

# Patientenspezifische Knochenaugmentationen

## Individualisierte CAD/CAM-Titanmesh

Kieferkammaugmentationen mit einem individualisierten CAD/CAM-Titanmesh (Yxoss®, ReOss) stellen ein vielversprechendes Therapiekonzept für die kaufunktionelle Rehabilitation lateraler, vertikaler und kombinierter Defekte dar. Durch diese Technik können komplexe Augmentationsfälle bereits im Voraus digital analysiert, geplant und vorbereitet werden, um die eigentliche Operation möglichst schnell und komplikationsarm durchzuführen. Die spannungsfreie Weichteildeckung des Augmentats bleibt aber weiterhin ein entscheidender Faktor für den klinischen Erfolg der Prozedur. Im vorliegenden Fachartikel werden die klinischen Besonderheiten dieser Technik vorgestellt und anhand zweier Fallbeispiele diskutiert.

**Autoren:** Dr. Dr. Eik Schiegnitz, Priv.-Doz. Dr. Dr. Keyvan Sagheb

Trotz der Entwicklung zahlreicher Augmentationstechniken und -materialien bleiben ausgedehnte laterale und vor allem vertikale Kieferkammdefekte eine klinische Herausforderung.

Ein wesentliches gemeinsames Ziel der unterschiedlichen Methoden ist die Stabilisierung des Augmentats im Defektbereich und dessen Abschirmung gegen einwirkende mechanische Kräfte. Zu den erwähnten Methoden zählen

unter anderem: Onlay- und Inlaytechniken, Augmentation mit Blöcken, Schalenteknik nach Khoury, Sandwich-Technik, Titanmeshs, gesteuerte Knochenregeneration (GBR), Distaktionsosteogenese, Tent-Pole- bzw. Umbrella-Technik, Sausage-Technik nach Urban sowie die Kombinationen verschiedener Techniken.

Allgemein ist einleitend festzuhalten, dass bei diesen Methoden mit steigender Größe des zu versorgenden Defekts in der Regel auch der

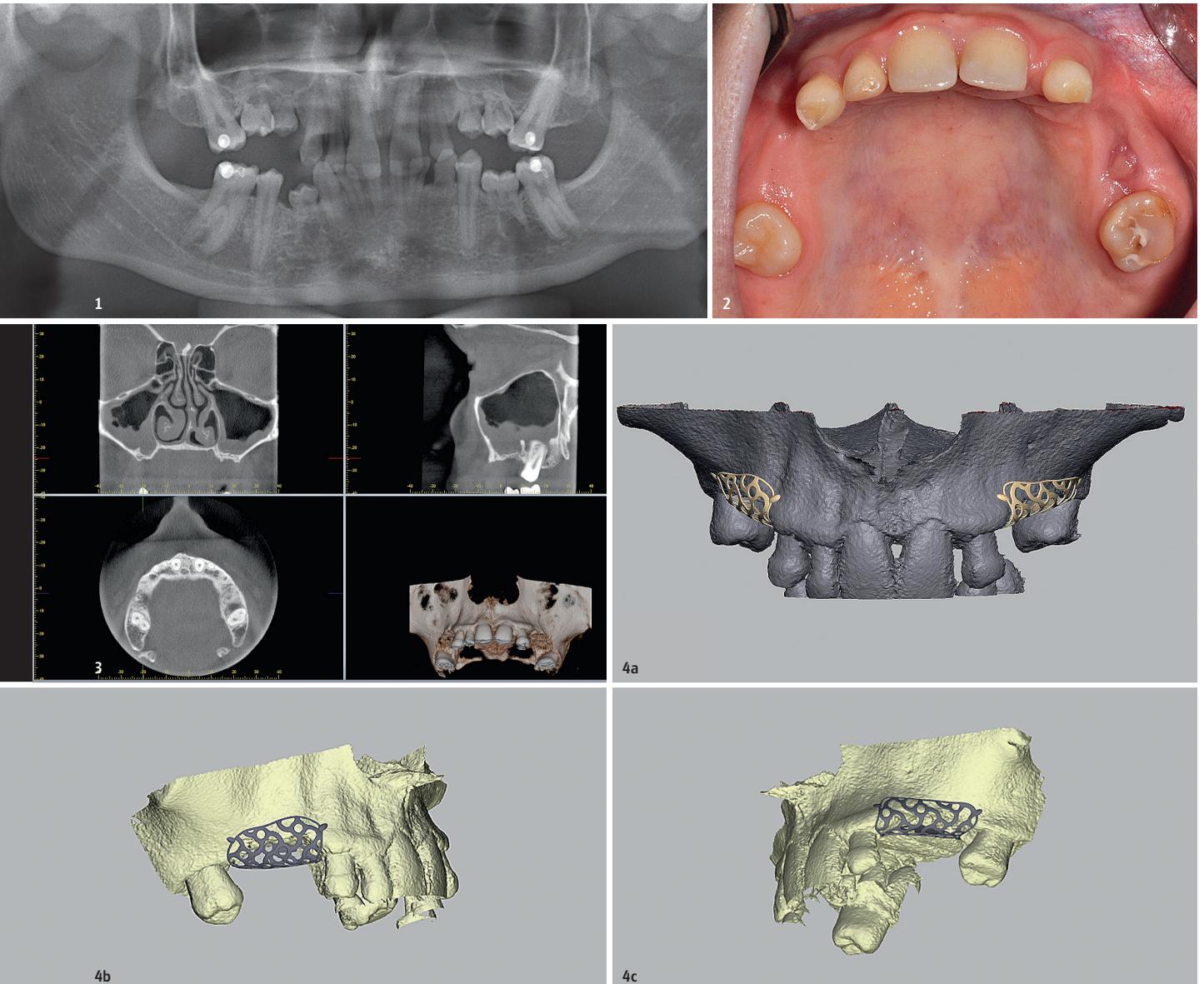
Anspruch an das chirurgische Können bzw. an die Erfahrung des Behandlers wächst. Dies beginnt bei der Vorbereitung des zu versorgenden Bereichs und endet bei der spannungsfreien weichgewebigen Deckung und der anschließenden Nachsorge, sowohl für die Verwendung unterschiedlicher Blöcke als auch für die verschiedenen Augmentationsmethoden mit partikulärem Knochensatzmaterial.

Ein deutlicher Vorteil der partikulären Materialien liegt in der Möglichkeit, sie mit autologen Knochenspänen zu mischen, um ihre biologische Potenz zu erhöhen und sie durch die Verwendung von Membranen (z.B. Guided Bone Regeneration [GBR], Tent-Pole-/Umbrella-Technik, Sausage-Technik) oder erzeugten „Containern“ (z.B. Schalenteknik, Titanmeshs) individuell an Defektgeometrien anzupassen. Die aktuelle Datenlage erlaubt es nicht, verlässliche Empfehlungen zu den unterschiedlichen Behandlungsmethoden auszusprechen oder valide Schlussfolgerungen zuzulassen.

Als allgemein belegt gilt jedoch, dass der Behandlungserfolg bei komplexen Augmentationen sowohl abhängig von den verwendeten

| Augmentationstechnik         | möglicher vertikaler Knochenzuwachs |
|------------------------------|-------------------------------------|
| Bone Splitting               | ca. 3/4–6 mm                        |
| Knochenblöcke/Onlay Grafts   | ca. 4,3/max. 5 mm                   |
| Tent-Pole + GBR              | 1–4/3–7/3–8 mm                      |
| Distraktion                  | 4–9/8–14 mm                         |
| Titanmeshs oder Folien + GBR | 4–6/4–7/max. 8,5 mm                 |
| Schalentechnik nach Khoury   | bis zu 8 mm                         |

Tab. 1: Mögliche Knochenzugewinne durch unterschiedliche Augmentationsmethoden.<sup>1–8</sup>



**Abb. 1:** OPG der Patientin mit Nichtanlagen im Ober- und Unterkiefer. **Abb. 2:** Klinische Situation nach Extraktion der persistierenden Milchzähne. **Abb. 3:** Es ist ein vertikales knöchernes Defizit im DVT zu erkennen. **Abb. 4a bis c:** Die 3D-Rekonstruktion des knöchernen Alveolarkamms im Oberkiefer und die individuell designten Titangitter zur Augmentierung der vertikalen Defekte.

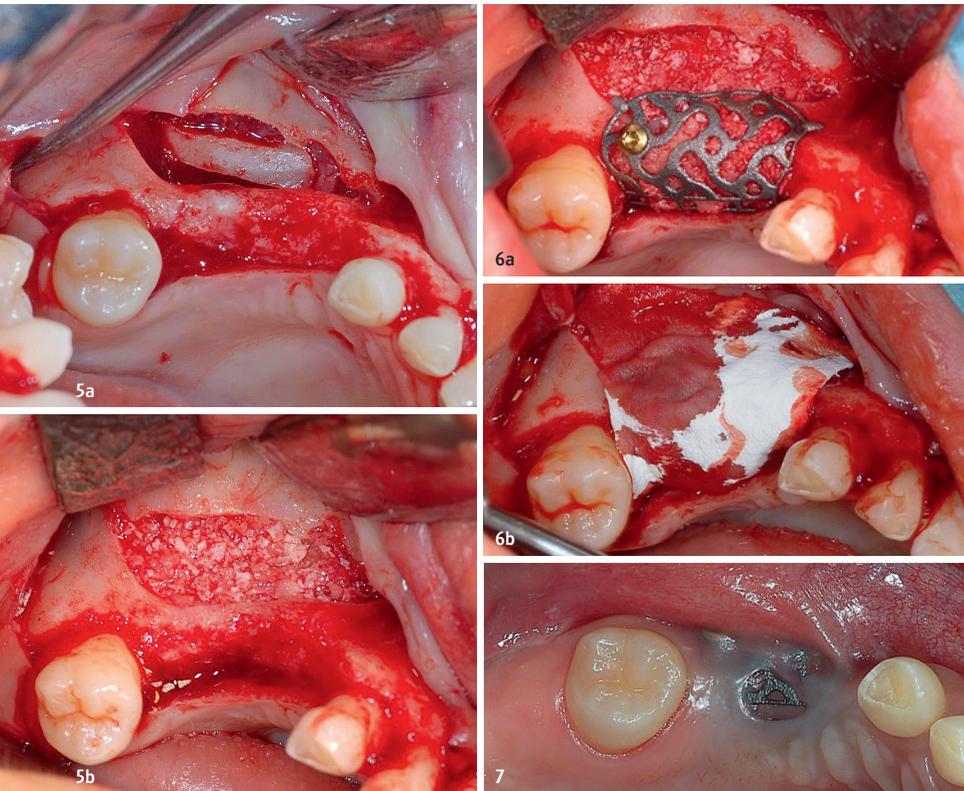
Materialien als auch von der Augmentationsmethode ist und dass mit den entsprechenden Methoden unterschiedlich große knöchernen Defektvolumina rekonstruierbar sind.<sup>1</sup> In einem systematischen Review konnten Troeltzsch et al. zeigen, dass mit partikulärem Material sowohl horizontal als auch vertikal Defekte mit einer Ausdehnung von bis zu 3,7 mm erfolgreich augmentiert werden können und dass durch die Verwendung von Titangittern diese Werte noch steigerbar sind.<sup>1</sup> Ein reproduzierbarer zusätzlicher horizontaler Zugewinn von ca. 1 mm kann lediglich durch

die Verwendung autologer Blöcke aus dem Beckenkamm oder dem Schädelbereich erreicht werden.<sup>1</sup> Diese Maßnahmen sind jedoch durch den weiteren operativen Eingriff und die entsprechenden chirurgischen Kenntnisse und Möglichkeiten des Behandlers limitiert.

Da die Angaben in der Literatur der letzten Jahre bezüglich der möglichen Knochenzugewinne durch unterschiedliche Augmentationsmethoden erheblich variieren, sind einige Werte als grobe Orientierung in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Zusammenfassung spiegelt ein

grobes Bild der recherchierten Literatur wider und erhebt aufgrund der ständig wachsenden Datenlage keinen Anspruch auf Vollständigkeit bzw. Aktualität.

Neben dem vertikal erreichbaren Knochenzugewinn wurden in einem Review von Urban et al. auch die Komplikationsraten unterschiedlicher Augmentationsmethoden berücksichtigt.<sup>8</sup> Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten vertikalen Knochenzugewinn für alle in den untersuchten Studien verglichenen Behandlungsansätze. Die vertikalen Knochenzunahmen und Komplikationsraten variieren bei den



**Abb. 5a und b:** Externer Sinuslift Oberkiefer beidseits mit xenogenem KEM (Bio-Oss®, Geistlich). **Abb. 6a:** Insertion des CAD/CAM-Titangitters, beladen mit einem Gemisch aus autologem Knochen und xenogenem KEM (Bio-Oss®, Geistlich). **Abb. 6b:** Abdeckung mit einer Kollagenmembran (Bio-Gide®, Geistlich) beidseits im Oberkiefer. **Abb. 7:** Dehiszenz im Bereich der rechten Seite.

verschiedenen Verfahren erheblich: Distractionosteogenese (bis zu 8,04 mm Knochengewinn bei einer Komplikationsrate von bis zu 47,3 Prozent), GBR (bis zu 4,18 mm Knochengewinn bei einer Komplikationsrate von bis zu 12,1 Prozent), Knochenblöcke (bis zu 3,46 mm Knochengewinn bei einer Komplikationsrate von bis zu 23,9 Prozent).

Ein innovativer Ansatz, um die oben beschriebenen komplexen Defekte vorhersagbar und sicher kaufunktionell zu rehabilitieren, ist die Verwendung von individualisierten CAD/CAM-Titanmeshs (Yxoss®, ReOss). Konventionelle Titanmeshs wurden zunächst für die Rekonstruktion knöcherner Gesichtdefekte und erst später für die knöcherne Rekonstruktion von zahnlosen Oberkieferdefekten beschrieben.<sup>9-11</sup> In weiteren klinischen Studien erfolgte die Anwendung von konventionellen Titanmeshs für den Aufbau lokaler Kieferkammdefekte mit simultaner oder zweizeitiger Implantation.<sup>12-14</sup> Diese konventionellen Titanmeshs wurden als plane Gitter designt und geliefert. Daher war das intraoperative Anpassen und Biegen dieser vorgefertigten Titanmeshs an den indivi-

duellen Defekt notwendig. Diese Prozedur ist manuell herausfordernd und zeitintensiv.<sup>15,16</sup> Zudem können die Ecken und Ränder dieser manuell beschnittenen und gebogenen Titanmeshs zu einer Verletzung der Schleimhaut und somit einer Wunddehiszenz führen. Des Weiteren müssen materialbedingte Rückstellkräfte berücksichtigt werden, die bei der Verwendung manuell gebogener Gitter auftreten können. Diese können zu Ungenauigkeiten bei der Abdeckung des zu augmentierenden Bereichs und zu nicht geplantem Drücken auf das umliegende Gewebe führen. Die CAD/CAM-Technologie (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing) bietet eine vielversprechende Lösung zu diesen beschriebenen Nachteilen der konventionellen Titanmeshs. Basierend auf den DICOM-Datensätzen einer digitalen Volumentomografie des knöchernen Defekts werden anhand eines digitalen Workflow-Systems individualisierte Titanmeshs durch den Hersteller gefertigt. Während des Herstellungsprozesses werden Titanpartikel mit einem Laserstrahl an ihren Grenzflächen miteinander verschmolzen (SLS-

Verfahren – Selective Laser Sintering). Durch diesen Sinterprozess ist es möglich, die individuellen Formen der Gitter bei gleichbleibenden reproduzierbaren Materialeigenschaften herzustellen.

Der genaue Bestell- und Herstellungsprozess für diese CAD/CAM-Titanmeshs gliedert sich in die folgenden Unterpunkte und ist einfach in den klinischen Alltag zu integrieren:

- Log-in auf der Website des Herstellers ([www.reoss.eu](http://www.reoss.eu)).
- Hochladen der DICOM-Daten des Patienten.
- Die Chirurgin/der Chirurg erhält einen Designvorschlag des Titanmeshs, den sie/er bei Bedarf modifizieren kann.
- Nach Bestätigung des Designvorschlags erfolgt die Erstellung und Lieferung des Titanmeshs.
- Sterilisation des Titanmeshs.
- Operative Insertion des Titanmeshs mit partikulärem Augmentationsmaterial, ggf. simultane Implantation.
- Reentry mit Entfernung des Titanmeshs, ggf. simultane Implantation bzw. Weichgewebemanagement.

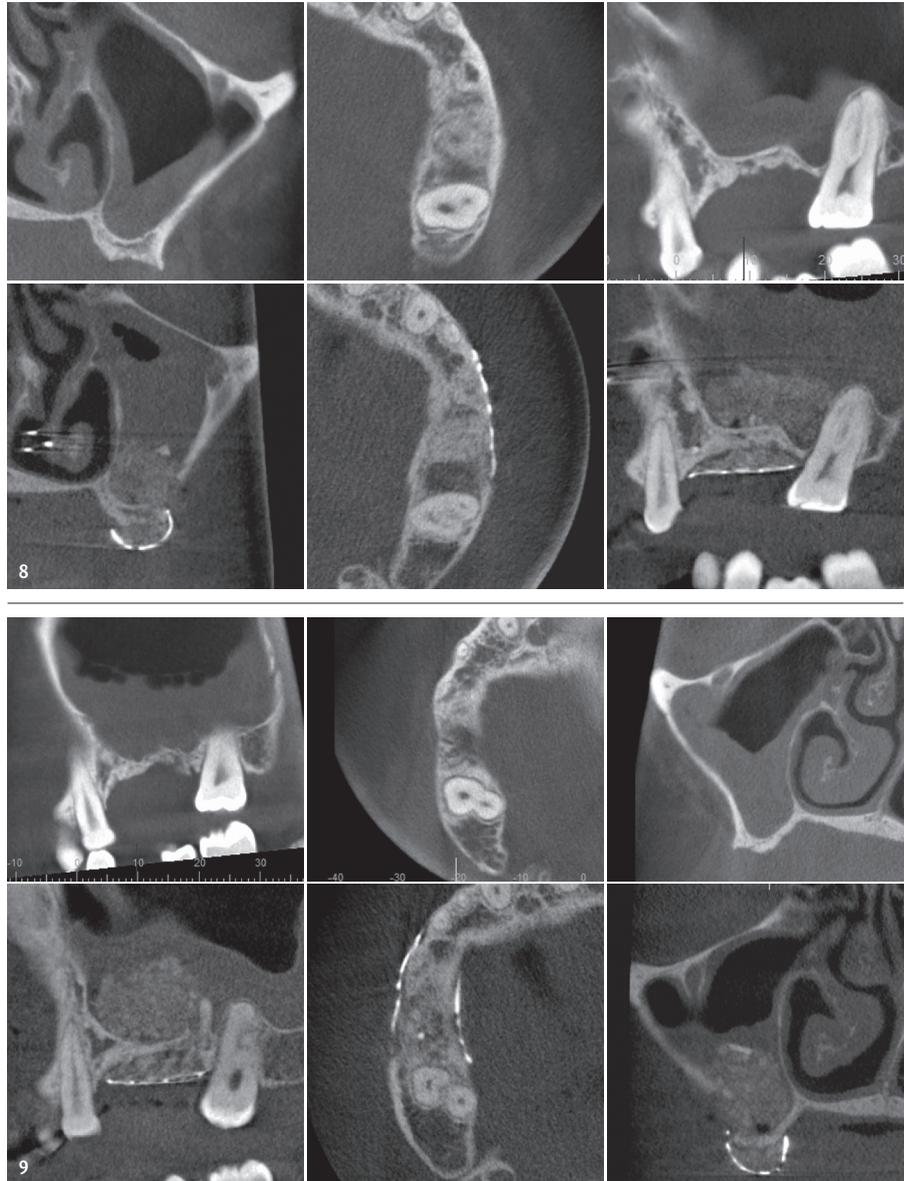
Diese individualisiert hergestellten Titanmeshs decken passgenau den Defekt ab und dienen als stabiles Gerüst, um eine Augmentation mit partikulärem Augmentationsmaterial zu ermöglichen. Trotz dünnster Auflagefläche bieten die individuell hergestellten Titanmeshs eine maximale Formstabilität, und die spezifische Gitterstruktur bietet eine gute Beständigkeit gegen eventuell auftretende Druck- und Scherkräfte. Scharfkantige Bereiche, die, wie bereits beschrieben, beim Zuschneiden und Biegen klassischer Titanmeshs entstehen, entfallen durch den formgebenden Herstellungsprozess. Das Design und die Gewebefreundlichkeit des für die Gitter verwandten Reintitans ermöglichen eine gute Vaskularisation des Augmentats und eine optimale Ernährung des zu regenerierenden Knochens bei gleichzeitigem Strukturverlust während des Regenerationsprozesses. Die Autoren dieses Artikels verwenden für diese Technik als partikuläres Augmentationsmaterial ein Gemisch (70:30) aus autologen Knochenchips und einem langzeitstabilen Hydroxylapatit (Bio-Oss®, Geistlich). Fall- bzw. indikationsabhängig sind auch andere Mischungsverhältnisse (50:50, 30:70) möglich. Durch die exakte Defektanpassung der individualisierten Titanmeshs verkürzen sich die OP-Zeit und der OP-Aufwand erheblich.

Jedoch besteht aufgrund der rigiden Struktur des Titanmeshs die Möglichkeit einer Dehiszenz mit einem potenziellen Freiliegen des Augmentats. In zwei aktuellen klinischen Studien lag dieses Dehiszenzrisiko zwischen 20 und 30 Prozent.<sup>17,18</sup> Trotz dieser Dehiszenzen kam es in beiden Studien zu keinem Totalverlust des Augmentats, und in allen Fällen lag eine suffiziente Knochenneubildung vor, sodass eine Implantation möglich war. Durch eine entsprechende Patientenaufklärung und sorgfältige Hygienemaßnahmen sind auftretende Dehiszenzen gut behandelbar. Diese Ergebnisse betonen den klinischen Vorteil dieser Technik gegenüber Blockaugmentationen, bei denen es bei Dehiszenzen sehr häufig auch zu Totalverlusten des Augmentats kommt. Um die Dehiszenzrate möglichst zu minimieren, ist dem Weichgewebemanagement höchste Priorität einzuräumen. Hierzu gehört der spannungsfreie Wundverschluss, der durch Modifikation der Schnittführung (Poncho- vs. krestale Schnittführung) und suffiziente Weichgewebemobilisierung (z.B. Periostschlitzung) erzielt werden kann.

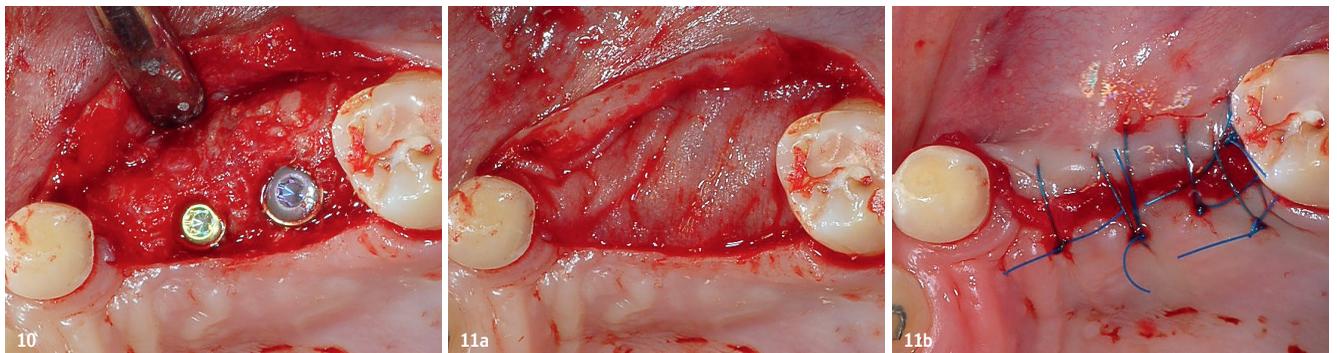
### Klinische Fallbeispiele

#### Fall 1

Eine gesunde 25-jährige Patientin wurde in der interdisziplinären Sprechstunde mit multiplen Nichtanlagen und teilweise persistierenden Milchzähnen vorstellig (Abb. 1). Bei der Patientin bestand der Wunsch einer fest-sitzenden implantatprothetischen Versorgung. Nach Extraktion der Milchzähne bestand klinisch und radiologisch eine ausgeprägte vertikale Atrophie im Bereich der Nichtanlagen (Abb. 2 und 3). Nach ausgiebiger Aufklärung über die möglichen Therapieoptionen wurde



**Abb. 8:** Radiologischer Vergleich der linken Seite präoperativ (obere Zeile) und sechs Monate postoperativ vor dem Reentry (untere Zeile). **Abb. 9:** Radiologischer Vergleich der rechten Seite präoperativ (obere Zeile) und sechs Monate postoperativ vor dem Reentry (untere Zeile).



**Abb. 10:** Implantatinsertion (BLT, Straumann) im linken Oberkiefer bei suffizientem Knochenangebot. **Abb. 11a und b:** Weichgewebemanagement im Rahmen der Mesh-Entfernung sechs Monate postoperativ mittels PRF-biologischer Kollagenmatrix (Mucograft®, Geistlich).

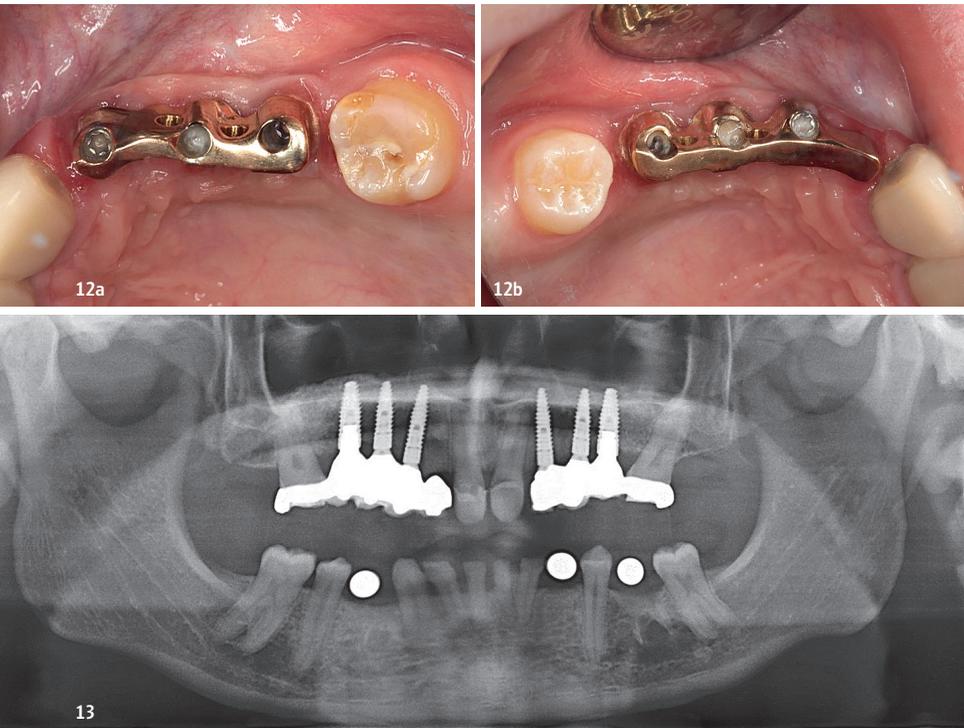


Abb. 12a und b: Klinische Zwei-Jahres-Kontrolle. Abb. 13: Radiologische Zwei-Jahres-Kontrolle.

bei der Patientin die Augmentation des Kieferkammdefizits im Oberkiefer beidseits mittels eines CAD/CAM-gefertigten patientenspezifischen Titanmeshs (Yxoss®, ReOss) und eines beidseitigen externen Sinuslifts durchgeführt.

Hierzu wurden anhand der DICOM-Daten des präoperativen DVTs die individuellen Titanmeshs für den beidseitigen Oberkieferdefekt geplant und erstellt (Abb. 4a bis c). Über eine krestale bzw. marginale Schnittführung wurde

ein vollschichtiger Mukoperiostlappen präpariert. Beidseits erfolgte nun zunächst ein externer Sinuslift (Abb. 5a und b). Die Kieferhöhle wurde hierbei mit einem xenogenen Knochenersatzmaterial (Bio-Oss®, Geistlich) gefüllt. Im Anschluss erfolgte die Defektdarstellung für die Insertion der Titanmeshs. Die Titanmeshs wurden mit einer partikulären Mischung (70:30) aus autologer Beckenkammpongiosa und einem xenogenen Knochenersatzmaterial (Bio-Oss®, Geistlich) beladen. Des Weiteren wurden die Titanmeshs mit Miniosteosyntheseschrauben am Oberkiefer fixiert und mit PRF-(Platelet Rich Fibrin-)biologisierten porcinen Kollagenmembranen (Bio-Gide®, Geistlich) abgedeckt (Abb. 5a bis 6b). Im postoperativen Follow-up stellte sich eine Dehiszenz über dem rechten Mesh mit partieller Freilegung der Gitterstruktur dar (Abb. 7). Durch lokale Mundhygienemaßnahmen mit 0,2 Prozent Chlorhexidinspülung und Chlorhexidin-Gel-Applikation, im Rahmen der engmaschigen Nachsorge, konnte diese Komplikation ohne Einschränkungen oder Beschwerden der Patientin beherrscht werden. Sechs Monate nach Titanmesh-Insertion zeigte das DVT einen deutlichen vertikalen Knochen Gewinn im Oberkiefer beidseits (Abb. 8 und 9), sodass die Meshentfernung und gleichzeitige Implantatinsertion durchgeführt werden konnte (Abb. 10). Im rechten Oberkiefer wurde

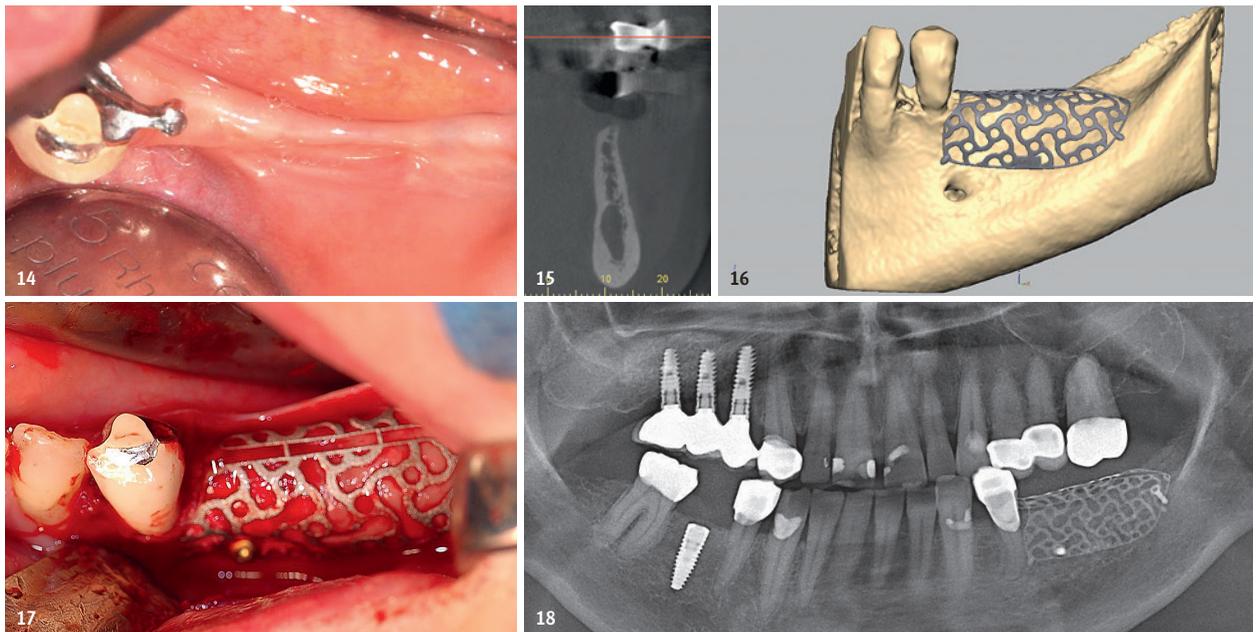
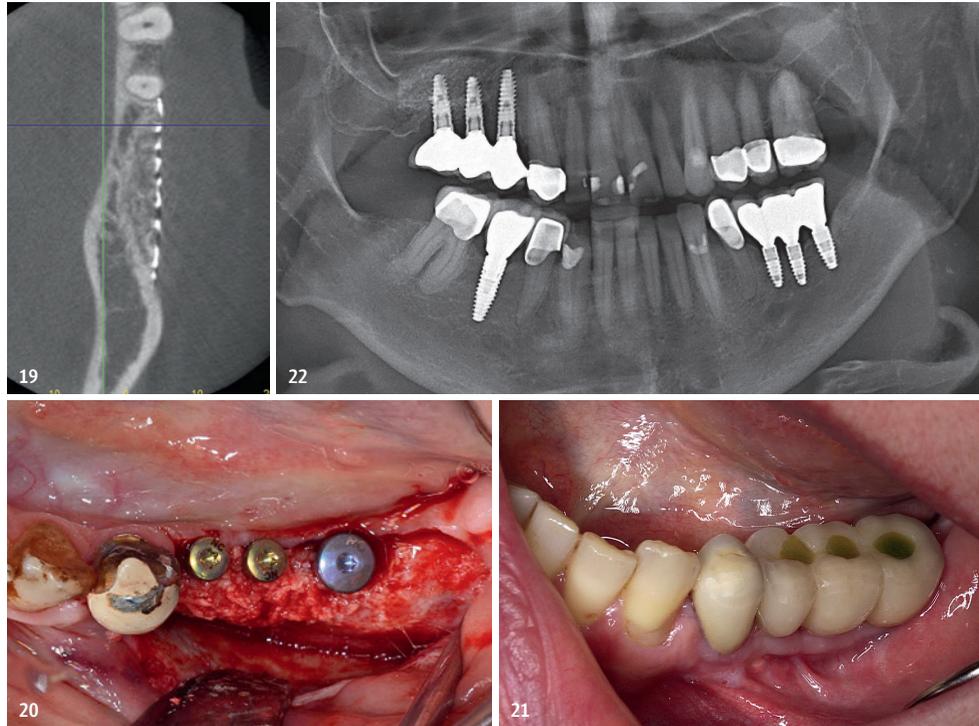


Abb. 14: Präoperative klinische Situation der Patientin im linken Unterkiefer. Abb. 15: Präoperative radiologische Situation der Patientin im linken Unterkiefer mit einem lateralen Defizit. Abb. 16: Die 3D-Rekonstruktion des knöchernen Alveolarkamms im linken Unterkiefer und das individuell designte Titangitter zur Augmentation des kombinierten Defekts. Abb. 17: Insertion des Titanmeshs. Abb. 18: Postoperative Bildgebung.

aufgrund der Dehiszenz zusätzlich ein Weichgewebemanagement mittels PRF-biologischer Kollagenmatrix (Mucograft®, Geistlich) durchgeführt (Abb. 11a und b). Radiologisch und klinisch stellte sich zwei Jahre postoperativ eine stabile knöcherne und weichgewebige Situation dar (Abb. 12a und b, Abb. 13).

**Fall 2**

Eine 53-jährige Patientin stellte sich zur implantatprothetischen Rehabilitation des linken Unterkiefers vor. Klinisch und radiologisch stellte sich ein kombiniert vertikales und laterales Defizit des linken Unterkiefers dar (Abb. 14 und 15). Zur Kieferkammaugmentation wurde ein patientenspezifisches CAD/CAM-Titanmesh (Yxoss®, ReOss) entworfen und angefertigt (Abb. 16). Die Titanmeshs wurden mit einer partikulären Mischung (70:30) aus autologen Knochenchips, gewonnen mit einem Safescraper (Vertrieb durch Geistlich) vom Kieferwinkel, und einem xenogenen Knochenersatzmaterial (Bio-Oss®, Geistlich) beladen und passgenau inseriert (Abb. 17 und 18). Das Mesh wurde mit einer PRF-(Platelet Rich Fibrin-)biologisierten porcinen Kollagenmembran (Bio-Gide®, Geistlich) abgedeckt. Sechs Monate postoperativ stellte sich im DVT ein suffizienter Knochengewinn dar (Abb. 19), sodass die Implantation vorgenommen wer-



**Abb. 19:** Radiologische Darstellung der Knochensituation vor Reentry. **Abb. 20:** Implantatinsertion (BLT, Straumann) in den suffizient augmentierten Unterkieferknochen. **Abb. 21:** Klinische Zwei-Jahres-Kontrolle. **Abb. 22:** Radiologische Zwei-Jahres-Kontrolle.

den konnte (Abb. 20). Im klinischen Follow-up stellt sich zwei Jahre nach der Implantation eine stabile knöcherne und weichgewebige Situation dar (Abb. 21 und 22).

eine Dehiszenz nicht zu einem Totalverlust der Augmentation, sodass diese Technik sehr vielversprechende klinische Ergebnisse liefert.

**CME-Fortbildung**



**Patientenspezifische Knochenaugmentation**

Dr. med. Dr. med. dent. Eik Schiegnitz,  
Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent.  
Keyvan Sagheb

CME-Fragebogen unter:  
[www.zwp-online.info/cme/wissenstests](http://www.zwp-online.info/cme/wissenstests)

ID: 93464

**Fazit**

Die vorgestellte Technik der individualisierten CAD/CAM-Titanmeshs ist eine sichere und vorhersagbare Technik für laterale und vertikale Kieferdefekte. Durch das optimale, dem Defekt angepasste Design verkürzt sich die Operationszeit deutlich. Um die Langzeitstabilität des Augmentats zu gewährleisten, empfiehlt sich die Verwendung eines Gemischs aus autologen Knochen und einem xenogenen Hydroxylapatit. Die suffiziente, spannungsfreie Weichgewebebedeckung bleibt der kritische Punkt der Prozedur, dem höchste Aufmerksamkeit zu widmen ist. Jedoch führt auch

**Dr. Schiegnitz**  
[Infos zum Autor]



**Dr. Sagheb**  
[Infos zum Autor]



**KONTAKT**

**Dr. med. Dr. med. dent. Eik Schiegnitz**  
**Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent.**  
**Keyvan Sagheb**

Universitätsmedizin der  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
Klinik und Poliklinik für Mund-,  
Kiefer- und Gesichtschirurgie  
und Plastische Operationen  
Langenbeckstraße 1  
55131 Mainz  
eik.schiegnitz@unimedizin-mainz.de  
keyvan.sagheb@unimedizin-mainz.de

Informationen zur  
CME-Fortbildung



Alle Wissenstests  
auf einen Blick



Literaturliste