



*Knochenregeneration*





# Knochenregeneration: Zwischen Biologie und Pragmatismus

„Osteobiologics“ ist ein neues Schlagwort, das die aktuellen Trends in der Forschung zur Knochenregeneration charakterisiert. Es meint damit die „Biologisierung“ von Knochenersatz- und -aufbaustoffen. Die rasanten Erkenntnisfortschritte in der Zell- und Molekularbiologie der Knochenbildung und -regeneration haben während der letzten Jahre nämlich zur Entwicklung zahlreicher neuer biologisch orientierter Verfahren und biologisch modifizierter Substanzen geführt. Dazu zählen z.B. die Verwendung patienteneigener Stamm- und Vorläuferzellen, die inzwischen aus zahlreichen Geweben und Organen des Körpers, auch aus Zähnen, gewonnen werden können, die Entwicklung neuer bioaktiver oder biomimetischer Trägermaterialien, die z.B. im Sinne von „smart scaffolds“ kontrolliert osteogene Substanzen abgeben können, oder die direkte In-vivo-Applikation bzw. der Gen-Transfer osteogen wirksamer Moleküle, wie z.B. von Wachstumsfaktoren der BMP-Familie. Obwohl einige der Verfahren an der Schwelle zur Anwendung stehen, lehrt doch die Erfahrung, dass zahlreiche Probleme die Einführung in die klinische Praxis erschweren und verzögern. Notwendige Tier- und Humanstudien, Zulassung und Zertifizierung wären hier zu nennen. Auch Fragen der klinischen Anwendbarkeit und Sicherheit sowie die Kostenproblematik sind zu klären.

Welche biologischen Effekte besitzen die bisher eingeführten Substanzen und Materialien zur Knochenregeneration im orofazialen Bereich? Angesichts der Meinung vieler Anwender, dass einige der bereits heute auf dem Markt befindlichen alloplastischen Materialien mit dem „Goldstandard“ der autogenen Knochentransplantate durchaus vergleichbar wären, zeigt, dass diese den Anforderungen von Osteoaktivität, -konduktion und -induktion gerecht werden können. Aller-

dings gibt es bis jetzt kein allseits geeignetes Material, das allen klinischen Wünschen entgegenkommt. Je nach Indikation sind dessen Eigenschaften kritisch zu bewerten und dessen gezielter Einsatz anzustreben. Biologische Nachteile können sich unter bestimmten klinischen Anforderungen als Vorteil erweisen und umgekehrt. Als Beispiel wäre in diesem Zusammenhang die Geschwindigkeit der Resorption oder Degradierung eines Knochenersatzmaterials anzuführen. Die Erfahrung im Umgang mit Knochenersatzmaterialien und Membranen hat in der klinischen Praxis zu einem gewissen Pragmatismus geführt, der für die Bedürfnisse des einzelnen Patienten die beste Lösung garantiert. Die vermehrte Anwendung und daraus resultierende Indikationserweiterungen aus den Praxen und Kliniken heraus werden aber auch bei den Herstellern möglicherweise zu Weiterentwicklungen Anlass geben. Forschungen zur Verbesserung der Porosität oder der Individualisierung von Ersatzmaterialien, z.B. im Sinne einer besseren Passgenauigkeit im Defekt durch kurzfristig durchführbare 3-D-Druckverfahren, könnten dabei im Vordergrund stehen. Auch Möglichkeiten einer raschen Einbindung von Knochenersatzstoffen in das körpereigene Remodelling des Empfängerknochens sollten weiter beforscht werden. Schließlich sind kontrollierte, prospektive und randomisierte Langzeitstudien und detaillierte Kosten-Nutzen-Analysen für die Zukunft zu fordern, aus denen sich fundierte Empfehlungen für die praktische Anwendung ableiten lassen.

Die Beiträge in diesem Heft mögen dazu beitragen, sich über die momentanen Möglichkeiten der modernen Knochenregeneration zu informieren, um Vorteile und Limitierungen besser abschätzen und so eine Therapie auf der Basis von Fakten planen zu können.



Prof. Dr. Werner Götz  
Leiter des Bereichs Oralbiologische Grundlagenforschung an der Poliklinik für Kieferorthopädie des Zentrums für Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde der Universität Bonn

Das Hartgewebsmanagement, d.h. die knöchernen Rekonstruktion des Alveolarkamms und benachbarter skelettaler Strukturen stellt eine der größten Herausforderungen in der Implantologie dar. Hierfür steht neben autologen Knochentransplantaten die gesteuerte Knochenregeneration (GBR) mit unterschiedlichen Knochenersatzmaterialien und Membranen zur Verfügung.

# Erfolgreiche Kombination: Knochen- ersatzmaterialien und Membranen

Autoren: Dr. med. dent. Tobias R. Hahn, Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Norbert R. Kübler

Da die Dimension des Alveolarknochens wie der überwiegende Anteil skelettaler Abschnitte von der funktionellen Beanspruchung abhängig ist, führt die Zahnextraktion bzw. der Zahnverlust aufgrund fehlender Stimuli des Sharpeyschen Halteapparates irreversibel zu einem Knochenverlust. Dieser beträgt im Mittel nach sechs Monaten 23 % und im Verlauf der nächsten fünf Jahre 11 %.<sup>6</sup> Je nach Umstand und Ursache des Zahnverlustes können innerhalb der ersten beiden Jahre post extractionem Resorptionen von 40 bis 60 % beobachtet werden.<sup>1</sup> Atraumatische Extraktionsverfahren vermindern diese Atrophie, verhindern sie aber nicht.<sup>1,28</sup> Auch bei unzureichendem Knochenangebot ermöglichen moderne Augmentations- und Membrantechniken die Rekonstruktion der knöchernen Strukturen, sodass sowohl ein Implantatlager als auch eine Weichgewebsunterstützung ge-

schaffen werden. Die Anwendung von Knochenersatzmaterialien in Kombination mit den Techniken der gesteuerten Knochenregeneration (GBR) ist nicht nur die Voraussetzung für die erfolgreiche Rekonstruktion der Knochendefekte, sondern auch für die Restitution der roten Ästhetik.

## Grundlagen

Prinzipiell werden verschiedene Verfahren zur Regeneration von Knochengewebe unterschieden (Abb. 1)<sup>11,23,45</sup>: Bei der Osteogenese kommt es durch die Verpflanzung von vitalen körpereigenen (autogenen) knochenbildenden Zellen zur Knochenneubildung. Der Prozess, der die Osteogenese auch ohne die Verpflanzung von Osteoblasten induziert, wird Osteoinduktion genannt. Unter dem Einfluss von Knochenmatrixproteinen, den sogenann-

ten bone morphogenetic proteins (BMPs), differenzieren pluripotente mesenchymale Zellen in der näheren Umgebung des Knochendefekts in knochenbildende Zellen. Unter Osteoinduktion versteht man die Implantation einer porösen Leitstruktur, in die das umgebende Knochengewebe hineinwachsen kann. Um diese langsam ablaufenden Prozesse der Knochenregeneration vor schnell einwachsenden gingivalen Epithelzellen zu schützen, wird das Wundgebiet mit einer mechanischen Barriere geschützt (Guided Bone Regeneration, GBR). Dadurch kommt es zur gezielten Förderung der Proliferation potenziell regenerativer Zelltypen, wie z.B. Osteoblasten oder Zementoblasten.<sup>8,13,16,17,19</sup> Neben diesen wichtigen Wirkmechanismen bei der Knochenregeneration existieren noch weitere Verfahren, welche jedoch nur eingeschränkt Anwendung finden, wie die Ausnutzung physiologischer

Terminus	Definition	Beispiel
autogenes Knochenimplantat	Verpflanzung innerhalb desselben Individuums	retromolares Knochenimplantat
allogenes Knochenimplantat	Verpflanzung zwischen Individuen derselben Spezies	Grafton
xenogenes Knochenimplantat	Verpflanzung zwischen Individuen verschiedener Spezies	Bio-Oss
alloplastisches Knochenimplantat	Vollsynthetische Herstellung eines Biomaterials	Cerasorb

Tab. 1: Die folgenden Begriffe definieren die Beziehung zwischen Spender und Empfänger.<sup>23,41</sup>

knöcherner Reparatursmechanismen im Rahmen der vertikalen Distraktionsosteogenese oder die In-vitro-Züchtung knöcherner Hybridorgane aus mesenchymalen Stammzellen des Periosts oder des Knochenmarks.

Mandibula (retromolar, Kinn)
Maxilla (Tuber maxillaris, Spina nasalis ant.)
Beckenkamm
Tibia
Calvaria

Tab. 2: Spenderregionen autologen Knochens.

### Knochentransplantate und Ersatzmaterialien

Für die knöcherne Regeneration bestehender Defekte werden Materialien unterschiedlichen Ursprungs verwendet (Tab. 1). Hinsichtlich der Vitalität von verpflanzten Knochenzellen unterscheidet man zwischen Knochentransplantaten und Knochenimplantaten. Knochenimplantate bezeichnen frisch entnommenes, vitales Knochengewebe, Knochenimplantate sind dagegen grundsätzlich devitale Materialien organischen oder synthetischen Ursprungs. Bei autogenen (autologen) Knochenimplantaten (Eigenknochen) wird das Gewebe vom gleichen Individuum entnommen. Aufgrund der Verpflanzung vitaler Osteoblasten stel-

gleichen Spezies und enthalten keine vitalen Zellen. Im klinischen Alltag handelt es sich meist um humane Knochenimplantate, welche als Knochenpulver oder -späne angeboten werden und aufgrund ihrer Demineralisation die osteoinduktiv wirksamen BMPs

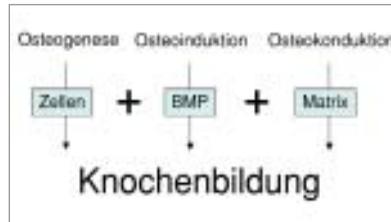


Abb. 1: Die Grundprinzipien der Knochenbildung.

abgeben (z.B. Grafton). Humane demineralisierte Knochenimplantate werden in der Regel komplett im Empfängerlager abgebaut und durch induzierten Empfängerknochen ersetzt. Xenogene Knochenimplantate stammen von einer anderen Spezies (z.B. Bio-Oss) und enthalten in der Regel keine organischen Anteile.

Hier macht man sich die poröse Grundstruktur des Ausgangsgewebes als osteokonduktive Leitstruktur zunutze. Bei einem alloplastischen Knochenersatzmaterial handelt es sich entweder um vollsynthetisch hergestellte Biomaterialien (z.B. Trikalziumphosphate) oder um xenogene Gewebearten bzw. Gerüstbausteine, welche einer ausgiebigen physikalischen oder chemischen Bearbeitung unterzogen wurden (z.B. Algipore).<sup>24,41</sup>

heilung, da die osteogenetischen Stammzellen überleben und aufgrund der lockeren Struktur eine hohe Revaskularisierungsgeschwindigkeit vorliegt.<sup>10,34</sup> Im Vergleich zur Kortikalis ist bei spongiosen Transplantaten die Vaskularisation um den Faktor 10 und die Umbaurate um den Faktor 3 größer. Kortikalistransplantate verfügen zwar über eine höhere physikalische Belastbarkeit, sind aber schlechter vaskularisiert und besitzen eine geringere osteogene Potenz. Durch kombinierte Kortikalis-Spongiosa-Transplantate (Abb. 2 und 3) können die Vorteile beider vereint werden. Knochenmehl aus dem Knochenfilter (Abb. 5) dient unter Zuhilfenahme stabilisierender Maßnahmen (Fibrinkleber, Membrantechnik) dem Ausgleich kleinerer Defekte.<sup>9</sup> Nach der Implantation kommt es zunächst zu einem Knochenabbau durch Osteoklasten und einwandernde Makrophagen. Einsprossende Gefäße, mesenchymales Gewebe und von Osteoblasten ausgehendes expandierendes Knochengewebe besiedeln die ehemaligen Markräume.<sup>5</sup> Dieser schleichende Ersatz durch vitales Knochengewebe erstreckt sich in Abhängigkeit von Transplantatgröße, Transplantattyp sowie Transplantatlager über unterschiedlich lange Zeiträume (Wochen bis Jahre).<sup>27</sup> Bereits 1962 wies Axhausen das Überleben transplantierte Osteoblasten nach.<sup>2</sup> Diese bilden im Wirtslager selbst neuen Knochen (Osteogenese). Der überwiegende Anteil der Osteoblasten geht jedoch aufgrund der eingeschränkten Versorgung, welche anfänglich lediglich durch Diffu-



Abb. 2: Kortikospongiose Knochenblöcke bei der Entnahme aus der inneren Beckenkammschaukel.



Abb. 3: Fixierung mit Osteosyntheseschrauben.



Abb. 4: Partielle sekundäre Resorption nach der viermonatigen Einheilphase durch Remodelling.

len körpereigene Knochenimplantate auch heute noch den goldenen Standard dar. Der Anteil vitaler Osteoblasten, welche für die Knochenregeneration in erster Linie verantwortlich sind, hängt sowohl von der Entnahmeregion, der Entnahmetechnik, der Lagerung als auch von der Qualität des Empfängergewebes ab. Allogene Implantate stammen von einem anderen Individuum der

### Wirkungsmechanismen

Bei der autogenen Knochenimplantation werden lebende Knochenzellen und im Knochenmark befindliche mesenchymale Stammzellen übertragen. Für die Gewinnung stehen verschiedene Spenderregionen zur Verfügung (Tab. 2). Spongiosatransplantate haben die besten Voraussetzungen für die Ein-



Abb. 5: Mit dem Knochenfilter gesammeltes Knochenmehl.

# „Straight“ und „Tapered“ Implantate für optimale Ästhetik und Zuverlässigkeit.



- 1 mm maschinierter Hals
- Zervikale Makro Grooves verhindern Knochenabbau
- Bewährte gestrahl geätzte Oberfläche
- Optimale Primärstabilität durch hohen Knochenkontakt
- Faires Preis-Leistungs-Verhältnis

**Immer eine Idee besser!**

## IMProv™ – Der eugenolfreie Zement auf Acryl-Urethanbasis.

- Voraussagbares Ergebnis
- Einfaches und sicheres Handling
- Zeitersparnis



**Dentegris**  
DEUTSCHLAND GMBH  
IMMER EINE IDEE BESSER

Dentegris Deutschland GmbH

Tel.: +49 211 302040-0

Fax: +49 211 302040-20

www.dentegris.de

sion von Sauerstoff und Nährstoffen aus dem lokalen Hämatom der Empfängerregion sichergestellt wird, zugrunde. Dabei spielt auch die Dauer bis zur vollständigen Revaskularisation eine große Rolle, die durch die Perforation der Kortikalis des Lagerknochens beschleunigt wird (Abb. 7). Die autogene Knochentransplantation ist in ihrer Wertigkeit allen alternativen Verfahren zur Defektfüllung unbestritten überlegen.<sup>20</sup> Nachteile sind die zusätzlichen Belastungen wie die verlängerte Operationszeit sowie die Schaffung eines weiteren Operationsgebietes mit postoperativen Beschwerden und möglichen Komplikationen an der Entnahmeregion.<sup>25,46</sup> Ein weiterer Nachteil autogener Knochentransplantate besteht in ihrer partiellen sekundären Resorption (Abb. 4), da der neugebildete Knochen ebenfalls funktionellen Umbauprozessen im Rahmen des Remodelling unterworfen ist. Der Zeitpunkt der Implantatinsertion bei zweizeitigem Vorgehen muss daher möglichst direkt im Anschluss an die Transplantatinkorporation gewählt werden. Die sekundäre Resorption kann neben der Verwendung von Barrieremembranen insbesondere durch Untermischung von nicht resorbierbarem Knochenersatzmaterial (z.B. Bio-Oss) stark reduziert werden (Abb. 8). Als Alternative zur autogenen Knochentransplantation oder zur zusätzlichen Augmentation von Eigenknochen können allogene humane Knochenimplantate verwendet werden.<sup>24,36</sup> Humane Knochenimplantate in Pulverform oder als Knochenspäne sind ausnahmslos gefriergetrocknet. Dies führt zu einer Verringerung der Antigenität und macht die Materialien bei Raumtemperatur lagerfähig. Da humane Knochenersatzmaterialien keine vitalen Zellen beinhalten, geht von ihnen keine zelluläre Knochenbildung aus. Die Dekalzifizierung der Knochenmatrix im sauren Milieu bewirkt jedoch eine Freilegung von BMPs in wirksamen Mengen. Diese BMPs lösen nach der Implantation von demineralisiertem humanen Knochen durch ihre lokale Diffusion in das Empfängerlager eine chemische Anlockung und Differenzierung pluripotenter mesenchymaler Zellen (Osteoinduktion) aus. Grafton ist ein demineralisiertes, osteoinduktiv wirksames Knochenimplantat, dessen Gehalt an Kalziumphosphat unter 5 % Volumen beträgt und zur Erhöhung der Standfestigkeit mit Glycerol versetzt wird (Abb. 6). Das allogene Knochenersatzmaterial wird vollständig resorbiert und induziert die Bildung von neuem patienteneigenem Knochen, dessen biomechanische Stabilität mit der von autologem Knochen vergleichbar ist.<sup>12</sup> Grafton wird als Gel

(injizierbare Form in verschiedenen Volumina), Putty (knetbare, kittähnliche Masse) und Flex (flexible Streifen verschiedener Größen) angeboten und findet beim Sinuslift sowie bei periimplantären Augmentationen Verwendung. Das Material ist in Deutschland als Arzneimittel zugelassen, virusinaktiviert und weist keine speziellen Kontraindikationen oder immunologischen bedingten Nebenwirkungen auf.<sup>33,37</sup> Da natürliche Knochenersatzmaterialien nur limitiert zur Verfügung stehen, ist der Einsatz synthetischer bzw. halbsynthetischer Knochenersatzmaterialien unumgänglich. Die Anwendung erscheint gerechtfertigt, wenn der im Rahmen der Osteokonduktion gebildete Knochen die biologische Wertigkeit von ortsständigem Knochengewebe erreicht sowie die natürlichen biologischen Prozesse der Knochenheilung imitiert werden (Tab. 3). Viele alloplastische Knochenersatzmaterialien, insbesondere die Hydroxylapatite, sind jedoch nicht oder nur bedingt resorbierbar. Dies kann jedoch speziell in der Implantologie auch von Vorteil sein, da hierdurch die sekundäre Resorption des neu gebildeten Knochens im Rahmen des physiologischen Remodelling verhindert wird. Da es heute trotz intensiver Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten keine Substanz gibt, die die anspruchsvollen und umfangreichen Anforderungen an einen idealen Knochenersatz vollständig erfüllt, muss man bei der Wahl des Materials Kompromisse eingehen.<sup>11,41</sup> Wie bei allen osteokonduktiven Knochenersatzmaterialien beginnt die Knochenneubildung bei den keramischen Hydroxylapatiten an



**Abb. 6:** Gemisch aus osteogenetischen (Beckenkamm-spongiosa), osteoinduktiven (Grafton) und osteokonduktiven (Bio-Oss) Substanzen.

der Oberfläche des knöchernen Empfängerlagers. Hydroxylapatite sind in Abhängigkeit von ihrer Porosität, ihrer Kristallinität und ihrem Kristallgefüge weitgehend resorptionsstabil und sind in das physiologische Remodelling des Knochens nur bedingt mit einbezogen.<sup>15,35</sup> Hydroxylapatite weisen eine sehr gute Biokompatibilität auf und können synthetisch hergestellt oder aus xenogenem Gewebe durch Sinterung gewonnen

1. Keine immunologische Abstoßungsreaktion
2. Frei von toxischen oder mutagenen Nebenwirkungen
3. Sterilität
4. Vollständiger knöcherner Ein- und Umbau
5. Hohe biologische Potenz
6. Festigkeit entsprechend den jeweiligen Erfordernissen
7. Keine Mengen- und Lagerungsprobleme
8. Freie Auswahl in Form und Größe
9. Einfache Bearbeitbarkeit
10. Niedrige Kosten

Tab. 3: Eigenschaften eines idealen Knochenersatzmaterials.

werden: Bio-Oss (Abb. 6) wird aus bovinem Knochen hergestellt und ist das am besten dokumentierte anorganische Knochenersatzmaterial. Durch thermische Behandlung wird der Rinderknochen von allen organischen Bestandteilen befreit. Nach der Implantation in Knochendefekte kommt es ab dem dritten postoperativen Tag durch Angiogenese zur Einsprossung von Kapillaren in das Augmentat. In der Folge wandern Osteoblasten ein, welche organische Knochenmatrix inklusive Kollagenfasern auf der Hydroxylapatitoberfläche ablagern. Es folgt die Mineralisation des Osteoids und die Bildung von Geflechtknochen.<sup>42</sup> Wie bei allen osteokonduktiven Knochenersatzmaterialien ist bei der Alveolarkammaugmentation mit Bio-Oss eine Anbohrung des Knochenlagers zum schnelleren knöchernen Durchbau der Granula sowie eine Abdeckung des Augmentates mit einer Barrieremembran erforderlich. Algipore wird aus kalkeinlagernden Rotalgen hergestellt. Dabei wird deren Grundgerüst zu Kalziumphosphatkeramik mit Porengrößen um 200 µm umgewandelt. Das Material ist durch zelluläre Resorption langsam resorbierbar. Die Knochendichte des neu gebildeten Knochens soll nach 15 Monaten der

von spongiossem Knochen ähnlich sein.<sup>40</sup> Neben den Hydroxylapatiten stellen die Trikalziumphosphate die wichtigste Gruppe der Knochenersatzmaterialien dar. Dabei sind Trikalziumphosphate weniger resorptionsstabil. Ihr Abbau erfolgt hauptsächlich durch Hydrolyse. Trotz guter Biokompatibilität werden teilweise entzündliche Reaktionen und Volumenverlust durch zu schnellen Zerfall bzw. Abbau beobachtet. Aufgrund der vollsynthetischen Herstellung sind Trikalziumphosphate unbegrenzt verfügbar. Eine Übertragung von Krankheitserregern (z.B. Prionen) kann daher vollständig ausgeschlossen werden (wurde jedoch auch bei Bio-Oss bisher noch nie beschrieben). Marktführer bei den Trikalziumphosphaten ist Cerasorb, welches seit einigen Monaten auch als Granula mit irregulärer Formgebung verfügbar ist. Neuere Entwicklungen bei den Ersatzmaterialien beschäftigen sich mit biphasischen Kalziumphosphat-Composites. Dabei handelt es sich um Biomaterialien, welche aus unterschiedlichen Anteilen von Hydroxylapatit und Trikalziumphosphat zusammengesetzt sind. Hierdurch sollen die Vorteile beider Keramiken kombiniert werden. Durch Veränderung der Phasenanteile können die Materialien bezüglich ihrer Resorptionskinetik an die lokalen skelettalen Bedürfnisse angepasst werden. Einen ähnlichen Ansatz verfolgt auch NanoBone, welches durch die Einlagerung von ungesinterem Hydroxylapatit in eine SiO<sub>2</sub>-Struktur über eine große Oberfläche verfügt und eine interkonnektierende Porenstruktur aufweist.

### Membranen

Die gesteuerte Knochenregeneration nutzt die Fähigkeit des Knochens, Hohlräume und Defekte an seiner Oberfläche rasch durch neu

gebildetes Knochengewebe zu regenerieren, wobei durch den Einsatz von Gewebebarrieren (Membranen, Folien) das schneller regenerierende Weichgewebe von einer vorzeitigen Auffüllung der Defekte oder Hohlräume abgehalten wird (Abb. 8 und 9). Die Notwendigkeit der zusätzlichen Verwendung von Füll- und Stützmaterialien im knöchernen Defektbereich selbst ist von der Größe und Form des Knochendefektes abhängig. U.a. dient der zusätzliche Einsatz von Knochenersatzmaterialien als Spacer, um einen Kollaps der Membran zu vermeiden. Außerdem kommt es insbesondere bei größeren Defekten durch den osteokonduktiven Effekt von Füllmaterialien



Abb. 7: Verbesserung der Revaskularisation durch Perforation der Kortikalis des Lagerknochens.

zu einer besseren periimplantären Hohlräumeauffüllung. Bei der Verwendung von anorganischen Knochenersatzmaterialien ist der Einsatz von Gewebebarrieren unerlässlich, da aufgrund der raschen Proliferation des bedeckenden Weichgewebes ansonsten mit einer bindegewebigen Einscheidung des Ersatzmaterials anstelle eines knöchernen Durchbaus zu rechnen ist. Nicht resorbierbares expandiertes Polytetrafluorethylen (e-PTFE) war das Material der ersten Membranen. Viele Untersuchungen haben die parodontale Regeneration mithilfe einer e-PTFE-Membran nachgewiesen.<sup>213,30</sup> Allerdings sind nichtresorbierbare Membranen mit einigen Nachteilen behaftet: Zur Entfernung der Membran muss das Periost – meist weiter als bei der Lagerbildung oder Freilegung eines Implantates notwendig – abgelöst werden. Dadurch kommt es zur Knochenresorption.<sup>31</sup> Außerdem muss eine freiliegende nichtresorbierbare Membran infolge der bakteriellen Kontamination frühzeitig entfernt werden.<sup>38,44</sup> Resorbierbare Membranen aus Polylaktiden, Polyglykoliden oder Polyurethan haben zwar nicht diese Nachteile, führen allerdings bei ihrer Resorption zur Freisetzung von sauren Metaboliten mit einem negativen Einfluss auf

Produktname	Hersteller	Herkunft und Struktur	Vernetzung	Standzeit
Bio-Gide	Geistlich	porkin Typ I und III Kollagen, Bilayer	nativ	2–4 Wochen
BioMend	Sulzer	bovin Typ I Kollagen, Achilles Sehne	Glutaraldehyd	4–8 Wochen
BioMend Extend	Sulzer	bovin Typ I Kollagen, Achilles Sehne	Glutaraldehyd	4–8 Wochen
Ossix	3i	bovin Typ I Kollagen, Achilles Sehne	Polysaccharide	∞
Tutodent	Tutogen	bovin Typ I Kollagen, Perikard, Bilayer	nativ	8–16 Wochen

Tab. 4: Kollagenmembranen.<sup>38</sup>

# Für meine Patienten das Beste



Ich verwende bei meinen Patienten die bewährten Allfit®-Implantate: Schweizer Präzision aus Rein-Titan oder Titan-Legierung, zweifach gestrahlt, kompatibel zu anderen Systemen. Allfit®-Implantate sind preiswerter und geben Sicherheit - die Garantie für zufriedene Patienten.



die Knochenregeneration.<sup>14,18,22,26</sup> Resorbierbare Kollagenmembranen (Tabelle 4) weisen eine geringere Stabilität und Standzeit auf<sup>43</sup> sind jedoch heute das Material der Wahl. Die Biodegradation durch Proteasen, Kollagenasen und Makrophagen kann durch Quervernetzung verzögert und die Stabilität erhöht werden.<sup>3,4,21,29,32,47</sup> Mit steigendem Vernetzungsgrad nimmt zwar die Standzeit zu, aber die Ernährung des Augmentates über Vaskularisation ab. Die Resorptionsdauer liegt je nach Produkt bei zwei bis vier Wochen (Bio-Gide), vier bis acht Wochen (Biomend, Biomend Extend) und 8 bis 16 Wochen (Tutodent). Durch die chemische Quervernetzung mit Glutaraldehyd (Biomend, Biomend Ex-



**Abb. 8:** Bio-Oss gemischt mit autogenem Knochen zur Reduktion der sekundären Resorption.

tend) wird die Biokompatibilität verringert, was auf die Vernetzung mit nativem Kollagen und Polysacchariden nicht zutreffen soll (Bio-Gide, Ossix). Andererseits führt die Quervernetzung mit Glutaraldehyd zu einer biomechanischen Membranstabilisierung, welche im klinischen Alltag die Applikation z. T. wesentlich erleichtert. Die Exposition kollagener Membranen verläuft unter klinischen Bedingungen komplikationslos, häufig kommt es zu einer Reepithelisation, eine Membranentfernung ist meist nicht notwendig.

## Zusammenfassung

Körpereigene Knochentransplantate stellen auch heute noch den goldenen Standard bei der Alveolarkammaugmentation dar. Größere Defekte bedürfen kortikaler oder kortikospongöser Knochentransplantate. Zu beachten ist die sekundäre Resorption der Transplantate durch das Remodelling. Zirkumskripte Defekte können mit Knochenersatzmaterialien – bevorzugt in Kombination mit Barrieremembranen – wieder aufgebaut werden. Wichtig ist die Perforation des umgebenden ortsständigen Knochens, um einen schnellen Durchbau des Augmentates zu erzielen. Die Erfahrung zeigt, dass es von Vor-

teil ist, möglichst alle drei Komponenten der Knochenregeneration, nämlich Osteoblasten (in Knochentransplantaten oder -mehl), osteoinduktive Proteine (in demineralisiertem Knochen) und eine poröse Matrix (anorganische Knochenersatzmaterialien) als Leitstruktur und Spacer miteinander zu kombinieren. Die knochenbildenden Zellen dienen dabei als zentrale Ossifikationszentren, sodass die Knochenneubildung nicht wie bei alleiniger Verwendung von Knochenersatzmaterialien nur von peripher erfolgt. Durch die Diffusion von BMPs aus demineralisierten Knochenimplantaten wird die Knochenbildung signifikant beschleunigt. Der Zusatz von anorganischem Knochenersatz-



**Abb. 9:** Abdeckung des Augmentatkomplexes mit einer BioMend extend Membran zur gesteuerten Knochenregeneration.

material (vorzugsweise Hydroxylapatit) dient als Spacer und soll eine sekundäre Resorption des augmentierten Bezirks vermeiden. Die zusätzliche Verwendung von Barrieremembranen (vorzugsweise aus Kollagen) verhindert eine bindegewebige Einscheidung des Augmentates vor der langsamer stattfindenden Ossifikation und dient gleichzeitig der Stabilisierung des Augmentates bis zur Verknöcherung. ◀

Die Literaturliste kann in der Redaktion angefordert werden.

## kontakt

Dr. med. dent. Tobias R. Hahn  
Prof. Dr. med. Dr. med. dent.  
Norbert R. Kübler  
Klinik für Kiefer- und Plastische  
Gesichtschirurgie  
Heinrich-Heine-Universität  
Moorenstr. 5  
40225 Düsseldorf  
E-Mail: Tobias.Hahn@  
med.uni-duesseldorf.de

## Dr. Ihde Dental GmbH

Erfurter Straße 19  
85386 Eching  
Telefon: +49 (0) 89 - 319 761-0  
Fax: + 49 (0) 89 - 319 761-33  
E-Mail: info@ihde-dental.de



Knochenersatzmaterialien		Herkunft										Resorbierbarkeit				Form				Einsatzbereich											
Firma	Produkt	synthetisch	synthetisch, Phasenrein	synthetisch, allplastisch	allplastisch	equin	porcin	bovin	pflanzlich	humane Knochenmatrix	autologe Whistle	resorbierbar	nicht resorbierbar	Granulat	Pulver	Schwamm	Block	Gel	Zylinder	Fasertechnologie	Chip	Paeste	Lyophilisat	flexibles Knochengewebe	Implantologie	Parodontologie	Sinusotologie	Augmentations	Defektreparation	allgemein	Alveolenerhaltung
Acteon	BIOSTITE	•																						•	•	•	•	•	•	•	•
ARTOSS	NanoBone®	•										•	•											•	•	•	•	•	•	•	•
Baxter Deutschland	Tricos	•										•	•											•	•	•	•	•	•	•	•
BEGO Implant Systems	NanoBone®	•										•	•											•	•	•	•	•	•	•	•
Biocomposites	Fortoss Vital	•										•										•		•	•	•	•	•	•	•	•
BIOMET 3i	Biogran®	•										•	•											•	•	•	•	•	•	•	•
BioTissue	BioSeed®-Oral Bone									•	•											•		•	•	•	•	•	•	•	•
curasan	CERASORB®/-M	•										•	•											•	•	•	•	•	•	•	•
	CERASORB® PARO	•										•	•											•							
	Kortikospongiosa Chip				•					•	•													•			•	•	•	•	•
	Spongiosa Würfel				•					•	•													•			•	•	•	•	•
	Spongiosagranulat				•					•	•		•											•	•	•	•	•	•	•	•
	DBM pastös				•					•	•												•		•	•	•	•	•	•	•
	DBM Granulat				•					•	•		•											•	•	•	•	•	•	•	•
	Kortikalisgranulat				•					•	•		•											•	•	•	•	•	•	•	•
Degradable Solution	easy-graft	•									•	•												•	•	•	•	•	•	•	•
Dentaurum Implants	NanoBone®	•									•	•												•	•	•	•	•	•	•	•
DOT	BONITmatrix	•									•	•												•	•	•	•	•	•	•	•
Dr. Ihde	Nanos®	•									•	•												•	•	•	•	•	•	•	•
Friadent	PepGen P-15™/-Flow	•						•			•	•												•	•	•	•	•	•	•	•
	Osteograft N™/-300/-700							•			•	•												•	•	•	•	•	•	•	•
	FRIOS® ALGIPORE®							•			•	•												•	•	•	•	•	•	•	•
Geistlich Biomaterials	Geistlich Bio-Oss®							•			•	•												•	•	•	•	•	•	•	•
	Geistlich Bio-Oss® COLLAGEN						•	•			•	•												•	•	•	•	•	•	•	•
Hager & Werken	FISIOGRAFT		•								•	•		•	•	•								•			•	•	•	•	•
Henry Schein Dental	BONITmatrix®	•									•	•												•	•	•	•	•	•	•	•
	Colloss®E							•			•	•											•		•	•	•	•	•	•	•
	Ossaplast®	•									•	•												•	•	•	•	•	•	•	•
	Targobone®E							•			•	•												•		•	•	•	•	•	•
Heraeus Kulzer	Ostim®	•	•	•							•											•		•	•	•	•	•	•	•	•
John O. Butler	PerioGlas®	•	•								•	•												•	•	•	•	•	•	•	•
Lasak	Poresorb-TCP	•									•	•												•	•	•	•	•	•	•	•
Lifecore	Calc-i-oss®	•									•	•												•	•	•	•	•	•	•	•
	CALFORMA™/CALMATRIX®	•									•	•		•										•	•	•	•	•	•	•	•
m&k	NanoBone®	•									•	•												•	•	•	•	•	•	•	•
Merz Dental	Fortoss Vital	•									•											•		•	•	•	•	•	•	•	•
MIS Germany	4-Bone™ SBS	•									•	•												•	•	•	•	•	•	•	•



Membranen		Herkunft											Resorbierbarkeit			Fixierung			Einsatzbereich									
Firma	Produkt	synthetisch	allogen	Titan	bovin	porcin	equin	ePTFE, PTFE*	Co-Polymeris	pflanzlich	humane Knochenmatrix	autologe Vitale osteogene Zellen	resorbierbar	nicht resorbierbar	Phos	Maht	Fibrinkleber	Schrauben	Tacs	nicht erforderlich	Implantologie	Parodontologie	Sinusporotendevation	Deckschirurgie	GBR	GTR	totale Atrophie der Maxilla	
Acteon	PAROGUIDE						•						•		•					•	•	•	•	•				
American Dental Systems	Sonic Weld	•											•		•						•		•	•	•			
Baxter Deutschland	TissuFoil E						•						•		•	•					•	•	•	•				
BEGO Implant Systems	GENTA-COLL® resorbFoil						•						•							•	•	•	•	•				
BIOMET 3i	OsseoGuard™					•							•		•	•		•			•		•	•				
curasan	Ti Titanfolie			•										•	•						•							•
	Epi-Guide®	•											•		•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	ATRISORB® DIRECT®	•											•									•		•		•		•
	TefGen® FD/Plus	•						•*					•		•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Inion GTR™	•											•		•			•			•	•	•	•	•	•	•	•
	Fascia lata		•										•		•			•			•		•	•	•	•	•	•
Dentaurum Implants	TIOMESH®			•										•				•			•			•	•			
Friadent	FRIOS BoneShield			•										•	•						•	•						
Geistlich Biomaterials	Geistlich Bio-Gide®					•							•		•	•				•	•	•	•	•	•	•	•	•
Hess	Ti-Pore			•										•	•						•		•	•	•	•	•	•
Henry Schein	Osix™ Plus					•							•							•	•	•	•	•	•	•	•	•
Imtec Europe	BioBarrier™	•						•*					•	•							•	•	•	•				
	Titanium Mesh			•										•	•						•	•	•	•				
	BioSorb®				•								•	•							•	•	•	•				
	BioCollect™	•											•	•							•	•	•	•				
Lifecore	TefGen® FD/Plus	•						•					•							•	•	•	•	•	•	•	•	•
m&k	Vicryl®-Membran	•											•		•	•		•			•	•	•	•	•	•	•	•
MONDEAL	Microgitter			•										•	•	•		•			•	•	•	•	•	•	•	•
	Titanfolien			•										•	•	•		•			•	•	•	•	•	•	•	•
	Fortoss CEMA	•											•								•	•	•	•	•	•	•	•
ORALRONICS	Cytoplast Non Resorb	•						•					•							•	•	•	•	•	•	•	•	•
Resorba Wundversorgung	Resodont®						•						•								•	•	•	•	•	•	•	•
ROCKER & NARJES	OSTEOPLANT ELITE®						•						•		•					•	•	•	•	•	•	•	•	•
	BIOCOLLAGEN®						•						•		•						•	•	•	•	•	•	•	•
Synthes	PolyMax							•					•					•					•					
TRINON	Mesh Folie, Titan Mesh			•										•	•	•		•			•	•	•	•				
	Q-Mesh			•										•				•										•
Tutogen Medical	Tutodent® Membran				•								•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Zimmer Dental	BioMend®				•								•		•	•					•	•	•	•	•	•	•	•
	BioMend Extend®				•								•		•	•					•	•	•	•	•	•	•	•
ziterion	PTFE Membran	•						•*					•		•	•		•			•	•	•	•				
	RCM 6			•									•		•			•			•	•	•	•	•			

Hydroxylapatit (HA) ist als Hauptbestandteil der Knochenmatrix ein wichtiges Ausgangsmaterial für Knochenaufbaumaterialien. Im Sinterverfahren hergestellte HA-Keramiken sind zwar ausreichend osteokonduktiv, jedoch nur schwer biodegradierbar. Es wird ein nicht gesintertes Knochenaufbaumaterial vorgestellt, bei dem nanokristallines HA in einer hochporösen Kieselgelmatrix eingebettet ist.

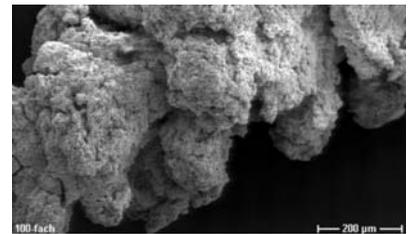
# Biologische Grundlagen eines synthetischen Knochenaufbaumaterials

Autoren: Prof. Dr. Dr. Volker Bienengraber, Prof. Dr. Thomas Gerber, Prof. Dr. Eduard Wolf, Prof. Dr. Dr. Kai-Olaf Henkel

Das Material hat ein hohes osteokonduktives Potenzial und wird im Rahmen des physiologischen „Bone Remodellings“ vollständig biodegradiert. Es ist unter der Bezeichnung NanoBone® EU-weit als Medizinprodukt zugelassen (Anwenderbericht im *Implantologie Journal* 5:2005; 40–42).

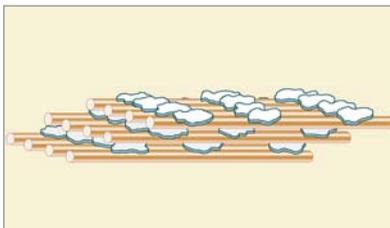
Die Transplantation autologen Knochens galt bei implantologischen Augmentationen und zur Versorgung größerer Knochendefekte bisher als Goldstandard. Heute ist sein Einsatz aufgrund eines optimalen osteoinduktiven Effektes auf sehr große Defekte und ersatz-

sich zu Knochenaufbaumaterialien mit erweitertem Indikationsbereich entwickelt. Sie sind in der Lage, die aus fibrillären, locker verknüpften Hydroxylapatit (HA)-Kristallen bestehende natürliche Knochenmatrix weitgehend zu ersetzen (Abb. 1) und eine Regeneration des Knochengewebes zu initiieren. Um eine Leitschiene-Funktion im Sinne der Osteokonduktivität zu gewährleisten, müssen die Granulat Körner sehr locker gepackt sein und selbst eine hohe Porosität von über 50% besitzen (Abb. 2). Die bis in den Mikrometerbereich raue Oberfläche der Granulat Körner



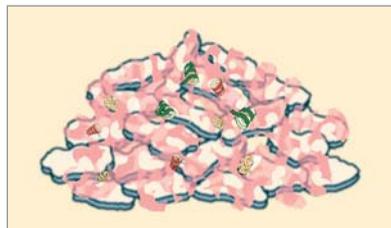
**Abb. 2a:** Tannenzapfenform eines Granulatkorner im Rasterelektronenmikroskop (REM).

körper-eigene Proteine festgehalten, was für Gewebereaktion von entscheidender Bedeutung ist.



**Abb. 1a:** Extrazelluläre Knochenmatrix, bestehend aus durch kollagene Fibrillen verknüpften Hydroxylapatit (HA)-Kristallen.

schwache Lagergewebe beschränkt. Mit der stetigen Verbesserung der biologischen Eigenschaften und des Biodegradationsverhaltens alloplastischer Materialien haben diese

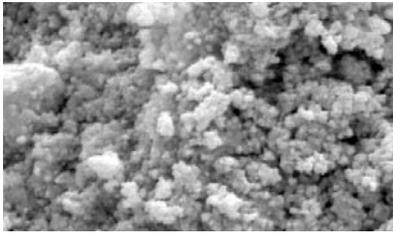


**Abb. 1b:** Nanokristallines HA ist in eine hochporöse Kieselgelmatrix (rot) eingebettet, die körpereigene Proteine absorbiert.

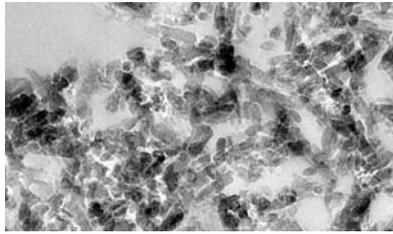
dient der Zelladhäsion. Durch eine extrem hohe äußere und innere Oberfläche von über 80 qm/g, bedingt durch die Nanostruktur, werden beim Kontakt mit dem Blut des Patienten

## Alle Anforderungen werden erfüllt

Herkömmliche, im Sinterverfahren bei Temperaturen > 1.200 °C produzierte, biokeramische Knochenersatzstoffe auf Kalziumphosphatbasis erfüllen diese Anforderungen nicht oder nur partiell. Deshalb sollten heute innovative Biomaterialien bevorzugt eingesetzt werden.<sup>1,2</sup> Das Knochenaufbaumaterial NanoBone® erfüllt alle genannten biologischen Anforderungen, wie diverse tierexperimentelle Untersuchungen an Göttinger Miniaturschweinen, sowie die seit 15 Monaten bestehenden klinischen Erfahrungen eindrucksvoll



**Abb. 2b:** Oberfläche eines Granulatkornes mit einer Rauigkeit im Mikrometerbereich (Ausschnitt, REM).



**Abb. 2c:** Im Transmissionselektronenmikroskop (TEM) ist das nanokristalline HA in der Kieselgelmatrix nachweisbar.

belegen. NanoBone® ist ein vollsynthetisches Biomaterial, bei dem nanokristallines HA in eine hochporöse Kieselgelmatrix eingebettet ist. Die innere Oberfläche beträgt 84 qm/g. Sie wird hauptsächlich durch 10–20 nm große interkonnektierende Poren im Kieselgel (SiO<sub>2</sub>) erzeugt. Das Kieselgel, das einen Gewichtsanteil von 24 % besitzt, ist nicht nur wichtig für die Anregung der Kollagen- und Knochenbildung, es ist auch ideal, um körpereigene Proteine zu absorbieren. Trotz der hohen Porosität besitzt NanoBone eine relativ hohe mechanische Bruchfestigkeit von ca. 40 MPa.

### Osseoprotektiver Effekt

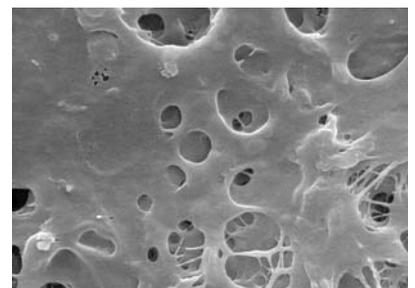
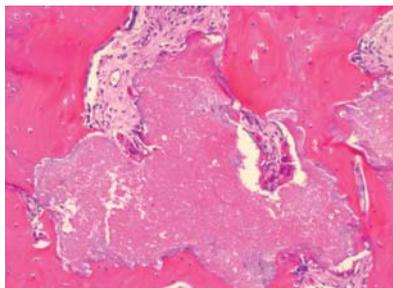
Das Besondere bei der Anwendung von NanoBone® ist, dass die Kieselgelmatrix innerhalb von kurzer Zeit (ca. fünf Wochen) *in vivo* in eine organische Matrix umgewandelt wird, ohne dass die Granulateilchen ihre Form verlieren. Die neue organische Matrix besteht aus nichtkollagenen Matrixproteinen der extrazellulären Matrix des Knochens. Damit haben sich die Granulateilchen praktisch in körpereigenes Material umgewandelt. Im Rahmen des Remodellings folgt ein Umbau in Lamellenknochen, wobei die Granulateilchen über Osteoklasten abgebaut werden (Abb. 3).

Dadurch erlangt NanoBone® einen die Knochenbildung stimulierenden (osseoprotekti-

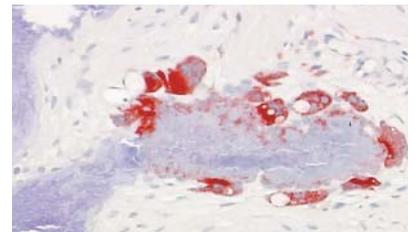
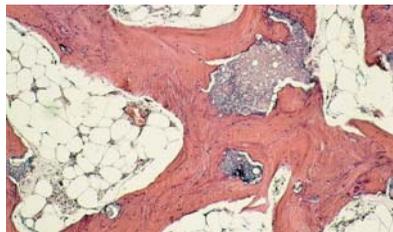
ven) Effekt. Nach jüngsten, noch unpublizierten Untersuchungen, kann es auch im Fettgewebe eine Knochenbildung hervorrufen, d.h. eine osteoinduktive Wirkung entfalten, sodass klinisch ein adjuvanter Einsatz von kostenaufwendigen Wachstumsfaktoren regulär nicht notwendig ist (Abb. 4). Intraoperativ erlangt das mit Patientenblut angemischte Präparat eine lockere Konsis-

tenz und besitzt aufgrund seiner klebrigen Konsistenz eine gute Ortsständigkeit (Abb. 5). Im klinischen Verlauf war eine schnelle ossäre Regeneration auch bei größeren Defekten und ausgedehnten Augmentationen (z.B. Sinusbodenelevationen) neben einem der Knochenneubildung angepassten Biodegradationsverhalten zu beobachten.<sup>3-5</sup> Die nanokristallinen HA-Partikel in NanoBone® zerfallen nicht, sondern werden in den Knochen eingebaut und schrittweise osteoklastär abgebaut, wie in Tierversuchen überzeugend nachgewiesen werden konnte (Abb. 3). Deshalb gelangen keine HA-Partikel ins Lymphsystem, was durch ergänzende In-vitro-Untersuchungen bestätigt werden konnte.

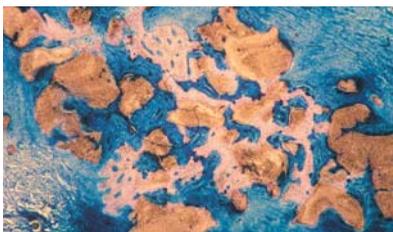
Da keine Biokeramik vorliegt, sondern es sich um eine Kieselgel-HA-Matrix handelt, entsteht primär kein keramoossäres Regene-



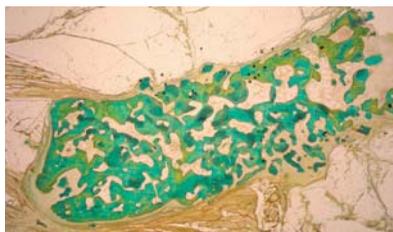
**Abb. 3a und b:** Nach fünf Wochen ist die Kieselgelmatrix abgebaut. Die neu entstandene organische Matrix erscheint im entkalkten histologischen Präparat (HA ist herausgelöst) amorph strukturiert (a); im REM sind homogene und fibrilläre Strukturen sichtbar (b).



**Abb. 3c und 3d:** Nach acht Monaten ist der Knochendefekt kritischer Größe vollständig verknöchert, nur noch ein geringer Anteil stark biodegradierte HA-Restpartikel ist nachweisbar (c); diese werden ins Remodelling des Knochens einbezogen und durch Osteoklasten (braun) abgebaut (d: immunhistochemischer Nachweis, CD 68).



**Abb. 4a:** Nach zehn Wochen finden sich zahlreiche schmale Knochenbälkchen (rot), die sich in engem Kontakt zu den HA-Partikeln (braun) neu gebildet haben (Giemsa-Toluidin-Färbung).



**Abb. 4b:** Nach acht Monaten haben die Knochenbälkchen (grün) deutlich an Dicke und Anzahl zugenommen und sind bereits makroskopisch erkennbar. Sie umschließen wenige, stark biodegradierte HA-Partikel (schwarzbraun; Masson-Goldner Färbung).

rat, sondern ein Faserknochenregenerat, in das die Partikel der HA-Matrix eingebaut werden. Im Rahmen des physiologischen Knochenumbaus („Bone Remodelling“) unterliegen die NanoBone®-Partikel einem Abbau durch Osteoklasten, wobei die freiwerdenden Kalzium- und Phosphationen in den neu gebildeten Lamellenknochen eingebaut werden. Nach acht Monaten ist der Abbau des Biomaterials nahezu vollständig abgeschlossen, wie sich sowohl im Tierexperi-



**Abb. 5a–5c:** Das Granulat (a) ist gründlich mit Blut zu vermischen (b, c). **Abb. 5d:** Trotz der lockeren Packung der Granulatteilchen entsteht eine formbeständige Füllsubstanz.

ment als auch bei Probematerial von Patienten (gewonnen bei Implantatinsertionen) histologisch nachweisen ließ (Abb. 3).<sup>6</sup> Bezüglich der molekularbiologischen Mechanismen, die der Wirkung dieser Gruppe von Knochenaufbaumaterialien zugrunde liegen sowie ihrer Weiterentwicklung, besteht noch Forschungsbedarf. Neben granulären Applikationsformen wie NanoBone® (Festigkeit 40 MPa) ist die Herstellung von porösen Formkörpern mit höherer mechanischer Belastungsfähigkeit von Interesse, wie sie bei größeren Kieferknochendefekten in lasttragenden Skelettregionen, z.B. bei Extremitätenknochendefekten in der Unfallchirurgie sowie bei Wirbelkörperdefekten in der Orthopädie, benötigt werden. ◀

#### Literatur

- 1 Bienengraber, V. et al.: Eine innovative im Sol-Gel-Prozess hergestellte Siliziumdioxidkeramik zum Knochenersatz. *Mat.-wiss. u. Werkstofftech.* 25: 2004, 234–239.
- 2 Henkel, K.-O. et al.: Neuartiges Knochenaufbaumaterial auf Kalziumphosphatbasis. *Mund-Kiefer-Gesichtschir.* 8:2004, 277–281.
- 3 Henkel, K.-O. et al.: Im Sol-Gel-Verfahren hergestellte Kalziumphosphatkeramiken – Ein Durchbruch in der Therapie von Knochendefekten? *Osteologie* 1:2004, 57–64.
- 4 Henkel, K.-O. et al.: Ein neuartiges Knochenaufbaumaterial auf Hydroxylapatit-Xerogel-Basis. *ZWR* 114:2005, 416–418.
- 5 Henkel, K.-O. et al.: Neuartiges Knochenaufbaumaterial auf Basis eines Niedertemperatur-Hydroxylapatits. *Implantologie Journal* 9:2005, 41–42.
- 6 Henkel, K.-O. et al.: Comparison of a new calcium phosphate formula versus conventional calcium phosphate matrices in treating bone defects. *Key Engineering Materials* Vol. 284–286:2005, 885–888.

## kontakt

Prof. Dr. Dr. med.  
Volker Bienengraber  
Funktionsbereich  
Experimentelle Forschung  
Klinik für Mund-, Kiefer- u.  
Plastische Gesichtschirurgie  
Universität Rostock  
Strempelstr. 13  
18057 Rostock  
E-Mail:  
bienengr@med.uni-rostock.de

ANZEIGE




## Resorbierbarer Knochenersatz PORESORB®-TCP

- Resorbierbarkeit
- Phasenreinheit
- Osteokonduktivität
- Stabilität in Defekt

**Fragen Sie nach unserem Sonderrabatt**

Lasak GmbH  
Papirenská 25, 160 00 Prag 6  
Tschechische Republik  
Tel.: +420 224 315 663  
Fax: +420 224 319 716  
[www.lasak.cz](http://www.lasak.cz), [lasak@lasak.cz](mailto:lasak@lasak.cz)



Die Insertion von Dentalimplantaten im zahnlosen posterioren Oberkiefer ist häufig schwierig. Die im Alter üblicherweise zunehmende Pneumatisation des Sinus verringert das Knochenangebot zwischen Alveolarmukosa und Kieferhöhlenschleimhaut auf oft wenige Millimeter.

# Augmentationsmaterialien und -techniken in der Implantologie

Autoren: Dr. Martin Ullner, Dr. Peter Mohr

Deswegen wurde bereits in den frühen 70er-Jahren von Tatum die Augmentation des Sinusbodens zur Verbesserung des vertikalen Knochenangebots entwickelt und beschrieben.

Im Wesentlichen handelt es sich um eine Infrakturierung der lateralen Kieferhöhlenwand, die dann dazu benutzt wird, die Schneider'sche Membran anzuheben. Dadurch wird es möglich, ein Knochentransplantat einzubringen und Optionen für eine Implantatversorgung zu schaffen. Diese Technik wurde 1980 von Boyne und James dahingehend modifiziert, dass die Implantatinsertion simultan mit der Sinusbodenelevation durchgeführt wird. Voraussetzung ist ein verfügbarer Restknochen von ungefähr 5mm Höhe, um eine ausreichende Primärstabilität der eingesetzten Implantate zu gewährleisten.

## Anatomie und Physiologie der Kieferhöhle

Der Sinus maxillaris ist ein etwa 15 ml umfassender Luftraum, der den ganzen Ober-

kieferkörper ausfüllt und stark in Form und Größe variieren kann. Der Boden befindet sich in Höhe des harten Gaumens und erreicht beim ersten Molaren den tiefsten Punkt. Die Oberflächenmorphologie ist häufig durch Knochensepten geprägt, die sich in das Kieferhöhlenlumen hineinziehen. In der zum Tuber maxillae ausgebuchteten Hinterwand verlaufen in feinen Knochenräumen, unmittelbar unter der

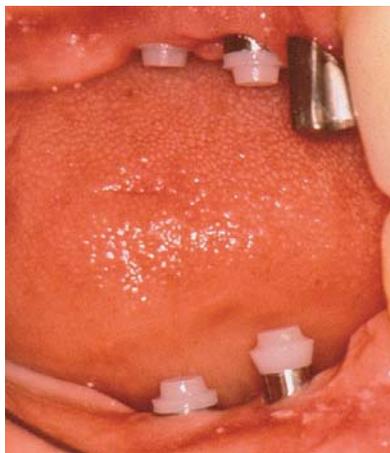


Abb. 2: Hoher interokklusaler Abstand.



Abb. 3: Resultierende „lange“ Suprakonstruktion.



Abb. 1: Regelrechter interokklusaler Abstand von 8 mm.

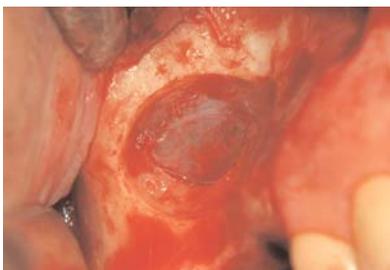


Abb. 4: Freipräparierte Kieferhöhlenschleimhaut.



Abb. 5: Lösen der Kieferhöhlenschleimhaut.

Kieferhöhlenschleimhaut gelegen die *Rami alveolaris superiores posteriores*. Im dünnen Dach, das Kiefer- und Augenhöhle trennt, verläuft der *Nervus infraorbitalis*. Die ebenfalls dünne mediale Wand grenzt im unteren Bereich an den unteren, im oberen Bereich an den mittleren Nasengang. Die Kieferhöhle hat eine Drainageöffnung im oberen Bereich der medialen Wand, die Sekret in den mittleren Nasengang abführen kann. Ausgekleidet ist die Kieferhöhle durch ein kubisches Epithel, die *Schneider'sche Membran*. Unter dieser findet sich ein hochvaskularisiertes, dünnes Gewebe, beide sind mit Periost an der knöchernen Oberfläche befestigt.

Die Blutversorgung der Region der Sinusbodenelevation ist sehr gut und wird hauptsächlich durch Äste der *Arteria maxillaris*, von den großen und kleinen *Palatinalgefäßen*, von der *Arteria incisiva* und der *Arteria alveolaris posterior superior*

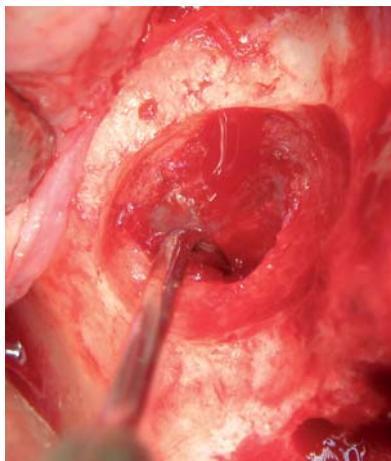


Abb. 6: Kranialverschiebung der Kieferhöhlenschleimhaut.

Dieser ist als Abstand zwischen *Gingiva* und *Okklusionsebene* definiert. Ist er größer als 20 mm, wird eine *Kammaugmentation* notwendig. Beträgt er zwischen 8 und 10 mm, kommt eine *Sinusbodenelevation*

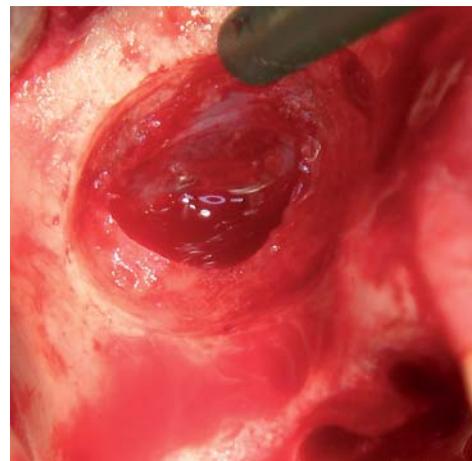


Abb. 7: Kieferhöhlenschleimhaut eleviert.

gischen präoperativen Diagnostik ist ein *OPG* Mindestvoraussetzung, moderne bildgebende Verfahren können wichtige Informationen über die tatsächliche Morphologie des zur Verfügung stehenden Knochens liefern.



Abb. 8: Laterale Kieferhöhlenwand freipariert.



Abb. 9: Knochendeckel nach kranial verlagert.

### Operative Technik

Zur *Infrakturierung* der lateralen Kieferhöhlenwand wird nach großzügiger Freilegung, die eine gute Übersicht gewährleisten muss, ein rechteckiges oder trapezförmiges Knochenareal vorsichtig umfräst. Es muss darauf geachtet werden, dass die dem Knochen anhaftende, dün-

geleistet. Diese Gefäße perforieren den knöchernen Gaumen und zweigen sich im Sinusboden und der medialen und lateralen Wand auf. Die gesunde Kieferhöhle produziert *Lysosomen* und *Imungluboline* und drainiert sich durch die Bewegungen des zillienhaltigen Epithels. An regulär vertretenen *Bakterienarten* kommt *Hämophilus* am häufigsten vor, aber auch *Streptokokken* und *aerobe gramnegative Stäbchen* können nachgewiesen werden.

### Indikationsstellung und präoperative Vorbereitung

Das Verfahren der *Sinusbodenelevation* konkurriert mit anderen *Augmentations-techniken*, etwa der *absoluten Alveolar-kammerhöhung*. Welche Methodik nun angewandt wird, hängt wesentlich von der Größe des *interokklusalen Raumes* ab.

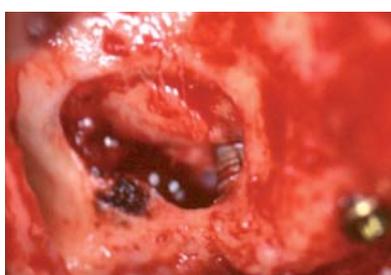


Abb. 10: Implantate inseriert.

*infrage* (Abb. 1–3). Eine gründliche *medizinische Anamnese* ist bei der Planung einer *Sinusbodenelevation* besonders wichtig. Hier sollte auf *allergische Erscheinungen* oder bereits vorhandene *Nebenhöhlenprobleme* geachtet werden. *Rezidivierende Sinusitiden* oder andere *Kieferhöhlen-erkrankungen* müssen vor *Operationsbeginn* abgeklärt werden. Zur *röntgenolo-*



Abb. 11: Röntgenkontrolle.

ne *Kieferhöhlenschleimhaut* dargestellt, aber nicht verletzt wird. Dies kann mit einer *diamantierten Kugelfräse* geschehen, neuerdings stehen auch *Piezochirurgiegeräte* für diesen Indikationsbereich zur Verfügung. Anschließend kann mit *Spezialinstrumenten*, sogenannten *Sinusbodenelevatoren*, die *Schleimhaut* vom *Boden des Rezesses alveolaris* abgelöst und nach

kranial verlagert werden. Der entstandene Hohlraum wird mit geeigneten Augmentationsmaterialien aufgefüllt. Implantate können simultan inseriert werden, wenn die verbliebene Restalveolarkammhöhe eine ausreichende Primärstabilität gewährleistet (Abb. 4–7).

Hinsichtlich der Technik des lateralen Kieferhöhlenzugangs besteht einmal die Möglichkeit, den Knochen der lateralen Kieferhöhlenwand in toto abzutragen, was einen guten Überblick über die freigelegte Schneider'sche Membran gewährleistet und deren Abpräparation vereinfacht. Des Weiteren wird die Gefahr einer Verletzung der feinen Schleimhautstrukturen durch anhaftende Knochensegmente vermieden. Der entfernte Knochen kann gesammelt und als Augmentationsmaterial verwendet werden.

Eine Modifikation dieses Verfahrens besteht darin, in der Mitte der freipräparierten Kieferhöhlenschleimhaut einen Knochendeckel zu belassen, der gleichzeitig einen präformierten knöchernen Abschluss des neuen Kieferhöhlenbodens darstellen kann (Abb. 8–11).

### Komplikationen

Die am häufigsten auftretende Komplikation beim Sinusliftverfahren besteht in einer Perforation der Schneider'schen Membran.

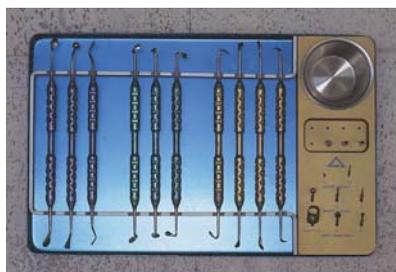


Abb. 14: Sinusbodenelevationsinstrumentarium.

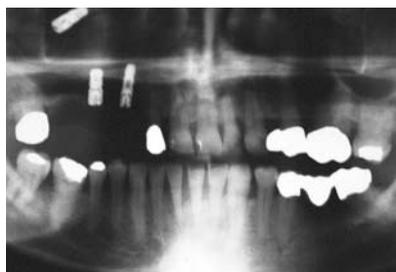


Abb. 15: Implantat in der Kieferhöhle.

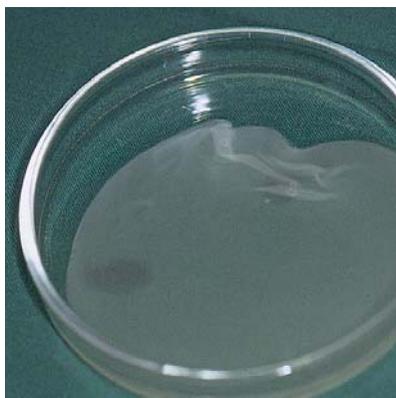


Abb. 12: Plasma mit Kalzium versetzt.

ran. Kleine bis mittlere Perforationen können mit einer resorbierbaren Membran abgedeckt werden. Alternativ kann zur Reparatur auch eine Fibrinmembran verwendet werden, die aus Eigenblut des Patienten hergestellt wird. Dazu muss dem Patienten vor Operationsbeginn Venenblut entnommen werden, das anschließend zentrifugiert wird. Die dadurch gewonnene Plasmafraktion wird mit Kalzium versetzt, wodurch eine form- und schneidbare Membran entsteht, die ausschließlich aus körpereigenem Material besteht (Abb. 12–14).

Weitere Komplikationen können im Abrutschen von Implantaten in den Sinus bestehen. Das Auftreten massiver Blutungen ist selten, da im Bereich der Kieferhöhle keine größeren vaskulären Strukturen vorliegen. Sickerblutungen aus der Nase können ambulant durch entsprechende Verbände therapiert werden (Abb. 15–16). Die Sinusbodenelevation hat sich in den vergangenen Jahrzehnten zu einem augmentativen Standardverfahren in der Implantologie entwickelt und bereichert die implantologischen Optionen in der ambulanten zahnärztlich-implantologischen Praxis. ◀



Abb. 16: Dachziegelverband.

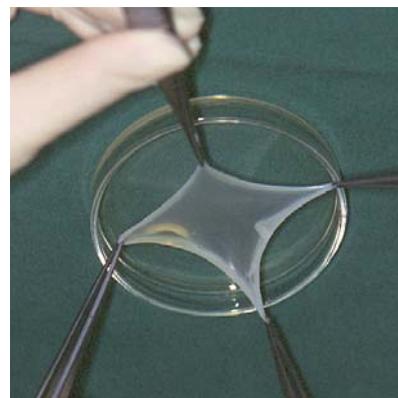


Abb. 13: Formgebung der Fibrinmembran.

### Literaturliste

- Boyne PJ, James RA: Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone, *J Oral Surg* 1980
- Garg, AK: Knochen – Biologie, Gewinnung, Transplantation in der zahnärztlichen Implantologie, Quintessenz, Berlin 2006
- Marx RE: Clinical application of bone biology to mandibular and maxillary reconstruction. *Clin Plast Surg* 1994
- Prometheus – LernAtlas der Anatomie, Thieme, Stuttgart 2006
- Tatum H: Maxillary implants. *Florida Dent J* 1989
- Tetsch P., J. Tetsch: Fortschritte der zahnärztlichen Implantologie, Hanser, München Wien 1996

## autoren

Dr. Martin Ullner  
Zahnarzt für Oralchirurgie  
Burgeffstr. 7a  
65239 Hochheim  
Tel.: 0 61 46 / 60 11 20  
E-Mail: info@praxis-ullner.de

Dr. Peter Mohr  
Zahnarzt für Oralchirurgie  
Thilmanystr. 5–7  
54634 Bitburg  
Tel.: 0 65 61 / 9 62 40  
E-Mail: praxis@drpetermohr.de

Die OsseoGuard™ Membran der Firma BIOMET 3i ist ein neuartiges bioresorbierbares, implantierbares Kollagenmaterial. Die spezielle Mikrostruktur der Membran ermöglicht eine optimale Platzhalterfunktion. Die hohe Festigkeit, die Standzeit und die guten mechanischen Eigenschaften verhindern dabei einen Kollaps des Augmentats während des Ossifikationsprozesses.

# Bioresorbierbare Membran im klinischen Einsatz

Autor: Dr. Michael Claar

Die Indikationsgebiete für die Membran sind laterale und vertikale Augmentationen im Bereich der dentalen Implantologie. Neben diesen Hauptindikationen kann die Membran auch in der parodontalen Regenerationstherapie und bei speziellen oralchirurgischen Operationen eingesetzt werden.

## GTR/GBR-Techniken

Die Erkenntnisse der „guided tissue regeneration (GTR)“ zur Regeneration des Zahnhalteapparates bei fortgeschrittener Parodontitis marginalis aus den Achtzigerjahren fanden bereits kurze Zeit danach auch Einzug in die dentale Implantologie. Das Prinzip der gesteuerten Knochenregeneration (GBR) besagt, dass eine bioinerte Membran als physikalische Barriere appliziert wird. Diese fungiert dabei als Platzhalter und weist im Randbereich des Knochendefektes einen direkten Kontakt zur Knochenoberfläche auf. Dadurch werden schnell wachsende Zellen des bedeckenden Weichgewebes an der Proliferation in den Defekt hineingehindert, und nur die sich langsam vermehrenden gefäß- und knochenbildenden Zellen erhalten Zugang. Voraussetzung für diese GBR („guided bone regeneration“) ist die Applikation einer Membran und die Schaffung eines Hohlraumes, der durch den Knochen aufgefüllt werden soll. Die klinische Anwendung der GBR

im Bereich der dentalen Implantologie konzentriert sich hauptsächlich auf die präimplantologische und simultane Rekonstruktion von Knochendefekten. Das Ziel ist dabei die Vergrößerung des Knochenlagers bei einem defizitären Knochenangebot.

Eine Vielzahl von unterschiedlicher Membrantypen und Knochenersatzmaterialien bzw. Knochenregenerationsmaterialien für die GBR/GTR-Techniken wurden in der Vergangenheit klinisch und wissenschaftlich untersucht. Die erste Generation dentaler Membranen bestand aus nicht resorbierbarem, expandiertem Polytetrafluorethylen (e-PTFE). Als nachteilig gilt der notwendige

Zweiteingriff zur Membranentfernung. In der Literatur findet sich eine Vielzahl von Berichten, die Membranexpositionen mit konsekutiven bakteriellen Komplikationen beschreiben und dann eine frühzeitige Membranentfernung notwendig machten. Dies führte letztendlich zu einem partiellen oder kompletten Verlust des Augmentats und somit zu einem klinischen Misserfolg. Aus diesen Erfahrungen ergab sich die Entwicklung resorbierbarer Membranen, bei denen ein chirurgisches „Reentry“ zur Membranentfernung entfällt. Rein synthetische Membranen aus Polylaktid und/oder Polyglycolid (PLA/PGA) wurden zunehmend von Membranen



Abb. 1: Defizitäres Knochenlager nach Bildung des Mukoperiostlappens in Regio 22.



Abb. 2: NanoTite Implantat mit freiliegenden Gewindegängen in situ.

aus tierischem Kollagen Typ I und Typ III abgelöst.

Für einen vorhersehbaren Erfolg in der geführten Knochenregeneration ist es notwendig, aus der großen Menge von Biomaterialien die der jeweiligen klinischen Indikation entsprechenden auszuwählen.

Bereits im Jahr 1994 definierte die Arbeitsgruppe um Hardwick fünf Kriterien, die eine zu verwendende Membran erfüllen sollte:

- Biokompatibilität
- Zelldurchlässigkeit
- Gewebeintegration
- Raumerhaltung
- Klinische Handhabbarkeit.

Die resorbierbare OsseoGuard™ Membranzmatrix besteht aus hochgereinigten Typ-I-Kollagenfasern. Ein zweiter chirurgischer Eingriff, wie er normalerweise zur Entfer-

nung einer nicht resorbierbaren Membran durchgeführt werden muss, ist daher nicht notwendig. OsseoGuard™ zeichnet sich durch dicht angeordnete Fasern und dadurch hohe mechanische Stärke aus. Makromolekulare Permeationsstudien haben gezeigt, dass die Membran für Makromoleküle durchlässig ist. Ihre Porosität bewirkt eine Verzögerung des epithelialen Einwachsens und verhindert die Migration gingivalen Bindegewebes in Richtung der Extraktionsalveole. Die semipermeable Membran ermöglicht den Austausch essenzieller Nährstoffe für die Wundheilung. Die Membran ist sehr reißfest und ermöglicht durch ihre spezielle Mikrostruktur einen optimalen Raumerhalt für das eingebrachte Augmentationsmaterial. Dabei können verschiedene Materialien Verwendung finden:

- Autologe Materialien vom gleichen Organismus
- Allogene Materialien von einem anderen Individuum derselben Spezies
- Xenogene Materialien von anderen Spezies
- Alloplastische Materialien, die synthetisch hergestellt werden.

Natürlich ist auch die Mischung dieser einzelnen Augmentationsmaterialien möglich. OsseoGuard™ wird in einem sterilen Doppelbeutel geliefert. Der äußere Beutel ist vorsichtig so zu öffnen, dass der innere Beutel in das sterile Operationsgebiet eingebracht werden kann. Die Membran ist dann mit sterilen Handschuhen oder Instrumenten aus dem inneren Beutel zu entnehmen. OsseoGuard™ kann entweder trocken oder hydratisiert eingesetzt werden. Wenn der Kliniker die Handhabungsmerkmale von hydratisiertem Kollagen bevorzugt, kann die Membran vor dem endgültigen Einsetzen etwa 5 Minuten in Blut oder steriler Kochsalzlösung hydratisiert werden. Die Membran wird dann mit einer sterilen scharfen Schere auf die gewünschte Größe und Form zugeschnitten. Die OsseoGuard™-Membran sollte die Wände des Defekts um mindestens 2 mm überlappen, um einen vollständigen Knochenkontakt zu ermöglichen und eine Migration gingivalen Bindegewebes unter das Material zu verhindern. Bei speziellen Indikationen (z.B. vertikale Augmentationen) empfiehlt es sich, die Membran zu fixieren, um eine Dislokation zu vermeiden. Die Membran kann mit resorbierbarem Nahtmaterial oder mit resorbierbaren Pins fixiert



Abb. 3: Eingebrachtes Augmentationsmaterial zur Abdeckung der Implantatoberfläche.



Abb. 4: Die hydratisierte OsseoGuard™.



Abb. 5: GBR-Technik mit der OsseoGuard™ Membran.



Abb. 6: Applikation der zweiten OsseoGuard™ im Sinne der Double-Layer-Technik.



Abb. 7: Speicheldichter Wundverschluss nach Periostschlitzung.

werden. Der Mukoperiostlappen wird über der Kollagenmembran vernäht und die Wunde wird vollständig verschlossen, um eine beschleunigte Resorption durch eine freiliegende Membran zu vermeiden. Die OsseoGuard™-Membran ist vollständig resorbierbar und sollte nicht entfernt werden. Die vollständige Resorption der OsseoGuard™-Membran liegt bei 26 bis 38 Wochen.

### Klinische Kasuistik

Im Rahmen unserer Implantatprechstunde stellte sich ein 58-jähriger Patient zur Implantatberatung vor. Die intraorale klinische und radiologische Untersuchung zeigte ein konservierend und prothetisch versorgtes Gebiss. Die Zähne 22 und 24 wurden vor circa 6 Monaten alio loco entfernt. Es wurde mit dem Patienten die Möglichkeit einer Implantatinsertion in Regio 22 und 24 besprochen. Der Patient willigte nach entsprechender Aufklärung über Behandlungsablauf, Alternativbehandlungsmöglichkeiten und Risiken ein.

In Lokalanästhesie erfolgt zunächst die Präparation des trapezförmigen Mukoperiostlappens. Die bukkale Lamelle war nur sehr unvollständig erhalten. Es folgte die Entfernung von Granulationsgewebe aus der noch nicht komplett reossifizierten Extraktionsalveole. Danach wurde die Implantatkavität nach dem Protokoll der Firma BIOMET 3i präpariert. Die Implantatinsertion eines NanoTite™ Certain® Implantats schloss sich an. Die freiliegenden bukkalen Gewindegänge wurden augmentiert. Eine Mischung aus autologem Material, das mittels Bone-Collector bei der Präparation gewonnen wurde, und alloplastischen Knochenregenerationsmaterial wurde aufgelagert. Zum Schutz des Augmentationsmaterials wurde eine hydratisierte OsseoGuard™-Kollagenmembran appliziert. Hier zeigte sich die mechanische Festigkeit und die Relieftreue als sehr vorteilhaft. Aufgrund der Defektgröße und der damit verbundenen Dislokationsgefahr der Augmentationsmembran wurde eine zweite OsseoGuard-Membran im Sinne der Double-Layer-Technik eingesetzt.

Die Membran wurde palatinal subperiostal fixiert, dadurch war eine zusätzliche Fixierung mit resorbierbaren Pins nicht notwendig. Eine Periostrichlung zum spannungsfreien Wundverschluss folgte.

Zusammenfassend kann man festhalten, dass die von Hardwick definierten Kriterien von der neuartigen OsseoGuard™-Membran erfüllt werden. Das Augmentat wird durch die spezielle Mikrostruktur und die Standzeit der Membran gut geschützt. Die geschützte Knochenregeneration wird durch die sehr gute Platzhalterfunktion ermöglicht. Auch bei Nahtdehissenzen ist ein Schutz von Augmentatpartikeln durch die Reißfestigkeit und die Stabilität der Membran gewährleistet. ◀

## kontakt

Dr. Michael Claar  
Zahnarzt für Oralchirurgie  
Geprüfter Experte für Implantologie  
Leipziger Str. 164  
34123 Kassel  
E-Mail: info@dr-claar.de

Service-Hotline:  
**0800-2028-000**  
(kostenfrei aus dem deutschen Festnetz)

## DAS BEGO SEMADOS RI-IMPLANTATSYSTEM - NEUES MIT BEWÄHRTEM KOMBINIERT



### Ein besonderes Implantat- system mit besonders starken Eigenschaften:

- Kompressionsgewinde-Design -
- Mikrogewinde im Halsbereich -
- Polierte Implantatschulter -
- Umfassendes Prothetikkomponentenprogramm -
- Homogene Oberfläche -
- Innenverbindung -

**... und das alles zu einem  
besonders starken  
Preis-Leistungsverhältnis.**

Besuchen Sie uns  
bei den dental days in  
Dresden und tauchen Sie  
ein in die ganze Welt der  
BEGO Implantologie!

dental days  
Fortbildung  
der Extraktion

30.11. und 1.12.2007

**BEGO**   
Miteinander zum Erfolg

### Weitere Informationen erhalten Sie unter:

BEGO Implant Systems GmbH & Co. KG  
Technologiepark Universität · Wilhelm-Herbst-Straße 1 · 28359 Bremen  
Telefon +49 (0)421 20 28-2 46  
E-Mail: info@bego-implantology.com · www.bego-implantology.com

Die Einführung der gesteuerten Knochenregeneration (Guided Bone Regeneration – GBR) Ende der 1980er-Jahre hat es dem implantologisch tätigen Zahnarzt ermöglicht, vorhandene Knochendefizite ohne aufwendige Operationstechniken in Allgemeinnarkose erfolgreich zu behandeln. Die GBR eröffnet Wege, durch eine prothetisch orientierte Positionierung der Implantate ästhetisch anspruchsvolle und langzeitstabile Ergebnisse zu erzielen.

# Knochendefizite mit GBR erfolgreich behandeln

Autoren: Univ.-Prof. Dr. Martin Lorenzoni, DDr. Georg Bertha

Zahlreiche klinische und experimentelle Studien haben weltweit über klinische, radiologische und histologische Ergebnisse berichtet. Die Möglichkeiten und Grenzen dieser Technik sind vielseitig dokumentiert, sodass dem Anwender heute zuverlässige Orientierungspunkte zur Verfügung stehen. An der klinischen Abteilung für Zahnersatzkunde der Universitätszahnklinik Graz wurden 1993 die ersten Versuche mit der GBR in der Implantologie durchgeführt. Seit 1994 werden die Implantatpatienten im Hinblick auf regenerative Maßnahmen nach einem Standardprotokoll detailliert erfasst. Es zeigt sich, dass bei rund 40 % aller Implantationen Maßnahmen zur Knochenregeneration nötig sind.

## Wissenschaftliche Dokumentation

Das natürliche Knochenmineral Geistlich Bio-Oss® hat sich in der Praxis seit über 20 Jahren in vielen Indikationen bewährt und wurde ausführlich in der wissenschaftlichen Literatur beschrieben. Mit über 800 Publikationen ist das natürliche Knochenmineral das am umfangreichsten dokumentierte Produkt. 281 Artikel sind zu Geistlich Bio-Oss® in dentalen Zeitschriften veröffentlicht worden, darunter 41 kontrollierte, randomisierte Studien in englischsprachigen Journals (aktuelle PubMed-Recherche Juli 2007 nach der Strategie von KOCH & WENZ, Dent Implantol, 2004). Der Er-

folg wird vorwiegend auf die ausgezeichnete Osteokonduktivität und das langsame Remodeling (Einbezug in den natürlichen Umbau des Knochens) zurückgeführt, wodurch das Augmentatvolumen langfristig erhalten bleibt. Geistlich Bio-Oss® weist eine hohe



Abb.1–6: Posttraumatischer horizontal-vertikaler Defekt Regio 22–24.

Ähnlichkeit zur menschlichen Knochenmorphologie auf: Das mineralische Gerüst ist hochporös, besitzt eine große innere Oberfläche und funktioniert als Leitschiene für den neuen Knochen. Dabei wächst das Knochengewebe appositionell von den angrenzenden Knochenoberflächen in den Defekt, unterstützt von der passiven Gerüstfunktion des heterologen Knochens (Abb. 1).

## Resorbierbare Kollagenmembran

Membranen sind für ein optimales Ergebnis der Knochenaugmentation und eine ausreichende Therapiesicherheit unverzichtbar

(Schliephake 2005). Sie schützen die Defektregion vor dem Einwachsen von unerwünschtem Weichgewebe. Gleichzeitig stabilisieren sie das Augmentat und verhindern den Verlust von Augmentationsmaterial (McAllister 2007). Resorbierbare Membranen sind wegen des



Abb. 2

Wegfalls eines zweiten Eingriffes zur Entfernung und des damit eventuell verbundenen Knochenverlustes nach Aufklappung von Vorteil. Die native Kollagenmembran Geistlich Bio-Gide® hat sich als effektive Barriere in der gesteuerten Knochenregeneration seit über zehn Jahren bewährt. Die einfache Adaptierung und die geringe Komplikationsrate sind weitere Verbesserungen der resorbierbaren nativen Kollagenmembran Geistlich Bio-Gide®. Die natürliche Kollagenstruktur besteht aus hoch gereinigtem Kollagen Typ I und III (porciner Ursprung), fördert die Zelladhäsion und dient als Matrix für die Angiogenese. Dadurch ermöglicht sie eine optimale Wundhei-



Abb. 3

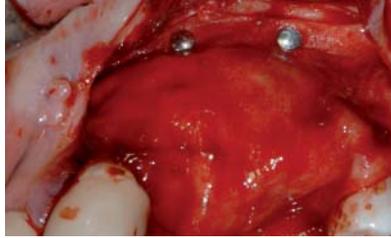


Abb. 4



Abb. 5

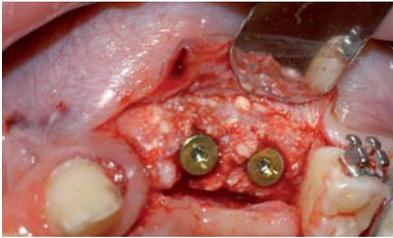


Abb. 6

lung für Weichgewebe und Knochen. Im Hinblick auf ein harmonisches Gesamtergebnis der Implantatrehabilitation unter Berücksichtigung der natürlichen Alveolarkammkontur, der symmetrischen Weichgewebsverhältnisse sowie der Stabilität der periimplantären Gingiva (Rezession) liefert die Technik der Rekonstruktion durch GBR und Knochentransplantate eine günstige langfristige Prognose. Die langsame Resorption xenogener Knochenersatzmaterialien scheint hier einen positiven Einfluss auf den langfristigen Erhalt der Knochenkontur zu haben (Canullo 2006). Die Ergebnisse eigener Studien zeigen, dass mit der gesteuerten Knochenregeneration bei periimplantären Defekten ein voraussagbares Knochenvolumen erzielt werden kann und die periimplantären Gewebe über einen Zeitraum von mehr als fünf Jahren stabil bleiben.

### Indikationen

Die Auswahlkriterien für regenerative Methoden richten sich nach den Defektarten. Abhängig von der Klassifikation des Knochenverlustes können in der Zahnheilkunde Knochener-

satzmaterialien alleine oder in Kombination mit autologem Knochen eingesetzt werden. Durch die Verwendung von Geistlich Bio-Oss® kann das Blutkoagulum im Augmentationsvolumen stabilisiert und durch die natürliche, osteokonduktive Mineralstruktur die Knochenregeneration gefördert werden. Die Bildung einer dauerhaften Hartgewebebasis unterstützt die Weichgewebsästhetik und die geringe Resorption führt zu einem langfristigen Erhalt des augmentierten Volumens. Die Platzhalterfunktion wirkt wie ein passives Gerüst, das den Knochenzellen Verankerungsmöglichkeiten im Knochenersatzmaterial bietet und die Membran gegen den Weichgewebedruck abstützt. Unter GBR und Guided Tissue Regeneration (GTR) werden also Maßnahmen zusammengefasst, die den Körper dabei unterstützen, verlorene Knochensubstanz neu zu bilden. Die folgenden Indikationen dienen dem Ziel, einen Zahn zu erhalten oder nach Verlust eines Zahnes prä- oder periimplantologisch ein sicheres Implantatlager zu schaffen:

- Defektregeneration um Implantate:
  - Augmentation um Sofortimplantate in Extraktionsalveolen – Augmentation bei verzögerter Sofortimplantation (4–6 Wochen nach Zahnextraktion)
  - lokalisierte Knochenaugmentation um Implantate
- Horizontale und/oder vertikale Kammaugmentation für spätere Implantation
- Sinusaugmentation:
  - bei gleichzeitiger Implantation
  - zur Vorbereitung des Implantatbettes

- Füllung von Knochendefekten nach Wurzelspitzenresektion, Zystektomie, Entfernung retinierter Zähne
- Behandlung vertikaler parodontaler Defekte durch chirurgisch-regenerative Therapie.

### Schutz des bukkalen Knochens

Die Resorption des bukkalen Knochens nach Extraktion ist derzeit Gegenstand intensiver wissenschaftlicher Untersuchungen. Offensichtlich bietet auch die sofortige Implantation keinen Schutz vor Verlust des dünnen bukkalen Knochens (Araujo 2006). Mögliche Ansätze, dem schnellen Volumenverlust und eventuellen ästhetischen Komplikationen durch spätere Rezession entgegenzugehen, sind die Anwendung der GBR in Kombination mit Sofortimplantaten oder eine verzögerte Implantation nach vorhergehender Socket Preservation oder Ridge Preservation. Durch die Augmentation kann das Risiko von Langzeitkomplikationen, die sich in einer mangelnden Regenerationsfähigkeit von Dehiscenzen nach Sofortimplantationen begründen, kompensiert werden (Chen 2004). In Bezug auf die Langzeiterfahrung herrscht Konsens darin, dass durch die Augmentation der Alveole die Kammdimension konserviert (McAllister 2007) und durch Ver-



Abb. 7–11: Erhalt des Implantatlagers („socket preservation“) bis zur Implantation.

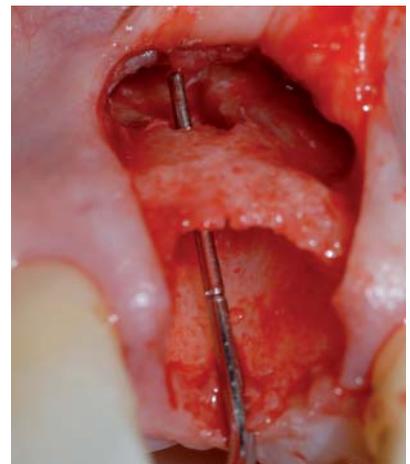


Abb. 9

wendung von Knochenersatz und Membran eine gut vorhersagbare Knochenregeneration erzielt werden kann (Aghaloo 2007). Die vestibuläre Anlagerung des xenogenen Materials und dessen Abdeckung mit der resorbierbaren Kollagenmembran schützen das augmentierte Gebiet weitgehend vor Resorption (Mankoo 2007). Durch die hervorragende Heilungsten-

gen zeigen, dass durch die zusätzliche Applikation von Geistlich Bio-Oss® und die Abdeckung mit einer Geistlich Bio-Gide® Membran die Resorption des autologen Transplantats verringert und somit ein ideales Implantatlager und eine entsprechende Alveolarkammkontur geschaffen werden kann (von Arx 2006).

(McAllister 2007). Wird ausschließlich Patientenknochen verwendet, kann eine vorzeitige Resorption des Augmentats das klinische Ergebnis beeinträchtigen: So wurden in der Literatur ausgeprägte Resorptionsraten von bis zu 55 % während der ersten sechs Monate beschrieben (Crespi JOMI 2007). Die vorzeitige Resorption kann durch Beimischung von geeignetem langsam resorbierendem Knochenersatzmaterial und der Anwendung der Membrantechnik signifikant reduziert werden.



Abb. 10

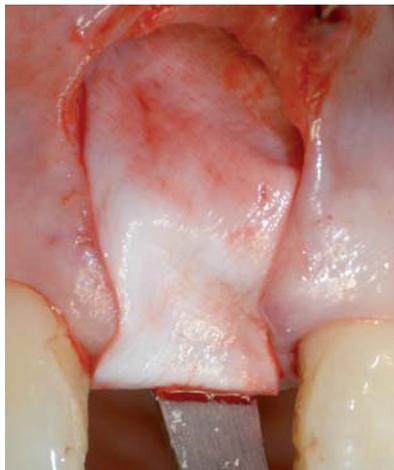


Abb. 11

denz der Kollagenmembran ist eine transgingivale oder offene Einheilung offensichtlich ohne erhöhtes Risiko von Weichgewebsdehissenzen und deren negativen Folgen möglich.

### Verbessertes Implantatlager

Ist eine sofortige Implantation infolge der Defektgröße oder -morphologie nicht möglich, bietet die Augmentation der Alveole mit Geistlich Bio-Oss® und Geistlich Bio-Gide® die Möglichkeit, ein günstiges Implantatlager zu schaffen. In Abhängigkeit von der Morphologie des ortständigen Knochens erfolgt die Implantation erst nach vier bis sechs Monaten. Dabei müssen die Eigenschaften der an den Defekt angrenzenden Gewebe und die Geometrie des Defektes berücksichtigt werden. Die Osteokonditivität von passiven Knochenersatzmaterialien kann durch Zugabe von partikuliertem autologen Knochenmaterial und der damit eingebrachten osteoinduktiven Eigenschaften weiter unterstützt werden (Kreisler 2006) (Abb. 2–6). In vielen Fällen ist bei ausgeprägter Atrophie des Alveolarkammes ein gestaffeltes zweizeitiges Vorgehen mit partikuliertem autologem Material (Abb. 7–11) oder mit einem Blocktransplantat (Abb. 12–17) die Therapie der Wahl. Neuere Untersuchun-

### Autologes Knochenmaterial

Der autologe Knochen stellt bei der Hartgewebsaugmentation zwar immer noch den Goldstandard dar (erhöhte Regeneration durch Bereitstellung von knochenbildenden Zellen und Wachstumsfaktoren), zeigt aber auch Nachteile bezüglich der Volumenkonstanz im Vergleich zu Knochenersatzmaterialien

### Sinusaugmentation

Die umfangreichsten Daten existieren nach wie vor zur externen Sinusbodenelevation. Aghaloo und Moy (Aghaloo 2007) zeigen qualitativ und quantitativ Unterschiede in der Vorhersagbarkeit der Therapie in Abhängigkeit des Augmentationsmaterials. Geistlich Bio-Oss® erweist sich seit vielen Jahren als sehr zuverlässig, während die Autoren in den Gruppen der autologen, synthetischen und allogenen Materialien große Divergenzen in der Implantatüberlebensrate feststellten. Der Erfolg des xenogenen Knochenersatzmaterials wird mit der exzellenten Volumenstabilität des natürlichen Hydroxylapatits begründet (McAllister 2007). Aufgrund der sehr langsamen Resorption binnen der sechs- bis neunmonatigen belastungsfreien Einheilzeit sind nur geringere Volumenverluste des Augmentats infolge des Sinusdruckes zu verzeichnen. Langzeitbeobachtungen mit Vergleichsdaten zur Beimischung von autologem Knochen



Abb. 12–17: Zweiseitige Sinus-Augmentation mit Bio-Oss grob (1–2 mm) in Kombination mit partikuliertem autologem Knochen.



Abb. 14



Abb. 15

Non-Stop zur erfolgreichen Endo !

**Die multifunktionale Endo-Einheit bringt Sie mit intuitivem Touchdisplay immer sicher an Ihr Ziel.**



**Apexlocator** der allerneuesten Generation. Messung durch patentiertes, vollisoliertes Winkelstück während der Aufbereitung möglich.

**EndoMotor** mit integrierter Apexmessung. Die Feilenbibliothek inkl. Feilenmanagement überwacht den Feilenverschleiß. Unterstützt Herstellerübergreifende Sequenzen für die Hybridtechnik.

**Downpack-Modul** mit LED - Funktionsanzeige. Das Erwärmen und Abkühlen der Heizspitze erfolgt temperaturgeregelt innerhalb von Sekunden.

**Backfill-Modul** mit Pistolengriff ermöglicht ein leichtes und präzises Applizieren der thermoplastischen Guttapercha.

Infos unter :

Schlumbohm GmbH & Co. KG

Klein Floyen 8-10

D-24616 Brokstedt

Tel.: 04324-89 29-0

Fax.: 04324-89 29-29

www.endopilot.de

email: post@schlumbohm.de

konnten bestätigen, dass die Implantatüberlebensrate im Sinus mit xenogenem Knochenersatz allein am höchsten (Del Fabbro 2004) und ähnlich hoch wie im gesunden Knochen ist (Del Fabbro 2006). Es wird auch bestätigt, dass Knochenersatz bei bestimmten Indikationen wie der Sinusbodenelevation autologen Knochen ersetzen kann (Esposito 2006). Dies bringt für Patienten erhebliche Vorteile durch die Ersparnis der traumatisierenden Knochenentnahme. Eine ausreichend lange Einheilzeit des Augmentats von mindestens sechs Monaten ist empfehlenswert, um die Regeneration des jungen Knochengewebes zu ermöglichen.

- Bei zweizeitigem Vorgehen sollte in das vorbereitete Implantatbett frühestens sechs Monate nach der Augmentation implantiert und nach weiteren vier Monaten belastet werden.
- Nacheinzeitigem Vorgehen (gleichzeitige Implantatinsertion und Augmentation) sollten die Implantate nicht vor sechs Monaten belastet werden.

Komplikationen wie Sinusitis oder Nichteinheilung von Implantaten sind eigenen Untersuchungen zufolge unabhängig vom verwendeten Augmentationsmaterial. Das Resorptionsverhalten von Geistlich Bio-Oss® machte es auch bei Anwendung partikulierter autologer Knochenchips von enoral oder exoral als zusätzlichen Stabilisator für das Augmentat empfehlenswert.

## Parodontale Regeneration

Über langzeitstabile Erfolge in der Parodontologie wird auch in einer 5-Jahres-Studie zum Vergleich zwischen dem klassischen Open-Flap-Debridement (OFD) und der gesteuerten Geweberegeneration (GTR) mit Geistlich Bio-Oss® und Geistlich Bio-Gide® berichtet (Sculean 2007). Mithilfe der GTR-Technik kann zum einen mehr Attachment und eine höhere Reduktion der Sondierungstiefe erreicht werden und zum anderen wird eine wesentlich bessere Vorhersagbarkeit des Ergebnisses belegt.



Abb. 16

## Granulatgrößen

- Bio-Oss® kleines Granulat (0,25–1 mm): Die kleine Partikelgröße erlaubt einen engen Kontakt mit der umgebenden Knochenwand. Es wird für kleinere Defektgrößen von bis zu zwei Alveolen sowie für die Konturierung von autologen Blocktransplantaten empfohlen.
- Bio-Oss® großes Granulat (1–2 mm): Die große Oberfläche des grobkörnigen Granulats bietet viel Raum für das Einwachsen von Knochenzellen. Es wird für große Augmentationen von mehr als zwei Alveolen und für die Sinusbodenaugmentation empfohlen. ◀

Eine Literaturliste kann in der Redaktion angefordert werden.

## autoren

Univ.-Prof. Dr. Martin Lorenzoni und DDr. Georg Bertha arbeiten an der Klinischen Abteilung für Prothetik, Restaurative Zahnheilkunde und Parodontologie der Universitätsklinik für ZMK in Graz.

## kontakt

Univ.-Prof. Dr. Martin Lorenzoni  
Universitätsklinik für Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde Graz  
Abteilung für Zahnersatzkunde  
Auenbruggerplatz 12  
8036 Graz, Austria  
Tel.: +43-3 16/3 85 29 76-47 35  
Fax: +43-3 16/3 85 33 76  
www.lorenzoni.eu



Abb. 17

Die Behandlung parodontaler Defekte ist nicht nur eine Frage der Regenerierung des fehlenden Knochens, sondern auch der entsprechenden Zementbereiche und parodontalen Ligamente. Es handelt sich um eine komplizierte Aufgabe, die schon sehr lange im Zentrum der Aufmerksamkeit und der Bemühungen der Parodontologen steht. Dennoch werden die erwünschten Ergebnisse erst in letzter Zeit erzielt, da Methoden der gesteuerten Regenerierung und des Gewebe-Engineerings in das therapeutische Spektrum Eingang fanden.

# Parodontale Defekte mit einem Knochenregenerat behandeln

Autoren: Assoc. Prof. D.D.S. Pavel Poleník, Ph.D., Assoc. Prof. Zdenek Strnad, Ph.D.

Die Erfordernisse eines erfolgreichen Gewebe-Engineerings in der Parodontologie können in zwei Grundbereiche gegliedert werden.<sup>3</sup> Das erste fundamentale Problem ist die Sicherstellung eines Substrats für effektive Zellpopulationen, d.h. die Bildung eines strukturellen Gerippes mit einer strengen Architektur und der Fähigkeit, Raum sowohl für die Zellen als auch für die neu geschaffenen Kapillaren zu erhalten. Der zweite Bereich der Erfordernisse betrifft die biologischen Funktionen der gebildeten Matrix und umfasst die Hinzugewinnung von Zellen, die



Abb. 1: Makrostruktur des porösen Materials PORE-SORB.

Schaffung einer Gefäßbahn und die Sicherstellung morphogenetischer, Regulierungs- und Wachstumsfaktoren für die Geweberegenerierung. Das Material sollte den Anfor-

derungen an eine Geweberegenerierung entsprechen, d.h. das Durchdringen der gewünschten Zellen ermöglichen und die Teilnahme unerwünschter Zellen ausschließen. Es sollte leicht verarbeitbar sein<sup>14</sup> und seine Konsistenz sollte einen Kollaps von Gewebeweichteilen unmöglich machen.<sup>12</sup> Die innere Architektur des Materials sollte eine maximale Kolonisierung der Zellen des gewünschten Phänotyps und des regenerierten Gewebes ermöglichen.<sup>15</sup> Es zeigt sich, dass die Form der Poren durchschlagende Wirkung auf das Attachment und das lang-

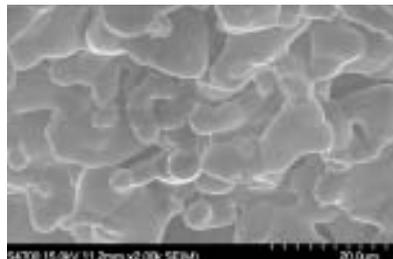


Abb. 2: Mikroporöse Charakteristik des Materials in einem Elektronenrastermikroskop.

fristige Überleben der Zellen auf der Materialoberfläche hat.<sup>6</sup> Nicht weniger wichtig ist auch ihre Größe. Diese entscheidet einerseits über die kontrollierte Freigabe der an



Abb. 3: Entnommenes Venenblut nach Zentrifugierung mit der separierten Zone der Thrombozyten (buffy coat).

den Träger angekoppelten Stoffe<sup>11,16</sup> und weiter über die spezifizierte Selektion der angekoppelten Zellen. Als optimal wird eine Porengröße zwischen 200 und 400 Mikrometer betrachtet,<sup>10, 14</sup> die mit dem Durchschnittswert der Größe des menschlichen Osteons (223 Mikrometer) korrespondiert.<sup>5</sup> Die Profilierung der Osteoblasten ist empfindlich in Bezug auf die Oberflächentopographie des Materials,<sup>2</sup> die Belastung und weiter die mechanischen Stimuli. Die Zellen sind in der Lage, auch sehr diskrete Veränderungen der Oberfläche zu erkennen, und dies ist besonders interessant in solchen Fällen, wo resorbierbare Materialien benutzt werden, die in ihrer Dynamik immer neue Oberflächencharakteristiken gewähren.<sup>3</sup> Heilung und Regenerierung bilden mehrstufige Pro-

zesse, deren Kinetik und somit auch finaler Effekt durch die Freigabe einer adäquaten Menge entsprechender Wachstumsfaktoren an der gewünschten Stelle positiv beeinflusst werden können.

Zu den Wachstumsfaktoren, die im Zusammenhang mit der Knochenregeneration am häufigsten diskutiert werden, gehören: der Transformationswachstumsfaktor- $\beta$  (TGF- $\beta$ ), morphogenetische Knochenproteine (BMP), der Fibroblast-Wachstumsfaktor (FGF), der thrombozytäre Wachstumsfaktor (PDGF), der epidermale Wachstumsfaktor (EGF), der Insulin-Wachstumsfaktor (IGF) und der vaskuläre Endothel-Wachstumsfaktor (VEGF). Bei der Bildung des Knochengewebes spielt TGF- $\beta$  eine unersetzbare Rolle.

Es reguliert die Proliferation und Differenzierung von osteoprogenitären Zellen und Osteoblasten.<sup>9</sup> Es zeigt sich, dass seine Freigabe aus den Trägern eine Heilung nach einer Osteotomie beschleunigt.<sup>13</sup> Die morphogenetischen Knochenproteine wirken wie Differenzierungsfaktoren und rufen eine Transformation mesenchymaler Zellen in den zellbildenden Knochen hervor.<sup>13</sup> Die durch morphogenetische Knochenproteine und verschiedene Formen der Träger gebildeten Systeme bewährten sich in der ektopischen Knochenbildung *in vivo*,<sup>7,4</sup> und auch FGF und PDGF wurde in Kombination mit verschiedenen Materialien verwendet.<sup>1,16</sup> In der vorgelegten Studie verwendeten wir poröses  $\beta$ -Trikalziumphosphat als resorbierbaren Träger und ein an Thrombozyten reichhaltiges autologes Plasma (PRP) als Quelle der Wachstumsfaktoren für die Regenerierung verlorener parodontaler Strukturen bei Patienten mit fortgeschrittener Parodontose.



Abb. 4: Mithilfe von Kalziumchlorid und Trombin aus PRP zubereitetes Gelmaterial.

### Das Material und die Methoden

In die Studie miteinbezogen wurden 27 erwachsene Patienten mit Parodontose mit Verlust des

Attachments > 6 mm und röntgenologisch detegierbaren Defekten > 5 mm. Nach der hygienischen Phase der parodontologischen Behandlung wurde eine voroperative Situation verzeichnet, welche aus den Werten des Plaque-Indexes (PII – Silness, Loe), der Tiefe der parodontalen Zahntaschen (PD), des Niveaus des klinischen Attachments (CAL) und des Niveaus des Koronarsaums des bereinigten Knochendefekts in Beziehung zu der aus Zement-schmelz bestehenden Grenze bestand. Der Index für die mikrobielle Plaque wurde aufgrund ihrer farbigen Detegierung bewertet. Für die Messung der Tiefe der parodontalen Zahntaschen wurde die parodontologische Computersonde Florida verwendet und die Messung wurde in sechs standardmäßigen Lokalisationen der operierten Zähne durchgeführt. Die gleiche Anlage wurde bei der Registrierung des CAL-Niveaus benutzt, und es wurde die Stent-Methode angewendet. Das Niveau des Saums des Knochendefekts wurde auf intraoralen Röntgenaufnahmen festgestellt und mithilfe eines Netzrasters gemessen. Die chirurgische Phase wurde als kompletter koronar verlagertes Lappen realisiert. Für das Ausfüllen des parodontalen Defekts und gleichzeitig als Träger der Wachstumsproteine wurde resorbierbares poröses  $\beta$ -Trikalziumphosphat PORESORB (Lasak GmbH, CZ) verwendet (Abb. 1). Die Struktur des Materials ist der Spongiose-Knochenmatrix nahe und weist zwei dominante Porengrößen auf. Makroporen mit einer Größe von ca. 100 Mikrometern sowie Mikroporen mit einer Abmessung von ca. 5 Mikrometern (Abb. 2). Die Mikroporosität ist von Bedeutung für die Adhäsion von Protein-substanzen und für die Neovaskularisation. Die aus Makroporen gebildeten Bereiche sind entscheidend für die Besiedelung mit kompetenten



Abb. 5: Defekt

Zellen für die Osteogenese. Dieser Träger wurde vor der Applikation in den Knochendefekt mit Gel verührt, das Wachstumsfaktoren aus Thrombozytenkonzentrat enthält. Vor der chi-

## Fortoss® Vital

das einzigartige osteokonduktive Knochenersatzmaterial

**Anwendung:** Alveolardefekte, Kieferkammaugmentationen, Sinus-elevationen, Parodontaldefekte

- ▶ Fortoss® VITAL ist formstabil und härtet vollständig aus
- ▶ Vollständige Umwandlung in Knochen ohne Volumenverlust
- ▶ Gewebeokklusiv – kein Einsprossen von Bindegewebe
- ▶ Keine Membrane als Barriere notwendig
- ▶ Dynamische „SmartPore“-Technologie
- ▶ Einzigartige ZPC™-Technologie für die Knochenneubildung
- ▶ Vollsynthetisch – keine tierischen Komponenten



HERSTELLER: Biocomposites®, England



Vertrieb in der BRD durch – weitere Informationen:

MONDEAL Medical Systems GmbH  
Moltkestraße 39 · 78532 Tuttlingen / Germany  
Telefon (0 74 61) 9 33 20 · Telefax (0 74 61) 9 33 28  
mail@mondeal.de · www.mondeal.de

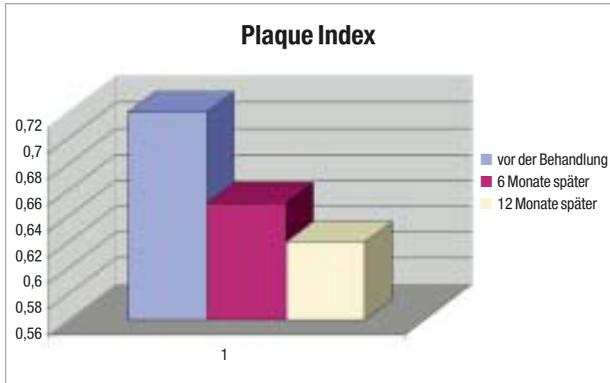


Abb. 6: Indexwerte für mikrobielle Plaque vor der Operation und im Abstand von sechs und zwölf Monaten.

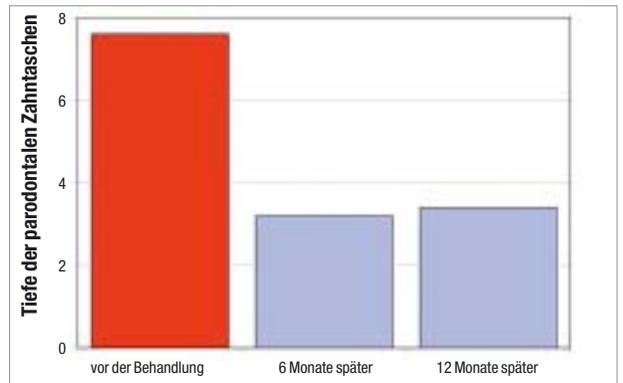


Abb. 7: Tiefenwerte der parodontalen Zahnfleischtaschen vor der Operation und im Abstand von sechs und zwölf Monaten.

urgischen Behandlungsphase wurde jedem Patienten durch Venenpunktion 20 ml nichtgerinnbares Blut abgenommen. Dieses wurde anschließend in zwei Modi so zentrifugiert, dass eine möglichst hohe Konzentration von Thrombozyten erreicht wurde (Abb. 3). Durch Hinzufügen von Kalziumchlorid und Trombin kommt es einerseits zu einer Degranulierung des Thrombozytengehalts und zu einer Freigabe der Wachstumsfaktoren und weiter zur Bildung des Gels, das für eine Weiterverarbeitung aus struktureller Sicht von Vorteil ist (Abb. 4). Nach dem Verrühren des PORESORBs mit diesem Gel wurde ein Material gewonnen, mit dem der Zahndefekt ausgefüllt wurde. Gemäß den Grundsätzen der gesteuerten Geweberegenierung wurde der augmentierte Bereich mittels einer resorbierbaren Kollagenmembran abgedeckt, die dicht rund um die Zahnhäule adaptiert wurde. Die Oberflächenschicht bildet dann ein koronar verlagertes komplett mobilisierter Lappen (Abb. 5). Die vor der Operation durchgeführte Untersuchung wurde nach sechs und 12 Monaten wiederholt. Gleichzeitig wurden in diesen Intervallen Proben des Regenerats für die histologische Untersuchung entnommen. Das Material wurde nach Fixierung mithilfe von EDTA entmineralisiert, und die anschließend geschnittenen Scheiben wurden gefärbt mit Hematoxylin – mit Eosin und Goldner Trichrom.

### Die Ergebnisse

Während des gesamten Beobachtungszeitraums wurden keine unerwünschten Reaktionen auf das verwendete Material verzeichnet. Die Werte des Plaque-Indexes wiesen auf standardmäßige Hygieneverhältnisse hin.

Vor der Behandlung betrug der Wert PII = 0,72, nach sechs Monaten 0,65 und nach zwölf Monaten 0,62 (Abb. 6). Zu bedeutenden Änderungen kam es in den Werten der sondierbaren Tiefe der parodontalen Zahntaschen. Der Durchschnittswert erreichte vor der Behandlung 7,2 mm, nach sechs Monaten sank er auf 3,2 mm und nach zwölf Monaten betrug er 3,4 mm (Abb. 7). Ähnlich verhielten sich auch die Werte des Niveaus des klinischen Attachments, wo nach sechs Monaten ein Gewinn von 3,2 mm und nach 12 Monaten einer von 3,3 mm beobachtet wurde. Röntgenologisch wurde in den Defekten eine Knochenregenerierung festgestellt, und deren Umfang in vertikaler Richtung erreichte nach sechs Monaten im Durchschnitt 4,1 mm, nach zwölf Monaten 4,0 mm.



Abb. 8: Röntgenaufnahme von Zahn 11 mit ausge dehntem parodontalen Defekt vor der Behandlung.

nach Behandlung durch poröses  $\beta$ -Trikalziumphosphat, das mit Wachstumsfaktoren in Form von PRP angereichert wurde. Eine erhebliche Schwächung des Hängeapparats des Zahns machte eine Fixierung des Zahns durch einen transdentalen Titanstift erforderlich. Aufgrund der Aufnahme kann insgesamt die Regenerierung des Knochens in den approximalen Bereichen exakt bewertet werden. Die histologische Untersuchung zeigte eine sehr gute Integration des verwendeten Materials in den parodontalen Defekten sowie eine osteogene Aktivität auch in deren zentralen Teilen. Nach sechs Monaten wurden in den bioptischen Proben noch Reste von PORESORB sichtbar (Abb. 10), nach zwölf Monaten bereits ein kompletter neugebildeter Lamellenknochen ohne Materialresiduen (Abb. 11).



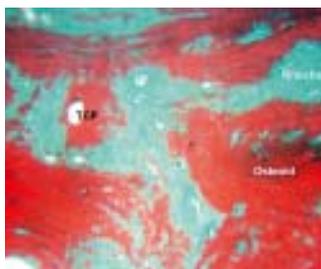
Abb. 9: Röntgenaufnahme von Zahn 11 zwölf Monate nach der Behandlung mittels porösem  $\beta$ -Trikalziumphosphat mit PRP-Gel und Fixierung mit einem transmandibulären Titanstift.

Die Röntgenaufnahme auf Abbildung 8 demonstriert einen umfangreichen parodontalen Defekt bei Zahn 11. Die Abbildung 9 zeigt dann denselben Zahn nach zwölf Monaten

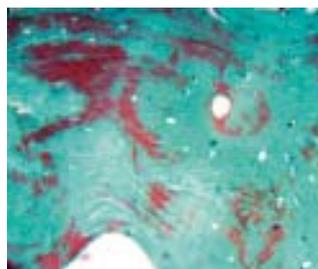
### Zusammenfassung

Die Wachstumsfaktoren und deren Träger sind Kategorien, die in bedeutendem Umfang

das Ergebnis der Geweberegeneration beeinflussen. Ihre gegenseitige Interaktion kommt sowohl in der Phase der Adsorption der Proteinkomponente an das Material des Trägers als auch in der Phase ihrer Freigabe zur Geltung. Bei der Adsorption spielen die Morphologie der Materialoberfläche des Trägers sowie die Eigenschaften der Proteine selbst eine Rolle. Die Adsorption beeinflusst dann auch die Freigabephase, denn der erste Schritt ist das Ausschwemmen eines großen Volumens nicht angekoppelter Wachstumsproteine, und erst danach folgt eine allmähliche Freigabe ihrer Ankopplungsphase. Diese entscheidet in entscheidender Weise über die Teilnahme und die Dynamik der Wachstumsfaktoren im Regenerierungsprozess. Unserer Ergebnisse zeigen, dass das poröse  $\beta$ -Trikalziumphosphat als qualitativ hochwertiger PRP-Träger zur Geltung kommt, der im Prozess der Knochenregenerierung resorbiert wird. Bei einem Vergleich der Effekte des  $\beta$ -Trikalziumphosphats selbst und dieses



**Abb. 10:** Histologisches Bild der nach sechs Monaten entnommenen Biopsie (Goldner Trichrom). Das osteoide Gewebe mit den Resten des TCP-Materials – rot; Der neue Lamellenknochen – grün.



**Abb. 11:** Histologisches Bild nach zwölf Monaten (Goldner Trichrom). Im Präparat dominiert der grün gefärbte Knochen mit vereinzelt Osteoid-Resten und kleinen TCP Granülen.

PRP-angereicherten Trägers zeigte sich, dass die Teilnahme der Wachstumsfaktoren die Bildung des neuen Knochens beschleunigt und remoduliert.<sup>8</sup> Einen bedeutenden PRP-Effekt in Verbindung mit TCP auf die Heilung des Knochens wurde auch in einem Experiment mit Tieren nachgewiesen.<sup>17</sup> PORESORB erwies sich als ein Material, das in der Lage ist, in Kombination mit PRP Knochengewebe und nach klinischen Äußerungen auch das umliegende parodontale Gewebe zu regenerieren. Nach einem Jahr ist das Material komplett abgebaut und durch einen ausgereiften Lamellenknochen ersetzt. PRP kommt auch bei der Beschleunigung postoperativer Wunden von Weichteilgeweben positiv zur Geltung. ◀

Die Literaturliste kann in der Redaktion angefordert werden.

## kontakt

Assoc. Prof. D.D.S. Pavel Poleník, Ph.D.  
Papírenská 25  
16000 Prague 6  
Tschechische Republik  
Tel.: +420/233 324 280  
Fax: +420/224 319 716  
E-Mail: lasak@lasak.cz

## IMPLANTOLOGIE Handbuch

### '07

Produktvorstellungen

Marktübersichten

Klinische Fallberichte

- ! Gesamtübersicht deutscher Implantologiemarkt
- ! Vorstellung Implantatsysteme
- ! Marktübersichten Implantatsysteme und Ästhetikkomponenten aus Keramik
- ! Marktübersicht Knochenersatzmaterialien
- ! Marktübersicht Membranen
- ! Vorstellung Implantologie Equipment
- ! Marktübersicht Chirurgieeinheiten
- ! Implantologie-Zahntechnik/Prothetik
- ! Fachgesellschaften, Berufspolitik und Patienteninformation

## Faxsendung an 03 41/4 84 74-2 90

Bitte senden Sie mir das aktuelle Implantologie Handbuch '07 zum Preis von 50 € zzgl. MwSt. und Versandkosten (kein Rückgaberecht).

Praxisstempel

Name, Vorname: \_\_\_\_\_

Straße: \_\_\_\_\_

PLZ/Ort: \_\_\_\_\_

Telefon/Fax: \_\_\_\_\_

E-Mail: \_\_\_\_\_

Unterschrift ✕ \_\_\_\_\_

**OEMUS MEDIA AG**  
Holbeinstraße 29  
04229 Leipzig  
Tel.: 03 41/4 84 74-0  
Fax: 03 41/4 84 74-2 90



Unter der Thematik „Knochen ist Ästhetik“ veranstaltet die Oemus Media AG im Juni 2008 das 1. Ostseesymposium, zugleich auch Norddeutsche Implantologietage. Die neue Veranstaltung lockt mit einem hochkarätigen wissenschaftlichen Programm und mit Sommer, Sonne und Meer.

# Knochen- und Geweberegeneration am Ostseestrand

Im direkt am Strand von Rostock-Warne-  
münde gelegenen Hotel „Neptun“ findet am  
6. und 7. Juni 2008 unter der Thematik: „Kno-  
chen ist Ästhetik – Moderne Konzepte der  
Knochen- und Geweberegeneration in der  
Parodontologie und Implantologie“ erstmals  
das „Ostseesymposium/Norddeutsche Im-  
plantologietage“ statt. Mit der neuen Veran-  
staltungsreihe vervollständigt die Oemus  
Media AG ihr Portfolio der erfolgreichen  
regionalen Implantologie-Veranstaltungen.  
Neben den Unnaer Implantologietagen  
(West), dem Eurosposium Konstanz/Süd-  
deutsche Implantologietage (Süd), dem

Leipziger Forum für Innovative Zahnmedizin  
(Ost) stellt das Ostseesymposium/Norddeut-  
sche Implantologietage ab 2008 ein adäqua-  
tes Angebot für den bisher wenig frequen-  
tierten norddeutschen Raum dar. Sowohl die  
fokussierte Beschäftigung mit der Thematik  
als auch der Veranstaltungsort mit Meerblick  
versprechen hervorragende Resonanz.

Die wissenschaftliche Leitung und die Mo-  
deration der Veranstaltung liegen in der  
Hand von Priv.-Doz. Dr. Dr. Steffen G. Köh-  
ler/Berlin. Zum Referententeam gehören  
darüber hinaus Prof. Dr. Bernd-Michael Kle-  
ber/Berlin, Prof. Dr. Werner Götz/Bonn, Dr.  
Dr. Frank Palm/Konstanz, Dr. Dr. Peter  
Ehrl/Berlin, Prof. Dr. Heinz H. Renggli/Nij-  
megen, Dr. Tobias Hahn/Düsseldorf, Prof. Dr.  
Dr. Rudolf Reich/Berlin, Priv.-Doz. Dr. Dr.  
Meikel Vesper/Eberswalde, Dr. Anton Fried-  
mann/Berlin, Dr. Achim Schmidt/München,  
Dr. Stefan Ries/Wertheim u. v. a. Bei der  
Programmgestaltung lassen sich die Orga-  
nisatoren von dem Ziel leiten, neueste  
Erkenntnisse aus Wissenschaft und Praxis  
anwenderorientiert aufzubereiten und zu  
vermitteln. In diesem Kontext ist das Ost-  
seesymposium/Norddeutsche Implan-  
tologietage 2008 auch durch ein umfangreiches  
praktisches Programm gekennzeichnet. Der  
Freitag wird ganz im Zeichen von mehreren  
implantologischen Workshops und einer  
Live-Operation stehen und so in Verbin-  
dung mit dem hochkarätigen wissenschaft-  
lichen Programm vom Samstag kennzeich-  
nend sein für ein einzigartiges Fortbil-  
dungsevent. Ergänzt wird das fachliche An-  
gebot durch einen eintägigen Crash-Kurs  
zu Unterspritzungstechniken zur Falten-



behandlung im Gesicht mit Frau Dr. Kathrin  
Ledermann sowie ein zweitägiges Helferin-  
nenprogramm zu den Themen Hygiene,  
Qualitätsmanagement und GOZ-Abrech-  
nung.

Einer der Höhepunkte des ersten Ostsee-  
symposiums wird sicher die Kongressparty  
am Freitagabend in Schusters-Strandbar  
sein. Coole Drinks, die Füße im Sand und den  
Blick auf die im Meer untergehende Abend-  
sonne – so werden die Teilnehmer den ers-  
ten Kongresstag ausklingen lassen.  
Das vollständige Programm finden Sie in  
der ZWP *today* 10/07 auf Seite 13. ◀

## kontakt

Oemus Media AG  
Holbeinstr. 29  
04229 Leipzig  
Tel.: 03 41/4 84 74-3 09  
Fax: 03 41/4 84 74-2 90  
E-Mail: [event@oemus-media.de](mailto:event@oemus-media.de)  
[www.oemus.com](http://www.oemus.com)





### Optimale Osteokonduktivität und Resorbierbarkeit

Dr. Ihde Dental, Hersteller der klinisch erfolgreichen Allfit®-Implantatsysteme, stellt mit dem neu im Lieferprogramm aufgenommenen Knochenaufbaumaterial Nanos® eine weitere wichtige Komponente für implantologische Behandlungen zur Verfügung. Das synthetisch hergestellte Material empfiehlt sich bei mehrwandigen Alveolardefekten, Defekten nach Extraktionen, Wur-



zelspitzenresektionen, Zystenentfernung, Osteotomien sowie für die Sinusboden-augmentation in Kombination mit Implantaten. Nanos® besteht aus den nanokristallinen Kalziumphosphaten Hydroxylapatit (HA) und  $\beta$ -Trikalziumphosphat ( $\beta$ -TCP), die in eine nanoporöse Siliziumdioxidmatrix eingebettet sind. Im Gegensatz zu vielen anderen Materialien, die auf HA und  $\beta$ -TCP basieren, wird Nanos® nicht durch ein herkömmliches Sinterverfahren bei Temperaturen von 1.100 bis 1.500 °C hergestellt. Wissenschaftliche Untersuchungen belegen, dass beim Sinterprozess keine nanoporösen Strukturen entstehen und der interkonnektierende Charakter des Porensystems weitgehend verloren geht.

Dies führt zu einer verminderten Osteokonduktivität und erschwerten Resorption. Daher wird Nanos® in einem Sol-Gel-Verfahren erzeugt. Hieraus resultiert ein Granulat mit einer Porosität von 60 % und einer Innenoberfläche von 90 m<sup>2</sup>/g. Die interkonnektierenden Poren haben sehr

gute osteokonduktive Eigenschaften und das Material zeichnet sich durch ein optimales Resorptionsverhalten aus. Da natürlicher Knochen, wie Nanos®, größtenteils aus Kalziumphosphat besteht und die bioaktive Siliziumdioxidmatrix die körpereigenen Proteine bindet, wird das Material vom Körper nicht als Fremdkörper empfunden und Abwehrreaktionen auf ein Minimum reduziert.

#### Besonders leichte Handhabung

Die hohe Standfestigkeit und Plastizität, durch die sich Nanos® auch für größere Defekte bestens eignet, führt zu einer besonders leichten Handhabung. Das feine Granulat Nanos® FG ist in der Packungsgröße 0,25 g, das grobe Granulat Nanos® RG in den Packungsgrößen 0,25 g; 0,5 g und 1,0 g erhältlich. Mit einem Gramm kann ein Defekt von ca. 2 cm<sup>3</sup> gefüllt werden.

Dr. Ihde Dental GmbH  
Tel.: 0 89/31 97 61-0  
[www.ihde-dental.de](http://www.ihde-dental.de)

### Stabile resorbierbare Kollagenmembran

RESODONT® ist eine resorbierbare Kollagenmembran, die hauptsächlich im Bereich der gesteuerten Knochenregeneration zur Abdeckung von Defekten und zur Sicherung von Augmentationsmaterial eingesetzt wird. Dies umfasst die lokale Augmentation bei der Insertion endossaler Implantate, Abdeckung der facialen Kieferhöhlenwand und kleiner Perforationen der Kieferhöhlenschleimhaut bei Sinuslift-Operationen. Der Einsatz von RESODONT® ist ebenfalls angezeigt bei knochenaugmentativen Operationen als Barriere-membran zur Abdeckung der Alveole nach erfolgter Extraktion sowie zur Abdeckung von Implantaten und seitlichen Kieferaugmentaten.

#### Denkbar einfache Anwendung

Die Anwendung von RESODONT® ist denkbar einfach, da eine Fixierung nicht unbedingt erforderlich ist und bei der Applikation, aufgrund der besonderen Mikrostruk-

tur der Membran, nicht auf die Orientierung der Vorder- bzw. Rückseite geachtet werden muss. RESODONT® ist in seiner Struktur stabil und behält diese auch im befeuchteten Zustand. RESODONT® wird durch ein spezielles Verfahren ohne chemische Quervernetzung aus Kollagen besonders hoher Reinheit hergestellt.

#### Höchstmaß an Produktsicherheit

Durch die Verwendung von Kollagen equiner Herkunft wird ein Höchstmaß an Produktsicherheit gewährleistet. In der Summe entsteht so ein Produkt, das die angio- und osteokonduktiven Eigenschaften des Kollagens optimal zur Geltung bringt und so eine schnelle Integration in das umliegende Gewebe und eine problemlose Wundheilung bewirkt. Bei der Verwendung von RESODONT® entfällt ein Zweiteingriff, da das Kollagen vollständig resorbiert wird. Bei einer Expo-

sition von RESODONT® durch Dehiszenzen ist eine sofortige Entfernung nicht erforderlich.

Durch konsequente desinfizierende Spülbehandlung kann eine sekundäre Epithelialisierung der Membran erreicht werden, ohne das darunterliegende Augmentat zu stören.

RESORBA Wundversorgung GmbH  
+ Co. KG  
Tel.: 0 91 28/91 15-0  
[www.resorba.com](http://www.resorba.com)



## Einfacher, sicherer, effektiver Knochenersatz – Setzt neuen Maßstab in der Implantologie

Der einzigartige osteokonduktive Knochenersatz Fortoss® VITAL der Firma MONDEAL ist eine modellierbare Paste, die im Defekt geformt werden kann und vollständig aushärtet. Fortoss® VITAL zeichnet sich durch eine optimierte Oberflächenchemie aus, die sich für die Knochenbildung maßgebliche Proteine zunutze macht. Die Oberflächeneigenschaften werden in einem proprietären Verfahren erzielt und durch Zeta Potential Messungen kontrolliert. Damit werden eine Reihe von wichtigen Proteinen genutzt, die als regulierende Moleküle für die Knochenregeneration auftreten wie z. B. Kollagen Typ 1 (dient als Anker für das Attachment knochenbildender Zellen) und Osteocalcin (bindet Kalzium und schafft ein Milieu, das günstig ist für die Proliferation knochenbildender Zellen). All diese Vorteile setzen einen neuen Maßstab für den Knochenbau bei parodontalen Defekten (Abb. 1–3) und in der Implantologie (Abb. 4–6; Bildquelle: Dr. med. dent. Ian Seddon, „Private Dentistry“ Okt. 04).

### Einzigartige Technologie

Fortoss® VITAL zeichnet sich durch eine dynamische SmartPore-Technologie aus: Die beiden Kalzium-Komponenten von Fortoss® VITAL werden unterschiedlich schnell innerhalb des Defektes resorbiert. Die erste dieser Komponenten wirkt als nanoporöse

Barriere und verhindert die Infiltration von Weichgewebe, während gleichzeitig lösliche Kalziumionen für die Knochenregeneration während des mehrere Wochen andauernden Resorptionsprozesses freigesetzt werden.

In dem Maße, wie die erste Komponente durch kriechende Substitution resorbiert, zieht die zunehmende Makroporosität Zellen und Nährstoffe vom angrenzenden Knochengewebe an und gibt die zweite Komponente von Fortoss® VITAL frei, die als Substrat für knochenbildende Zellen dient. Diese Komponente wird dann über mehrere Monate hinweg durch zellenvermittelnde Prozesse resorbiert.

### Überwachung der Oberfläche

Ein weiterer Pluspunkt des Knochenersatzmaterials ist das sogenannte

ZPCTM: Umfangreiche Studien haben gezeigt, dass die Oberflächeneigenschaften eines Materials für die Entfaltung der optimalen biologischen Aktivitäten und für die Knochenneubildung bestimmend sind. Das für Fortoss® VITAL entwickelte Verfahren Zeta Potential Control (ZPCTM) überwacht sorgfältig die Oberflächenchemie des Materials.

### Die Vorteile im Überblick

Das sind die Vorteile des osteokonduktiven Knochenersatzes Fortoss® VITAL:

- ,-Trikalziumphosphat in einer Hydroxylsulfatmatrix
- vollständig resorbierend
- gewebeokklusiv – kein Einsprossen von Bindegewebe
- keine Membranen notwendig
- formbar im Defekt
- einfache Anwendung



**Abb. 1:** Behandlung mit Fortoss® VITAL: Zahnstabilität schon nach kurzer Zeit und Knochenregeneration für lang andauernde Funktion. **Abb. 2:** Rückgewinnung des klinischen Attachments selbst bei Zähnen mit schlechter Prognose. **Abb. 3:** Postoperativ – normale Heilung.



**Abb. 4:** Vielfach lobulierter Sinus mit sehr geringem Basalknochenanteil. **Abb. 5:** Die Röntgenaufnahme zeigt neues Knochenwachstum acht Monate nach dem Eingriff. **Abb. 6:** Gute Knochendichte im ersten Quadranten bei einem Fortoss® VITAL Knochenaufbau zwei Jahre nach Implantatbelastung.

- keine tierischen Gewebe
- einzigartige ZPCTM-Technologie
- dynamische SmartPore-Technologie
- wirkt bakteriostatisch.

### MONDEAL

Medical Systems GmbH  
Tel.: 0 74 61/9 33 20  
E-Mail: mail@mondeal.de

### Implantathersteller bezieht neues Domizil

Der Bremer Implantathersteller ORALTRONICS Dental Implant Technology GmbH ist umgezogen und ab sofort unter folgender Adresse erreichbar: Julius-Bamberger-Str. 8a, 28279 Bremen. Geschäftsführer Gerald Hellmers: „Mit dieser Maßnahme haben wir die betriebsinternen Wege effizient verkürzt und die gesamten Kräfte unseres Unternehmens an einem Standort gebündelt. Somit können wir künftig noch rationeller und serviceorientierter agieren.“ Bisher war das Unternehmen an zwei Standorten in Bremen, der Herrlichkeit und dem Osterdeich, ansässig. Der zeitgemäße Bau im aufstrebenden Gewerbe-

park Bremen-Habenhausen wurde nach unternehmensspezifischen Vorgaben optimal modernisiert und gestaltet. In großzügigen lichtdurchfluteten Räumlichkeiten befinden sich neben Büros und umfangreichem Lager auch das Labor sowie Konferenz- und Schulungsräume. „So können wir nicht nur theoretische Implantatschulungen, sondern auch Hands-on-Kurse für eine größere Anzahl von Teilnehmern durchführen“, führt Geschäftsführer Dr. Gregg Cox hierzu aus. Meetings mit internationalen Repräsentanten und Consultants sind ebenfalls geplant. Verkehrsgünstig liegt der neue Unternehmensstandort auch: Die Anbindung an die Autobahn A 1 und den Bremer Flughafen ist optimal. Sämtliche An-

sprechpartner sind weiterhin unter den bekannten Telefon- und Faxnummern sowie E-Mail-Adressen erreichbar.

**ORALTRONICS**  
Dental Implant Technology GmbH  
Tel.: 04 21/4 39 39-0  
[www.oraltronics.com](http://www.oraltronics.com)



### Zukunftsweisende prothetische Lösungen



Am 6. November 2007 startet Nobel Biocare die Procera® Roadshow mit

Stationen in Berlin, Hamburg und Düsseldorf und lädt sowohl Zahnärzte als auch Zahntechniker zu einer interaktiven Veranstaltung mit hochkarätigem Informations- und Rahmenprogramm ein. CDT Hans Geiselhöringer und Priv.-Doz. Dr. Stefan Holst geben einen umfassenden Einblick in die vielfältigen Behandlungsmöglichkeiten mit dem Procera® System in Kombination mit NobelGuide™. Indikationen – vom Einzelzahn bis hin zur Komplettversorgung – sowie die jeweilige Schritt-

für-Schritt-Vorgehensweise werden unter prothetischen Aspekten diskutiert. Neben neuesten Entwicklungen und Produktverbesserungen für den Einsatz im Alltag lernen Zahnärzte und -techniker auch die modernsten und hoch ästhetischen biokompatiblen Lösungen kennen, die durch wissenschaftliche Dokumentationen und begleitendes Material zu verschiedenen Spezialgebieten unterstützt werden. Brandneue Empfehlungen für den Brennvorang, detaillierte Anleitungen für Gerüste aus Zirconia und Alumina, Möglichkeiten für die Zementierung und Procera® Vollkeramikrestaurationen runden das Programm ab. Im Anschluss an den rund zweistündigen Vortrag besteht bei einem Stehbüfett die Möglichkeit

zum entspannten Austausch unter Kollegen. Ein kreatives Unterhaltungsprogramm rundet den Abend ab. Einen besonderen Reiz bietet Nobel Biocare seinen Gästen mit exklusiven Roadshow-Angeboten für ausgewählte Kits, NobelGuide™ und die Procera® Forte und Piccolo Scanner. Anmeldungen nimmt Horst Stiefel unter der Tel.-Nr.: 02 21/5 00 85-153 oder per E-Mail: [horst.stiefel@nobelbiocare.com](mailto:horst.stiefel@nobelbiocare.com) entgegen. Die Teilnehmerzahl ist begrenzt, daher werden Anmeldungen nach Eingang berücksichtigt.

**Nobel Biocare Deutschland GmbH**  
Tel.: 02 21/5 00 85-0  
[www.nobelbiocare.com](http://www.nobelbiocare.com)

Die Beiträge in dieser Rubrik basieren auf den Angaben der Hersteller und spiegeln nicht immer die Meinung der Redaktion wider.

## IMPRESSUM

### Verlagsanschrift

OEMUS MEDIA AG, Holbeinstraße 29, 04229 Leipzig, Tel.: 03 41/4 84 74-0, Fax: 03 41/4 84 74-1 90, [kontakt@oemus-media.de](mailto:kontakt@oemus-media.de)

Ein Supplement von



**Redaktionsleitung** Dipl.-Kff. Antje Isbaner Tel.: 03 41/4 84 74-1 20 [a.isbaner@oemus-media.de](mailto:a.isbaner@oemus-media.de)  
(V.i.S.d.P.)

**Redaktion** Claudia Hartmann Tel.: 03 41/4 84 74-1 30 [c.hartmann@oemus-media.de](mailto:c.hartmann@oemus-media.de)

**Anzeigenleitung** Stefan Thieme Tel.: 03 41/4 84 74-2 24 [s.thieme@oemus-media.de](mailto:s.thieme@oemus-media.de)

**Grafik/Satz** Katharina Thim Tel.: 03 41/4 84 74-1 17 [thim@oemus-media.de](mailto:thim@oemus-media.de)  
Susann Ziprian Tel.: 03 41/4 84 74-1 17 [s.ziprian@oemus-media.de](mailto:s.ziprian@oemus-media.de)





