

Rehabilitation der vertikalen Kieferrelation mittels CAD/CAM-Technik

# Digital Dentistry

Ein Beitrag von Josef Schweiger, Dr. Markus Stumbaum, Dr. Juliane Richter, Dr. Florian Beuer und Prof. Dr. Dr. h.c. Wolfgang Gernet, alle München/Deutschland

Ist es zu einem massiven Verlust der vertikalen Bisshöhe gekommen, entstehen für den betroffenen Patienten dadurch ästhetische und funktionelle Probleme. Eine Rehabilitation ist in derartigen Fällen meist nur dann möglich, wenn die Okklusalfächen aller Zähne neu gestaltet werden. Allerdings stellt die prothetische Neueinstellung der vertikalen Kieferrelation einen erheblichen Eingriff in das stomatognathe System dar. Daher sind vorhersagbare und zugleich minimalinvasive Methoden unerlässlich. Durch neue CAD/CAM-Techniken können langzeitprovisorische Lösungen relativ kostengünstig angefertigt und hiernach fest eingesetzt werden, sodass der Patient die neue Bissituation testen und der Behandlungserfolg funktioneller Störungen verifiziert werden kann. Somit ist dieses Vorgehen der reinen Schienentherapie klar überlegen, da der neu eingestellte und getestete Biss Zahn für Zahn auf die definitive Prothetik übertragen werden kann.

## Einleitung

Durch chemische, mechanische und traumatische Ursachen kann es zu einem massiven Verlust der vertikalen Bisshöhe kommen [1]. Für den betroffenen Patienten entstehen dadurch sowohl ästhetische wie auch funktionelle Probleme. Eine Rehabilitation ist meist nur durch die Neugestaltung der Okklusalfächen aller Zähne möglich. Die prothetische Neueinstellung der vertikalen Kieferrelation stellt allerdings einen erheblichen Eingriff in das stomatognathe System dar. Daher sind vorhersagbare und zugleich minimalinvasive Methoden unerlässlich. Durch neue CAD/CAM-Techniken können relativ kostengünstig langzeitprovisorische Lösungen angefertigt werden, die der reinen Schienentherapie klar überlegen sind. Sie werden fest eingesetzt, sodass der Patient die neue Bissituation testen und der Behandlungserfolg verifiziert werden kann. Ein weiterer großer Vorteil zeigt sich bei der Überführung in die definitive Prothetik, denn der über die Provisorien eingestellte und getestete Biss wird beibehalten und jeder Zahn könnte einzeln behandelt und prothetisch versorgt werden. Allzu lange Behandlungssitzungen gehören somit der Vergangenheit an.

Bei der konventionellen Rehabilitation der Bisshöhe muss zumindest ein kompletter Kiefer präpariert und provisorisch versorgt werden [2]. Ziele heutiger Behandlungskonzepte sind jedoch die Vorhersagbarkeit und Minimalinvasivität. Damit ein Behandlungserfolg vorhersagbar wird, sollte eine Zwischenversorgung mit Langzeitprovisorien zum Einsatz kommen. Nur so kann kontrolliert werden, ob der Patient die rehabilitierte Vertikaldimension toleriert, funktionelle Störungen behoben werden konnten und eine gute Ästhetik erreicht wurde. Beispielsweise werden Methoden unter Zuhilfenahme von laborgefertigten Eierschalenprovisorien [3] und von chairside gefertigten Provisorien mit Tiefziehschienen vom diagnostischen Wax-up [4] beschrieben. Auch bei diesen Methoden müssen alle Zähne zeitgleich beschliffen werden. Durch das Einsetzen einer zahnfarbenen Schiene kann gleichzeitig vorgegangen werden. Dabei versorgt man zunächst die Front- und dann die Seitenzähne [5].

Durch die Fortschritte in der Adhäsivtechnik lassen sich nun zahnhartsubstanzschonende Onlays und Veneers zur Erhöhung der vertikalen Kieferrelation aufkleben [6, 7]. Selbst Chairside-Techniken, bei denen unter Zuhilfenahme von

laborgefertigten Tiefziehschienen eine direkte Bisshöhenrekonstruktion mit Komposit durchgeführt wird, sind in der Literatur beschrieben [8].

Die CAD/CAM-Technik bietet in Verbindung mit der Adhäsivtechnik eine neue minimalinvasive und wirtschaftliche Möglichkeit der langzeitprovisorischen Versorgung. Die anschließende definitive Versorgung kann schrittweise erfolgen und ist optimal vorhersagbar. Im Folgenden wird das entsprechende Behandlungskonzept beschrieben und anhand eines Patientenfalls demonstriert.

## Digital Dentistry Konzept für die Rehabilitation der vertikalen Kieferrelation

Für eine gute Langzeitprognose des neuen Zahnersatzes ist die genaue Planung der neu einzustellenden Okklusion von entscheidender Bedeutung. *Keough* [9, 10] stellte einen Behandlungsplan für komplexe Restaurationen auf. Wichtige Punkte sind dabei:

- die Bestimmung der Zentrikrelation
- die Einstellung der Vertikaldimension
- die Okklusionsebene
- die maxilläre und mandibuläre Inzisalkantenposition

## Indizes

- Bisshebung
- CAD/CAM
- Kieferrelation
- Langzeitprovisorien
- Okklusion
- Onlays
- prothetische Gesamtversorgung
- Schienentherapie
- Vertikaldimension

## Literatur

Die Literaturliste finden Sie unter [www.teamwork-media.de](http://www.teamwork-media.de) in der linken Navigationsleiste unter „Journale online“



Abb. 1 bis 4 Die Ausgangssituation zeigte einen deutlichen Verlust der vertikalen Kieferrelation. Im Frontzahnbereich war ein ausgeprägter Deckbiss vorhanden, ...

- die okklusale Oberflächenmorphologie der Seitenzähne

Zur Findung der neuen Okklusionsverhältnisse orientiert sich unser Behandlungskonzept an dieser Vorgehensweise.

### Phase 1

Nach einer klinischen Funktionsanalyse werden Situationsmodelle hergestellt und diese anhand einer arbiträren Scharnierachsbestimmung und eines Zentrikregistrats im Artikulator montiert. Die für die spätere Versorgung funktionell und ästhetisch ideale Vertikaldimension wird eingestellt und in dieser Position eine Schiene mit Front-Eckzahn-Führung hergestellt. Die Schiene sollte zirka zwei Monate möglichst permanent getragen werden, um überprüfen zu können, ob der Patient die neue Bisslage beschwerdefrei toleriert.

Ob der Patient mit der neuen Vertikaldimension zurechtkommt, hängt von seiner individuellen neuromuskulären Adaptationsfähigkeit ab [11, 12]. Ist eine größere Korrektur nötig – und die Toleranzgrenze damit überschritten –, muss mit mehreren Schienen und in einzelnen Schritten vorgegangen werden, um die endgültige vertikale Dimension zu erreichen.

### Phase 2

Ist die Schienensituation für den Patienten beschwerdefrei, folgt die Übertragung dieser Situation in CAD/CAM-gefräste, langzeitprovisorische Onlays (so genannte „Table Tops“) aus Hochleistungskunststoff. Dabei ist auf die genaue Einstellung der Okklusionsebene, der maxillären und mandibulären Inzisalkantenposition und der okklusalen Oberflächenmorphologie der Seitenzähne zu achten. Für die Konstruktion der langzeitprovisorischen „Table Tops“ können entweder Datensätze aus Zahndatenbanken, Wax-up-Modelle oder ältere Situationsmodelle verwendet werden.

Die „Table Tops“ können mithilfe der Adhäsivtechnik auf natürlichen Zähnen und Kunststofffüllungen sowie auf metallischen und keramischen Versorgungen eingesetzt werden. Ein ähnliches Vorgehen wurde von Bertolotti mit Metallkauf Flächen beschrieben [13]. Da die neue Bissituation nun inkorporiert ist und nicht wie eine Schiene vom Patienten entfernt werden kann, können sich die neuen neuronalen Bewegungsmuster etablieren. Diese neu eingestellte Kieferrelation kann sowohl vom Patienten als auch vom Behandler in ihrer Funktion geprüft und gegebenenfalls korrigiert werden.

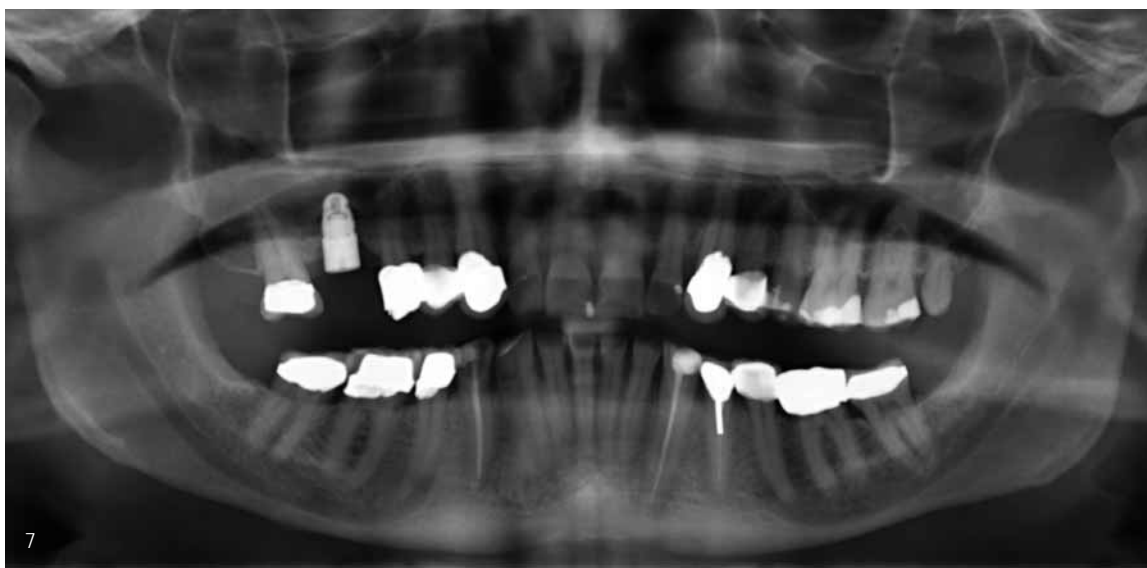
Um zukünftig funktionelle Beschwerden nach definitiver Rekonstruktion der vertikalen Kieferrelation möglichst ausschließen zu können, sollte diese semi-permanente Phase für zirka 4 Monate beibehalten und reevaluiert werden.

### Phase 3

Wurde die provisorische Versorgung funktionell und ästhetisch vom Patienten akzeptiert, kann mit der definitiven Versorgung begonnen werden. Es bietet sich ein quadrantenweises Vorgehen an, wobei die vertikale und horizontale Kieferrelation nicht mehr verändert wird. Lange Behandlungssitzungen und das Beschleifen aller Zähne eines Kiefers entfallen. Daher sollten sich auch keine größeren Probleme bezüglich des Bisses und der Ästhetik ergeben. Die definitive Versorgung kann konventionell oder wiederum mit der CAD/CAM-Technik erfolgen, wobei im Idealfall die Datensätze der langzeitprovisorischen Onlays für die Konstruktion der definitiven Versorgungen mit verwendet werden können. Dies hängt zum einen von der anatomischen Gestaltung der natürlichen Zähne des Patienten, zum anderen von den Möglichkeiten der für die Konstruktion verwendeten Software ab.



Abb. 5 bis 7 ... der die Unterkieferfront komplett überdeckte. Bereits früher gefertigte Restaurationen berücksichtigten den Verlust der Vertikaldimension nicht.



### Patientenfall

Der 66 Jahre alte Patient stellte sich in sehr gutem Allgemeinzustand vor. Bereits extraoral fiel die geringe vertikale Kieferrelation durch das eingerollte Lippenrot auf. Bei der intraoralen Inspektion zeigte sich eine sagittale Okklusionsbeziehung der Klasse I nach Angle und ein ausgeprägter Deckbiss, wobei die Unterkieferfrontzähne nicht mehr zu sehen waren. Die Oberkieferfrontzähne hatten palatinal extreme Zahnhartsubstanzdefekte. Der im Frontzahnbereich abgelesene Bisshöhenverlust betrug zirka 4 mm, was aufgrund der starken Schliffacetten auf einen sehr lange bestehenden Bruxismus hindeutete. Bis auf Zahn 16 war der Patient vollbezahnt und mit diversen Kronen und Füllungen versorgt. In regio 16 war ein noch unversorgtes Implantat inseriert. Der Parodontalbefund war unauffällig. Der Patient hatte bereits eine Aufbisschiene für den Oberkiefer, die er nach eigenen Angaben aus Furcht vor ei-

ner Spontanfraktur der Oberkieferfrontzähne fast permanent trug. Artikuläre oder muskuläre Probleme bestanden nicht (Abb. 1 bis 7).

### Phase 1: Vorbehandlung – Schientherapie

Nach professioneller Zahnreinigung wurden die insuffizienten Füllungen an den Zähnen 25, 26, 27, 33 und 44 ausgetauscht. An den bereits endodontisch behandelten Zähnen 33 und 44 wurden zur zusätzlichen Retention der Aufbaufüllungen adhäsiv befestigte Glasfaserwurzelstifte inseriert. Da keine manifeste Sekundärkaries erkennbar war, konnten die bestehenden prothetischen Versorgungen als stabile Zwischenlösung belassen werden. Es wurde eine Funktionsanalyse durchgeführt und die Modelle nach arbiträrer Scharnierachsbestimmung und zentrischer Handbissnahme in einen teiljustierbaren Artikulator SAM 3 einartikuliert. Die Modellanalyse zeigte, dass so-

wohl die Seitenzähne im Oberkiefer als auch alle Zähne im Unterkiefer einen starken Höhenverlust aufwiesen (Abb. 8 und 9). Die Zahnlänge der Oberkieferfrontzähne war nur wenig verkürzt, jedoch lagen dramatische Einbissfacetten auf der palatinalen Seite vor. Um eine physiologische vertikale Kieferrelation wieder herzustellen zu können, wurde der Stützstift im Artikulator zirka 5 mm gesperrt und in dieser Position eine neue Schiene angefertigt. Da im Oberkiefer eine latente Frakturgefahr der Frontzähne bestand, sollte der Patient die Schiene möglichst permanent tragen. Daher wurde aus ästhetischen Gründen ein Kompromiss eingegangen und die Oberkieferfront nicht in die Schiene integriert. Statt einer Front-Eckzahnführung konnte somit nur eine reine Eckzahnführung erreicht werden. Die Frontzähne wurden allerdings in der Schlussbissstellung entlastet und die Schiene ästhetisch vom Patienten toleriert. In dem beschriebenen Fall bereitete die in einem Schritt ange-

Abb. 8 und 9  
Massive Schliffacet-  
ten deuteten auf  
einen seit längerer  
Zeit bestehenden  
Bruxismus hin



Abb. 10 und 11  
Die Schienentherapie  
zur Hebung der verti-  
kalen Dimension auf  
die ursprüngliche Hö-  
he kann in mehreren  
Schritten erfolgen.  
Im vorliegenden Fall  
wurde die Anhebung  
in einem Schritt vom  
Patienten problemlos  
geduldet



Abb. 12 und 13  
Definitive Bissnahme  
mit Kunststoffschab-  
lone, die im Mund mit  
lichthärtendem Provi-  
sorienmaterial verfei-  
nert und verschlüs-  
selt wurde



hobene vertikale Dimension dem Pa-  
tienten keine Probleme, sodass auf eine  
schrittweise Erhöhung verzichtet werden  
konnte (Abb. 10 und 11).

### Phase 2: Herstellung der langzeitprovisorischen „Table Tops“

Die Schiene wurde über einen Zeitraum  
von zwei Monaten fast permanent getra-  
gen. Der Patient hatte in diesem Zeitraum  
keine Beschwerden und kam gut mit der  
neuen Bisshöhe zurecht. Zur Modellher-  
stellung wurden der Ober- und Unter-  
kiefer mit individuellen Abformlöffeln  
und Polyether abgeformt. Um die mit

der Schiene eingestellte Bisslage zu über-  
tragen, wurde bei eingesetzter Schiene  
ein Jig im Frontzahnbereich hergestellt  
und bei eingesetztem Jig die Seitenzähne  
ohne Schiene verschlüsselt. Mittels arbi-  
trärer Scharnierachsbestimmung und der  
zuvor beschriebenen intraoralen Regis-  
trierung der Kieferrelation wurden die  
Modelle anschließend einartikuliert.  
Zur nochmaligen Kontrolle der Modell-  
montage wurde danach über den einarti-  
kulierten Modellen eine Kunststoffschab-  
lone angefertigt, die die Kieferrelation im  
Artikulator wiedergab. Mit dieser Schab-  
lone konnte die Modellmontage an-  
schließend im Patientenmund auf ihre  
Richtigkeit überprüft werden. Aufgrund

geringer Diskrepanzen wurde sie intraoral  
mit dem lichthärtendem Provisorienma-  
terial fein adjustiert (Abb. 12 und 13).

### Modellherstellung und Artikulation

Im zahntechnischen Labor wurden kom-  
plette Sägeschnittmodelle vom Ober-  
und Unterkiefer hergestellt. Jeder einzel-  
ne Zahn wurde dabei als herausnehmba-  
rer Einzelstumpf gestaltet, um diese bei  
der 3D-Digitalisierung optimal erfassen  
zu können. Zum Schutz der Stumpfober-  
fläche wurde diese mit Cyan-Acrylat ver-  
siegelt. Die definitive Montage der Meis-  
termodelle in den teiljustierbaren Artiku-

work-Media Fuchstal • © Copyright 2011 Team



Abb. 14  
Das Oberkiefer-Meistermodell wurde schädelbezüglich einartikuliert



Abb. 15 und 16  
Die vertikal gehobene zentrische Bisslage



Abb. 17 bis 19  
Die Meistermodelle wurden mit dem 3Shape Scanner D250 digitalisiert und in Relation zueinander gesetzt

lator erfolgte wiederum schädelbezüglich mittels Übertragungsbogen und der fein adjustierten Kunststoffplatte (Abb. 14 bis 16).

### CAD-Konstruktion der Seitenzähne

Die Meistermodelle wurden mit dem 3Shape 250-Scanner aus dem Wieland

Zeno System digital erfasst (Abb. 17 und 18). Aufgrund der Sägestümpfe für jeden einzelnen Zahn war es möglich, die komplette anatomische Form der Zähne zu erfassen. Das Zeno System bietet die Möglichkeit, das Gegenkiefermodell komplett zu scannen und dieses in der ermittelten Bisslage digital zuzuordnen (Abb. 19). Der Wert, um den wir die Vertikaldimension am Artikulatorstützstift

angehoben hatten (zirka 5 mm), wurde für die Konstruktion der beiden Kiefer halbiert, sodass sowohl für den Unterkiefer als auch für den Oberkiefer ein Platzangebot von etwa 2,5 mm am Stützstift vorhanden war. Aufgrund der zentrischen Streckung des Artikulators bedeutet dies für den okklusalen Seitenzahnbereich einen Wert von zirka 1,5 mm (Abb. 20). Die Kauflächen wurden mithilfe von Da-

Abb. 20  
Die komplette vertikale Dimensionsänderung betrug am Stützstift zirka 5 mm, sodass für jeden Kiefer ein am Stützstift gemessenes Platzangebot von zirka 2,5 mm bestand

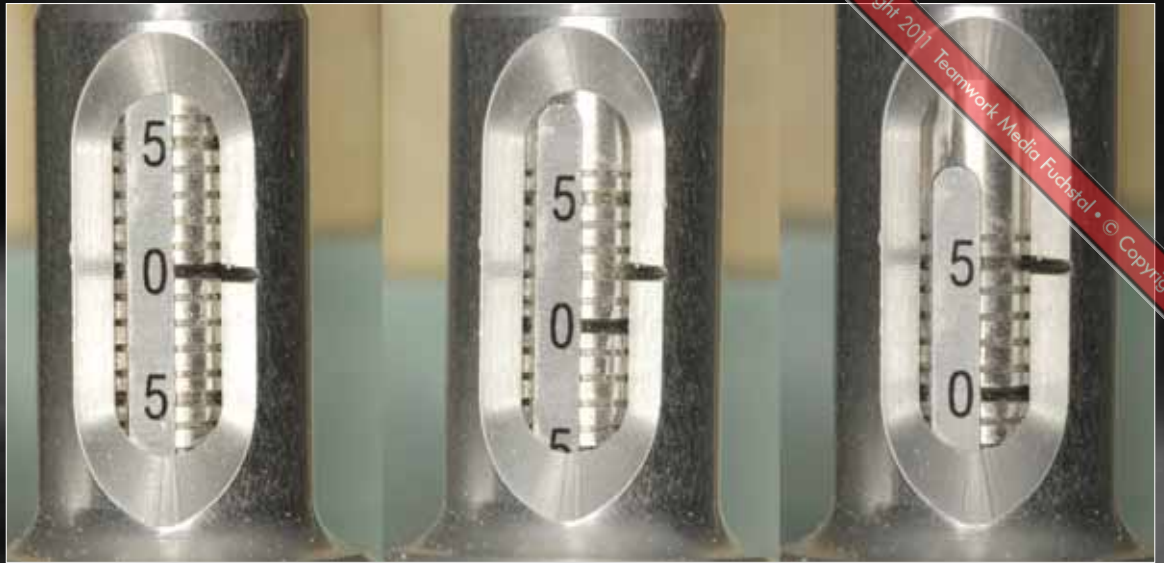


Abb. 21 und 22  
Die CAD-Konstruktion der „NonPräp-Table Tops“ erfolgte mit dem Programm „Dental Designer“ unter Verwendung von Datensätzen aus einer Zahndatenbank



tensätzen aus der Datenbank konstruiert. Dafür platziert das CAD-Programm den virtuellen Vorschlag auf den jeweiligen Zahnstumpf, sodass er vom Benutzer skaliert, rotiert und verschoben werden kann. Zudem ist eine Formveränderung durch virtuelles Auf- oder Abtragen und Glätten möglich. Mithilfe von intuitiv zu bedienenden „Anfasspunkten“ kann die Morphologie der Kronen dreidimensional verändert werden. Die okklusale Ausrichtung der Kauflächen erfolgt mit dem Ziel, eine optimale Spee Kurve zu erreichen, orientiert sich aber auch an den Gegenkieferzähnen (Abb. 21 und 22). Zuerst wurden die Kauflächen für den Unterkiefer-Seitenzahnbereich konstruiert, gefräst und fertig gestellt (Stützstiftheöhe Null + 2,5 mm). Die virtuelle Erstellung einer idealen Spee Kurve ist mit der Dental Designer Software sehr gut zu realisieren, da diese die Möglichkeit bietet, dass die konstruierten Kauflächen die Gegenkieferbezahnung durchdringen können,

ohne dass sie dabei beschnitten werden. Anschließend wird das Unterkiefermodell mit den fertigen „Table Tops“ erneut eingescannt und in digitale Relation zum Oberkiefer gebracht. Nun können die Oberkiefer – Onlays in der beschriebenen Vorgehensweise konstruiert und gefertigt werden, wobei hier die Höhe des Stützstiftes auf die endgültige Vertikaldimension (Stützstiftheöhe Null + 5 mm) eingestellt wird.

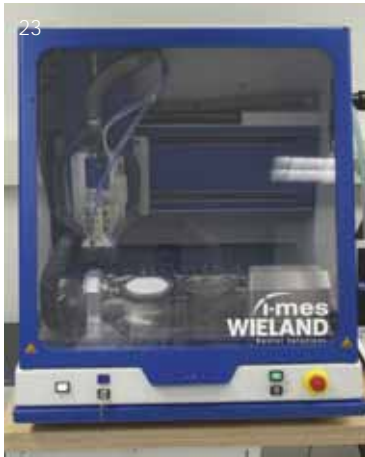
#### Der Fräsvorgang

Die frästechnische Umsetzung der CAD-Konstruktion erfolgte auf der Drei-Achs-Fräsmaschine Zeno 4030 (Abb. 23). Diese ermöglicht die trockene Bearbeitung von vorgesintertem Zirkonoxid und Hochleistungskunststoffen. Als Materialrohlinge kommen bei dieser Maschine Ronden mit 100 mm Durchmesser zum Einsatz. Dadurch werden in einem Fräsvorgang bis zu 2 x 30 Einheiten möglich.

Somit ist auch die Herstellung von langzeitprovisorischen Versorgungsen effizient und wirtschaftlich.

#### Der Hochleistungskunststoff

Als Werkstoff für die Herstellung der CAD/CAM-gefertigten Kauflächenbauten verwendeten wir ZENO PMMA-Disc A3/B1 Disc-Acrylpolymer (entspricht ZENO ProFix – Disc) auf Basis von Polymethylmethacrylat (PMMA). Dieses hochwertige Material ist für die direkte Herstellung von Kronen und Brücken (bis zu 2 Glieder) als Langzeitprovisorien geeignet. Es wird in den zahnähnlichen Farben A3 und B1 angeboten (Abb. 24) und weist eine dem natürlichen Vorbild nachempfundene Transparenz auf. Darüber hinaus zeigt der Werkstoff aufgrund seines homogenen Gefüges eine sehr geringe Plaqueaffinität. Das Material ist sehr wirtschaftlich zu bearbeiten, da die mittels Dental Designer gefertigten



23



24

Abb. 23 Die Herstellung der PMMA-Table Tops erfolgte auf der Wieland ZENO 4030



Abb. 25 Die gefrästen Kunststoffkaufflächen nach dem Abtrennen aus dem Rohling ...



26

Abb. 24 Als Werkstoff für die Herstellung der CAD/CAM-gefertigten Kaufächenaufbauten wurde Acryl-polymer verwendet



27

Abb. 26 und 27 ... und auf dem Meistermodell

tigten Kaufflächen bereits sehr natürlich wirken und die Transluzenz eine nachträgliche Verblendung meist nicht mehr notwendig macht.

**Indikationen**

- provisorische Einzelkronen
- provisorische Brücken (im Seitenzahn-bereich bis zu zwei Zwischenglieder)
- Langzeit-Provisorien für die Implantat-prothetik

**Technische Daten**

- Biegefestigkeit 97 MPa
- Zugfestigkeit 80 MPa
- Dehngrenze 60 MPa
- Bruchdehnung 6 %
- Elastizitätsmodul 2400 MPa
- Wasseraufnahme < 32 µg/mm<sup>2</sup>

**Ausarbeiten**

Die gefrästen Onlays müssen aufgrund der hervorragenden Fräsgenauigkeit

kaum oder überhaupt nicht aufgearbeitet werden (Abb. 25 bis 27). Das Ausarbeiten der Kaufflächen beschränkt sich auf das Nacharbeiten der Fissuren. Hierfür haben sich kleine Fräsen oder Stegerspitzen bewährt. Die Ränder wurden mit Silikonummierern ausgedünnt. Nach dem Einschleifen der statischen und dynamischen Okklusion wurden die Seitenzahn-Onlays auf Hochglanz poliert (Abb. 28). Zum Polieren verwendet man am besten Ziegenhaarbürstchen, Acrypol und Ab-raso Starglanz Polierpaste.

**Frontzahaufbauten**

Die Aufbauten für die Frontzähne hätten auch CAD/CAM-technisch hergestellt werden können. Hierauf wurde allerdings im vorliegenden Fall aus ästhetischen Gründen verzichtet. Daher entschieden wir uns für ein individuelles Aufschichten dieser Aufbauten mit Gradia Verblend-

komposit. Die Schichtung erfolgte mit Dentin-, Schneide- und Transpamassen (Abb. 29).

**Eingliedern der Langzeitprovisorien**

Beim Einsetzen erfolgte eine quadrantenweise Trockenlegung mit Kofferdam. Die Zähne und bestehenden Versorgungen wurden wie folgt für den Adhäsivverbund konditioniert:

Der natürliche Zahnschmelz und das Dentin wurden mit dem Vier-Komponenten-System Syntac-Classic, bestehend aus 37 %-iger Phosphorsäure, Primer, Adhäsiv und dem Bonding Heliobond vorbereitet.

Bestehende Kompositfüllungen wurden mit einem feinkörnigen Diamanten angeraut (Körnung 40 µm). Danach wurde das Bonding aufgetragen.

Abb. 28  
Ausgearbeitete und polierte Kunststoffkaufächen auf dem Meistermodell



Abb. 29  
Die palatinalen Kunststoffinlays im Oberkiefer auf dem Meistermodell



Abb. 30  
Adhäsive Befestigung der CAD/CAM-gefertigten „NonPräp-Table Tops“



Abb. 31 bis 33  
Die Kunststoff-Table Tops nach dem Einsetzen



Metall- und Keramikoberflächen wurden dagegen mit dem CoJet-System vorbereitet. Dabei werden die Oberflächen mit dem Pulverstrahlgerät tribochemisch silikatisiert. Es folgt die Beschichtung mit einem Silan und hiernach die Applizierung eines Bondings.

Laborseitig wurden die Klebeflächen der Onlays und Inserts gestrahlt (Aluminiumoxid, 50 µm) und kurz vor dem Einsetzen mit dem bereits genannten Bonding beschickt. Da die Onlays eine ausreichende Transluzenz aufwiesen, konnte zur Befestigung ein dünn fließendes, lichterhärtendes Komposit verwendet werden. Nach dem Einsetzen erfolgte die Kontrolle der statischen und dynamischen Okklusion. Dabei mussten nur we-

nige Frühkontakte leicht korrigiert werden. Aus ästhetischen Gründen wurden auf den Oberkiefer-Frontzähnen zusätzlich vestibuläre Kompositfüllungen angefertigt (Abb. 30 bis 33).

### Phase 3: Quadrantenweise definitive Versorgung mit Vollkeramik

Der Patient hatte von Beginn der provisorischen Phase an kein Fremdkörpergefühl. Die neu eingestellte Bisslage wurde uneingeschränkt toleriert und es kam zu keinem Versagen des adhäsiven Verbundes. Auch mit dem optischen Erscheinungsbild war der Patient sehr zufrieden. Nach viermonatiger Tragezeit konnte da-

her mit der quadrantenweisen definitiven Versorgung begonnen werden. Als Quadrantenabfolge wählten wir: I, IV, III, II

### Präparation

Als Präparationsform für die geplanten Vollkeramikronen mit Zirkonoxid-Gerüsten wurde eine konventionelle Hohlkehlpräparation gewählt. Eine Stufenpräparation mit hohem Zahnsubstanzabtrag ist wissenschaftlichen Untersuchungen zufolge bei den Gerüsten aus hochfestem Zirkonoxid nicht mehr notwendig. Ebenso kann aufgrund der guten Ästhetik im Randbereich auf eine subgingivale Präparation verzichtet werden, falls diese nicht durch frühere Restaurationen



Abb. 34 und 35 Konventionelle, leicht subgingivale Hohlkehlnpräparation des ersten Quadranten. In Regio 16 ein Camlog 6.0 Implantat. Im zweiten Quadranten wurden die Zähne 26 und 27 für glaskeramische Teilkronen, die Zähne 23, 24 und 25 für Vollkeramikkronen präpariert

Abb. 36 und 37 Die Präparation des dritten und vierten Quadranten

Abb. 38 Meistermodell zur definitiven Versorgung des ersten Quadranten

Abb. 39 Meistermodell zur definitiven Versorgung des zweiten Quadranten

vorgegeben ist. Die Zähne 26 und 27 wurden zur Aufnahme von keramischen Onlays präpariert (Abb. 34 bis 37).

### Abformung

Nachdem die Präparationsgrenzen mit Retraktionsfäden dargestellt worden waren, erfolgte die Abformung einzeitig zweiphasig mit Polyether.

### Modellherstellung und CAD-Konstruktion

Da die Versorgung der einzelnen Quadranten zeitlich nacheinander erfolgte, wurden insgesamt vier Meistermodelle (Sägeschnittmodelle) hergestellt. Im ersten Quadranten fertigten wir zur Versorgung des Implantats in regio 16 zusätzlich

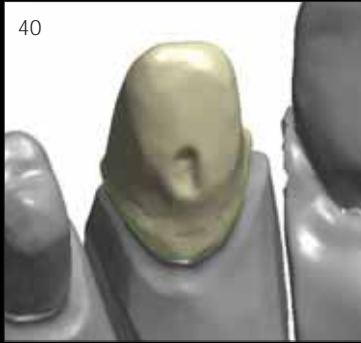
eine Zahnfleischmaske an (Abb. 38). Im zweiten Quadranten sollten die Zähne 26 und 27 mit keramischen Teilkronen versorgt werden (Abb. 39). Für alle anderen Zähne wurden zirkonoxidbasierte Vollkeramikkronen gefertigt. Die Zirkonoxid-Gerüste wurden im CAD/CAM-Verfahren hergestellt. Die Konstruktion dieser Gerüste erfolgte nach dem Einscannen der Modelle und des Gegenkiefers (Alternative: Quetschbiss) mit dem Wieland ZENO Dental Designer, wobei größte Sorgfalt auf eine, die Keramik unterstützende Konstruktion der Gerüste gelegt wurde. Ebenso achteten wir auf optimal eingestellte Passungsparameter, wie beispielsweise Zementspalte und Fräserradiuskorrektur (Abb. 40 und 41). Für die virtuelle Modellation der Kronen wählten wir aus der Datenbank vollanatomische Zahnformen aus, die anschließend um einen einheitlichen Wert (der später einer gleichmäßig dicken Verblendschichtstärke entspricht) reduziert wurden (Abb. 42 und 43). So konnte eine optimale Unterstützung der keramischen Verblendschicht mit einer homogenen Spannungsverteilung gewährleistet werden.

sche Zahnformen aus, die anschließend um einen einheitlichen Wert (der später einer gleichmäßig dicken Verblendschichtstärke entspricht) reduziert wurden (Abb. 42 und 43). So konnte eine optimale Unterstützung der keramischen Verblendschicht mit einer homogenen Spannungsverteilung gewährleistet werden.

### CAM-Fertigung

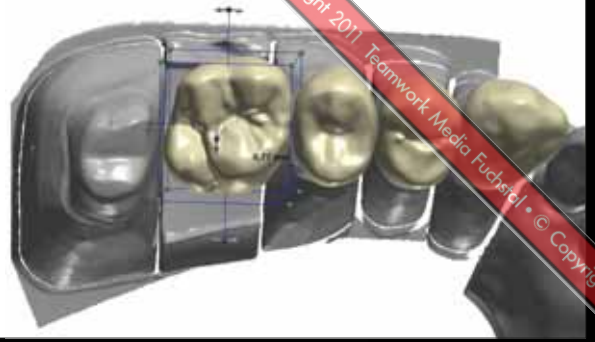
Im Anschluss an die CAD-Konstruktion wurden die Daten mit dem CAM-Modul Easy CAM 3.2 weiterbearbeitet. Mit dieser Software werden die Restaurationen optimal im Rohling platziert (horizontal und vertikal), Haltestege gesetzt und optional bei Brückenkonstruktionen so genannte „Sinterdrops“ erzeugt. Letztere werden okklusal auf den Gerüsten aufge-

Abb. 40 und 41  
Zu wenig gerundete Kanten der präparierten Stümpfe können mithilfe der Fräserradiuskorrektur kompensiert werden, sodass an diesen Stellen, trotz rotierenden Abtrags, keine Störstellen über den Ecken und Kanten auftreten können



40

Abb. 42  
Um eine bestmögliche Unterstützung der Verblendkeramik zu erreichen, wurden die Kronen zunächst vollanatomisch konstruiert ...



41

Abb. 43  
... und anschließend im CAD-Programm um eine gleichmäßige Verblendschichtstärke reduziert

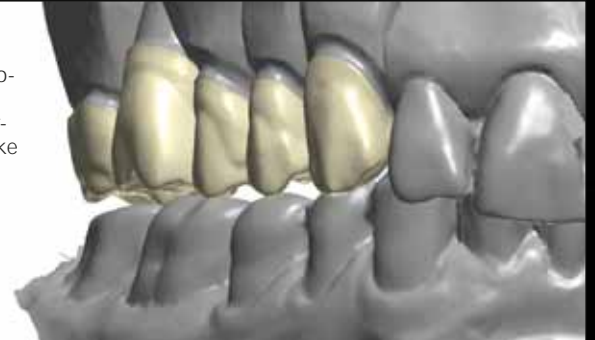


Abb. 44  
Die dichtgesinterten Zirkonoxid-Gerüste auf dem Meistermodell ...



44

Abb. 45  
... und bei der Gerüsteinprobe



45

baut und dienen während des Sinterprozesses als Unterstützungsgeometrien. Die Berechnung der jeweiligen Fräsbahnen schließt den CAM-Berechnungsprozess ab. Die Daten wurden nun auf die Fertigungsanlage Wieland ZENO 4030 geladen. Als Rohlingsgeometrien für Zirkonoxid-Restaurationen stehen Ronden mit einem Durchmesser von 98 mm und verschiedenen Dicken von 14 mm bis 25 mm zur Verfügung. Nach dem Fräsvorgang wurden die Haltestege abgetrennt, die Gerüste im Zahnhalsbereich partiell eingefärbt und anschließend im Hochtemperaturofen dichtgesintert. Die Passgenauigkeit der auf der Wieland Zeno 4030 gefertigten CAD/CAM-Gerüste ist so gut, dass nach dem Sintern nur noch geringe Aufpassarbeiten erforderlich waren. Die für eine sichere Weiß-

körperfräsung erforderliche Randverstärkung von 0,25 mm wurde vor der Gerüsteinprobe zurück geschliffen. Würden wir den überkonturierten Rand der Zirkonoxid-Gerüste belassen, ließe sich deren Randpassung und der Übergang zur Gingiva nicht überprüfen (Abb. 44).

#### Gerüsteinprobe und Kontrollbissnahme

Die Zirkonoxid-Gerüste eines Quadranten wurden auf die beschliffenen Zahnstümpfe gesetzt und der Randschluss mit einer Häkchensonde kontrolliert (Abb. 45). Anschließend wurde lichterhärtendes Provisoriumsmaterial auf die Okklusalfächen der Gerüste gegeben und der Patient angewiesen, den Mund mit wenig Kraft zu schließen. Die Bisslage

wird dabei eindeutig durch die jeweilige Gegenseite abgestützt und das flüssige Provisorienmaterial in der Schlussbisslage ausgehärtet. Mithilfe des so gewonnenen Registrats wurden die Modelle im Labor nochmals einartikuliert.

#### Verblenden

Für die Verblendung der Zirkonoxid-Gerüste entschieden wir uns für IPS e.max Ceram, da mit diesen Verblendkeramiken nicht nur Zirkonoxid, sondern auch Lithium-Disilikat Keramik verblendet werden kann. Diese Option kam uns besonders entgegen, da wir somit trotz der beiden vollkeramischen Onlays im zweiten Quadranten innerhalb eines Verblendsystems bleiben konnten. Ebenso überzeugend sind die einfache Handhabung und die



Abb. 46 bis 49  
Fertiggestellte Restaurationen auf dem Meistermodell ...

hohe Ästhetik dieses Vollkeramik-Systems. Für die Schichtung mit den IPS e.max Ceram-Massen entwickelten wir ein eigenes Schichtschema, das sich am natürlichen Aufbau des Zahns orientiert und eine einfache Reproduktion ermöglicht. Extreme Farbspiele (zum Beispiel Verfärbungen) wurden bei der Verblendung auf Wunsch des Patienten vermieden. Ein integrierter Malfarben- und Glasurmassebrand bildete den Abschluss des Verblendprozesses (Abb. 46 bis 49).

### Eingliederung

Die Befestigung der zirkonoxidbasierten Vollkeramikronen erfolgte konventionell mit Glasionomerkement. Auf eine absolute Trockenlegung mithilfe eines Kofferdams kann dabei verzichtet werden. Ein Kofferdam war nur im zweiten Quadranten zum adhäsiven Einsetzen der vollkeramischen Onlays nötig. Hierfür wurde ein dualhärtendes Befestigungskomposit verwendet (Abb. 50 bis 56).

### Resümee

Die Wiederherstellung der vertikalen Bisshöhe stellt für den Behandler und

den Zahntechniker eine große Herausforderung dar und muss über eine umfangreiche Diagnostik vorbereitet werden. Jedoch können selbst bei umfassender Planung Probleme entstehen, da nicht alle Parameter, wie beispielsweise die individuelle Adaptationsfähigkeit des Patienten, berücksichtigt werden können. Minimalinvasive Methoden zur Austattung der neuen Bisslage sind somit von Vorteil. Die digitale Rehabilitation der vertikalen Kieferrelation hat sich als eine hervorragende Möglichkeit erwiesen, komplexe Fälle so wie im vorliegenden Beitrag dargestellt, sicher und mit vorher-sagbarem Ergebnis zu versorgen. Daraus ergeben sich für das Team aus Behandler und Techniker, vor allem aber für den Patienten, eine Reihe von Vorteilen.

### Vorteile für den Patienten:

- Minimalinvasives Vorgehen
- Das zu erreichende Ziel wird vom LZP vorgegeben
- Verbessertes Übergang von der Schienentherapie zur definitiven Versorgung
- Keine Überraschungsmomente
- Zeitlich versetztes Anfallen der Behandlungskosten

### Vorteile für Zahnarzt und Zahntechniker:

- Bestehende Versorgungen können vorerst belassen werden. Dadurch ist der Schritt zurück zur Ausgangssituation bei komplexen Situationen und/oder Patienten durch Entfernen der LZPs möglich
- Klare Zielvorgabe
- Leichte Korrigierbarkeit der LZPs
- Bei der definitiven Versorgung keine Auflösung des Bisses erforderlich
- Stressfreies Arbeiten durch quadrantenweises Sanieren
- Hohe Akzeptanz der definitiven Versorgung
- Erhöhtes Umsatzpotential bei gleicher Patientenzahl

### Ausblick

Das hier vorgestellte Konzept weist in bestimmten Bereichen noch Lücken auf. Vor allem da das Verblenden mit Schichtkeramik ein manueller und somit analoger Prozess ist, der eine eins zu eins Reproduktion der digital erarbeiteten Strukturen der provisorischen Phase erschwert. Mittlerweile gibt es schlüssige Konzepte, die eine digital gestützte Her-

Abb. 50  
... und im Patienten-  
mund. Eingliederung  
der Restaurationen  
im ersten Quadranten  
im März 2009



Abb. 51  
Eingliederung im vier-  
ten Quadranten er-  
folgte im Juni 2009



Abb. 52  
Im dritten Quadran-  
ten wurden die defini-  
tiven Versorgungen  
im Oktober ...



Abb. 53  
... und im zweiten  
Quadranten im No-  
vember 2009 einge-  
gliedert





Abb. 54 bis 56 Der Gesamtüberblick im Patientenmund

stellung der keramischen Verblendungen ermöglichen. Dieses so genannte „Digital Veneering“ kann zukünftig das vorgestellte Behandlungskonzept in idealer Weise ergänzen. Beispiele hierfür sind „IPS e.max CAD-on“ Technik von Ivoclar Vivadent und die „Infix-Technologie“ von absolute ceramics (Biodentis Gruppe), eine marktreife Ausführung der „Sinterverbundkrone“ der Arbeitsgruppe Vollkeramik München oder das Digital Veneering System (DVS) von 3M ESPE (Abb. 57 bis 61).

Im dokumentierten Patientenfall wurde die über die Provisorien erarbeitete Vertikaldimension konventionell mit zirkonoxidbasierten Vollkeramikronen umgesetzt, da die meisten Zähne bereits mit

Kronen oder zumindest großen Füllungen versorgt waren. In vielen Fällen sind die vorhandenen Zähne – trotz Verlust der Vertikaldimension – oftmals jedoch frei von Füllungen oder Kronen. In derartigen Fällen ist ein minimalinvasives Vorgehen sinnvoll. Das bedeutet, dass die keramischen Non-Präp-Table Tops für die definitive Versorgung in gleicher Weise designed und hergestellt werden, wie die hier dargestellten langzeitprovisorischen Versorgungen. Auch hier ermöglicht das Konzept der quadrantenweisen Sanierung ein absolut sicheres und entspanntes Arbeiten.

Allerdings reicht die Härte und Abrasionsfestigkeit des für die Langzeitprovisorien eingesetzten Kunststoffes für eine

definitive Versorgung nicht aus – vor allem bei Patienten mit starkem Bruxismus. So waren in unserem Fall nach zirka vier Monaten Tragezeit dezente Schliiffacetten und eine leichte Verringerung der Bisshöhe an den Kunststoffprovisorien erkennbar. Dies lässt auf einen größeren Verlust der Vertikaldimension bei längerer Liegedauer schließen. Eventuell müsste bei „Bruxern“ bei der Planung der Vertikaldimension die zu erwartende Abrasion in der provisorischen Phase mit einkalkuliert werden.

Die moderate Härte des Hochleistungskunststoffs bietet für die CAD/CAM-Technik aber auch Möglichkeiten. Die Schliiffacetten stellen sozusagen ein „Langzeitregistrar“ der individuellen Be-



Abb. 57 und 58 Lippenprofil nach definitiver Versorgung und im Vergleich hierzu vor Behandlungsbeginn (re.)

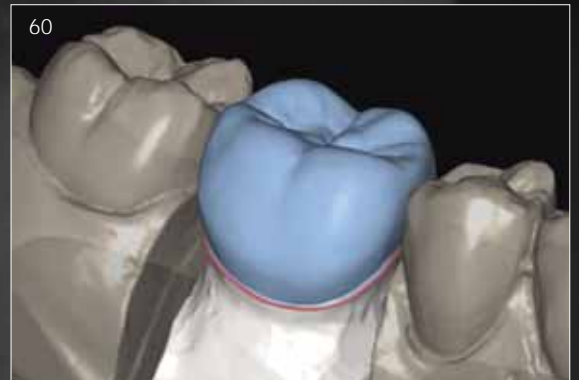


Abb. 59 bis 61 Die digitale Verblendung (Digital Veneering) könnte eine noch vorhandene Lücke im dargestellten digitalen Behandlungskonzept schließen

wegungsbahnen des Patienten dar. Das Vorgehen wäre ähnlich der FGP-Technik [14], mit dem Ziel, interferenzfreien Zahnersatz herzustellen. Die Kauflächen der benutzen Langzeitprovisorien könnten somit als Vorlage für die definitiven Kauflächen CAD/CAM-gefertigter Kronen oder als Grundlage zur Programmierung virtueller Artikulatoren dienen [15, 16]. Die Programmierung der virtuellen Artikulatoren basiert derzeit auf der Registrierung der Unterkieferbewegungen mit komplexen Übertragungsbögen und Sensoren [17, 18]. Das fest eingesetzte „Langzeitregistrator“ stellt möglicherweise eine Alternative dar. Außerdem ist in naher Zukunft eine vollautomatische Rekonstruktion der Kauflächen denkbar. Das „Biogenerische Zahnmodell“ [19 bis 21] in Verbindung mit dem „Virtuellen Artikulator“ stellt eine viel versprechende Grundlage für diese Annahme dar. ■

**Produktliste**

Produkt	Name	Hersteller/Vertrieb
Abformmaterial, Polyäther	Impregum Penta Soft Permadyne	3M ESPE
Adhäsiv	Syntac-Classic	Ivoclar Vivadent
Artikulator	SAM 3	SAM
Befestigungskomposit, dualhärtend	Variolink II	Ivoclar Vivadent
Bissregistriermaterial	Futar D Fast	Kettenbach
Bonding	Heliobond	Ivoclar Vivadent
CAD/CAM-System	Wieland Zeno System	Wieland Dental + Technik
Glasfaserwurzelstifte	ER-DentinPost	Komet/Brasseler
Glasionomerzement	Ketac CEM	3M ESPE
Jig	GC Compound	GC Germany
Kofferdam	Dental Dam	Coltene/Whaledent
Komposit, lichthärtend	Tetric EvoFlow, Tetric EvoCeram	Ivoclar Vivadent Ivoclar Vivadent
Polierpaste	Acrypol Polierpaste, Abraso Starglanz Polierpaste	Bredent Bredent
Provisorienkunststoff, lichthärtend	Luxatemp	DMG
Scanner	D250	3Shape
Silan	ESPE-Sil	3M ESPE
Verblendkomposit	Gradia	GC Germany
Verbundsystem	CoJet	3M ESPE
Verblendkeramik	IPS e.max Ceram	Ivoclar Vivadent

**Zur Person**

Josef Schweiger absolvierte 1988 nach seinem Abitur die Ausbildung zum Zahntechniker in Traunstein. Von 1989 bis 1999 war er bei verschiedenen Dentallabors im Chiemgau tätig. Seit 1999 ist er Leiter des zahntechnischen Labors an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU). 2006 erhielt Schweiger die Ausbildungsbefähigung nach § 8 HWO im Range eines Zahntechnikermeisters. Josef Schweiger begleitet an der LMU mehrere Studien zu vollkeramischen Systemen im Bereich der Glaskeramiken sowie der oxidischen Hochleistungskeramiken. Er veröffentlichte viele Fachbeiträge zum Thema CAD/CAM und Hochleistungskeramiken in der dentalen Anwendung, unter anderem in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Daniel Edelhoff (LMU), OA Dr. Florian Beuer (LMU) und Professor Dr. Peter Pospiech (Universität des Saarlands). Seit 2008 ist er Mitglied der CAD 4 practice Expertengruppe (LMU München und teamwork media GmbH), 2009 Jahr wurde er Ressortleiter der Rubrik Digitale Zahntechnik (ehemals CAD 4 practice) im dental dialogue und 2010 trat er das Amt des Fortbildungsreferenten der Fachgesellschaft für Digitale Zahntechnik (FDZt) an.

Dr. Juliane Richter studierte von 1999 bis 2004 Zahnmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU). Ihre Approbation als Zahnärztin erhielt sie im Juni 2004. Seit Juli 2004 ist sie Wissenschaftliche Assistentin an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der LMU München. Im Juli 2006 promovierte sie mit dem Thema „Evaluation der vollautomatischen Inlayrekonstruktion mittels biogenerischem Zahnmodell“ an der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der LMU München. Im Juni 2007 bekam Juliane Richter den Förderpreis des Freien Verband Deutscher Zahnärzte e.V. verliehen. Derzeit ist sie an der LMU im klinischen Studentenkurs, der Ambulanz und Patientenbehandlung, der Epithetik sowie in der Rechtsmedizin tätig. Ihre Forschungen richten sich auf die Biologische Werkstoffprüfung und die Computergestützte Auswertung von Zahnpräparationen.

Dr. Markus Stumbaum studierte an der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) Zahnmedizin. 2001 erhielt er die Approbation als Zahnarzt. Von 2004 bis 2009 war er als Zahnarzt in verschiedenen Praxen und als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der LMU München tätig. Die Promotion zum Dr. med. dent. (Thema: Anwendbarkeit der FGP-Technik computergestützten Okklusionsgestaltung) folgte 2005. Im selben Jahr wurde er zum Akademischen Rat auf Zeit mit Lehrtätigkeit berufen. 2007 erhielt Dr. Stumbaum die Implantologie-Zertifizierung durch die Deutsche Gesellschaft für Implantologie (DGI), 2009 folgte die Ernennung zum Qualifiziert fortgebildeten Spezialisten der deutschen Gesellschaft für Zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde (DGPro). Seit 2009 liegt sein Tätigkeitsschwerpunkt in der Implantologie (DGI). 2010 übernahm Dr. Stumbaum die Zahnarztpraxis von Dr. Rolf Felkel in Weßling und gewann zusammen mit Dr. Juliane Richter und Josef Schweiger den Förderpreis „Digitale Zahnmedizin“ der teamwork media GmbH.

Priv.-Doz. Dr. Florian Beuer studierte von 1994 bis 1999 Zahnheilkunde an der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU). Danach war er bis 2001 als Assistenzarzt in einer Zahnarztpraxis tätig. Seit 2002 ist Florian Beuer Mitarbeiter an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der LMU München. Im selben Jahr promovierte er im Themenbereich „Vollkeramische Versorgungen“. 2001 trat er an der LMU die Tätigkeit als Oberarzt an. Seit 2005 ist Dr. Beuer zertifizierter Implantologe. Zwei Jahre (2007/2008) war er als Visiting Professor am Pacific Dental Institute (PDI), Oregon/USA (Director: John Sorensen, DMD, PhD) tätig. Seit April 2009 ist Dr. Florian Beuer Privatdozent an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der LMU München und Leiter der Vorklinischen Ausbildung. Seine klinischen und wissenschaftlichen Schwerpunkte sind Vollkeramik, CAD/CAM-gefertigter Zahnersatz, Zirkonoxid und Implantologie. Dr. Beuer ist unter anderem Mitglied der DGI, DGZMK, AG-Keramik, IADR, Mitinitiator der Arbeitsgruppe Vollkeramik München sowie Mitinitiator des Curriculum CAD/CAM (CAD/CAM-Führerschein).

**Kontaktadresse**

Josef Schweiger • Dr. Markus Stumbaum • Dr. Juliane Richter • PD Dr. Florian Beuer • Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik Ludwig-Maximilians-Universität • Goethestraße 70 • 80336 München

