

Die Thematik Knochenersatz oder Knochenregeneration, Xenografts, Allografts oder synthetisch generierte Materialien werden bisweilen in der MKG-Chirurgie sehr kontrovers diskutiert. Unbestritten sind jedoch die Fortschritte und die guten klinischen Erfahrungen, die in den letzten zwei Jahrzehnten mit biomimetischen Materialien gemacht wurden. In der vorliegenden Anwendungsbeobachtung wurden zwei etablierte Knochenaufbaumaterialien unterschiedlicher Chemie und Struktur einem direkten, indikationsbezogenen Vergleich ausgesetzt. Die aufgeführten Fallbeispiele zeigen, dass beide Materialtypen ihre Daseinsberechtigung haben und unter Berücksichtigung der jeweiligen Aufgabenstellung die chirurgische Arbeit wesentlich unterstützen können.

Dr. Dr. Arwed Ludwig  
[Infos zum Autor]



Literatur



# Einsatz von $\beta$ -Tricalciumphosphat versus Hydroxylapatitkeramik

## Ein klinischer Vergleich

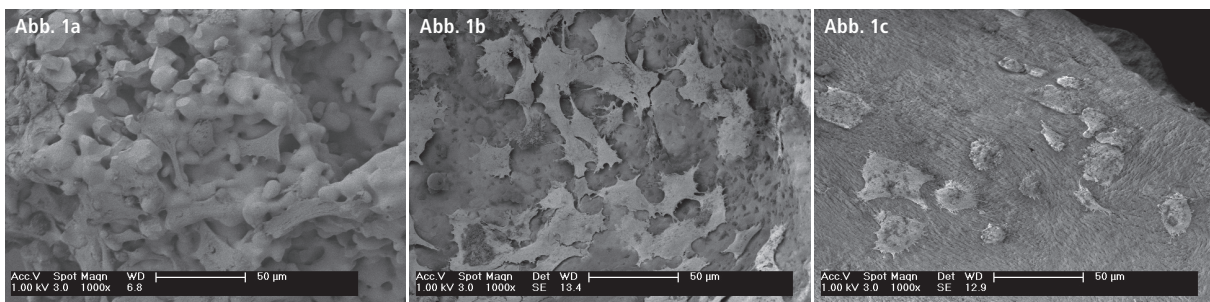
Priv.-Doz. Dr. Dr. Arwed Ludwig, Dr. Gregor Thomas

In der Produktgruppe der biomimetischen Materialien geht es im Wesentlichen um die Fragen, volumenstabiler Aufbau mit keiner oder nur extrem langsamer Resorption oder vollständige Degradation des eingebrachten Materials und Umformung in vitalen Knochen mit der unvermeidlichen Begleiterscheinung eines kontrollierten, aber doch vorhandenen Volumenverlustes. Die für den Vergleich herangezogenen Materialien werden von der Kleinostheimer Firma curasan unter den

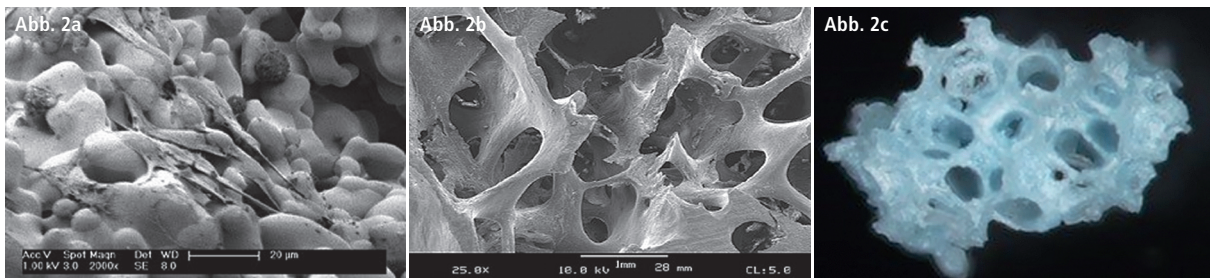
Namen CERASORB M<sup>®</sup> und OSBONE<sup>®</sup> hergestellt und vertrieben.

Bei CERASORB M<sup>®</sup> handelt es sich um ein zu 99% phasenreines  $\beta$ -Tricalciumphosphat ( $\beta$ -TCP) in spongiöser, polygonal gebrochener Form. Die offenzellige Struktur mit interkonnektierenden Poren erlaubt ein schnelles Einwachsen von Osteoblasten und eine vollständige Umwandlung in körpereigenen, vitalen Knochen. Da jede biologische Vorgeschichte fehlt, kann das Material absolut unbedenklich eingesetzt werden.

Der Herstellungsprozess garantiert dabei höchste Pyrogen- und Keimfreiheit. Bei OSBONE<sup>®</sup> handelt es sich um rein synthetisches Hydroxylapatit mit einer Porosität von 80% und einer ebenfalls polygonal gebrochenen Granulatform mit interkonnektierenden Poren, was dem Produkt eine sehr spongiosaähnliche Struktur verleiht. Das Hydroxylapatit wird extrem langsam resorbiert und garantiert somit eine hohe Volumenstabilität und frühe mechanische Belastbarkeit.



**Abb. 1a–c:** Vergleichende Testung unterschiedlicher keramischer Biomaterialien für den Knochenersatz mit der humanen Osteoblastenzelllinie SAOS-2: Morphologieunterschiede nach 24 Stunden Osteoblastenkultivierung.



**Abb. 2a:** Vergleich der Struktur von CERASORB M®, ... – **Abb. 2b:** ... natürlicher Knochenspongiosa und ... – **Abb. 2c:** ... OSBONE®.

Beide Produkte zeigen sich gegenüber xenogenen Materialien bei der Besiedlung mit Osteoblasten und damit einer frühen Biologisierung klar im Vorteil, wie der Versuch von Bernard A. et al. von 2010 zeigt (Abb. 1).

Weitere wichtige Parameter in der Beurteilung eines Knochenregenerations- bzw. Knochenaufbaumaterials sind:

**Primärkorngröße:** Zur Vermeidung zellulärer Abbauprozesse ist ein Knochenaufbaumaterial mit einer Primärkorngröße von mehr als 10 µm optimal. Sie gewährleistet sowohl die mechanische Stabilität des Gefüges als auch die interkonnektierende Mikroporosität. Eine Partikelgröße von unter 10 µm stimuliert die Phagozytose durch Makrophagen und führt zu einem nicht gewollten vorzeitigen Masseverlust des Knochenaufbaumaterials im Defekt, sodass eine vollständige biologische Knochenregeneration nicht stattfindet.

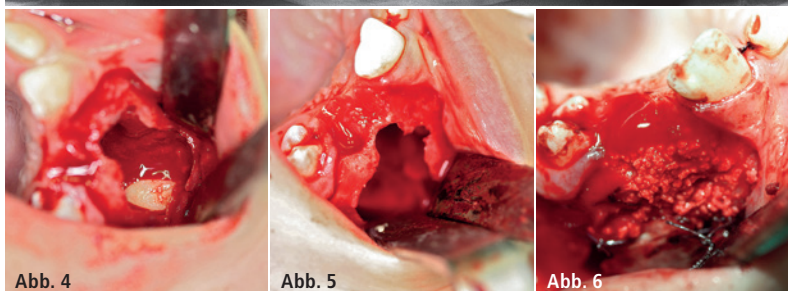
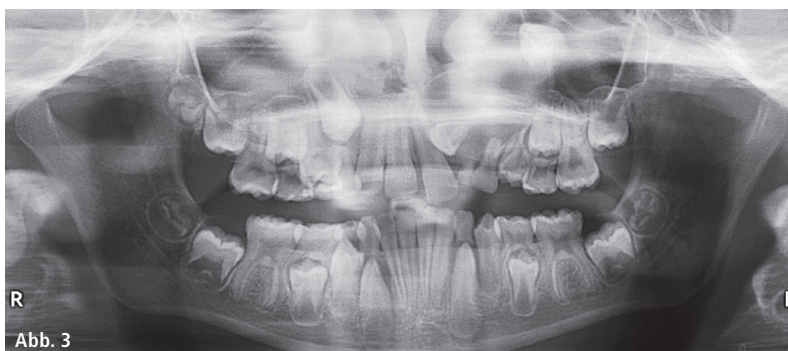
**Gefügestabilität:** Die Gefügestabilität darf beim Einbringen in den Defekt nicht in kleine Partikel zerfallen oder durch Lösungsvorgänge an Stabilität verlieren. Ein frühzeitiger Zerfall in Mikropartikel provoziert die Aktivität phagozytischer Makrophagen und polymorpher mehrkerniger Zellen. Die dadurch verstärkte unspezifische Immunreaktion stört die Regeneration und kann im Extremfall zu einer überschießenden Entzündungsreaktion führen.

**Interkonnektierende, spongiös-offenzellige Porenstruktur und durchgängige Erschließung mit Blutgefäßen:** Poren vergrößern die Oberfläche und werden bei ausreichendem Durchmesser vaskularisiert. Für das Einwachsen vaskularisierten, mineralisierten Gewebes soll der Porendurchmesser mindestens 100 µm betragen, um ein vollständiges Durchwachsen zu ermöglichen. Die Porengrößenverteilung des syn-

thetischen Hydroxylapatits bewegt sich mehrheitlich zwischen 250 und 450 µm, wodurch die Vaskularisierung und Osseointegration unterstützt werden.

**Biokompatibilität:** 28 Tage nach Beginn der Zellkultivierung ist die sehr gute Zellproliferation deutlich in der flächigen Ausdehnung und Clusterung der Osteoblasten auf OSBONE® sichtbar. Die Biokompatibilität eines Knochenersatzmaterials zeigt sich bereits in vitro durch gute Zellbesiedelungseigenschaften. Aufgrund seiner hohen Ähnlichkeit zur natürlichen Spongiosa konnte dem Hydroxylapatit eine sehr gute Biokompatibilität bestätigt werden. Vergleichende In-vitro-Untersuchungen mit einer Osteoblastenzelllinie zeigen die bewährten, sehr guten Zellbesiedelungseigenschaften.

#### Fallbeispiele – Indikationen und Anwendungen



**Abb. 3:** Ausgedehnte folliculäre Zyste Regio 23. – **Abb. 4:** Entfernung des retinierten und extrem verlagerten Zahns 23. – **Abb. 5:** Umfangreicher Knochendefekt. – **Abb. 6:** Anmischen des  $\beta$ -Tricalciumphosphats mit Defektblut.

Beide beschriebenen Produkte eignen sich zum Auffüllen und für Rekonstruktionen von mehrwandigen Knochendefekten, z. B. nach Extirpation von Zysten, wobei Größe, Lokalisation und Art der Zyste sowie das Alter des Patienten eine Rolle spielen. Dabei ist dem  $\beta$ -TCP (CERASORB M®) hierbei der Vorzug zu geben, da das Ziel eine vollständige Wiederherstellung der natürlichen Knochenstruktur ist (Abb. 2a–c).

#### Auffüllung von Knochendefekten

Bei einem 9-jährigen Patienten bestand eine ausgedehnte folliculäre Zyste Regio 23, die vollständig den Alveolarfortsatzknochen bis in die Kieferhöhle aufgelöst hat (Abb. 3). Nach Entfernung des retinierten und extrem verlagerten Zahns 23 (Abb. 4) sowie Extirpation der

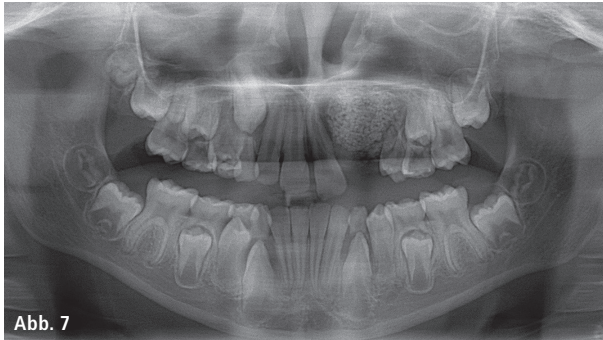


Abb. 7

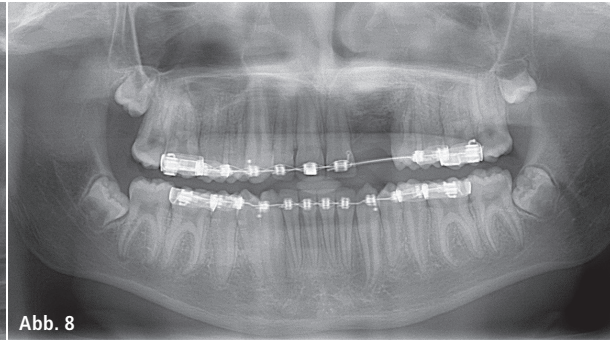


Abb. 8

**Abb. 7:** Postoperatives Röntgenbild nach sechs Monaten. – **Abb. 8:** Postoperatives Röntgenbild nach sechs Jahren.

umgebenden großen Zyste verblieb ein umfangreicher Knochendefekt (Abb. 5). Zur Defektauffüllung wurde das  $\beta$ -TCP (Abb. 6) mit Defektblut angemischt und anschließend ohne Druck appliziert. Zusätzlich erfolgte eine Abdeckung mit einer resorbierbaren Membran. Das postoperative Röntgenbild nach sechs Monaten (Abb. 7) und nach sechs Jahren (Abb. 8) zeigt eine gute knöcherne Regeneration im ehemaligen Defekt-

gebiet. Somit wurde die Grundlage für eine implantologische Versorgung des Patienten nach Abschluss des Wachstums geschaffen.

#### Rekonstruktion einer lateralen Wand

Bei einem 52-jährigen Patienten bestand eine follikuläre Zyste Regio 23 bei retiniertem und verlagertem Zahn 23

(Abb. 9). Da der Patient die Lücke später mit einem Implantat versorgt haben wollte, musste eine Ridge Preservation durchgeführt werden. Nach Osteotomie des Zahns 23 und Zystektomie zeigte sich ein ausgedehnter Knochendefekt mit fehlender vestibulärer Wand, die primär nicht mehr vorhanden war. Zur Abdeckung und Rekonstruktion der lateralen Wand wurde mittels reorbierbarer Pins (PDLLA) und einer PDLLA-Membran eine „Stütz- bzw. Schalungswand“ durch SonicWeld-Technik geschaffen. Dies ermöglichte die Defektauffüllung mittels Eigenblut getränktem  $\beta$ -TCP (Abb. 10 und 11). Danach erfolgte der plastische Wundverschluss (Abb. 12). Das postoperative Röntgenbild zeigt den aufgefüllten Defekt postoperativ (Abb. 13).

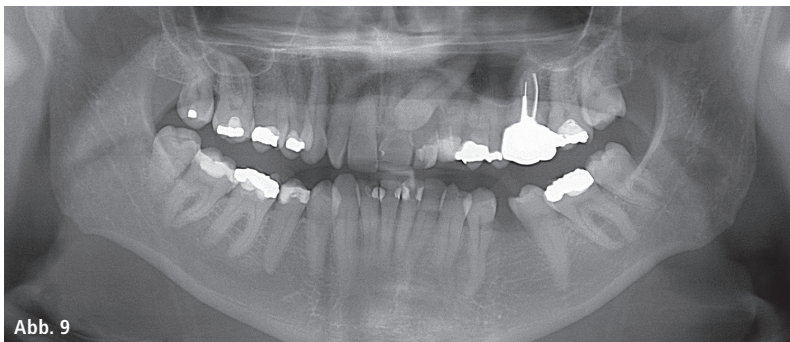


Abb. 9



Abb. 10

Abb. 11

Abb. 12

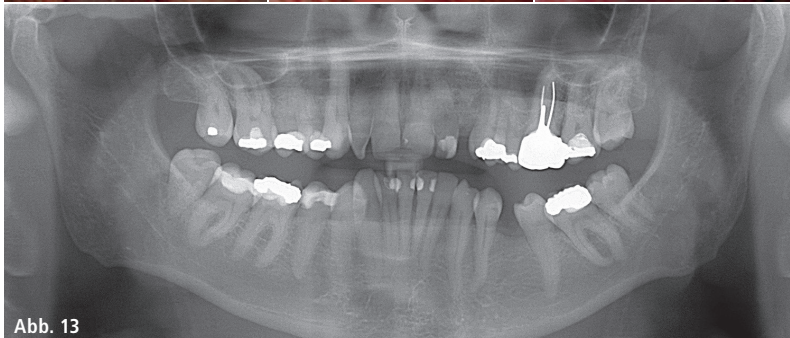


Abb. 13

**Abb. 9:** Follikuläre Zyste Regio 23 bei retiniertem und verlagertem Zahn 23. – **Abb. 10 und 11:** Defektauffüllung mittels Eigenblut getränktem  $\beta$ -Tricalciumphosphat. – **Abb. 12:** Plastischer Wundverschluss. – **Abb. 13:** Aufgefüllter Defekt postoperativ.

#### Augmentation des atrophierten Kieferkammes

Beide Materialien sind für den internen und externen Sinuslift geeignet, wobei bei dünner Schneider'scher Membran dem  $\beta$ -TCP der Vorzug zu geben ist. Bei gleichzeitigem lateralem Knochenaufbau oder schlechter Knochenqualität (D3/D4) liegen die Vorteile in der Anwendung von dem Hydroxylapatit. Bei einer 65-jährigen Patientin bestand eine ausgeprägte Oberkieferatrophie mit Verlust der Zähne 14 bis 16, 21, 22, 36 und 46 (Abb. 14). Zunächst wurde eine 3-D-CT-Darstellung der Kiefer zur Bestimmung der notwendigen Knochenaugmentation durchgeführt. Anschließend erfolgten eine Sinusbodenelevation rechts durch Ballonlifting, eine Sinusbodenaugmentation mittels  $\beta$ -Tricalciumphosphat und autologem Knochengemisch und die simultane

dreifache Implantation mittels CT-Schablone im ersten Quadranten (Abb. 15). Im zweiten Quadranten musste ein massiver lateraler Knochenaufbau vorgenommen werden, da ansonsten die Implantate nach vestibulär kranial nicht knöchern bedeckt wären. Aus prothetischen Gründen konnte keine andere Position der Implantate gewählt werden. Nach CT-Schablonen geführter Implantatinsertion in Regio 21 und 22 erfolgte der laterale Knochenaufbau mit einem Gemisch aus  $\beta$ -TCP und autologem Knochen sowie die Abdeckung mittels resorbierbarer Membran (Abb. 16). Im dritten und vierten Quadranten wurde eine simultane Implantatinsertion Regio 46 und 36 vorgenommen (Abb. 17). Nach sechsmonatiger Einheilphase konnte die prothetische Versorgung nach Freilegung der Implantate vorgenommen werden (Abb. 18).

### Zusammenfassung

Zum Erhalt bzw. Rekonstruktion der Kieferknochen stehen heute verschiedene Knochenersatzmaterialien zur Verfügung, die unterschiedliche Eigenschaften und Ansatzpunkte aufweisen. Daher galt es, CERASORB® und OSBONE® systematisch zu vergleichen. Die Produkte wurden hinsichtlich ihrer chemischen und biologischen Eigenschaften sowie ihrer folgenden klinischen Anwendungen beurteilt:

1. Auffüllung bzw. Rekonstruktion von mehrwandigen Knochendefekten
2. Augmentation des atrophierten Kieferkammes (Sinusbodenelevation und subantrale Augmentation)
3. Auffüllung von Alveolardefekten nach Zahnextraktion zur Kieferkammerhaltung und Schaffung eines Implantatbettes oder Auffüllung von Defekten nach operativer Entfernung retinierter Zähne sowie Korrekturosteotomien oder mehrwandige Knochendefekte der Alveolarfortsätze und des Gesichtsschädels
4. Auffüllung von zwei- oder mehrwandigen Knochentaschen sowie Bi- und Trifurkationsdefekten
5. Stützfunktion für eine Membran bei der gesteuerten Geweberegeneration (GTR)

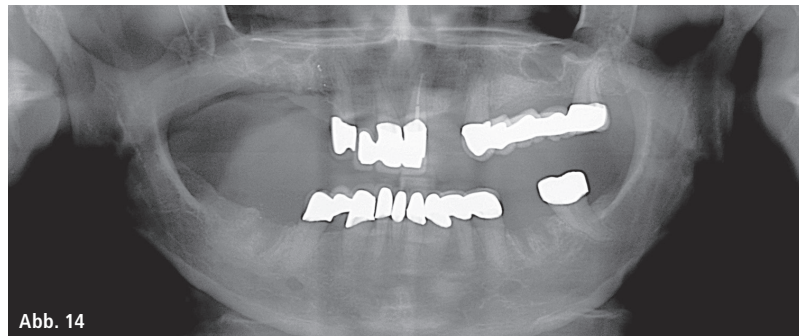


Abb. 14

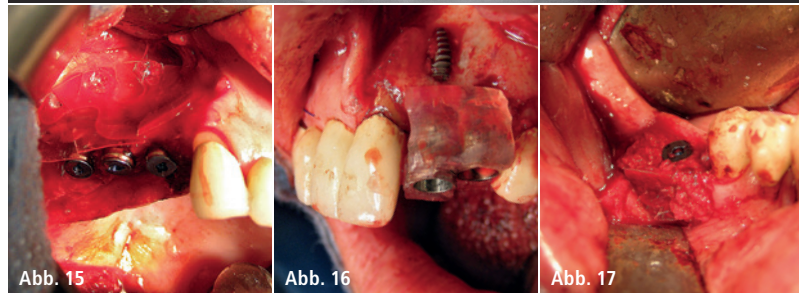


Abb. 15

Abb. 16

Abb. 17

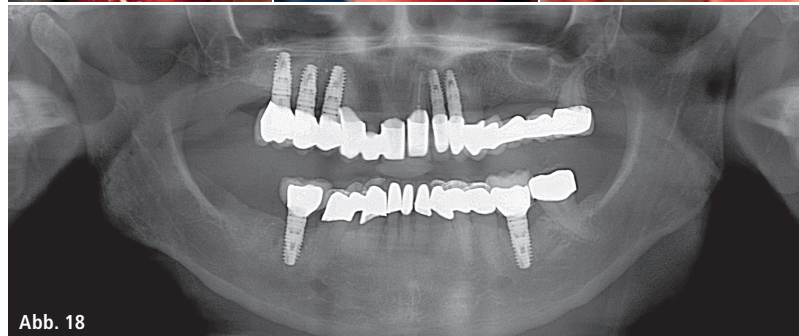


Abb. 18

**Abb. 14:** Ausgeprägte Oberkieferatrophie. – **Abb. 15:** Implantation mittels CT-Schablone. – **Abb. 16:** Lateraler Knochenaufbau. – **Abb. 17:** Simultane Implantatinsertion. – **Abb. 18:** Prothetische Versorgung.

Im Vergleich zeigten sich folgende Ergebnisse: Beide Materialien sind synthetischen Ursprungs und damit frei von Fremdmaterialien oder Allergenen. Durch den interkonnektierenden, offenzellig-porösen Aufbau ist eine gute Biokompatibilität gewährleistet. Vorteile bietet das  $\beta$ -TCP bei Zystendefektauffüllungen, da das Ziel eine physiologische Knochenregeneration ist. Beim Sinuslift sind beide Materialien gleich gut geeignet, wobei die Dicke der Schneider'schen Membran zu berücksichtigen ist. Bei dünner Membran ist das  $\beta$ -TCP wegen der polygonalen Form anzuwenden.

In Kombination mit einem lateralen Knochenaufbau ist das Hydroxylapatit zu bevorzugen. Bei schlechter vorhandener Knochenqualität (D3/D4) und/oder zweizeitigem Vorgehen sollte ebenfalls das Hydroxylapatit verwendet werden – wegen der größeren Volumenstabilität. Bei der Auffüllung

von Alveolardefekten ohne spätere Implantatinsertion oder Einzelzahndefekten ist CERASORB®, dagegen bei mehrwandigen Defekten eher OSBONE®, zu bevorzugen. Zur Auffüllung von zwei- oder mehrwandigen Knochentaschen, sowie Bi- und Trifurkationsdefekten und zur Stützfunktion für eine Membran sind beide Materialien geeignet. Für die absolute Höhenaugmentation und laterale Augmentation sowie bei Periimplantitis sollte wegen der Volumenkonstanz das Hydroxylapatit bevorzugt werden.

### Kontakt

**Priv.-Doz. Dr. Dr. Arwed Ludwig**  
MGK Medizinische und  
Gesichtschirurgische Klinik Kassel  
Neue Fahrt 12, 34117 Kassel  
Tel.: 0561 998599-0  
aludwig@gwdg.de  
www.mgk-chirurgie.de