

2

CME-Punkte

Knochenaugmentationen sind heute Teil der alltäglichen kieferchirurgischen Routine. Konventionelle Blockaugmentationen bedingen eine erhöhte Komorbidität für den Patienten bei fraglicher Revaskularisierung des Blockes und möglichem Abschmelzen eines Teils des Volumens. Im folgenden Fachbeitrag werden die Knochendefekte gemäß ihrer chirurgischen Therapiemöglichkeiten aufgeschlüsselt und eine neue Technik vorgestellt.

Literatur



## Customized Bone Regeneration mit individualisiertem CAD/CAM-Titangitter

Dr. Marcus Seiler, DDS, M.Sc., Dr. Michael Peetz, Dr. Amely Hartmann

Der Knochen wird mit unterschiedlichen Techniken an der prothetisch idealen, im Sinne des Backward Planings, errechneten Position aufgebaut.

Implantate haben in augmentiertem Knochen eine dem nativen Knochen äquivalente Überlebensrate.<sup>1-5</sup> Die Augmentationschirurgie ist fallabhängig mit

unterschiedlichen Operationstechniken und Materialien in diversen Schwierigkeitsgraden umsetzbar. Hierzu zählen das Knochenblocktransplantat, die ge-



Abb. 1

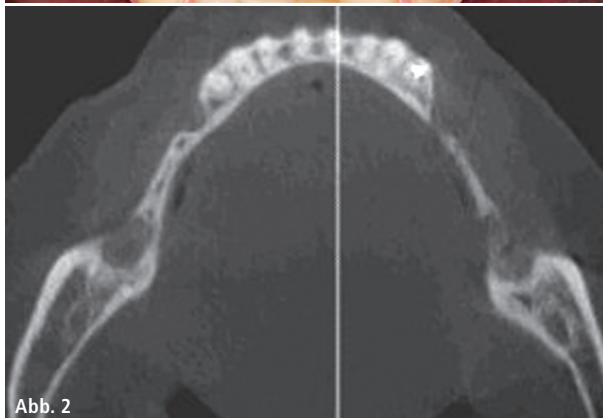


Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4

**Abb. 1:** Transversales Konturdefizit in der klinischen Ausgangssituation. – **Abb. 2:** Deutliches transversales Defizit der Regionen 35 bis 37 und 44 bis 47 im präoperativ angefertigten DVT. – **Abb. 3:** Die Vertikale stellte sich zu gering für eine suffiziente Implantatlänge dar. – **Abb. 4:** Steriles Titangerüst für den zu augmentierenden Bereich.

steuerte Knochenregeneration (GBR), Sandwich-Osteotomien, Bone Splitting, Distractionsosteogenese und eine neue Technik – die Customized Bone Regeneration (CBR®).<sup>6,7</sup>

## Membrane und Augmentationen

Knöcherne Defekte können horizontal, vertikal oder kombiniert dreidimensional sein. Die Übergänge sind hierbei fließend. Im Folgenden sollen die Defekte gemäß ihrer chirurgischen Therapiemöglichkeiten aufgeschlüsselt und eine neue Technik vorgestellt werden.

### Horizontale Defekte

Eine horizontale Augmentation bei kleineren Defekten ist mittels der konventionellen Membrantechnik möglich. Das Prinzip stammt hierbei aus der Parodontologie. Hier stehen im Zuge der Wundheilung diverse Gewebe in Konkurrenz. Die Membranen greifen in den kompetitiven Prozess ein, indem sie als Barriere wirken und Epithelzellen am Tiefenwachstum hindern (GTR = Guided Tissue Regeneration, gesteuerte Geweberegeneration). Gleiches gilt für die Knochenheilung am Alveolarfortsatz. Im Wunddefekt konkurrieren Fibroblasten und Osteoblasten. Hierbei verhindert eine eingebrachte Barrieremembran das Einsprossen von umgebendem, schnell proliferierendem Bindegewebe und einen konsekutiv minderwertigen Ersatz. Somit kann im Sinne der ungestörten Knochenheilung der verloren gegangene Alveolarknochen differenziert aufgebaut werden (GBR).<sup>8</sup> Die Indikation liegt vor allem in der horizontalen Augmentation, sprich der Kieferkammverbreiterung, in kurzen Freierend- und Schalltlücken. Sie ist eine gut etablierte Methode mit vorhersehbarem Behandlungsergebnis und seit 1968 auf dem Gebiet der Zahnmedizin dokumentiert – auch in Zusammenhang mit der Implantatchirurgie.<sup>8,9</sup> Eine große Anzahl an Studien untersuchte die Effizienz der GBR-Technik mit unterschiedlichen Techniken und Materialien. Atrophierte Alveolarfortsätze wurden erfolgreich mit intraoral gewonnenem autologem Knochen so-

wie Knochenersatzmaterialien aufgebaut.<sup>5,6,10–16</sup>

Die Barrieremembranen für die GBR können entweder resorbierbar oder nicht resorbierbar sein. Resorbierbare synthetische Membrane bestehen aus Polymeren von Hydroxysäuren (Milchsäure, Glykolsäure), die im Körper hydrolytisch zerfallen. Die entstehenden Säuren werden von den Gewebeflüssigkeiten abgepuffert, können aber trotzdem durch lokale pH-Wert-Verschiebungen in den sauren Bereich die Knochenbildung hemmen. Zerfallspartikel werden von Makrophagen phagozytiert, die eine Entzündungsreaktion auslösen können. Somit wird ebenfalls die Knochenbildung gehemmt und deren klinische Anwendung ist in der GBR heute fraglich.

Kollagenmembranen sind ebenfalls resorbierbar. Kollagen wird vom Tier gewonnen und unterliegt im menschlichen Organismus einem pH-neutralen Abbau durch Kollagenasen. Sie sind hydrophil und in Kontakt mit Wasser oder Blut lagern sie sich spaltfrei an den Knochen an. Klinisch zeigen sich weniger Dehiszenzen, sodass kein modifiziertes Weichgewebemanagment nötig wird.

Nicht resorbierbare Membrane sind die expandierten Polytetrafluorethylene PTFE-Membrane (Teflon®). ePTFE neigt in der Mundhöhle zur Ausbildung von Dehiszenzen, die zu einem Infekt und einer Gefährdung der gesamten Augmentation führen können und daher im Falle von Exposition häufig frühzeitig entfernt werden.

### Dreidimensionale Defekte

Zur Rekonstruktion größerer Defekte wird regelmäßig das bereits im Jahr 1969 eingeführte Titanmesh angewandt.<sup>17</sup> Vorteile des Titans sind in der Biokompatibilität, Korrosionsbeständigkeit und seiner Volumenstabilität zu sehen. Somit wird das zu augmentierende Lumen offen gehalten und ein Weichgewebekollaps vermieden. Durch Titanmeshs geschützte Knochentransplantate zeigten eine signifikant geringere Knochenresorption.<sup>18</sup> Titanmeshs wurden in der Vergangenheit häufig für dreidimensionale Rekonstruktionen und bei vertikalen Defiziten einge-

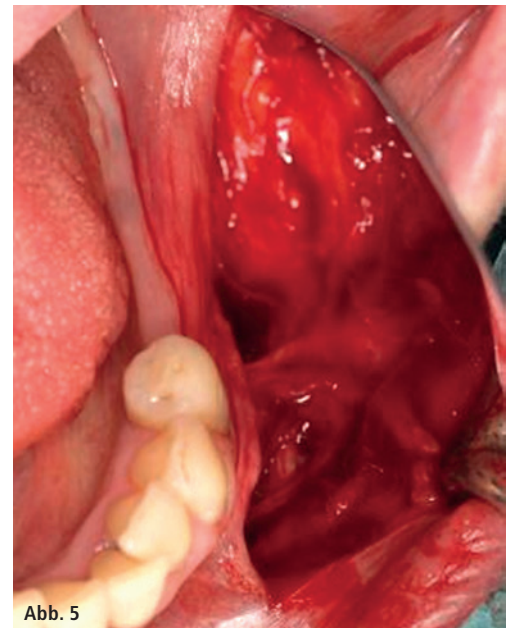


Abb. 5



Abb. 6

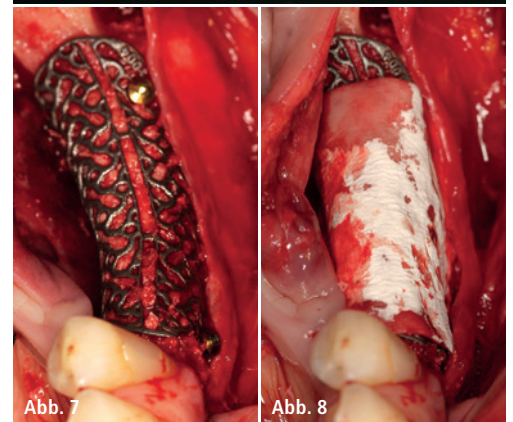


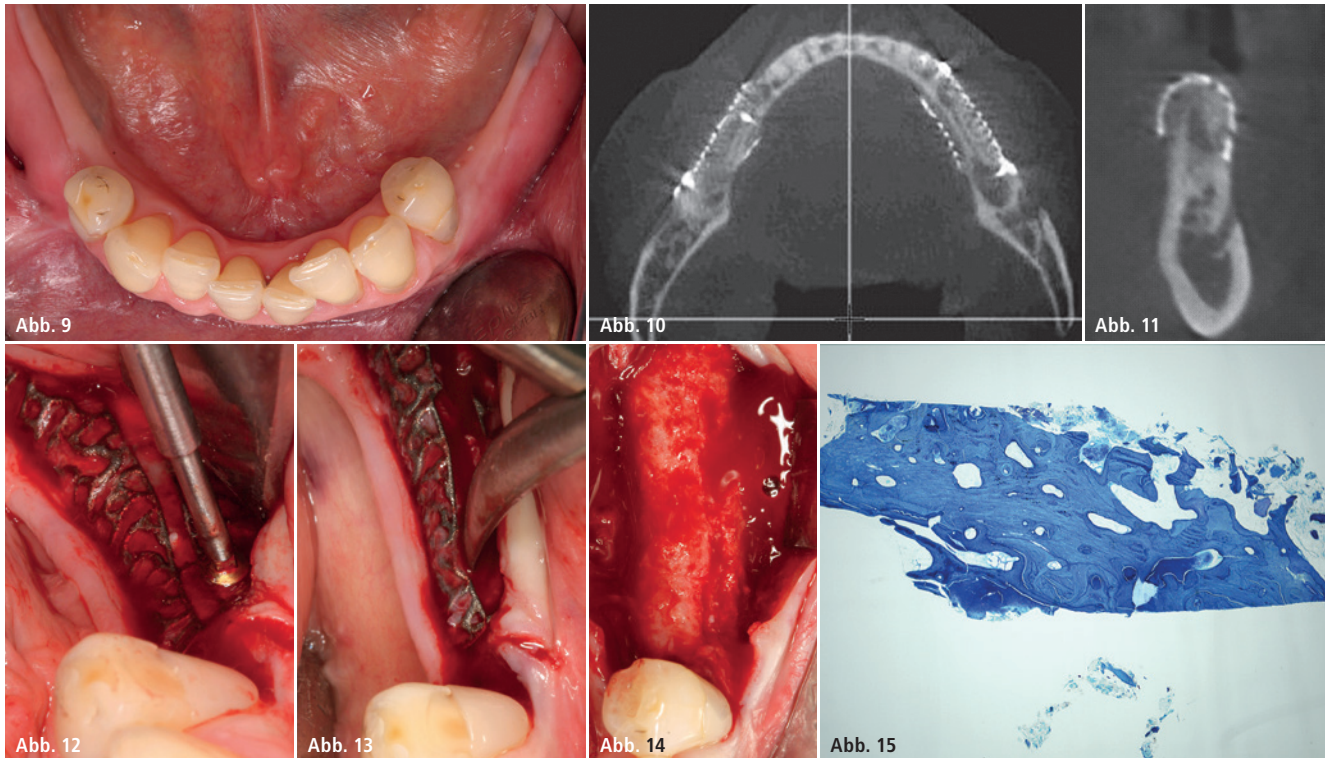
Abb. 7

Abb. 8

**Abb. 5:** Defektsituation in Regio 35 bis 37 nach Präparation des Poncho-Flaps. – **Abb. 6:** Eingefülltes Augmentationsmaterial. – **Abb. 7:** Das mit einer Fixierungsschraube versehene Mesh mit dem leicht komprimierten Augmentationsmaterial in situ. – **Abb. 8:** Über das Gitter wurde eine Membran eingebracht.

setzt.<sup>19</sup> Vorteilhaft bei Titanmeshs ist, dass die Entwicklung von Dehiszenzen nicht zwingend entzündliche Prozesse bedingt und nicht notwendigerweise das endgültige Behandlungsergebnis beeinträchtigen.<sup>20</sup> Jedoch weisen herkömmliche Titanmeshs einige Nachteile auf. Vor einer Anwendung muss das Mesh geschnitten und defektadaptiert gebogen werden. Daraus ergeben sich längere Eingriffszeiten und teilweise





**Abb. 9:** Nach sechs Monaten reizfreie Weichgewebeverhältnisse ohne dehiszente Bereiche. – **Abb. 10:** Das augmentierte Volumen im transversalen DVT-Schnitt. – **Abb. 11:** Auch in der Vertikalen zeigt sich ein deutlicher Zugewinn. – **Abb. 12:** Nach dem Lösen der Fixierungsschrauben ... – **Abb. 13:** ... erfolgte die Entfernung des Titangitters durch leichte Extrusionsbewegungen an der Sollbruchstelle. – **Abb. 14:** Das augmentierte Volumen zeigt sich gut vaskularisiert. – **Abb. 15:** Die Histologie des Bereiches zeigt eine gute Durchbauung des Knochenersatzmaterials.

resultieren scharfe Kanten oder unzureichende Passformen. Dies kann vermehrt zur Exposition oder gar zum Bruch führen.<sup>21,22</sup>

Größere, vor allem transversale Defekte können auch über den Einsatz von autologen Blöcken therapiert werden. Die Volumenkonstanz von Kieferkammaugmentationen ist bei Knochenblöcken und auch der Membrantechnik prospektiv über fünf Jahre durch DVT-Studien belegt.<sup>23,24</sup> Autologe Blöcke werden aus intraoral (z. B. Symphyse, Linea obliqua, Ramus, Spina nasalis) oder extraoral (z. B. Beckenkamm, Schädelkalotte, Tibia, Fibula, Scapula) befindlichen Donorstellen entnommen. Sie besitzen osteokonduktive, osteoinduktive und osteoproliferative Eigenschaften. Aufgrund von Remodeling ist eine Transplantatresorption bis hin zu fast 90 Prozent zu erwarten, welche eine deutliche Überkonturierung mit möglicher erschwelter Weichgewebeabdeckung bedingt oder den ergänzenden Einsatz von Knochenersatzmaterial und einer Kollagenmembran als Resorptionsschutz erfordert.<sup>25</sup> Eine Transplantatexposition entsteht durch fehlenden

spannungsfreien Wundverschluss und kann in ungenügender Transplantatintegration resultieren. Für den Patienten stellt sich die Entnahme defektabhängig invasiv und mit unterschiedlicher Morbidität dar.

#### Vertikale Defekte

Vertikale Augmentationen mit der Sandwich-Osteoplastik bedürfen eines routinierten Chirurgen und sind aufgrund der starren palatinalen Mukosa des Oberkiefers auf den Unterkiefer beschränkt.<sup>26</sup> Es muss eine Restknochenhöhe von mindestens vier Millimetern vorliegen.<sup>27</sup>

Eine vertikale und sagittale Rekonstruktion der total atrophierten Maxilla lässt sich über eine Le Fort I-Osteotomie im Sinne einer selektiven Hufeisen-Osteotomie lösen.<sup>28</sup>

Im Oberkieferseitenzahnbereich wird die Vertikale standardisiert durch einen Sinuslift erhöht. Dieser kann von extern mit einer lateralen Fenestrierung und dem anschließenden Verschluss mittels eines Knochendeckels oder einer Kollagenmembran im ein- und zweizeitigen Verfahren durchgeführt werden. Der

interne Sinuslift mit einer minimalinvasiven Kondensationstechnik kann die Vertikale nicht in gleichem Ausmaß rekonstruieren und wird für geringfügige Augmentationen in der Vertikalen eingesetzt.<sup>29,30</sup>

Vervollständigend lässt sich die Vertikale durch die Anwendung der Distractionsosteotomie augmentieren. Hierbei wird mit einem Distraktor der regionale Knochen gedehnt.<sup>15,16,31,32</sup>

#### Neue Technologie für die Knochenregeneration

Komplexe und große Defekte können heute in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie über individualisierte Titangitter rekonstruiert werden.<sup>33,34</sup> Nach der Anfertigung eines DVTs oder eines Schädel-CTs vom zu rekonstruierenden ossären Defekt wird ein 3-D-Modell desselbigen erstellt. Durch Rapid Prototyping (3-D-Druck) wird auf Basis des virtuellen Modells das individualisierte Gitter gedruckt. Durch die vorgeplante Passform entfällt ein Vorbiegen an den Defekt und es resultieren daraus kürzere Eingriffszeiten. Die Titangitter weisen

keine scharfen Kanten auf, was sich vorteilhaft bei der Wundheilung und Dehiszenzvermeidung auswirkt. Das Produkt (Yxoss CBR®) ist ein patientenspezifisch hergestelltes Titangitter zur Knochenaugmentation vor oder während des implantatchirurgischen Eingriffs. Es wird auf Basis der übermittelten DICOM-Daten eines DVTs erstellt und mittels CAD/CAM-Verfahren hergestellt. Das Titangitter dient zur Formgebung von neu zu bildendem Knochen und wird chirurgisch über einem Knochendefekt als Volumenstütze eingebracht. Eine Titanschraube fixiert es am ortsständigen Knochen. Somit wird der Defektbereich stabilisiert und die Form des zu augmentierenden Bereiches im Sinne der implantatprothetisch ideal geplanten Position vorgegeben. Des Weiteren sichert das Titangitter lagestabil das eingebrachte Augmentationsmaterial am ortsständigen Lagerknochen. Der ergänzende Einsatz einer Kollagenmembran schaltet die kompetitive Wundheilung des bedeckenden Weichgewebes aus und wirkt im Sinne einer konventionellen GBR-Technik.<sup>35–38</sup> Die Kompensation des Knochendefizits wird mit einem Gemisch aus autologem Knochen im Sinne des Goldstandards sowie Knochenersatzmaterial als Resorptionsschutz und aufgrund seiner osteokonduktiven Eigenschaften im Verhältnis 1:1 geplant.<sup>39</sup> Das Titangitter kann defektabhängig mit einer simultanen Implantation inseriert werden. Alternativ kann bei großen Defekten nach erfolgter knöcherner Konsolidierung des

eingebrachten Knochenaugmentates zweizeitig vorgegangen werden. Das Titangitter wird nach einer Knochenheilungszeit von ca. vier bis sechs Monaten explantiert.

Indikationen für den Einsatz liegen in der horizontalen/vertikalen Kieferkammaugmentation sowie in der Rekonstruktion dreidimensionaler Defekte. Weitere Einsatzmöglichkeiten sind die sofortige oder verzögerte Augmentation in Extraktionsalveolen, Rekonstruktionen des Alveolarkammes oder generell Füllungen von Knochendefekten im maxillofazialen Bereich.<sup>40</sup>

### Fallbeispiel

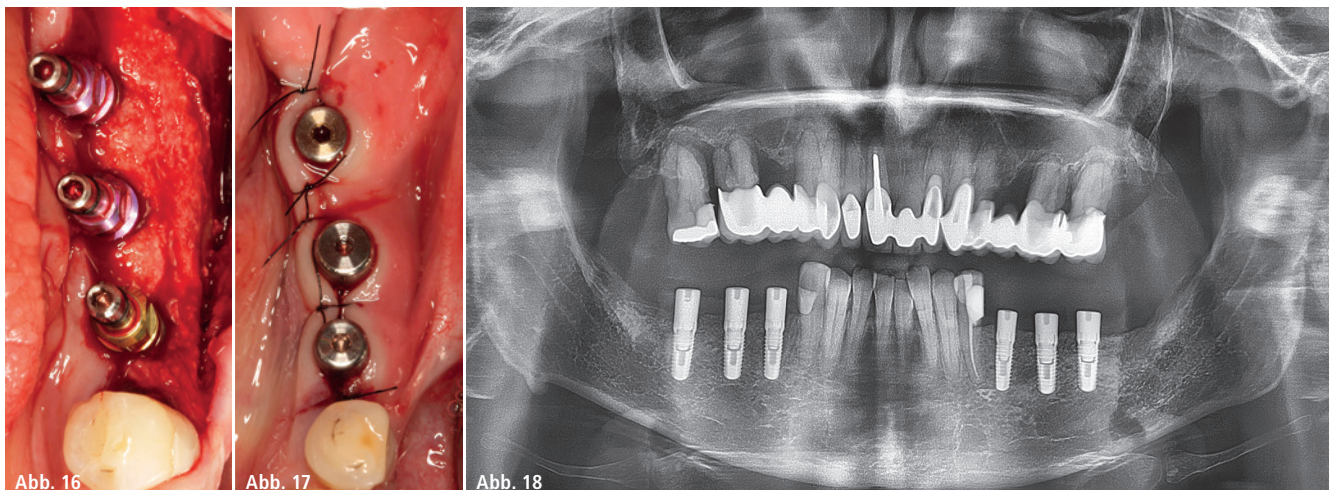
#### Anamnese und Befund

Die 66-jährige Patientin stellte sich erstmalig am 17.09.2014 mit dem Wunsch einer Sanierung der Unterkieferseitenzahnsituation vor. Allgemeinanamnestisch erhielt die Patientin Statine aufgrund von Hypercholesterinämie und Euthyrox anlässlich einer Schilddrüsenunterfunktion. Sie gab an, am Tag circa sieben Zigaretten zu rauchen. Die Patientin befand sich im parodontologischen Recall der Hauszahnarztpraxis. Bei Erhebung der zahnärztlichen Anamnese zeigten sich die Unterkieferseitenzähne (sowohl 35 bis 37 als auch 45 bis 47) nicht erhaltungswürdig. Gewünscht wurde vonseiten der Patientin eine fest-sitzende, implantologisch-prothetische Rehabilitation durch Einzelzahnkronen. Später sollte eine Versorgung der Oberkiefersituation erfolgen.

Nach erfolgten Extraktionen resultierte eine beidseitige Freiendsituation mit sowohl vertikalem als auch horizontalem ossären und weichgeweblichen Defizit (Abb. 1). Der Knochendefekt zeigte sich im präoperativ angefertigten DVT dreidimensional, sodass eine transversale und vertikale Augmentation eingeplant werden musste (Abb. 2 und 3).

#### Planung

Als Grundlage für die weitere implantologische Therapie erfolgte ergänzend zur klinischen und radiologischen Diagnostik eine Modellanalyse mit Set-up der Unterkieferseitenzähne. Auf dem Planungsmodell konnte basierend darauf eine Röntgenschiene zur präzisen dreidimensionalen Planung angefertigt und später als Operationsschiene weiterverwendet werden. Um den Knochenabbau zu kompensieren, wurde eine Planung des Titangitters auf Basis des erstellten DVTs durchgeführt und nach Abstimmung mit dem Operateur produziert (Abb. 4). Die ausgeprägten dreidimensionalen Defekte würden ein zweizeitiges Vorgehen bedingen und die Augmentation der Implantation voranstellen müssen. Die Kompensation des Defizits wurde mit autologem Knochen im Sinne des Goldstandards sowie Knochenersatzmaterial (Bio-Oss®, Geistlich) als Resorptionsschutz und aufgrund seiner osteokonduktiven Eigenschaften geplant. Ein Zugewinn an Weichgewebe zur Kompensation der Volumenzunahme wurde über einen beidseitigen Poncho-Flap geplant. Die



**Abb. 16:** Paralleles Setzen der Implantate. – **Abb. 17:** Spannungsfreier Wundverschluss. – **Abb. 18:** Korrekte Positionierung der Implantate im postoperativen Röntgenbild.



resultierende, breite Zone fixierter Gingiva sollte die spätere, periimplantäre Hygiene und somit auch die Langzeitprognose der implantatprothetischen Versorgung verbessern.

#### Operationstechnik

In Lokalanästhesie wurde ein Split-Flap in semilunarer Schnittführung beginnend vom Vestibulum in den Regionen 34 bis 37 und 44 bis 47 präpariert (Abb. 5). Anschließend folgten die Präparation der Mukosa unter Schonung der N. mentalii bis zur Mukogingivalgrenze. Dort wurde das Periost zusätzlich scharf durchtrennt und der Lappen nach lingual jeweils mobilisiert. Danach erfolgten das Debridement von Narbengewebe und die Darstellung des Defektes. Gefüllt wurde das individuell hergestellte Titangitter mit Knochenersatzmaterial (Bio-Oss®, Geistlich) ein bis zwei Millimeter und autologem Knochen

in einem Verhältnis von 1:1 (Abb. 6). Der autologe Knochen wurde aus der jeweiligen Linea obliqua mittels Trepanbohrungen als Knochenzylinder entnommen und diese dann in der Knochenmühle (Bull Mill®, Mondeal) partikuliert.

Die Fixierung des Titangitters konnte lagestabil an dem bestehenden Restknochen mit jeweils zwei Osteosyntheseschrauben (Trinon®) nach dem Prinzip der mechanischen Ruhe für eine ruhestabile Knochenregeneration vorgenommen werden (Abb. 7). Die Titanschrauben können generell entsprechend der vorgesehenen Position durch jede beliebige Öffnung des Titangitters eingebracht werden. Über das Gitter wurde eine Membran (Bio-Gide®, Geistlich) eingebracht, um eine Barrierefunktion für das kompetitiv einsprossende Weichgewebe darzustellen (Abb. 8). Im Zuge des Wundverschlusses wurde das Bindegewebe über dem Titangitter dicht und spannungsfrei mit tiefen Matratzennähten und Einzelknopfnähten (Gore-Tex®, W.L. Gore & Associates) vernäht.

Nach Nahtentfernung und entsprechender Einheilphase des augmentierten Materials von sechs Monaten zeigten sich klinisch reiz- und narbenfreie Weichgewebeverhältnisse ohne dehiszente Bereiche sowie ein deutlich erkennbares augmentiertes Volumen (Abb. 9). Die radiologische Kontrolle präsentierte einen vertikalen und horizontalen Knochenzugewinn (Abb. 10 und 11). Für die Implantation und Entfernung des Titangitters wurde auf beiden Seiten ein Kammschnitt von 5 nach 7 gewählt. Nach Lösen der Fixierungsschrauben und dem Durchtrennen der vorhandenen Sollbruchstelle konnte das Titangitter vorsichtig mit einem Raspatorium durch leichte laterale Extrusionsbewegungen in zwei Teile separiert und entfernt werden (Abb. 12 und 13). Nach der Präparation des Mukoperiostlappens zeigte sich ein gut revascularisiertes Augmentationsvolumen (Abb. 14). Die gute Durchbauung des Knochenersatzmaterials im Sinne einer creeping substitution wurde über die im Zuge der Implantatbohrungen gewonnene Histologie bestätigt (Abb. 15).



## CME-Fortbildung

### Customized Bone Regeneration mit individualisiertem CAD/CAM-Titangitter

Dr. Marcus Seiler, DDS, M.Sc.,  
Dr. Michael Peetz, Dr. Amely Hartmann

#### CME-ID 77040

Zum Beantworten dieses Fragebogens registrieren Sie sich bitte unter:  
[www.zwp-online.info/cme-fortbildung](http://www.zwp-online.info/cme-fortbildung)



Infos zur CME-Fortbildung auf ZWP online



Abb. 19

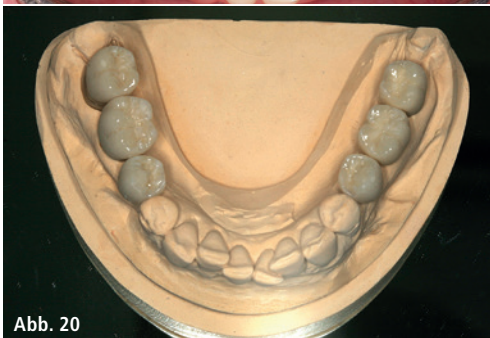


Abb. 20

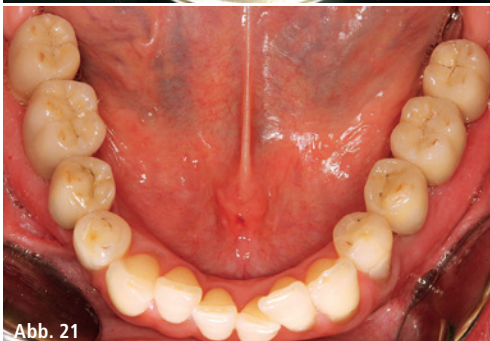


Abb. 21

Abb. 19: Abformpfosten in situ. – Abb. 20: Erstellung der Kronen. – Abb. 21: Abschlussituation mit eingegliederten Kronen.

Anschließend wurden die Implantate (Screw Line®, CAMLOG) mithilfe der Positionierungsschiene parallel ausgerichtet in den Regionen 35, 36, 37 und 45, 46, 47 inseriert (Abb. 16). Die Implantate zeigten sich im Zuge des Eingriffs primärstabil (Knochenqualität Klasse II nach Adell) und es erfolgte ein spannungsfreier Wundverschluss (Abb. 17). Im Anschluss heilten die Implantate offen mit eingebrachtem Gingivaformer ein. Im postoperativen Röntgenbild wird der ossäre Zugewinn in vertikaler Dimension deutlich (Abb. 18). Nach einer weiteren Einheilungszeit von vier Monaten erfolgte die prothetische Versorgung gemäß den üblichen Kautelen (Abb. 19–21).

#### Fazit für die Praxis

Dreidimensionale Defekte stellen immer noch eine Herausforderung im implantatchirurgischen Alltag dar. Konventionelle Blockaugmentationen bedingen eine erhöhte Komorbidität für den Patienten bei fraglicher Revascularisierung

des Blockes und möglichem Abschmelzen eines Teils des Volumens. Die hier vorgestellte Technologie ermöglicht eine patientenspezifische, individuelle Augmentatstabilisierung und kann durch den digitalen Workflow die Eingriffszeit deutlich verkürzen und ein vorhersagbares Ergebnis gewährleisten. Die Kombination mit Knochenersatzmaterial schuf selbst in einem komplexen, dreidimensional-rekonstruktiven Fall eine Stabilität des augmentierten Volumens und somit eine hohe Behandlungssicherheit. Eine Implantation an der implantatprothetisch idealen, im Sinne des Backward Planning geplanten Position, konnte durchgeführt werden. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass kleine Hartgewebedefekte oder Fenestrationsdefekte über die konventionelle GBR-Technik (Kollagenmembran mit Knochenersatzmaterial und/oder autologem Knochen) und einer Einheilungszeit von circa drei bis vier Monaten augmentiert werden können. Größere Hartgewebedefekte bedingen eine Knochenblocktransplantation oder die CBR®-Technik (Yxoss CBR®, KEM und autologer Knochen im Gemisch sowie eine Kollagenmembran) und eine Einheilungszeit von circa vier bis sechs Monaten. Bei sehr ausgeprägten Defekten kann unter Umständen auch eine längere Heilungszeit notwendig sein, um eine vollständige Regeneration zu erzielen.

**Dr. Marcus Seiler**  
[Infos zum Autor]



**Dr. Michael Peetz**  
[Infos zum Autor]



**Dr. Amely Hartmann**  
[Infos zur Autorin]



## Kontakt

**Dr. Marcus Seiler, DDS, M.Sc.**  
Echterdinger Straße 7  
70794 Filderstadt-Bernhausen  
seiler@implantologie-stuttgart.de

**Dr. Michael Peetz**  
BTI-Business and Technology Innovation  
Bösch 80a  
6331 Hünenberg, Schweiz

**Dr. Amely Hartmann**  
Echterdinger Straße 7  
70794 Filderstadt-Bernhausen  
hartmann@implantologie-stuttgart.de

# Spezialisten-Newsletter

## Fachwissen auf den Punkt gebracht



Anmeldeformular Newsletter  
[www.zwp-online.info/newsletter](http://www.zwp-online.info/newsletter)

[www.zwp-online.info](http://www.zwp-online.info)

FINDEN STATT SUCHEN

ZWP ONLINE