



Sven Rinke, Carsten Fischer

# CAD/CAM-gefertigte Stegkonstruktionen

## Literaturübersicht und ein klinisches Fallbeispiel



**Sven Rinke**  
Dr. med. dent., M.Sc., M.Sc.  
ÜBAG Rinke & Wendt  
Geleitstr. 68  
63456 Hanau

**Carsten Fischer**  
Zahntechniker  
sirius ceramics  
Lyoner Str. 44-48  
60528 Frankfurt

Kontaktadresse:  
Dr. Sven Rinke  
E-Mail: rinke@ihr-laecheln.com

**INDIZES** CAD/CAM, Deckprothese, abnehmbare Implantatsuprastruktur, Stegkonstruktion

Implantat-retinierte Deckprothesen gehören zu den erfolgssicheren und etablierten Versorgungsformen im zahnlosen Kiefer. Neben anderen Verankerungselementen stellen insbesondere Stege klinisch langzeitbewährte Verankerungselemente dar. Die CAD/CAM-Fertigung von Suprakonstruktionen ermöglicht die Nutzung der bislang schwierig gusstechnisch zu verarbeitenden edelmetallfreien Werkstoffe. Vorteile der CAD/CAM-Fertigung sind neben der Verarbeitung eines porenfreien Ausgangsmaterials und der guten Passgenauigkeit vor allem die erweiterten Möglichkeiten eines virtuellen Designs, wodurch auch die Fertigung von komplexen Strukturen aus einem Monoblock möglich wird. Durch die Vermeidung von Fügeprozessen (Löten, Kleben, Schweißen) kann eine weitere Qualitätssteigerung im Vergleich zu konventionellen Fertigungsverfahren erreicht werden. Die CAD/CAM-Fertigung stellt somit eine Alternative zu traditionellen, auf der Edelmetall-Gusstechnik basierenden zahntechnischen Prozessen dar. Nach einer geringgradigen Modifikation der Arbeitsabläufe zwischen Praxis und Labor ist eine einfache Integration dieser Fertigungstechnologie möglich.

### ■ Einleitung

Die Versorgung des zahnlosen Kiefers mit abnehmbaren implantatgestützten Versorgungsformen gehört zu den klassischen Indikationen für eine implantatprothetische Versorgung<sup>1</sup>. Klinische Studien dokumentieren für diese Versorgungsform eine hohe Überlebensrate im Bereich von 85 bis 90 % mit Beobachtungszeiten von bis zu 20 Jahren<sup>2,3</sup>, sowie eine konstant hohe Patientenzufriedenheit bei Beobachtungszeiten bis zu 10 Jahren<sup>4-6</sup>. Daher gilt die abnehmbare implantatgestützte oder implantatretinierte Coverdenture-Versorgung heute als Therapie zur vorhersagbaren Verbesserungen von Prothesenstabilität und- retention<sup>1</sup>. Versorgungskonzepte mit 2 oder 4 Implantaten führen bei Unterkiefer-

versorgungen nach einer Beobachtungsdauer von 10 Jahren zu vergleichbaren Ergebnissen hinsichtlich der klinischen und radiologischen Parameter und der Patientenzufriedenheit<sup>7</sup>.

Kontrovers wird im Zusammenhang mit implantat-retinierten Deckprothesen insbesondere der Einfluss der verwendeten prothetischen Verankerungselemente auf den Langzeiterfolg diskutiert. In mehreren klinischen Studien konnte beim Vergleich zwischen Kugelkopf- und Stegverankerungen nach einer Beobachtungszeit von bis zu 10 Jahren kein Unterschied in der Patientenzufriedenheit ermittelt werden<sup>4,6,8,9</sup>. Cehreli et al. konnten 2010 in einer systematischen Übersichtsarbeit mit der Auswertung von 49 Studien zudem keinen Einfluss der prothetischen Verankerungselemente auf den notwendigen

**Manuskript**  
Eingang: 17.01.2012  
Annahme: 03.03.2012



**Abb. 1** Die Stegverankerung stellt für implantat-retinierte Deckprothesen im Unter- und Oberkiefer ein erfolgssicheres und langzeitbewährtes Konzept dar.



**Abb. 2** Stegkonstruktion mit fehlender belastungsgerechter Ausrichtung der Stegachsen und Fraktur im Bereich der Lotnaht.

Erhaltungsaufwand bestimmen<sup>8</sup>. Dies wird auch in einer prospektiven Studie zum Vergleich von Stegkonstruktionen und Kugelkopfattachments auf 4 und 2 Implantaten bestätigt. Die Studie konnte jedoch auch zeigen, dass eine Stegversorgung mit 4 Implantaten die höchste Retentionskraft erzielte<sup>9</sup>.

In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass Stegkonstruktionen für die Verankerungen von Deckprothesen im Unterkiefer in unterschiedlichen Ausführungsformen zum Einsatz kommen. Neben den zumeist aus präfabrizierten Elementen gefertigten Rundstegen werden auch individuell gefertigte Steggeschiebekonstruktionen verwendet. Das Design der Stegkonstruktion scheint dabei den prothetischen Erhaltungsaufwand zu beeinflussen<sup>10–14</sup>.

Weinländer et al. ermittelten 2010 bei Steggeschiebekonstruktionen auf 4 Unterkieferimplantaten mit einer rigiden starren Verankerung eine jährliche Komplikationsrate von 0,37 Events/Patient, während Rundstegkonstruktionen eine signifikant höhere Rate von 1,2 Events/Patient aufwiesen<sup>14</sup>.

Die bereits für Unterkiefer-Deckprothesen dokumentierte geringe technische Komplikationsrate von Steggeschiebekonstruktionen kann auch für Versorgungen im Oberkiefer mit einer Beobachtungszeit von 10 Jahren bestätigt werden (Abb. 1)<sup>13</sup>. Ferner konnte in einer Meta-Analyse unter Einschluss von 31 Studien gezeigt werden, dass die Überlebensrate von implantatgestützten Deckprothesen im Oberkiefer sowohl von der Anzahl der Implantate als auch von der gewählten prothetischen Verankerung abhängt. Die Versorgung mit 6 Implantaten im Ober-

kiefer und einer Stegversorgung erwies sich auf der Basis der ausgewerteten Studien als erfolgssicheres Konzept, gefolgt von der Stegverankerung auf 4 Implantaten. Die Versorgung mit 4 Implantaten und einer Kugelkopfverankerung zeigte demgegenüber die geringste Überlebensrate<sup>15</sup>.

Insbesondere Steggeschiebekonstruktionen scheinen aufgrund ihrer starren Lagerung zu einer Verringerung der prothetischen Komplikationen zu führen. Für Versorgungen im Unterkiefer erscheint dabei eine Verankerung auf 4 interforaminalen Implantaten ausreichend. Bei der Versorgung des Oberkiefers scheint die Verankerung über eine Stegkonstruktion zudem zu einer Verbesserung der Überlebensrate zu führen, insbesondere wenn die Versorgung auf 6 Implantaten verankert wird. Die Steggeschiebekonstruktion ist somit auf der Basis der verfügbaren Literatur als ein gut dokumentiertes und erfolgssicheres Verankerungselement für implantat-retinierte Deckprothesen zu werten. Dies gilt insbesondere für Versorgungen im Oberkiefer, da für diesen Indikationsbereich derzeit noch systematische klinische Studien zur Bewährung von alternativen Verankerungselementen (Doppelkronen, Kugelkopfancker) fehlen oder nur sehr kurze Beobachtungszeiten aufweisen<sup>16</sup>.

Traditionell erfolgt die Fertigung von Stegkonstruktionen mit gusstechnischen Verfahren oder durch die Fügung industriell präfabrizierter Komponenten. Insbesondere bei größeren Gussobjekten sind damit jedoch zunehmend Probleme in Form von Porositäten und Verzügen verbunden, die einerseits das Risiko des mechanischen Versagens erhöhen



und andererseits zu einer reduzierten Passung führen<sup>17,18</sup>. Bei der Herstellung mittels präfabrizierter Komponenten ist die Fügezone der Risikobereich für ein mechanisches Versagen (Abb. 2). Lötstellen oder Schweißnähte im Bereich von Extensionen sind einem erhöhten Risiko für einen Bruch ausgesetzt<sup>12</sup>. Aber auch Fehlpassungen, die beim Verschrauben der Konstruktion mit den Implantaten zu Spannungen führen, können die Ursache für ein frühzeitiges mechanisches Versagen darstellen

Bislang erfolgte die Herstellung von Stegkonstruktionen, insbesondere von individuell gefertigten Steggeschieben, aus Edelmetall-Legierungen. Aus ökonomischen Gesichtspunkten wäre neben der Lösung existierender technischer Probleme (Passgenauigkeiten, interne Porositäten) eine Fertigung aus einem möglichst biokompatiblen Werkstoff mit ausreichender mechanischer Festigkeit, wie zum Beispiel Reintitan oder einer CoCr-Legierung, sinnvoll. Die Verarbeitung dieser Alternativwerkstoffe bietet jedoch gusstechnisch keine ausreichende Passgenauigkeit<sup>17-19</sup>. Der Einsatz alternativer Werkstoffe bedarf somit allein aus dem Grund der erforderlichen Präzision des Einsatzes einer alternativen Fertigungstechnik.

Diesem Gedanken folgend wurde bereits vor mehr als 10 Jahren mit der frästechnischen Herstellung von Suprakonstruktionen im CNC-Verfahren begonnen<sup>20-22</sup>. Der Vorteil liegt einerseits in der

Verarbeitung eines industriell präfabrizierten und damit porenfreien Rohmaterials und zum anderen in einer Verbesserung der Passgenauigkeit<sup>18-20</sup>. In-vitro-Untersuchungen mit CNC-gefrästen Implantatsuprakonstruktionen zeigten, dass die erreichbare Präzision derartiger Konstruktionen mit mittleren Spaltbreiten zwischen 20 und 30 µm besser ist als die Passgenauigkeit, die mit gegossenen Edelmetallgerüsten erreicht wird<sup>17-23</sup>. Mit moderner Scan- und Softwaretechnologie kann dieses Fertigungsprinzip optimiert und auch auf den Bereich der virtuellen Konstruktion ausgedehnt werden und ermöglicht damit auch die Fertigung von Stegkonstruktionen. Erste Erfahrungsberichte und Ergebnisse aus klinischen Studien zeigen für CAD/CAM-gefertigte Stegkonstruktionen vielversprechende Resultate<sup>24-26</sup>. Für Zahnarztpraxis und Labor entstehen damit neue Einsatzmöglichkeiten von CAD/CAM-gefertigten Konstruktionen, wobei sowohl Reintitan als auch Kobalt-Chrom als Werkstoffe genutzt werden. Dieser digitale Workflow bedingt neben einigen Modifikationen in der Zusammenarbeit von Zahnarztpraxis und Labor auch die Einbindung eines externen, industriellen Fräszentrums (Abb. 3).

Nachfolgend wird der Behandlungsablauf für eine CAD/CAM-gefertigte Stegversorgung auf vier interforaminalen Implantaten anhand eines Patientenfalls dargestellt.

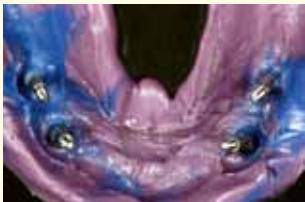


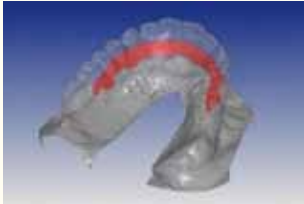
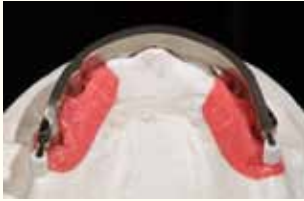




Zeitbedarf	Praxis	Labor	Design-/Fräszentrum
	 <p>Abformung, 1. Bissnahme, Farb- und Formwahl</p>		
3-4 Arbeitstage		 <p>Modellherstellung, Wachsaufrichtung, Transferschlüssel</p>	

Abb. 3 Arbeitsablauf für die Herstellung einer CAD/CAM-gefertigten Stegkonstruktion.

**Abb. 3** (Fortsetzung)  
Arbeitsablauf für die  
Herstellung einer CAD/  
CAM-gefertigten Steg-  
konstruktion.

Zeitbedarf	Praxis	Labor	Design-/Fräszentrum
	 Einprobe der Wachsaufstellung, ggf. Korrekturen, Überprüfung der Abform- genauigkeit		
3–4 Arbeitstage			 Modellscan, CAD-Prozess
	Überprüfung der Konstruktion	Überprüfung der Konstruktion	
7–8 Arbeitstage			 Fertigung der Konstruktion
4–7 Arbeitstage		 Fertigung der Sekundärkon- struktion, Zahnaufstellung	
	Fakultativ: Anprobe der Wachsaufstellung		
		Fertigung in Kunststoff	
	 Eingliederung		



## ■ Falldarstellung

Ein 80-jähriger zahnloser Patient stellte sich mit einer insuffizienten prothetischen Versorgung vor. Die Kaufunktion wurde wesentlich durch den unzureichenden Halt des Unterkieferzahnersatzes beeinträchtigt. Im Rahmen der klinischen Untersuchung und der radiologischen Diagnostik mit einer Panoramaschichtaufnahme zeigte sich ein ausreichendes horizontales und vertikales Knochenangebot für die Insertion von 4 interforaminalen Implantaten (Abb. 4).

Die prothetische Neuversorgung sollte im Oberkiefer mit einer konventionellen Totalprothese erfolgen, während im Unterkiefer eine stegretinierte Deckprothese für die prothetische Neuversorgung geplant wurde. Für die implantatprothetische Planung wurde zunächst eine diagnostische Zahnaufstellung im Ober- und Unterkiefer angefertigt und nach einer funktionellen und ästhetischen Überprüfung zur Herstellung von Orientierungsschablonen genutzt. Die Insertion der Implantate (Frialit-2, Dentsply Friadent, Mannheim) konnte aufgrund des ausreichenden Knochenangebots ohne begleitende Augmentation erfolgen (Abb. 5).

Nach einer Einheilzeit von 12 Wochen erfolgte die Freilegung der 4 Implantate (Abb. 6). Nach einer Ausheilungszeit von weiteren 10 Tagen konnte die Abformung durchgeführt werden (Abb. 7).

Da die Abformung von zentraler Bedeutung für die später erzielbare Präzision ist, sollte auf eine sichere Fixierung der Abformpfosten im Abformmaterial und des Abformmaterials am Löffel geachtet werden. Während die Verwendung von Haftlack für den individuellen Löffel gängige Praxis

ist, sollte jedoch auch bedacht werden, dass durch eine Beschichtung der Abformpfosten mit Haftlack die Retention im Abformmaterial verbessert wird. Auf der Basis der zur Verfügung stehenden Literatur scheint die Auswahl des Abformmaterials nicht ausschlaggebend für die erzielbare Präzision zu sein; es lassen sich sowohl mit Polysiloxan als auch mit Polyethermaterialien gute Ergebnisse erzielen. Demgegenüber scheint die Verwendung von verschraubten Abformpfosten in Kombination mit einem individuellen Löffel vorteilhaft, sofern mehr als 3 Implantate pro Kiefer abgeformt werden<sup>27</sup>. Für die Abformung der Implantate und des Prothesenlagers wurden zwei Polyethermaterialien in der Doppelmischtechnik (Impregum Penta als Löffelmaterial, Permadyne Garant 2:1 für das Umspritzen der Implantate, beide 3M Espe, Seefeld) in Kombination mit einem individuellen Löffel und verschraubten Abformpfosten verwendet (Abb. 8).



Abb. 4 Panoramaschichtaufnahme als Grundlage der weiteren Behandlungsplanung.



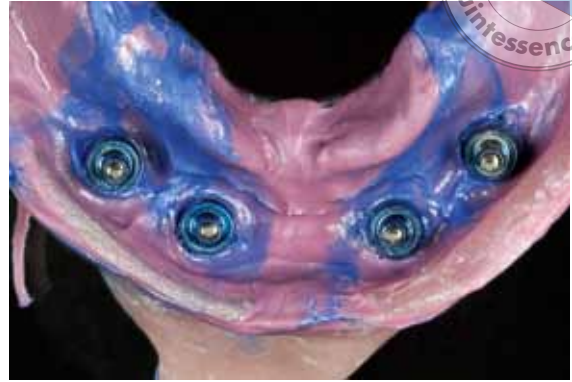
Abb. 5 Intraoperative Situation nach Insertion der vier interforaminalen Implantate.



Abb. 6 Zustand nach Freilegung der Implantate und Insertion der Ginigvaformer.



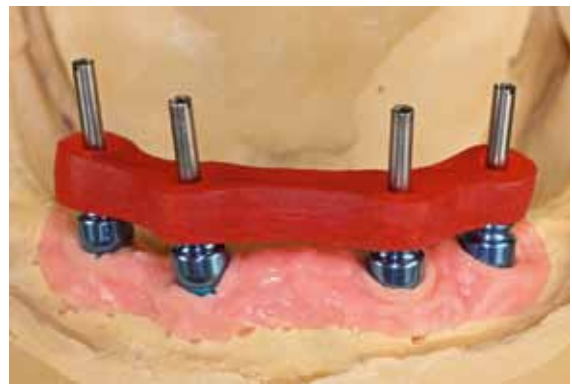
**Abb. 7** Zustand 10 Tage nach der Freilegung. Der reizfreie Zustand der Gingiva ermöglichte eine Abformung.



**Abb. 8** Abformung der 4 interforaminalen Implantate mit verschraubten Abformpfosten und einem Polyäthermaterial (Impregum + Permadyne Garant, 3M Espe, Seefeld).



**Abb. 9** Wachsaufstellung zur Überprüfung der Ästhetik und Funktion.



**Abb. 10** Transferschlüssel zur Überprüfung der Abformgenauigkeit und der Übereinstimmung des Meistermodells mit der klinischen Situation.

In der ersten Behandlungssitzung erfolgen zudem die Gegenkieferabformung sowie eine erste Kieferrelationsbestimmung mit Ermittlung der wichtigsten prothetischen Referenzebenen (Mittellinie, arbiträre Scharnierachsbestimmung). Ebenso sollten in dieser Sitzung die Auswahl der Zahnfarbe und der Zahnform für die spätere Versorgung erfolgen (s. Abb. 3).

Die anschließende Herstellung des Arbeitsmodells findet im Dentallabor mit einer abnehmbaren, weichbleibenden Gingivamaske statt.

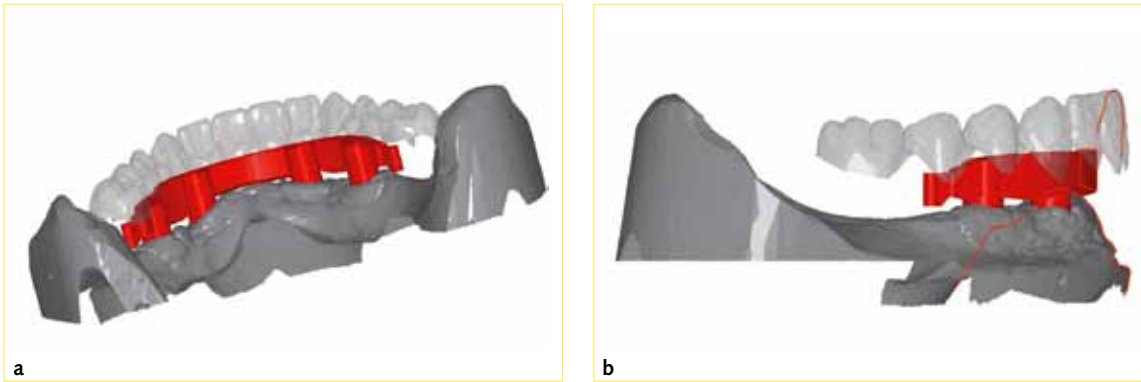
Mit der ersten Bissnahme kann nun eine provisorische Modellmontage durchgeführt werden. Die montierten Arbeitsmodelle werden zusammen mit den Informationen zur Zahnfarbe und -form für eine Wachsaufstellung genutzt (Abb. 9).

Zur Überprüfung der Abformgenauigkeit wird zudem noch ein Transferschlüssel hergestellt. Im einfachsten Fall können die Abformpfosten dafür mit einer Metallverstärkung (z. B. der Schaft eines rotierenden Laborinstruments) und einem Autopo-

lymerisat (Pattern Resin GC Germany GmbH, Bad Homburg) verblockt werden (Abb. 10).

Im nächsten Behandlungstermin erfolgt die Einprobe der Wachsaufstellung. Es folgen die erforderlichen Korrekturen nach funktionellen und ästhetischen Gesichtspunkten. Bei umfangreichen Änderungen ist auch eine erneute Bissnahme und Modellmontage erforderlich. Um eine möglichst exakte Überprüfung der Wachsaufstellung durchführen zu können, empfiehlt sich die Fixierung an mindestens zwei Implantaten pro Kiefer. Mit der Feinjustierung der Wachsaufstellung werden nicht nur die Kauebene und die Zahnpositionen möglichst exakt bestimmt, sondern auch der für die Stegkonstruktion zur Verfügung stehende Raum ermittelt. Diese Arbeitsschritte sind daher für den weiteren Arbeitsablauf von essenzieller Bedeutung.

Ebenso wird in diesem Behandlungstermin der Transferschlüssel einprobiert. Dieser Schlüssel muss spannungs- und bewegungsfrei auf die Implantate



**Abb. 11a und b** Designvorschlag für ein Steggeschiebe aus Titan. Der Designvorschlag kann mit der Viewer-Software in allen Ebenen kontrolliert werden, Schnittebenen erlauben zudem eine genaue Beurteilung der zur Verfügung stehenden Platzverhältnisse.

im Mund passen. Bei der einseitigen Fixierung analog dem Scheffield-Test darf sich der Übertragungsschlüssel nicht von den anderen Implantaten abheben, auch dürfen keine Spalten auftreten.

Dieser Schritt ist bei CAD/CAM-gefertigten Suprakonstruktionen wichtig, da das Modell für die weitere Fertigung mit den Implantaten gescannt wird, es dient als Grundlage für die virtuelle Konstruktion. Jeder Fehler in der Abformung im Modell würde trotz aller Präzision der CNC-Fräsung zu einem intraoralen Passungsfehler führen. Für den Fall, dass der Test negativ ausfällt, ist von einem Übertragungsfehler auszugehen. In diesem Fall muss die Abformung wiederholt werden.

Nachdem sichergestellt ist, dass eine genaue Abformung vorliegt und die Zahnaufstellung angepasst wurde, kann mit der CAD/CAM-Herstellung der Suprakonstruktion begonnen werden. Zunächst erfolgt der Versand des Arbeitsmodells und der Zahnaufstellung an ein Scan- und Designcenter. Dort wird die virtuelle Konstruktion des Stegs nach den zahnärztlichen und zahntechnischen Vorgaben durchgeführt. Die Datenerfassung für den virtuellen Konstruktionsprozess erfolgt in zwei Schritten. Zunächst werden spezielle Scanpfosten in die Implantat-Analoge des Arbeitsmodells eingeschraubt, um die Implantatposition in einem ersten Scan zu erfassen. Die Daten der Zahnaufstellung werden dann mit einem zweiten Scan erfasst. Mit der Zahnaufstellung werden, wie bereits erwähnt, das zur Verfügung stehende Platzangebot für die Suprakonstruktion und die Ausrichtung zur Kauebene festgelegt. Der Scan der Zahnaufstellung wird dann mit dem Scan der Implantatposition präzise übereinander gelagert. Die Informationen dieser beiden Scans bilden die Basis

für das computerunterstützte Design der Suprakonstruktion, den CAD-Prozess. Auf diese Weise kann die Konstruktion der Suprakonstruktion innerhalb des durch die Zahnaufstellung vorgegebenen Raumbereichs erfolgen und exakt zur Zahnaufstellung – und damit auch zur Kauebene – ausgerichtet werden.

Mit Hilfe einer speziellen Software erfolgt nun das Design der gewünschten Suprakonstruktion, welches dann die Grundlage für die Fertigung der Suprakonstruktion im CNC-Verfahren darstellt.

Zahntechniker und Behandler erhalten den Konstruktionsvorschlag des ISUS Design-Centers per E-Mail zur Freigabe oder zur Abstimmung eventuell notwendiger Änderungen. Sobald die Freigabe vorliegt, wird mit der Fertigung des Stegs begonnen. Insbesondere beim Compartis ISUS-System wird durch den Einsatz moderner 5-Achs-Fräsmaschinen und spezieller Frässtrategien mit allen verwendeten Werkstoffen eine perfekte Oberflächengüte erzielt, die eine manuelle Nachbearbeitung auch im Bereich von Geschiebeflächen überflüssig macht (Abb. 11).

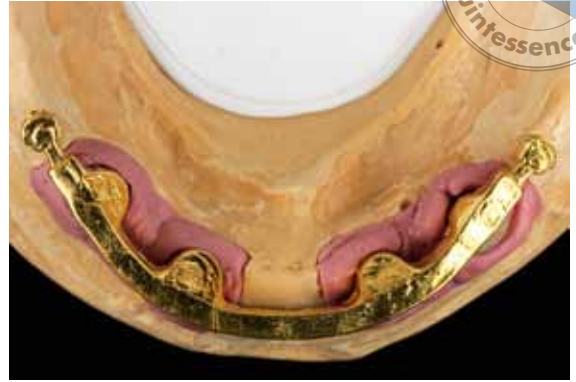
Im vorliegenden Fall wurde ein gefrästes Steggeschiebe aus Reintitan mit individuellen distalen Geschieben (Preci-Vertex, Ceka-Vertrieb Deutschland, Hannover) mithilfe der CAD/CAM-Technologie gefertigt. Die gute Oberflächenqualität der Stegkonstruktionen macht eine Nachbearbeitung im Dental-labor überflüssig.

Bei der Einprobe der Stegkonstruktion sollte nicht nur die Passung, sondern auch die Hygienefähigkeit der Konstruktion überprüft werden. Für eine gute Reinigungsmöglichkeit der Konstruktion ist eine Führungsfunktion der Hygieneinstrumente (Interdentalbürstchen) wichtig (Abb. 12).





**Abb. 12** Einprobe der Stegkonstruktion. Bei der Durchführung des Scheffield-Tests zeigt sich ein guter passiver Sitz der Konstruktion.



**Abb. 13** Herstellung der galvanisch geformten Sekundärkonstruktion.



**Abb. 14** Verklebung der Sekundär und Tertiärstruktur mit einem autopolymerisierenden Komposit.



**Abb. 15** Eingliederung der Deckprothese auf dem CAD/CAM-gefertigten Steggeschiebe.

Im Dentallabor kann nun mit der Herstellung der Sekundärkonstruktion begonnen werden. Im vorliegenden Fall wurde zunächst eine Sekundärstruktur in der Galvano-Technik gefertigt (Solaris, DeguDent GmbH, Hanau) und es wurde die Kunststoff-Matrize für die Preci-Vertex-Geschiebe (Ceka-Vertrieb Deutschland, Hannover) eingearbeitet (Abb. 13).

Anschließend wurde eine gegossene Tertiärstruktur aus einer Kobalt-Chrom-Legierung hergestellt. Ein Silikonschlüssel der Zahnaufstellung diente auch bei der Modellation der Tertiärstruktur als Referenz für das zur Verfügung stehende Platzangebot. Die Tertiärstruktur soll friktionslos über die galvanisch geformte Sekundärstruktur passen. Die Verklebung von Sekundär- und Tertiärstruktur kann dann bereits im Dentallabor erfolgen. Bei der Modellation ist auf eine ausreichende Stabilität und Retention für Prothesenkunststoff und Prothesenzähne zu achten. Vor der Verklebung wurden die Innenflächen der Tertiärstruktur standgestrahlt

und anschließend alle zu verklebenden Oberflächen mit einem Haftvermittler (Metallprimer II, GC Germany, Bad Homburg) beschichtet. Für die Verklebung wurde dann ein autopolymerisierendes Kompositzement verwendet (AGC Cem, Wieland Dental+Technik GmbH, Pforzheim) (Abb. 14). Die Fertigstellung der Suprakonstruktion erfolgte unter Verwendung der bereits vorhandenen Zahnaufstellung (Abb. 15).

## ■ Diskussion

Implantatgetragene Stegkonstruktionen wurden bisher überwiegend aus Edelmetall-Legierungen gefertigt. Aufgrund der aktuellen Preisentwicklung für diese Werkstoffgruppe ist die breite Anwendung nicht mehr gewährleistet. Der Vorteil der CAD/CAM-Technologie liegt unter diesem Aspekt in der Übertragung bewährter implantatprothetischer





Versorgungskonzepte auf edelmetallfreie Werkstoffe. Mehrere in-vitro-Studien konnten zeigen, dass CAD/CAM-gefertigte Suprakonstruktionen eine bessere Passgenauigkeit aufweisen als gegossene Suprastrukturen<sup>17–20,23</sup>. Die frästechnische Herstellung der gesamten Konstruktion aus einem biokompatiblen Material lässt daher eine Verringerung materialbezogener technischer Komplikationen erwarten. Ein weiterer Vorteil der CAD/CAM-Technologie ist zudem die Elimination gusstechnischer Fehler und der Verzicht auf Fügeprozesse. Klinische Studien mit CAD/CAM-gefertigten Brücken zeigen nach einer 10-jährigen Beobachtungsdauer, dass durch die frästechnische Herstellung der Suprakonstruktionen technische Komplikationen in Form von Gerüstbrüchen eliminiert werden können<sup>21</sup>. Erste Ergebnisse aus klinischen Untersuchungen zu CAD/CAM-gefertigten Stegkonstruktionen bestätigen nach einer 2-jährigen Beobachtungsdauer die verringerte technische Komplikationsrate im Vergleich zu Stegkonstruktionen aus einer Edelmetall-Legierung<sup>26</sup>.

Ein potenzieller Nachteil der CAD/CAM-Fertigung, ist in der schwierigen Korrektur von eventuell aufgetretenen Passungsmängeln zu sehen. Das Trennen und erneute Fügen der Titanstege ist komplexer als die Fügeprozesse bei edelmetallbasierten Konstruktionen. Passungsmängel bei CAD/CAM-gefertigten Konstruktionen beruhen zumeist auf Abformfehlern<sup>24–25</sup>. Daher gilt es, derartige Fehler möglichst frühzeitig zu erkennen, was am einfachsten durch die klinische Einprobe des auf dem Meistermodell gefertigten Transferschlüssels geschieht.

Kontrovers wird die Frage diskutiert, ob die CAD/CAM-Fertigung geeignet ist, eine Suprakonstruktion direkt auf der Implantatschulter zu fertigen. Die ersten Ergebnisse aus klinischen Studien mit direkt auf Implantatlevel gefertigten Stegkonstruktionen zeigen hierbei keine negativen Effekte<sup>26</sup>. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Frage, ob auf Implantat- oder Abutmentniveau versorgt wird, unter Berücksichtigung des Implantat- und des Fügedesigns beantwortet werden sollte. Voraussetzung für eine Versorgung auf Implantatniveau ist, dass ein Implantatdesign mit einer polierten bzw. maschinieren Implantatschulter verwendet wird. Das Insertionsprotokoll sollte zudem eine suprakrestale Positionierung der Implantatschulter vorsehen. Implantate

mit einer rauen, bis zur Implantatschulter reichenden Oberfläche bedingen zwingend die Versorgung auf Abutmentniveau. Ferner sollte auch das Fügedesign bei der Auswahl der Versorgungsform berücksichtigt werden. Implantate mit einer konischen Implantat-Abutment-Verbindung oder einem Tube-in-Tube-Design sind für eine direkte Versorgung auf Implantatniveau ungünstiger zu beurteilen als alternative Fügedesigns. Insbesondere bei divergenten Implantaten ist nur durch eine erhebliche Kürzung der Konusflächen oder den in das Implantat reichenden Tubus ein Einschub der Konstruktion gewährleistet. Die langfristigen Auswirkungen derartiger Modifikationen sind bislang nicht bekannt, sodass eine Versorgung auf Abutmentniveau bei diesen Verbindungen vorzuziehen ist. In diesem Zusammenhang sind die implantatspezifischen Verarbeitungsempfehlungen zu beachten, da ansonsten die Gewährleistung der Implantathersteller erlischt. Zukünftig ist zu erwarten, dass nicht nur eine Fertigung von Stegkonstruktionen mit CAD/CAM-Verfahren möglich ist, sondern auch die stabilisierende Sekundärkonstruktion auf der Basis des gleichen Datensatzes gefertigt wird. Zudem erscheint es möglich, auch komplexe Halteelemente wie Doppelkronen einschließlich der Sekundärkonstruktionen mit CAD/CAM-Verfahren individuell zu fertigen und somit eine beständige Indikationserweiterung zu erzielen.

## Literatur

1. Andreiotelli M, Att W, Strub JR. Prosthodontic complications with implant overdentures: a systematic literature review. *Int J Prosthodont* 2010;23:195–203.
2. Attard NJ, Zarb GA. Long-term treatment outcomes in edentulous patients with implant-fixed prostheses: The Toronto study. *Int J Prosthodont* 2004;17:417–424.
3. Attard NJ, Zarb GA. Long-term treatment outcomes in edentulous patients with implant-fixed prostheses: The Toronto study. *Int J Prosthodont* 2004;17:425–433.
4. Mumcu E, Bilhan H, Geckili O. The effect of attachment type and implant number on satisfaction and quality of life of mandibular implant-retained overdenture wearers. *Gerodontology* 2011, [Epub ahead of print].
5. Emami E, Heydecke G, Rompré PH, de Grandmont P, Feine JS. Impact of implant support for mandibular dentures on satisfaction, oral and general health-related quality of life: a meta-analysis of randomized-controlled trials. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:533–544.
6. Cune M, Burgers M, van Kampen F, de Putter C, van der Bilt A. Mandibular overdentures retained by two implants: 10-year results from a crossover clinical trial comparing ball-socket and bar-clip attachments. *Int J Prosthodont* 2010;23:310–317.



7. Meijer HJ, Raghoobar GM, Batenburg RH, Visser A, Vissink A. Mandibular overdentures supported by two or four endosseous implants: a 10-year clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2009;20:722–728.
8. Cehreli MC, Karasoy D, Kokat AM, Akca K, Eckert SE. Systematic review of prosthetic maintenance requirements for implant-supported overdentures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010;25:163–180.
9. Burns DR, Unger JW, Coffey JP, Waldrop TC, Elswick RK Jr. Randomized, prospective clinical evaluation of prosthodontic modalities for mandibular implantoverdenture treatment. *J Prosthet Dent* 2011;106:12–22.
10. Meijer HJ, Raghoobar GM, Batenburg RH, Vissink A. Mandibular overdentures supported by two Brånemark, IMZ or ITI implants: a ten-year prospective randomized study. *J Clin Periodontol* 2009;36:799–806.
11. Krennmair G, Krainhöfner M, Piehslinger E. Implant-supported mandibular overdentures retained with a milled bar: a retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22:987–994.
12. Krennmair G, Krainhöfner M, Piehslinger E. The influence of bar design (round versus milled bar) on prosthodontic maintenance of mandibular overdentures supported by 4 implants: a 5-year prospective study. *Int J Prosthodont* 2008;21:514–520.
13. Visser A, Raghoobar GM, Meijer HJ, Vissink A. Implant-retained maxillary overdentures on milled bar suprastructures: a 10-year follow-up of surgical and prosthetic care and aftercare. *Int J Prosthodont* 2009;22:181–192.
14. Weindländer M, Piehslinger E, Krennmair G. Removable implant-prosthodontic rehabilitation of the edentulous mandible: five-year results of different prosthetic anchorage concepts. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2010;25:589–597.
15. Slot W, Raghoobar GM, Vissink A, Huddleston Slater JJ, Meijer HJ. A systematic review of implant-supported maxillary overdentures after a mean observation period of at least 1 year. *J Clin Periodontol* 2010;37:98–110.
16. Koller B, Att W, Strub JR. Survival rates of teeth, implants, and double crown-retained removable dental prostheses: a systematic literature review. *Int J Prosthodont* 2011;24:109–117.
17. de Torres EM, Rodrigues RCS, de Mattos MGC, Ribeiro RF. The effect of commercially pure titanium and alternative dental alloys on the marginal fit of one-piece cast implant frameworks. *J Dent* 2007;35:800–805.
18. Takahashi T, Gunne J. Fit of implant frameworks: an in vitro comparison between two fabrication techniques. *J Prosthet Dent* 2003;89:256–260.
19. Torsello F, di Torresanto VM, Ercoli C, Cordaro L. Evaluation of the marginal precision of one-piece complete arch titanium frameworks fabricated using five different methods for implant-supported restorations. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:772–779.
20. Jemt T, Bäck T, Petersson A. Precision of CNC-milled titanium frameworks for implant treatment in the edentulous jaw. *Int J Prosthodont* 1999;12:209–215.
21. Ortop A, Jemt T. CNC-Milled Titanium Frameworks Supported by Implants in the Edentulous Jaw: A 10-Year Comparative Clinical Study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;14:88–99.
22. Harder S, Kern M. Survival and complications of computer aided-designing and computer-aided manufacturing vs. conventionally fabricated implant-supported reconstructions: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2009;20(Suppl 4):48–54.
23. Abduo J, Lyons K, Bennani V, Waddell N, Swain M. Fit of screw-retained fixed implant frameworks fabricated by different methods: a systematic review. *Int J Prosthodont* 2011;24:207–220.
24. Moeller MS, Duff RE, Razzoog ME. Rehabilitation of malpositioned implants with a CAD/CAM milled implant overdenture: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2011;105:143–146.
25. Spyropoulou PE, Razzoog ME, Duff RE, Chronaios D, Saglik B, Tarrazzi DE. Maxillary implant-supported bar overdenture and mandibular implant-retained fixed denture using CAD/CAM technology and 3-D design software: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2011;105:356–362.
26. Katsoulis J, Brunner A, Mericske-Stern R. Maintenance of implant-supported maxillary prostheses: a 2-year controlled clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011;26:648–656.
27. Lee H, So JS, Hochstedler JL, Ercoli C. The accuracy of implant impressions: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2008;100:285–291.

## CAD/CAM-produced bar reconstructions—Design variations and treatment documented in a clinical case report

**KEYWORDS** CAD/CAM, overdenture, removable implant superstructure, bar construction

Implant-retained overdentures are a well-established therapy for the successful treatment of the edentulous arch. Apart from other retainers, bar constructions in particular have proven to be successful clinically over the long term. Computer-aided design/computer-assisted manufacture (CAD/CAM) production of superstructures allows the application of nonprecious alloys, which were previously difficult to cast. CAD/CAM production offers significant advantages: the processing of pore-free base material, excellent fit, and the numerous possibilities of a virtual design, which allows the fabrication of complex monolithic structures. By avoiding joining procedures (eg, soldering, bonding, welding), a superior quality in comparison with conventional production techniques can be achieved. Thus, CAD/CAM production is an alternative to traditional casting of high-noble alloys in the dental lab. After minor modification of the workflow between the clinical practice and dental lab, this fabrication technique can be implemented easily.