



Implantatprothetik 2.0: Symbiose aus analogen und digitalen Technologien

# ECHTES TEAMWORK

Ein Beitrag von *Dr. Kai Zwanzig*, Bielefeld, und *Ztm. Christian Hannker*, Húde/  
beide Deutschland

## KONTAKT

▪ *Dr. Kai Zwanzig*  
Mauerstraße 8  
33602 Bielefeld  
info@praxis-zwanzig.de  
www.praxis-zwanzig.de

*Ztm. Christian Hannker*  
Hannker Dental GmbH  
Ludwig-Gefe-Straße 28  
49448 Húde bei Diepholz

Fon +49 5443 929829  
Fax +49 5443 929828  
info@hannker-dental.de  
www.hannker-dental.de



Umfangreiche prothetische Versorgungen stellen das gesamte Behandler-Team immer wieder erneut vor große Herausforderungen. Ästhetik rückt immer mehr in den Fokus, außerdem wünschen sich die Patienten voraussagbare und langlebige Ergebnisse. Vor den Möglichkeiten CAD/CAM-gestützt gefertigten Zahnersatzes, war vor allen Dingen „Chipping“ ein immer wiederkehrendes Problem für Zahnärzte und Zahntechniker, da abgeplatzte Verblendkeramik-Chips zu Verstimmungen bei den Patienten führten. Monolithische Versorgungen aus Vollkeramik gehören deshalb heute bereits zum Standard und das nicht nur bei Einzelzahnversorgungen. Immer neue Werkstoffe bieten eine immer besser werdende Ästhetik, die jegliche Diskussionen über monolithische Kronen im Keim ersticken. Auch die Implantologie profitiert von der digitalen Revolution, da sich heute auch sehr komplexe Fälle bereits vor der OP am Computer mit hoher Genauigkeit planen lassen. Mühsame analoge Planung mit hohem Zeitaufwand vor allem für den Zahntechniker entfällt, so dass ein sehr effizienter Workflow hilft, den Zahnarzt auf seinem chirurgischen Weg zu begleiten und die Wünsche des anspruchsvollen Patienten zu erfüllen.

#### INDIZES

- Behandlungsplanung
- Guided Surgery
- digitale Zahntechnik
- CAD/CAM
- CAD-on-Technik
- monolithische Versorgungen

#### DD-CODE

- **XXXXX**  
Einfach diesen dd-Code in das Suchfeld auf [www.dentaldialogue.de](http://www.dentaldialogue.de) eintragen und zusätzliche Inhalte abrufen

#### HOMEPAGE



Immer wieder wird die Digitalisierung hinterfragt. Neue Techniken scheinen viele Kollegen abzuschrecken oder zu überfordern, sodass der konventionelle, analoge Workflow in Praxis und Labor noch weit verbreitet ist. Dabei hilft uns die digitale Zahnmedizin. Richtig angewendet steigert sie die Effizienz von Arbeitsabläufen; sowohl von der zeitlichen, als auch von der monetären Seite.

## Überlegungen zum digitalen Workflow

Man sollte sich gut überlegen, welche digitalen Arbeitsschritte man in den individuellen Workflow integrieren möchte. Die häufigste Frage, die sich momentan vermutlich viele Zahnärzte stellen, lautet: „Wie forme ich ab?“. Konventionelle Abformungen funktionieren seit Jahren mehr oder weniger gut. Studien zeigen, dass die Langlebigkeit einer Restauration maßgeblich von ihrer Passgenauigkeit abhängt. Laut einer Studie sind nur 50 bis 60 % aller Restaurationen als klinisch akzeptabel einzustufen [29]. Wer also bereits Probleme bei der konventionellen Abformung hat, sollte erst gar nicht mit einem intraoralen Scan beginnen. Das Wichtigste bei jeder Abformung ist das Sulkusmanagement, da nur die Strukturen abgeformt werden können, die deutlich dargestellt sind. Hier verzeiht der Intraoralscan deutlich weniger Fehler, da die heute gängigen optischen Systeme auf eine klare Darstellung vor allem der Präparationsgrenzen angewiesen sind. Auch die Art der Präparation spielt eine wesentliche Rolle, da sowohl für den digitalen Scan als auch für den CAD/CAM-gefertigten Zahnersatz Spielregeln eingehalten werden sollten [14, 21]. Können die hier möglichen Fehlerquellen ausgeschlossen werden, bietet der Intraoralscan dem behandelnden Zahnarzt eine effiziente Möglichkeit, Einzelrestaurationen in guter Qualität herzustellen.

Doch gerade bei komplexen Arbeiten, die einen gesamten Kiefer überspannen, geraten die Systeme im Vergleich zu einer konventionellen Abformung an ihre Grenzen [19,22,48]. Bei quadrantenübergreifenden Arbeiten sind Dimensionsabweichungen in unserem Workflow nicht akzeptabel,

obwohl hier zukünftig sicher mit weiteren Verbesserungen zu rechnen ist. Auch die Bissnahme ist bei vollständiger Auflösung der Stützzonen ein großes Problem, das noch gelöst werden muss.

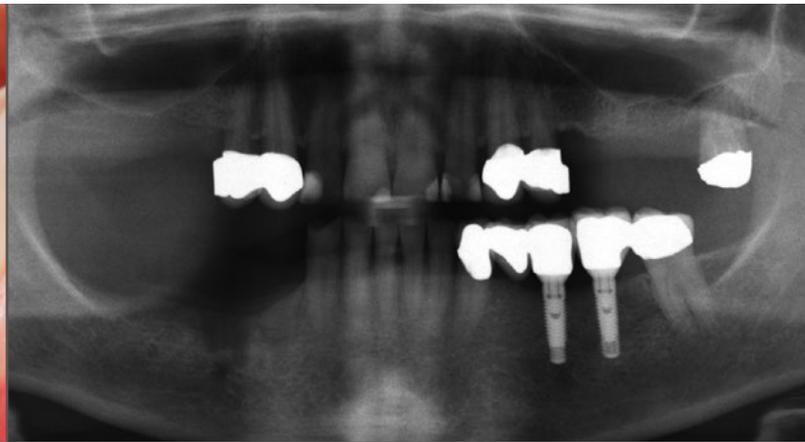
Nahezu alles andere wird bei uns rein digital erledigt, da der digitale Workflow dem analogen weit überlegen ist. Vor allem die Zahntechnik profitiert von der zunehmenden Digitalisierung. Die Verwendung vollkeramischer Materialien lässt kaum eine andere Fertigungsweise zu und stellt heute – richtig eingesetzt und angewendet –, sicher den Goldstandard dar. Im Seitenzahnbereich setzen wir seit nunmehr sieben Jahren ausschließlich monolithische Restaurationen aus Lithium-Disilikat ein, die adhäsiv verklebt werden. So vermeiden wir „Chipping“, was uns in den Jahren zuvor immer wieder unliebsame Diskussionen mit den Patienten beschert hat. Auch Brücken werden bei uns im Kauflächenbereich aus Lithium-Disilikat gestaltet, die in ihrer Gesamtheit jedoch als Hybridkonstruktion gefertigt werden. Für die nötige Stabilität sorgt ein Zirkonoxid-Gerüst, das so reduziert konstruiert wird, dass es mit der Lithium-Disilikat-Einheit verklebt werden kann [37]. Monolithische Versorgungen aus Zirkonoxid entsprechen momentan noch nicht unseren ästhetischen Ansprüchen. Zudem zeigt eine Studie, dass sich Lithium-Disilikat-Oberflächen bei implantatgetragenen Versorgungen im kautragenden Bereich besser verhalten, als solche aus reinem Zirkonoxid [11].

Das Implantatdesign und die Implantatverbindung sind weitere wichtige Faktoren und sollten bei der Planung eine Rolle spielen. Konische Innenverbindungen stellen den Zahnarzt bei der prothetischen Versorgung vor Probleme, da die Repositionsfähigkeit konischer Aufbauteile nie zu 100 % vom Modell in den Mund übertragen werden kann [20]. Deshalb favorisieren wir bei mehreren nebeneinander liegenden Implantaten oder Implantaten, die mit einer Brücke versorgt werden sollen, Systeme mit sogenannten „Butt-Joint-Verbindungen“. Diese sind wesentlich einfacher prothetisch zu versorgen, da bei einer Butt-Joint-Verbindung

das Abutment plan auf der Implantatschulter aufliegt (der Rotationsschutz befindet sich im Implantat). Platformswitching hat ebenfalls eine große Bedeutung, da es helfen kann, krestalen Knochen und Weichgewebe zu erhalten. Beim Platformswitching rückt das interimplantäre Interface zweiteiliger Systeme auf die Innenseite der Implantatschulter und hilft so, den Mikropalt weg vom Knochen zu bewegen, um damit der Einstellung der biologischen Breite entgegen zu wirken [18, 24]. Damit Platformswitching funktioniert, müssen allerdings biologische Voraussetzungen mit geeignetem Weichgewebemanagement geschaffen werden. Dieses Prinzip greift nur dann, wenn das Weichgewebe eine Dicke von mehr als zwei Millimeter aufweist [26, 27].

## Der Patientenfall

Die heute 70-jährige Patientin kam erstmals 2009 in unsere Praxis, da sie Probleme mit drei alio loco gesetzten Implantaten im rechten Unterkiefer hatte (Abb. 1). Diese waren nur zwei Jahre zuvor implantiert worden und wurden von uns als nicht erhaltungswürdig eingestuft. Die Periimplantitis hatte einen ausgeprägten knöchernen und weichgewebigen Defekt hinterlassen, sodass eine einzeitige Implantation nicht möglich war (Abb. 2). In einem ersten Schritt erfolgte eine Verbesserung der Weichgewebssituation, da keratinisierte Gingiva vollständig fehlte. Um später eine natürliche Kronenlänge zu erreichen, war nicht nur eine horizontale, sondern vor allem auch vertikale Augmentation des Knochens notwendig. Die vertikale Komponente betrug dabei fast einen Zentimeter. Um dies zu erreichen wurde eine 3D-Augmentation mit dem SonicWeld-System durchgeführt. Dazu wurden vestibulär und lingual zwei resorbierbare Polylactidschalen mit ebenfalls resorbierbaren Pins an den Knochen „geschweißt“ und der entstandene Hohlraum mit einer 50:50-Mischung Knochenersatzmaterial und autologem Knochen aufgefüllt. Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei dem autologen Material hauptsächlich um kortikale Anteile handelte und eine vertikale Augmentation immer mit einem hohen Risiko verbunden ist, wurde das Aug-



**01** Die heute 70-jährige Patientin konsultierte uns 2009, da sie Probleme mit drei im vierten Quadranten gesetzten Implantaten hatte. Diese waren nicht mehr erhaltungswürdig

**02** Aus dem Kontrollröntgenbild wurde ein ausgeprägter knöcherner Defekt ersichtlich. Dieser war auf die Periimplantitis zurück zu führen und hatte zur Folge, dass eine einzeitige Implantation nicht möglich war

mentat zusätzlich mit BMAC (Bone Marrow Aspirat Concentrat) beimpft, um durch die Stammzellen eine zusätzliche osteoinduktive Wirkung zu erzielen. Im Oberkiefer trug die Patientin eine herausnehmbare Arbeit mit einer Freundsituation, die über zwei distale Geschiebe an den endständigen Zähnen 14 und 24 gelöst worden war. Bereits zu diesem Zeitpunkt haben wir darauf hingewiesen, dass eine Erneuerung des Oberkieferzahnersatzes ebenfalls angestrebt werden sollte. Ein Vorschlag, den sie allerdings ablehnte. Wir konnten sie zumindest überzeugen, dass, wenn wir ihr schon Stammzellkonzentrat aus der Hüfte entnehmen, wenigstens ein Knochenaufbau im Oberkiefer erfolgen sollte, um das entnommene Material nicht zu verschwenden. Dazu war sie bereit, sodass eine simultane Augmentation beider Kiefer unter Vollnarkose erfolgte.

### Implantation und Prothetik im Unterkiefer 2011

Die Einheilung verlief komplikationslos, sodass sechs Monate später zwei Implantate im Unterkiefer an Position 44 und 46 inseriert werden konnten. Diese wurden nach weiteren drei Monaten mit einer Splitflaptechnik freigelegt, um die Zone an keratinisierter Gingiva weiter zu verbreitern. Weichgewebemanagement ist einer der Schlüssel zum Langzeiterfolg bei Implantaten. Schon lange wissen wir, dass ausreichend Knochen im

krestalen Bereich eines Implantats vorhanden sein muss, um den Remodellingvorgängen entgegen zu wirken. Zwei Millimeter Knochen sollte mindestens periimplantär erreicht werden [44]. Heute richtet sich der Fokus immer mehr auf das Weichgewebe, da mittlerweile erkannt wurde, dass dünnes Weichgewebe den darunter liegenden Knochen nicht in ausreichender Form vor Resorption schützen kann. Wir streben heute eine Weichgewebisdicke von drei Millimetern periimplantär an – mit einer Zone an befestigter und keratinisierter Gingiva von mindestens zwei Millimetern [1, 16, 25]. Da bei der Patientin zwei Implantate auf der kontralateralen Seite des Unterkiefers ebenfalls unzureichende Weichgewebsverhältnisse aufwiesen, wurde dort eine Vestibulumplastik mit freiem Schleimhauttransplantat durchgeführt (Abb. 3).

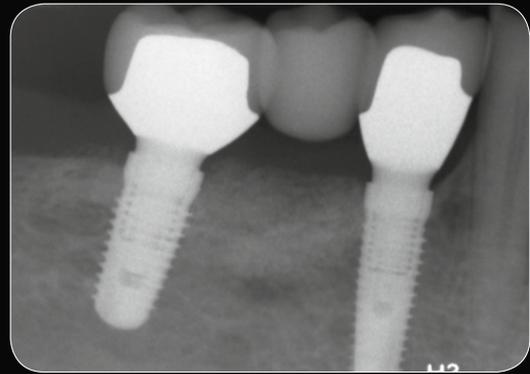
Die prothetische Versorgung erfolgte mittels einer vollkeramischen Brücke aus Zirkonoxid (damals noch verblendet), die auf zwei individuellen Hybridabutments befestigt wurde. Dazu wurden zwei Zirkonoxid-Aufbauteile hergestellt, die auf den Titanbasen verklebt wurden. Das Röntgenbild nach der Versorgung (2011) zeigt die gut osseointegrierten Implantate nach vertikaler Augmentation (Abb. 4). Das klinische Bild zeigt sieben Jahre nach Befestigung der Kronen eine absolut reizfreie Gingiva ohne nennenswerte Rezessionen (Abb. 5).

### Probefahrt mit Langzeitprovisorium im Oberkiefer 2013

Da sich die Situation im Oberkiefer zusehends verschlechterte, war die Patientin 2013 gezwungen, dort ebenfalls zu handeln (Abb. 6). Die funktionelle Überlastung hatte zur massiven Absenkung des Bisses geführt und die ausgeleierte Geschiebe boten der Prothese keinen Halt mehr (Abb. 7). Die alten Kronen auf den Zähnen wiesen einen schlechten Randschluss auf und führten zu Entzündungen der Gingiva. Wir rieten der Patientin daher zu einer festsitzenden Versorgung, da es aus unserer Sicht keinen Sinn ergab, einen Kiefer festsitzend zu versorgen, während die Gegenbeziehung herausnehmbar ist. Zudem ist die Überlebensrate von festsitzendem Zahnersatz im Vergleich höher [17]. Hinzu kommt, dass die Wartungs- und Reparaturanfälligkeit und deren Kosten, von Zahnärzten und Patienten oft unterschätzt werden; insbesondere bei Freundsituationen. Weitere große operative Eingriffe konnten wir aufgrund der vorangegangenen Augmentation der Oberkieferseitenzahnbereiche ausschließen, sodass die Patientin einer festsitzenden Lösung zustimmte. Um das spätere Ergebnis vor allem in Hinblick auf die Funktion beurteilen zu können, wurde ein laborgefertigtes Langzeitprovisorium eingegliedert (Abb. 8). Mit diesem LZP konnten wir bereits in der



**03** Auf der kontralateralen Seite (dritter Quadrant) wurde eine Vestibulumplastik mit freiem Schleimhauttransplantat durchgeführt



**04** Röntgenkontrolle der Situation nach der vertikalen Augmentation und erneuten prothetischen Versorgung (2011). Es zeigen sich gut osseointegrierte Implantate



**05** So stellte sich der klinische Befund sieben Jahre nach der prothetischen Neuversorgung dar. Die Gingiva zeigte sich absolut reizfrei und ohne nennenswerte Rezessionen



**06** Ausgangsbefund im Oberkiefer: Da sich die Situation auch hier zusehends verschlechterte, war die Patientin 2013 dann doch damit einverstanden, auch hier zu handeln

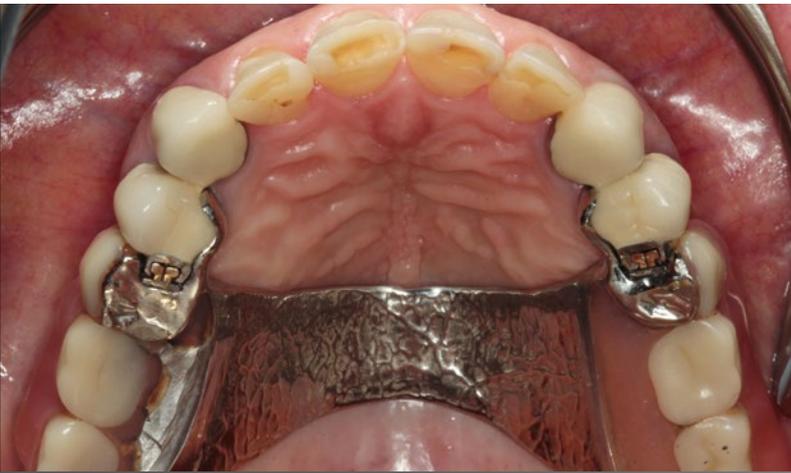
Planungsphase die Erhöhung des Bisses und die Eckzahnführung ausprobieren. Beides akzeptierte die Patienten nach kurzer Zeit als die ihre. Zudem konnten wir ihr ein ungefähres Bild der späteren Ästhetik vermitteln, an der sie wenig auszusetzen hatte. Der nun passende Abschluss der Kronenränder sorgte für ein Abklingen der inflammatorischen Prozesse. Nicht zuletzt versuchen wir in der Planungsphase, alle metallischen Restaurationen in dem zu behandelnden Kiefer zu entfernen, um auf der anstehenden 3D-Aufnahme keine Artefakte zu erzeugen, die die Qualität und Präzision der Aufnahme signifikant verschlechtern [38, 40, 50].

### Planung und Implantation im Oberkiefer (2013)

Es wurden eine digitale Volumentomografie (DVT) und ein Intraoralscan – beides ohne Langzeitprovisorium – angefertigt. Die beiden Datensätze wurden im Labor in eine Planungssoftware eingelesen und gematched. Mithilfe eines digitalen Wax-ups konnte nun genau festgelegt werden, welche prothetischen Bedürfnisse der endgültige Zahnersatz erfüllen sollte. Aufgrund der prothetischen Vorgabe konnte die korrekte 3D-Implantatposition in der Software bestimmt und mit der knöchernen Situa-

tion verglichen werden [12] (Abb. 9). Da im Vorfeld augmentiert worden war, konnten die Implantate prothetikgerecht und ohne Angulation positioniert werden; zusätzliche Knochenmanagement-Maßnahmen waren nicht notwendig.

Die so bestimmten Implantatpositionen wurden online an ein Fertigungszentrum gesendet, um dort eine Bohrschablone drucken zu lassen. So erhält der Zahnarzt oder Oralchirurg eine präzise passende Schablone, die rein digital geplant und umgesetzt wurde. Ein Gipsmodell wurde bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht in die Planung mit einbezogen.



**07** Aus der Okklusalan­sicht der nicht mehr funktionstüchtigen Ge­schiebeprothese wird ersicht­lich, dass die funktionelle Über­lastung zur massiven Absen­kung des Bisses geführt und die Ge­schie­be ausgeleiert hatte

**08** Um das spätere Ergebnis vor allem in Hinblick auf die Funk­tion evaluieren zu können, wurde im Labor ein Langzeitprovi­sorium angefertigt und vom Behandler eingegliedert



**09** In der 3D-Planungssoftware konnte aufgrund der prothetischen Vorgabe die korrekte Implantatposition bestimmt und mit der knöchernen Situation verglichen werden. Da im Vorfeld augmentiert worden war, konnten prothetikgerecht und ohne An­gulation implantiert werden

Die Genauigkeit solcher Schablonen ist, bei Einhaltung gewisser Spielregeln, der von konventionell erstellten Schablonen überlegen (**Abb. 10 und 11**). Und auch die Herstellungskosten sind niedriger, als vergleichbare, händisch hergestellte Schablonen [33].

Doch warum diese aufwändige Planung? Aufwand ist relativ und muss in einer Kosten-Nutzenrechnung gegeneinander abgewogen werden. Natürlich kann man die Implantate auch „frei Hand“ setzen, doch die Nachteile eines solchen Vorgehens überwiegen.

Ziel war es, die Implantate so minimalinvasiv wie möglich zu inserieren. Und das erreicht man am besten ohne Aufklappen des Zahnfleischs. Ohne Full-Guide-Schablone hat der Operateur jedoch keine Möglichkeit zu überprüfen, ob das Implantat an die richtige Stelle gesetzt wurde. Von einem „blinden“ Vorgehen transgingival ist dringend abzuraten. Studien haben zudem gezeigt, dass Schablonen, die nicht full-guided sind, nicht die notwendige Präzision aufweisen, um die geplante Implantatposition umzusetzen, ohne eventuell auch benachbarte Strukturen zu verletzen [3]. Eine komplette Aufklappung des Zahnfleischs würde zu höherem chirurgischen Aufwand und größeren postoperativen Problemen führen. Zudem zieht eine Deperiostierung eine Knochenresorption von bis zu einem Millimeter nach sich [13]. Folglich sollte man, wenn möglich, der lappenlosen Variante den Vorzug geben, da sie die Invasivität deutlich herabsetzt, und eine komplett geführte Implantation die höhere Präzision bietet und aktuell als „Goldstandard“ angesehen werden muss [4, 6, 8].

Die Operation wurde unter lokaler Anästhesie durchgeführt. Wenn immer möglich, versuchen wir das periimplantäre Weichgewebe zu optimieren. Schleimhautstanzen führen oft zu einer erheblichen Verringerung der Breite an keratinisierter Gingiva. Deshalb führen wir solche Stanzen nur in Gebieten mit ausreichender keratinisierter Gingiva durch, um die periimplantären Weichgewebe nicht zu schwächen und spätere Probleme zu provozieren. Deshalb entschlossen wir uns, im rechten Oberkieferseitenzahnbe-

reich einen Spaltlappen zu präparieren. Über die Bohrschablone, die über Nacht in einer 0,2 %igen CHX-Lösung gelagert worden war, konnten die Bohrungen für die Implantate 16 und 15 full-guided durchgeführt werden (**Abb. 12**).

In regio 15 wurde ein 11 mm-Implantat mit einem Durchmesser von 3,8 mm durch die Schablone eingesetzt. In regio 16 war im DVT zu erkennen, dass der Alveolarkamm auch die Insertion eines Implantats mit 5 mm Durchmesser zulässt. Bedauerlicherweise ist im momentanen Portfolio der Firma kein Implantat mit der gewollten Geometrie in einer Full-Guide-Version verfügbar, sodass nach Abnahme der Schablone ein 5,0/11 mm Implantat „frei Hand“ gesetzt wurde. Beim Einbringen sollte darauf geachtet werden, dass ein Eindrehmoment von 50 Ncm nicht überschritten wird, da es sonst zu höheren Knochenresorptionen und gingivalen Rezessionen kommt [31, 47]. Wenn wir keine Sofortversorgung anstreben, liegt unsere persönliche Grenze bei 35 Ncm. Studien zeigen, dass sich niedrige Drehmomente am positivsten auf den marginalen Knochen auswirken [35]. Einheilkappen wurden auf die Implantate geschraubt und der Lappen als apikaler Verschiebelappen im neu gebildeten Vestibulum am Periost fixiert und mit Positionierungsnähten vestibulär der Gingivaformer adaptiert.

Im linken Quadranten wurden aufgrund der guten Weichgewebsverhältnisse in regio 25 und 27 durch die Schablone mit einer Schleimhautstanze zwei „Punches“ entnommen. Es folgte die komplett geführte rotierende Aufbereitung der Implantatlager, sodass in regio 25 ein 4,3/11 mm-Implantat inseriert werden konnte. Analog zur rechten Seite erfolgte in regio 27 die Insertion eines 5,0/11 mm-Implantats. Vor dem Einschrauben der Heilkappen, wurden mit einem Tunnelmesser zwei Tunnel vestibulär regio 25 und 27 präpariert. Die zuvor entnommenen „Punches“ wurden mit dem Skalpell entepithelisiert und zur weiteren Verdickung der Gingiva in die Tunnel eingebracht. Da in regio 26 ein Wangenband einstrahlte, wurde mit dem Laser eine Vestibulumplastik durchgeführt, um auch dort ein Minimum an Be-

wegung zu erreichen. Nach sieben Tagen erfolgte die Nahtentfernung. Es zeigte sich eine gut verheilte Wunde mit freier Granulation. Gut ist auch die Situation nach der Vestibulumplastik mit dem Laser zu erkennen (**Abb. 13**). Die Situation im ersten Quadranten stellte sich nach zwei Monaten wie in der **Abbildung 14** dargestellt dar – das Weichgewebe war völlig intakt.

## Definitive Versorgung im Oberkiefer

Die prothetische Versorgung begann vier Monate nach der Implantation (**Abb. 15**). Zunächst wurden die Zähne 14 bis 24 nach Abnahme des Provisoriums leicht nachpräpariert und für die Abformung mit einer Doppelfadentechnik vorbereitet [7]. Auf die Implantate wurden Abformpfosten für die offene Abformung geschraubt und intraoral mit einem Autopolymerisat verblockt (**Abb. 16 und 17**). Wir nehmen eine solche Verblockung immer bei benachbarten Implantaten vor, da wir so den genauen Abstand und die Position auf das Meistermodell übertragen können [5, 10, 32, 39]. Wir favorisieren die offene Abformmethode, da sie zu genaueren Ergebnissen als andere Verfahren führt [2, 23, 28, 34, 49]. Die Abformung wird mit einem zuvor angefertigten individuellen Löffel und einem Silikon im Sinne einer Einphasenabformung durchgeführt [30] (**Abb. 18**).

Nach der Abformung wurde eine Bissnahme in zentrischer Kondylenposition durchgeführt. Hierfür wurden auf den beiden endständigen Implantaten Registrierpfosten aufgeschraubt (**Abb. 19**), die die distale Abstützung der chairside hergestellten Zentrikplatte aus einem Plattenwachs gewährleisten (**Abb. 20**). Es muss unbedingt darauf geachtet werden, dass die zuvor mit dem Langzeitprovisorium eingestellte Bisshöhe übernommen wird. Nur so kann gewährleistet werden, dass im Artikulator keine Veränderungen mehr vorgenommen werden müssen.

Die Abformung wurde desinfiziert und zur Modellherstellung an das Labor übergeben.



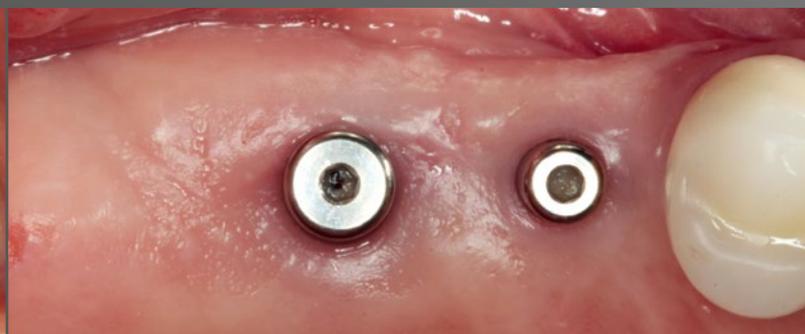
**10 & 11** Die mittels 3D-Planung bestimmten Implantatpositionen wurden online an ein Fertigungszentrum gesendet und dort eine gedruckte Bohrschablone gefertigt. Der Zahnarzt oder Oralchirurg erhält damit eine präzise passende Schablone, die rein digital geplant und umgesetzt wurde



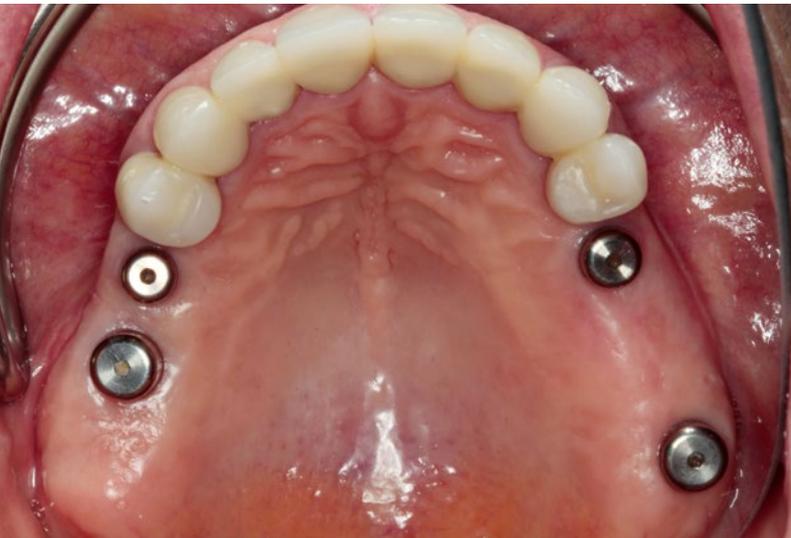
**12** Mit Hilfe der Bohrschablone konnten die Bohrungen für die Implantate 16 und 15 full-guided durchgeführt werden



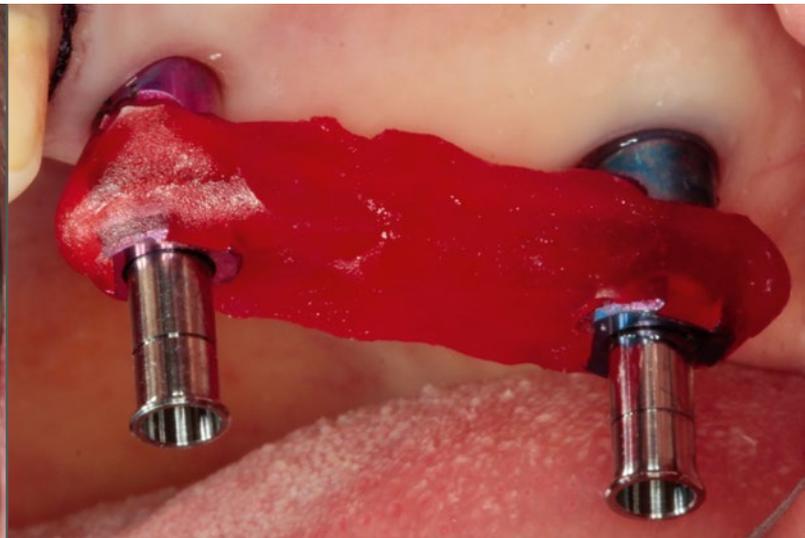
**13** So stellte sich die Situation im zweiten Quadranten, eine Woche nach der Vestibulumplastik mit dem Laser dar



**14** Der Zustand, zwei Monate nach der Insertion zeigte vollständig intaktes Weichgewebe



**15** Der Kiefer ist bereit für die prothetische Versorgung. Es herrschen perfekte periimplantäre Weichgewebeverhältnisse vor



**16** Die Implantate wurden vor der Abformung intraoral verblockt. So lässt sich die Position am sichersten übertragen



**17** Der für die Abformung fertig vorbereitete Oberkiefer: Die Implantate sind verblockt und die Frontzähne mit der Doppel-fadentechnik versehen. Die Abformung wurde mit einem zuvor angefertigten individuellen, im Bereich der Implantate ...



**18** ... offenen Löffel und einem Silikon im Sinne einer Einphasenabformung durchgeführt – die Präparationsgrenzen sind 360 Grad zirkulär erkennbar

### Das prothetische Prozedere im Labor

Alle Abformungen, die das Labor erreichen, werden desinfiziert und mit destilliertem Wasser ausgewaschen. Danach erfolgt eine Sichtkontrolle der Präparationsgrenzen und auch der Sitz der Abformpfosten in der Abformung wird überprüft. Das Aufschauben der Modellanalogue erfordert besondere Aufmerksamkeit, da sichergestellt werden

muss, dass die Abformpfosten und Modellanalogue spaltfrei miteinander verbunden sind. Anschließend wird Zahnfleischmaschenmaterial um den Bereich der Implantate gespritzt. Hierbei ist auf eine saubere Verarbeitung zu achten, da werden muss, dass eine anschließende Korrektur nicht nötig ist. Dieses Vorgehen vermeidet Fehler beim erneuten Auf- und Abschrauben der Modellanalogue. Danach werden zwei Modelle hergestellt. Das erste wird als Sägeschnittmodell

vorbereitet, für den zweiten Ausguss wird die Zahnfleischmaske vom ersten Modell reponiert und die Abformung erneut mit Dentalgips Klasse 4 ausgegossen. Es werden beide Modelle mit der Zentrikplatte in einem volljustierbaren Artikulator eingestellt. Der anschließende Splitcast-Test ist enorm wichtig für die weitere Bearbeitung, und stellt sicher, dass Ober- und Unterkiefer in genau der Relation eingegipst werden, die durch die Zentrikplatte vorgegeben ist.



**19** Für die Zentrikbissnahme wurden auf die endständigen Implantate Bissregistrierpfosten aufgeschraubt. So kann eine gleichmäßige Abstützung stattfinden



**20** Bei der Zentrikbissnahme ist auf eine korrekte vertikale Dimension zu achten. Eingestellt wurde diese Bisshöhe mit dem Langzeitprovisorium

Nachdem alle Maßnahmen der Arbeitsvorbereitung abgeschlossen waren, konnten die Modelle mittels Streifenlichtscanner digitalisiert werden. Bei einem Modellscanner kommt es nicht nur auf die globale Genauigkeit, das heißt, die Präzision über den ganzen Kiefer, sondern auch auf die lokale Genauigkeit, etwa den Bereich der Präparationsgrenze an. Hier weisen die, uns bekannten, am Markt befindlichen Systeme deutliche Unterschiede auf. Gerade scharfe Kanten im Präparationsgrenzbereich werden oft nicht so dargestellt, sondern erscheinen mehr oder weniger stark verrundet.

Nachdem die Datenerfassung abgeschlossen war, wurde zuerst ein digitales Wax-up/Set-up erstellt (**Abb. 21**), das die Basis für alle nachstehenden Arbeiten bildet. Dieses kann mittels eines subtraktiven Verfahrens, wie bei diesem Patientenfall, also frästechnisch aus Wachs (**Abb. 22 und 23**), oder in einem additiven Verfahren, wie dem 3D-Druck, hergestellt werden. Das CAD/CAM-gestützt hergestellte Wax-up kann auf das physische Modell gesetzt werden und erlaubt es dem Zahntechniker, die funktionellen, anatomischen und ästhetischen Gegebenheiten zu prüfen und gegebenenfalls zu adaptieren. Denn in manchen Fällen entspricht das, was digital am Bildschirm konstruiert wurde, nicht dem, was man sich in der Realität vorgestellt hat.

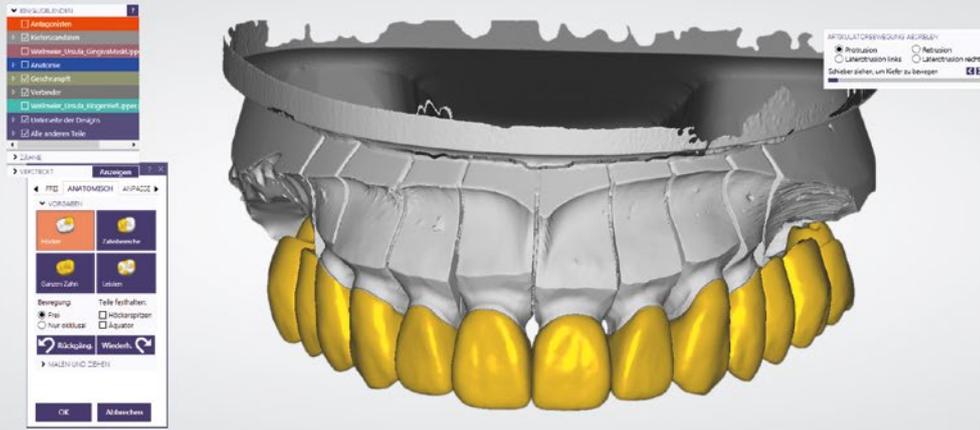
Um die Emergenzprofile im Seitenzahnbereich zu gestalten, wird das Wax-up auf die Zahnfleischmaske gesetzt und mit einem Stift die Silhouette des zervikalen Bereichs auf die Zahnfleischmaske übertragen (**Abb. 24 und 25**). Diese Anzeichnung dient bei der Radierung als äußere Begrenzung. Das Emergenzprofil und die Brückenglieder können so präzise in die weiche Zahnfleischmaske radiert werden.

Zurück zum Fall: Die Hybridabutments, auf denen die Seitenzahnbrücken befestigt werden sollten, wurden im Platformswitching-Design (PS-Design) hergestellt, um die daraus resultierenden, bereits beschriebenen Vorteile nutzen zu können. Da es zu diesem Zeitpunkt keine konfektionierten PS-Klebasen gab, musste auf Esthomic Abutment PS (gerade) zurückgegriffen werden. Diese präfabrizierten Standard-Abutments entsprechen jedoch nicht dem Design einer Klebebasis, weshalb sie aufwendig umgeschliffen und jeweils mit einer Rotationsicherung versehen werden mussten, die das spätere Verkleben erleichtern würde.

Des Weiteren entstanden Probleme bei der erneuten Digitalisierung des Oberkiefermodells mitsamt den individuellen Basen. Der Grund: Es konnten in diesem Fall keine Scanbodys zum Einsatz kommen. Die metallische Oberfläche der zuvor manipulierten Basen

musste daher für den Scanvorgang mit Spray mattiert werden. Ansonsten lässt sich die Oberfläche nicht präzise erfassen. Nach dem Scan der neuen Modellsituation (mit und ohne Zahnfleischmaske) erhielt das Labor aber dennoch eine gute digitale Arbeitsgrundlage (**Abb. 26**). Bei der Konstruktion der Abutments mussten der Schraubkanal, die Ausrichtung und die Größe des Schraubendurchtritts manuell bestimmt werden. Wenn auf Basis von Scanbodys konstruiert wird sind alle Parameter in der Software bereits vorgegeben, was die Herstellung wesentlich vereinfacht.

Die so generierten STL-Files der keramischen Hybridabutment-Aufbauteile wurden in einem CAM-Programm weiterverarbeitet und zur Bearbeitung an eine Fräsmaschine gesandt. Nach Beendigung des Fräsvorgangs wurden die Abutments aus dem Rohling getrennt, versäubert und anschließend dichtgesintert. Für die Abutments verwendeten wir in diesem Fall ein Zirkonoxid der zweiten Generation. Dieses weist eine Biegefestigkeit von 1200 MPa und einen leichten Farbverlauf auf (**Abb. 27**). Die zu verklebenden Bereiche der Zirkonoxid-Abutments und Metallbasen wurden mit 110 µm Aluminiumoxid und 1 Bar Druck abgestrahlt und anschließend mit einem geeigneten Silan benetzt. Nach der vom Hersteller angegebenen Abluftzeit wurden beide Teile vor dem Verkleben mit



**21** Auf Basis der digitalen Datenerfassung wurde in der CAD-Software ein digitales Wax-up/Set-up generiert



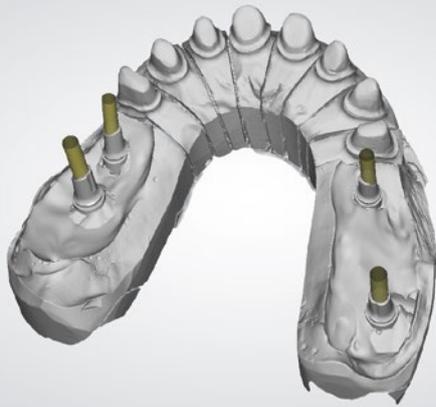
**22** Das virtuell konstruierte Wax-up wurde CNC-gestützt aus Wachs gefräst



**23** Der Vorteil des virtuellen Wax-ups liegt darin, dass die Zähne bei Bedarf mehrmals herausgefräst werden könnten



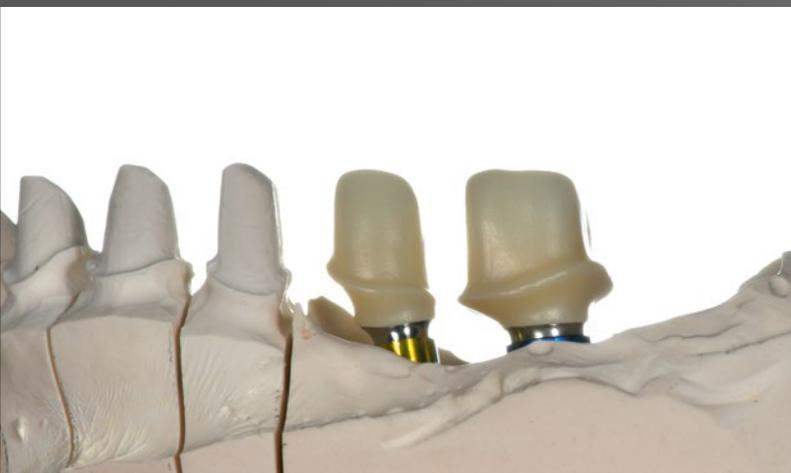
**24 & 25** So können die Wachszähne als Schablone für das Emergenzprofil dienen. Hierzu wird mit einem entsprechenden Stift die Außenkontur auf die weiche Zahnfleischmaske übertragen



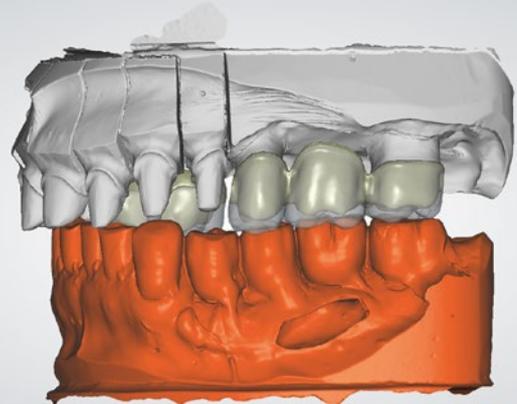
**26** Auf die Implantate werden Klebebasen geschraubt und die neue Modellsituation eingescannt – mit aufgesetzter und abgenommener Zahnfleischmaske



**27** Die Aufbauteile der Hybridabutments wurden in der CAD-Software konstruiert und aus einem Zirkonoxid der zweiten Generation gefertigt



**28** Nach dem Verkleben und versäuern zeigten sich die Hybridabutments als schier gar untrennbare Einheit. Das verwendete Zirkonoxid ist mit einem leichten internen Farbverlauf ausgestattet



**29** Auch das Design der Brückengerüste erfolgte in der CAD-Software, allerdings auf Basis eines taktilen Scans. Dieser bietet die größtmögliche Präzision, die bei diesem Arbeitsschritt gefordert war

einem Fön leicht erwärmt, um die Aktivierung des Silans zu begünstigen und somit den Haftverbund zu erhöhen. Überschüsse des Klebers wurden erst nach der Aushärtung entfernt (**Abb. 28**), da man sonst Gefahr läuft, den noch nicht ganz harten Kleber aus der Fuge zu ziehen. Anschließend wurden die Abutments nachgefräst und der basale Anteil auf Hochglanz poliert. Nun wurde das Modell samt den aufgeschraubten Hybridabutments erneut eingescannt, um die Brückengerüste konstruieren und herstellen zu können. Da auch Zirkonoxid spiegelnde Oberflächen aufweist und die best-

mögliche Präzision erreicht werden sollte, kam dieses Mal ein taktiler Scanverfahren zum Einsatz. Da der taktiler Scan kein Scanspray benötigt (das unter Umständen nicht gleichmäßig aufgetragen wurde), erhalten wir mit diesem Scanverfahren immer wieder die gleiche Präzision. Die Einzelkronen und das Brückengerüst wurden analog des Wax-ups gestaltet. Die Einzelkronen für die Seitenzahnbrücken (Sinterverbundbrücken) erfordern ein spezielles Design, da es im Anschlussbereich zum Zirkonoxid-Gerüst keine Unterschnitte aufweisen darf. Ansonsten ließen sich die Lithium-Disilikat-Verblen-

dungen nicht problemlos auf das Zirkonoxid-Untergerüst setzen und mit diesem verlöten (**Abb. 29**). Die Brücken-Gerüste wurden wie beschrieben aus Zirkonoxid gefräst, gesintert und erneut eingescannt, um die anatomische Außenhaut zu designen und auf Basis der CAD/CAM-Daten monolithische Lithium-Disilikat-Strukturen zu generieren (**Abb. 30 und 31**). Man könnte diese Strukturen auch im so genannten Split-file-Verfahren herstellen. Dies hat sich jedoch bei komplexen Brückenversorgungen wie dieser nicht bewährt. Die Lithium-Disilikat-Kronen und Brücken



**30** Die Brücken wurden als Sinterverbundbrücken konstruiert, das heißt Stabilität bringt das Zirkonoxid-Brückengerüst, für die Ästhetik sorgen monolithische Lithium-Disilikat-Einzelkronen



**31** Die Brückengerüste und Einzelkronen werden mit einer Art Glaslot miteinander verbunden. Daher musste beim Design auch darauf geachtet werden, keine Unterschnitte zu generieren



**32** Die Zähne 14 bis 24 wurden als vollanatomische Zähne konstruiert und aus Lithium-Disilikat geschliffen. Da die Frontzähne minimal verblendet werden sollten, kamen hierfür LT A1-Rohlinge zum Einsatz. Die Vierer wurden aus MT A1-Rohlingen geschliffen

wurden in der CAD-Software designt und die daraus entstandenen STL-Dateien an ein CAM-Programm übermittelt, in dem die Bahnen für den späteren Schleifvorgang erzeugt wurden. Lithium-Disilikat-Glaskeramik ist ein harter und bekanntermaßen schwer zu verarbeitender Werkstoff, bei dem es Erfahrung im Umgang mit den Fertigungsmaschinen und dem CAM-Programmen bedarf. Die Auswahl der Schleifwerkzeuge ist entscheidend für die Passung. So wurden in unserem Fall alle Kavitäten mit einem 0,5 mm-Schleifstift bearbeitet, da eine hohe Fräserradiuskorrektur umgangen werden sollte. Auch die Kauflächen wurden mit einem 0,3 mm-Schleifer

finalisiert, um hinterher möglichst wenig händisch nacharbeiten zu müssen. Die Frontzahnrestaurationen wurden vollanatomisch geschliffen, um sie später gezielt für die Cutback-Technik vorzubereiten. Für diese Technik empfiehlt es sich, einen opakeren Rohling als für die Maltechnik zu verwenden. In diesem Fall kamen im Frontzahnbereich LT A1- und für die 4er MT A1-Rohlinge zum Einsatz (**Abb. 32**). Für die Sinterverbundbrücken wurden HT A1-Rohlinge verwendet. Die Seitenzähne wurden ausschließlich bemalt. Die unterschiedlichen Transluzenzen des Materials (HT = High Translucency, MT = Medium Translucency, LT = Low Trans-

lucency) sorgen später, nach der Fertigstellung, für eine homogene Farbwirkung. Um beim Cut-back gezielt vorzugehen, empfiehlt es sich, immer gegen die Anatomischen Wax-up-Kronen zu arbeiten. So verliert man nicht den Überblick und reduziert nur so viel, wie unbedingt notwendig (**Abb. 33 und 34**). Vor der Teilverblendung wurden die reduzierten Frontzahnkronen kristallisiert (**Abb. 35**). Die Verblendung der teilreduzierten Frontzahnkronen erfolgte in gewohnter Weise mit einem adäquaten Verblendkeramiksistem. (**Abb. 36**).

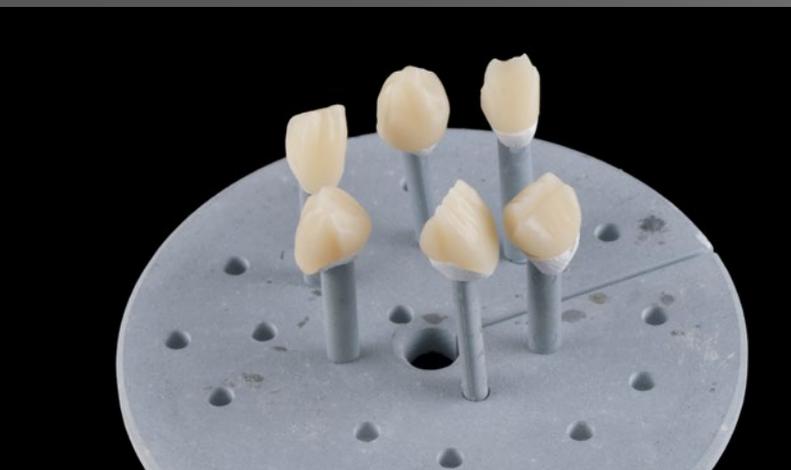
Zum Fügen der Sinterverbundbrücken (**Abb. 37**) kam ein glasartiges Keramiklot,



**33** Für die Minimalschichtung wurden die Frontzähne gezielt reduziert. Hierbei helfen die vollanatomischen Wachs-Nachbarzähne



**34** Die für den Kristallisationsbrand vorbereiteten Lithium-Disilikat-Kronen auf dem Modell: Die Frontzähne teilreduziert, die Prämolaren und Seitenzähne vollanatomisch



**35** Nach dem Kristallisationsbrand erhalten die IPS e.max CAD-Kronen ihre Endfestigkeit und Zahnfarbe



**36** Für ein Maximum an Natürlichkeit und Ästhetik wurden die Frontzähne händisch verblendet. Hierfür kam die Verblendkeramik von **???** zum Einsatz

auf Basis eines silikatischen Materials zum Einsatz. Dieses „Glaslot“ ist in zwei Aufmahlungen erhältlich: DCM hotbond fusio 12 wird für die Verbindung von Zirkonoxid und Lithium-Disilikat und bei einem Lotspalt von 0,15 bis maximal 0,3 mm genutzt. DCM hotbond fusio 6 kommt bei einem Lotspalt von 0,1 bis 0,15 mm zum Einsatz. Eine Verwendung bei Lotspalten unter 0,1 und mehr als 0,3 mm ist kontraindiziert. Der Fügebrand erfolgte wie vom Hersteller empfohlen. Anschließend wurden die Überschüsse mit Diamanten einer feinen Körnung unter Wasserkühlung entfernt. Es erfolgte eine Kontrolle der Lötfläche unter dem Mikroskop (20-fache

Vergrößerung), um etwaige Fehlstellen zu lokalisieren und beim finalen Glanzbrand zu beseitigen. Die verfügbaren Sinterverbundbrücken wurden nach dem Glanzbrand poliert und gesäubert (**Abb. 38**). Nun waren alle Teile fertig (**Abb. 39**) und konnten an die Praxis geliefert werden. Die Abutments wurden nach einem speziellen Reinigungsverfahren, dem Finevo Clean System [15] gereinigt und hiernach verschweißt.

### ... zurück in der Praxis

Aufgrund der langjährigen Zusammenarbeit, denen immer gleichen Arbeitsprozessen und

der Erfahrung können wir in der Regel auf eine Einprobe verzichten; so auch in diesem Fall. Die Eingliederung erfolgte unter lokaler Anästhesie. Da oft die vom Techniker vorgegebenen Emergenzprofile etwas größer und anatomischer sind, als die durch konfektionierte Gingivaformer ausgeformten Durchtrittsstellen, erweitern und formen wir die Durchtrittsstelle mit rotierenden Instrumenten so aus, dass die Abutments sich mit leichtem Druck in Position bringen lassen (**Abb. 40**). Dadurch erreichen wir zudem eine frische Deepithelisierung, was den hemidesmosomalen Verbund mit der Zirkonoxid-Oberfläche des Abutments erhöhen sollte [36]. Zu



**37** Für das Fügen der Sinterverbundbrücken wurde auf ein glasartiges Keramiklot, auf Basis eines silikatischen Materials zurückgegriffen (DCM hotbond fusio)



**38** Die verfüzten Keramikstrukturen nach dem Ausarbeiten und polieren. Es zeigt sich keine Lötfolge. Lediglich die farbliche Abgrenzung markiert den Übergang vom Lithium-Disilikat zum Zirkonoxid. Die Zirkonoxid-Hybridabutments sind nur eingesteckt. Die Verklebung erfolgt intraoral

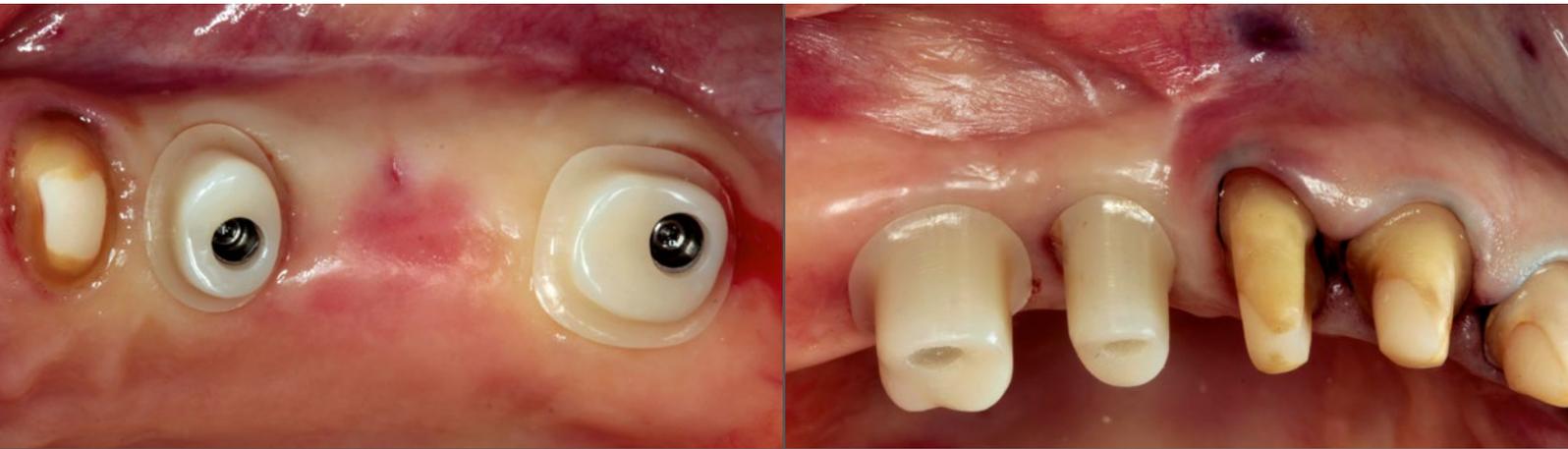


**39** Alle Teile – vier Zirkonoxid-Hybridabutments, sechs Einzelkronen und zwei Sinterverbundbrücken – waren nun fertig und konnten zum Einsetzen an die Praxis geliefert werden

viel Druck führt zu einer irreversiblen Ischämie des Weichgewebes und im schlimmsten Fall zu unkontrollierbarem Gewebeerlust, sowie zu Knochenresorption [42]. Die Abutments wurden mit 20 Ncm festgeschraubt und nach weiteren zehn Minuten nochmals mit dem gleichen Drehmoment nachgezogen. In der Zwischenzeit wurden

Retraktionsfäden in die Sulki der Zähne 14 bis 24 eingebracht, um für die adhäsive Befestigung der Kronen ein Aufsteigen der Sulkusflüssigkeit zu verhindern. Die Köpfe der Schrauben wurden mit Schaumstoffpellets abgedeckt (Abb. 41) und die Schraubenkanäle schließlich mit lichthärtendem Kunststoff verschlossen. Nach der Anprobe

und Überprüfung auf Spannungen wurden zunächst die implantatgetragenen Restaurationen definitiv befestigt (Abb. 42). Dieses Vorgehen vereinfacht es uns, anschließend die Approximalkontakte der restlichen Kronen zu überprüfen. Diese wurden mit Zahnseide gecheckt und die perfekte Passung bestätigt. Die Stümpfe wurden mit einem



**40 & 41** Lateralansicht mit eingeschraubten Hybridabutments vor dem Eingliedern der Kronen. In der Abbildung 40 ist das Zahnfleisch im Bereich der Abutments noch leicht anämisch. Dies rührt daher, dass wir die Abutments mit leichtem Druck in Position bringen



**42** Die eingegliederten verblockte Implantatkronen

Minisandblaster gereinigt und mit 50 µm Aluminiumoxid angestrahlt, um die Oberfläche anzurauen. So erzielen wir in Kombination mit der adhäsiven Befestigung die besten Haftwerte auf der Dentinoberfläche [41].

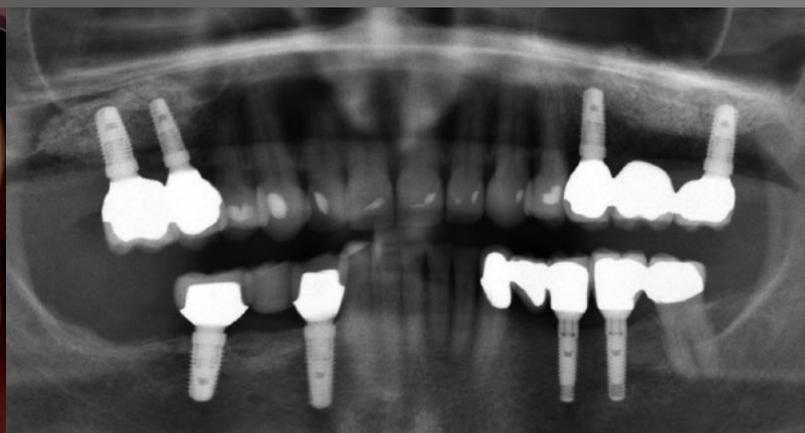
Für die Verklebung wurden die Kronen ebenfalls mit Aluminiumoxid von innen ausge-

strahlt und mit Monobond Etch and Prime simultan geätzt und silanisiert [9, 43, 46]. Nach dem Trocknen der gestrahlten Dentinoberflächen wurden diese mit einem Universal Adhäsiv vorbehandelt und lichtgehärtet [45]. Die vorbereiteten Lithium-Disilikat-Kronen wurden mit einer kleinen Menge Befestigungskomposit befüllt und aufgesetzt.

Die Überschüsse wurden mit Schaumstoffpellets entfernt und die Interdentalräume mit Zahnseide gereinigt. Eine weitere Lichthärtung für etwa fünf Sekunden vereinfachte die Entfernung sämtlicher Kompositreste mit dem Scaler. Aufgrund der Dualhärtung des Befestigungskomposits bedurfte es keiner weiteren Aushärtung mit der Polymerisa-



**43** Der natürlich wirkenden Keramikschichtung ist es zu verdanken, dass sich die Restaurationen sehr harmonisch in das orale Umfeld einfügt



**44 & 45** Drei Jahre nach der prothetischen Versorgung des Oberkiefers der Patientin zeigen sich reizfreie klinische Verhältnisse

tionslampe. Die abschließende Kontrolle der Okklusion zeigte keine nennenswerten Störungen und konnte mit moderaten Korrekturen perfektioniert werden. Die Restauration fügt sich harmonisch in das orale Umfeld ein (**Abb. 43**). Aufgrund der natürlich wirkenden Keramikschichtung der Frontzahnkronen, die der natürlichen Kontur der Unterlippe folgen, lassen die Patientin wieder gerne lachen. Drei Jahre nach der prothetischen Versorgung zeigten sich klinisch und radiologisch

sowohl eine perfekte Integration der vollkeramischen Komponenten ohne inflammatorische Anzeichen (**Abb. 44**), als auch stabile knöcherne Verhältnisse ohne Resorptionen (**Abb. 45**).

#### **Fazit**

Komplexe Fälle bedürfen vom gesamten, an der Behandlung beteiligten Team viel Aufmerksamkeit. Für perfekte Ergebnisse und einen reibungslosen Ablauf erfordert es

viel Erfahrung und Know-how. Biologische Grundsätze müssen verstanden und eingehalten werden. Die präoperative Planung solcher Fälle ist enorm wichtig und vereinfacht das weitere Procedere. Der digitale Workflow ist ein unverzichtbares Hilfsmittel, um effektiv voraussagbare Ergebnisse zu liefern. Gerade im Hinblick auf die Möglichkeit, mit Hilfe der voll geführten Implantation möglichst wenig invasiv und mit der größtmöglichen Präzision Implantate setzen zu können, erreichen wir bessere und schnell-

## PRODUKTLISTE

Produkt	Name	Firma
Abformmaterial	Affinis Precious	Coltène/Whaledent
Abformpfosten	Registrierpfosten	Camlog
Adhäsiv, universal	AdheSE	Ivoclar Vivadent
Ätzel	Monobond etch and Prime	Ivoclar Vivadent
Befestigungsmaterial		
▪ Hybridabutments	▪ RelyX Unicem	▪ 3M
▪ Sinterverbundbrücken	▪ RelyX Unicem	▪ 3M
▪ Lithium-Disilikat-Einzelkronen	▪ Variolink Esthetic	▪ Ivoclar Vivadent
Bohrschablone	Bohrschablone	Camlog/Dedicam
CAD-Software	????	????
DVT	Pax Zenith	Orange Dental
Fertigungszentrum	Dedicam	Camlog Dedicam
Implantatsystem		
▪ Oberkiefer	▪ Screw-Line	▪ Camlog
▪ Unterkiefer	▪ Screw-Line	▪ Camlog
Intraoralscanner	iTero	Align Tec
Keramiklot, glasartig	DCM hotbond fusio	Dental Balance
Klebebasen	Esthomic Abutment PS (gerade)	Camlog
Laborscanner		
▪ Optisch	▪ ????	▪ ????
▪ Taktil	▪ DS10	▪ Renishaw
Lithium-Disilikat-Glaskeramik, Schleifen	IPS e.max CAD	Ivoclar Vivadent
Minisandblaster	????	????
Planungssoftware, Bohrschablone	SMOP	Swissmeda
Silan	Monobond Plus	Ivoclar Vivadent
Verblendkeramik	????	????
Zirkonoxid		
▪ Brücken	▪ W	▪ ew
▪ Hybridabutments	▪ xf	▪ jcd

lere Behandlungsergebnisse – ein enormer Fortschritt. Trotzdem darf die Digitalisierung nicht dazu verleiten, in implantologische Grenzsituation zu geraten. Guided Surgery ist und bleibt für die Fälle vorbehalten, in denen Hart- und Weichgewebe nach biologischen Gesetzen in einem implantationsfähigen Zustand sind. Unzureichendes Knochenangebot und dünnes bewegliches Zahnfleisch wird langfristig zu Misserfolg führen. Bei CAD/CAM-gestützt gefertigtem Zahnersatz stellen vollkeramische Materialien heute

den Goldstandard dar. Dabei haben sich aus unserer Sicht im Seitenzahnbereich monolithische Restaurationen bewährt, die, wenn sie funktionell richtig gestaltet sind und somit naturkonform belastet werden, quasi keine Frakturen aufweisen. In aufgebautem Knochen des Oberkiefers halten wir verblockte Implantatrestaurationen für eine sinnvolle Variante, da durch die Verblockung mehr Stabilität für die Implantate gewährleistet werden kann. ■

### LITERATUR

- [1] Adibrad M, Shahabuei M, Sahabi M. Significance of the width of keratinized mucosa on the health status of the supporting tissue around implants supporting overdentures. *Journal of Oral Implantology*: October 2009, Vol. 35, No. 5, pp. 232-237

- [2] *Assif D, Fenton A, Zarb G, Schmitt A*: Comparative accuracy of implant impression procedures. *Int J Periodontics Restorative Dent* 12: 112 (1992)
- [3] *Bencharit S, Staffen A, Yeung M, Whitley D 3rd, Laskin DM, Deeb GR*. In Vivo Tooth-Supported Implant Surgical Guides Fabricated With Desktop Stereolithographic Printers: Fully Guided Surgery Is More Accurate Than Partially Guided Surgery. *J Oral Maxillofac Surg*. 2018 Feb 21. pii: S0278-2391(18)30126-5. doi: 10.1016/j.joms.2018.02.010
- [4] *Bover-Ramos F, Viña-Almunia J, Cervera-Ballester J, Peñarrocha-Diogo M, García-Mira B*. Accuracy of Implant Placement with Computer-Guided Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis Comparing Cadaver, Clinical, and In Vitro Studies. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2017 Jun 20. doi: 10.11607/jomi.555
- [5] *Cerqueira NM, Ozcan M, Gonçalves M, da Rocha DM, Vasconcellos DK, Bottino MA, Yener-Salihoglu E*. A strain gauge analysis of microstrain induced by various splinting methods and acrylic resin types for implant impressions. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2012 Mar-Apr;27(2):341-5
- [6] *Choi W, Nguyen BC, Doan A, Girod S, Gaudilliere B, Gaudilliere D*. Freehand Versus Guided Surgery: Factors Influencing Accuracy of Dental Implant Placement. *Implant Dent*. 2017 Jul 20. doi: 10.1097/ID.0000000000000620
- [7] *Cloyd S, Puri S*. Using the double-cord packing technique of tissue retraction for making crown impressions. *Dent Today*. 1999 Jan;18(1):54-9
- [8] *D'haese J, Ackhurst J, Wismeijer D, De Bruyn H, Tahmaseb A*. Current state of the art of computer-guided implant surgery. *Periodontol* 2000. 2017 Feb;73(1):121-133. doi: 10.1111/prd.12175
- [9] *El-Damanhoury HM, Gaintantzopoulou MD*. Self-etching ceramic primer versus hydrofluoric acid etching: Etching efficacy and bonding performance. *J Prosthodont Res*. 2018 Jan;62(1):75-83. doi: 10.1016/j.jpor.2017.06.002. Epub 2017 Jun 23
- [10] *Elshenawy EA, Alam-Eldein AM, Abd Elfatah FA*. Cast accuracy obtained from different impression techniques at different implant angulations (in vitro study). *Int J Implant Dent*. 2018 Mar 20;4(1):9. doi: 10.1186/s40729-018-0118-6
- [11] *Elshiyab SH, Nawafleh N, Öchsner A, George R*. Fracture resistance of implant-supported monolithic crowns cemented to zirconia hybrid-abutments: zirconia-based crowns vs. lithium disilicate crowns. *J Adv Prosthodont*. 2018 Feb;10(1):65-72. doi: 10.4047/jap.2018.10.1.65. Epub 2018 Feb 12
- [12] *Evans CD, Chen ST*. Esthetic outcomes of immediate implant placements. *Clin Oral Implants Res*. 2008 Jan;19(1):73-80. Epub 2007 Oct 22
- [13] *Fickl S, Zuhr O, Wachtel H, Bolz W, Huerzeler M*. Tissue alterations after tooth extraction with and without surgical trauma: a volumetric study in the beagle dog. *J Clin Periodontol*. 2008 Apr;35(4):356-63. doi: 10.1111/j.1600-051X.2008.01209.x
- [14] *Fürst E-M*.: Untersuchung zur Passgenauigkeit von CAD/ CAM – gefrästen Zirkonoxid-Einzelkronengerüsten bei unterschiedlichem Präparationswinkel. Dissertation München 2008
- [15] *Gehrke P, Tabellion A, Fischer C*. Microscopical and chemical surface characterization of CAD/CAM zirconia abutments after different cleaning procedures. A qualitative analysis. *J Adv Prosthodont*. 2015 Apr;7(2):151-9. doi: 10.4047/jap.2015.7.2.151. Epub 2015 Apr 23
- [16] *Gobbato L, Avila-Ortiz G, Sohrabi K, Wang CW, Karimbux N*. The effect of keratinized mucosa width on peri-implant health: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2013 Nov-Dec;28(6):1536-45. doi: 10.11607/jomi.3244
- [17] *Goodacre C, Goodacre B*. Fixed vs removable complete arch implant prostheses: A literature review of prosthodontic outcomes. *Eur J Oral Implantol*. 2017;10 Suppl 1:13-3
- [18] *Gargiulo AW, Wentz FM, Orban B*. Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. *J Periodontol* 1961;32:261-267
- [19] *Hayama H, Fueki K, Wadachi J, Wakabayashi N*. Trueness and precision of digital impressions obtained using an intraoral scanner with different head size in the partially edentulous mandible. *J Prosthodont Res*. 2018 Mar 1. pii: S1883-1958(18)30003-3. doi: 10.1016/j.jpor.2018.01.003
- [20] *Hogg WS, Zulauf K, Mehrhof J, Nelson K*. The Influence of Torque Tightening on the Position Stability of the Abutment in Conical Implant-Abutment Connections. *Int J Prosthodont*. 2015 Sep-Oct; 28(5):538-41. doi: 10.11607/ijp.3853 teamwork | 3/2018 | Seite 178
- [21] *Hmaidouch R*.: Untersuchung zum Einfluss von Präparationsart, Zementspalteinstellung und Art des Befestigungszements auf die Passgenauigkeit CAD/CAM gefertig-

ter vollkeramischer Kronengerüste.  
Diss. Charité Berlin 2011

- [22] *Kuhr F, Schmidt A, Rehmann P, Wöstmann B.* A new method for assessing the accuracy of full arch impressions in patients. *J Dent.* 2016 Dec;55:68-74. doi: 10.1016/j.jdent.2016.10.002. Epub 2016 Oct 4
- [23] *Kwon JH, Son YH, Han CH, Kim S.* Accuracy of implant impressions without impression copings: a three-dimensional analysis. *J Prosthet Dent.* 2011 Jun;105(6):367-73. doi: 10.1016/S0022-3913(11)60075-9
- [24] *Lazzara RJ, Porter SS.* Platform switching: a new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2006 Feb;26(1):9-17
- [25] *Linkevicius T, Apse P, Grybauakas S, Ouisys A.* The influence of soft tissue thickness on crestal bone changes around implants: a 1-year prospective controlled clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009 Jul-Aug; 24(4): 712-719
- [26] *Linkevicius T, Apse P, Grybauskas S, Puisys A.* Influence of thin mucosal tissues on crestal bone stability around implants with platform switching: a 1-year pilot study. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010 Sep;68(9):2272-7. doi: 10.1016/j.joms.2009.08.018
- [27] *Linkevicius T, Puisys A, Steigmann M, Vindasiute E, Linkeviciene L.* Influence of Vertical Soft Tissue Thickness on Crestal Bone Changes Around Implants with Platform Switching: A Comparative Clinical Study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2014 Mar 28. doi: 10.1111/cid.12222
- [28] *Lorenzoni M, Pertl C, Penkner K, Polansky R, Sedaj B, Wegscheider WA.* Comparison of the transfer precision of three different impression materials in combination with transfer caps for the Frialit-2 system. *J Oral Rehab* 27: 629 (2000)
- [29] *Luthard R G, Loos R, Quaas S,;* Accuracy of intraoral data acquisition in comparison to the conventional impression. *Int J Comput Dent,* 2005 Oct; 8 (4) 283-94
- [30] *Luthardt RG, Walter MH, Quaas S, Koch R, Rudolph H.* Comparison of the three-dimensional correctness of impression techniques: a randomized controlled trial. *Quintessence Int.* 2010 Nov-Dec;41(10):845-53
- [31] *Marconcini S, Giammarinaro E, Toti P, Alfonsi F, Covani U, Barone A.* Longitudinal analysis on the effect of insertion torque on delayed single implants: A 3-year randomized clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2018 Jan 23. doi: 10.1111/cid.12586
- [32] *Moreira AH, Rodrigues NF, Pinho AC, Fonseca JC, Vilaça JL.* Accuracy Comparison of Implant Impression Techniques: A Systematic Review. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015 Oct;17 Suppl 2:e751-64. doi: 10.1111/cid.12310. Epub 2015 Apr 1
- [33] *Neumeister A, Schulz L, Glodecki C.* Investigations on the accuracy of 3D-printed drill guides for dental implantology. *Int J Comput Dent.* 2017;20(1):35-51 Norton MR. The Influence of Low Insertion Torque on Primary Stability, Implant Survival, and Maintenance of Marginal Bone Levels: A Closed-Cohort Prospective Study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2017 Jul/Aug;32(4):849- 857. doi: 10.11607/jomi.5889
- [34] *Nishioka RS, De Santis LR, De Melo Nishioka GN, Kojima AN, Souza FÁ.* Strain Gauge Evaluation of Transfer Impression Techniques of Multiple Implant-Supported Prosthesis. *Implant Dent.* 2018 Mar 9. doi: 10.1097/ID.0000000000000744
- [35] *Norton MR.* The Influence of Low Insertion Torque on Primary Stability, Implant Survival, and Maintenance of Marginal Bone Levels: A Closed-Cohort Prospective Study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2017 Jul/Aug;32(4):849- 857. doi: 10.11607/jomi.5889
- [36] *Okabe E, Ishihara Y, Kikuchi T, Izawa A, Kobayashi S, Goto H, Kamiya Y, Sasaki K, Ban S, Noguchi T, Kawai T, Mitani A.* Adhesion Properties of Human Oral Epithelial-Derived Cells to Zirconia. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2016 Oct;18(5):906-916. doi: 10.1111/cid.12369. Epub 2015 Aug 5
- [37] *Porojan L, Topală F, Porojan S, Savencu C.* Effect of frame design and veneering material on biomechanical behavior of zirconia dental crowns veneered with overpressing ceramics. *Dent Mater J.* 2017 May 31;36(3):275-281. doi: 10.4012/dmj.2016-096. Epub 2017 Feb 1
- [38] *Ritter L, Elger MC, Rothamel D, Fienitz T, Zinser M, Schwarz F, Zöller JE.* Accuracy of peri-implant bone evaluation using cone beam CT, digital intra-oral radiographs and histology. *Dentomaxillofac Radiol.* 2014;43(6):20130088. doi: 10.1259/dmfr.20130088. Epub 2014 May 2
- [39] *Saboury A, Neshandar Asli H, Dailili Kajan Z.* The Accuracy of Four Impression-making Techniques in Angulated Implants Based on Vertical Gap. *J Dent (Shiraz).* 2017 Dec;18(4):289-297.
- [40] *Sanders MA, Hoyjberg C, Chu CB, Leggitt VL, Kim JS.* Common orthodontic appliances cause artifacts that degrade the diagnostic quality

of CBCT images. J Calif Dent Assoc. 2007 Dec;35(12):850-7

**[41]** Saker S, Ibrahim F, Ozcan M. Effect of different surface treatments on adhesion of In-Ceram Zirconia to enamel and dentin substrates. J Adhes Dent. 2013 Aug;15(4):369-76. doi: 10.3290/j.jad.a29013

**[42]** Schoenbaum TR, Chang YY, Klokkevold PR, Snowden JS. Abutment emergence modification for immediate implant provisional restorations. J Esthet Restor Dent. 2013 Apr;25(2):103-7. doi: 10.1111/jerd.12007. Epub 2012 Nov 15

**[43]** Siqueira FS, Alessi RS, Cardenas AF, Kose C, Souza Pinto SC, Bandeca MC, Loguercio AD, Gomes JC. New Single-bottle Ceramic Primer: 6-month Case Report and Laboratory Performance. J Contemp Dent Pract. 2016 Dec 1;17(12):1033-1039

**[44]** Spray JR, Black CG, Morris HF, Ochi S. The influence of bone thickness on facial marginal bone response:

stage 1 placement through stage 2 uncovering. Ann Periodontol. 2000 Dec;5(1):119-28

**[45]** Trevor Burke FJ, Lawson A, Green DJB, Mackenzie L. What's New in Dentine Bonding?: Universal Adhesives. Dent Update. 2017 Apr;44(4):328-30, 332, 335-8, 340

**[46]** Tribst J, Anami LC, Özcan M, Bottino MA, Melo RM, Saavedra G. Self-etching Primers vs Acid Conditioning: Impact on Bond Strength Between Ceramics and Resin Cement. Oper Dent. 2018 Mar 7. doi: 10.2341/16-348-L

**[47]** Ueno D, Nakamura K, Kojima K, Toyoshima T, Tanaka H, Ueda K, Koyano K, Kodama T. A stepwise under-prepared osteotomy technique improves primary stability in shallow-placed implants: a preliminary study for simultaneous vertical ridge augmentation. Odontology. 2018 Apr;106(2):187-193. doi: 10.1007/s10266-017-0316-3. Epub 2017 Aug 2 teamwork | 3/2018 | Seite 178

**[48]** Wesemann C, Muallah J, Mah J, Bumann A. Accuracy and efficiency of full-arch digitalization and 3D printing: A comparison between desktop model scanners, an intra-oral scanner, a CBCT model scan, and stereolithographic 3D printing. Quintessence Int. 2017;48(1):41-50. doi: 10.3290/j.qi.a37130

**[49]** Wöstmann B, Rehmann P, Balkenhol M: Influence of impression technique and material on the accuracy of multiple implant impressions. Int J Prosthodont 21: 299 (2008)

**[50]** Zhang Y, Zhang L, Zhu XR, Lee AK, Chambers M, Dong L. Reducing metal artifacts in cone-beam CT images by preprocessing projection data. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2007 Mar 1;67(3):924-32. Epub 2006 Dec teamwork | 3/2018 | Seite 178

## WERDEGANG

*Dr. Kai Zwanzig* absolvierte sein Zahnmedizinstudium in Münster an der Westfälischen Wilhelmsuniversität. Es folgte ein allgemeinärztliches Jahr mit anschließender dreijähriger Weiterbildung zum Fachzahnarzt für Oralchirurgie. 2007 ließ er sich in eigener Praxis in Bielefeld nieder und spezialisierte sich in den Bereichen Implantologie, plastische Parodontalchirurgie, Funktionsdiagnostik und vollkeramischer Zahnersatz. *Dr. Kai Zwanzig* referiert im In- und Ausland zu diesen Themen und ist seit 2014 Hospitations- und Supervisionspraxis der DGI. Er gründete 2017 die Dental Education Academy Bielefeld und führt eigene Fortbildungskurse mit praktischen Übungen für Zahnärzte aus der ganzen Welt durch.

*Ztm. Christian Hannker* absolvierte 2005 die Zahntechniker-Meisterprüfung in Münster und hospitierte anschließend im Osaka Ceramic Training Centre in Japan. 2005 gewann er den 1. 3M-Espe Talent Award und machte sich 2006 selbständig. Im selben Jahr fusionierten die beiden Firmen Bellmann & Hannker und wurden Mitglied in der dental excellence Laboratorien Gruppe. *Christian Hannker* gibt Kurse im Bereich Zahnformen/Zahnschnitzen, Verblendkeramik, Dental fotografie und CAD/CAM. Er ist Referent auf zahlreichen nationalen und internationalen Kongressen. Seit 2016 führt er die Hannker Dental GmbH und ein externes Fertigungszentrum, das für zahlreiche renommierte Dentallabore aus ganz Deutschland tätig ist.

