrollen, überwachte Arbeitsabläufe, hochwertige Materialien und eine Nachverfolgbarkeit in jeder Prozessphase gewähren. Alle diese Aspekte beeinflussen in der Summe die Vorhersagbarkeit des Ergebnisses und die Langzeitstabilität.

**Fazit** Grundsätzlich gehört die CAD/CAM-gestützte Fertigung bei Zahntechnikern ebenso zum Laboralltag wie die handwerklich-individuelle Feinarbeit. In vielen Situationen erfolgt die digitale Umsetzung von Gerüsten und/oder Restaurationen im Labor (Inhouse). Allerdings bevorzugt der Autor bei komplexen Konstruktionen externe Fräszentren, die mit ihrem Know-how und modernen Fertigungseinheiten hochwertigere Ergebnisse liefern können.

### Literatur

1. Coli P, Karlsson S. Precision of a CAD/CAM technique for the production of zirconium dioxide copings. *Int J Prosthodont* 2004;17:577–580.
2. Fischer J, Stawarczyk B, Trottman A, Hämmerle C. Resistencia de los armazones para puentes sinterizados por láser en aleación de CoCr. *Zahntechnik* 2009;20:17–26.
3. Liu Y, Wang Z, Gao B, Zhao X, Lin X, Wu J Ucar Y, Akova T, Akyil M, Brantley W. Internal fit evaluation of crowns prepared using a new dental crown fabrication technique: laser-sintered Co-Cr crowns. *J Prosthet Dent* 2009;102:9–253.
4. Liu Y, Wang Z, Gao B, Zhao X, Lin X, Wu J. Evaluation of mechanical properties and porcelain bonded strength of nickel-chromium dental alloy fabricated by laser rapid forming. *Lasers Med Sci* 2010;25:799–804.
5. Reich S, Wichmann MG, Nkenke E, Proeschel P. Clinical fit of all-ceramic three-unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems. *Eur J Oral Sci* 2005;113:174–179.
6. Sahin S, Cehreli MC. The significance of passive framework fit in implant prosthodontics: current status. *Implant Dent* 2001;10:85–92.
7. Tinschert J, Natt G, Mautsch W, Spiekermann H, Anusavice KJ. Marginal fit of alumina-and zirconia-based fixed partial dentures produced by a CAD/CAM system. *Oper Dent* 2001;26:367–374.
8. Vigolo P, Fonzi F, Majzoub Z, Cordioli G. An in vitro evaluation of titanium, zirconia, and alumina procera abutments with hexagonal connection. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:575–580.



### ZTM Lutz Tamaschke

Dentaltechnik Tamaschke  
Schlieperstraße 5  
13507 Berlin  
E-Mail: info@dentaltechnik-tamaschke.de