

Maßnahmen zur Stabilisierung der Kieferhöhle
und die gute Frage:

„Ist Standard wirklich Gold?“

Die Bedeutung der Kieferhöhle ist bis heute noch nicht abschließend geklärt. Fest steht, dass sie mithilfe der Zilien Schleim über das Ostium naturale zur Nasenhaupthöhle hinausbefördert und damit eine selbstreinigende Funktion besitzt. Weitere Bedeutungen werden in der Funktion als Resonanzkörper zur Stimmbildung und in der Vor-konditionierung der Atemluft vermutet.

Emil Endreß

Dr. Emil Endreß studierte von 1992 bis 1998 Physik an der Universität Würzburg. Die Promotion erfolgte von 1998 bis 2002. Im Anschluss war Dr. Endreß bis 2005 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Biophysik tätig. Von dort wechselte er in Produktmanagement und Vertrieb der Firma Geistlich Biomaterials, Baden-Baden. Seit 2010 ist er dort als Clinical Science Manager tätig.



Im Wesentlichen erlauben diese knöchern umwandeten Hohlräume eine Leichtbauweise, die zur Gewichtsreduktion des Schädels beiträgt. Unter den sonst volumenstabilen Nasennebenhöhlen zeichnen sich die Kieferhöhlen durch ein besonderes Merkmal aus: Sie scheinen in Richtung des Kieferhöhlenbodens ein maximales Volumen anzustreben, bis sich ein Gleichgewicht gegen die Kaufunktion des mit natürlichen Zähnen bestückten Knochens einstellt. In den vergangenen Jahren wurden aufschlussreiche Experimente am Tier und Studien am Menschen veröffentlicht, die zum biologischen Verständnis der Pneumatisation beitragen und deren Erkenntnisse bei der Therapieplanung nach Zahnverlust in dieser Region genutzt werden können.

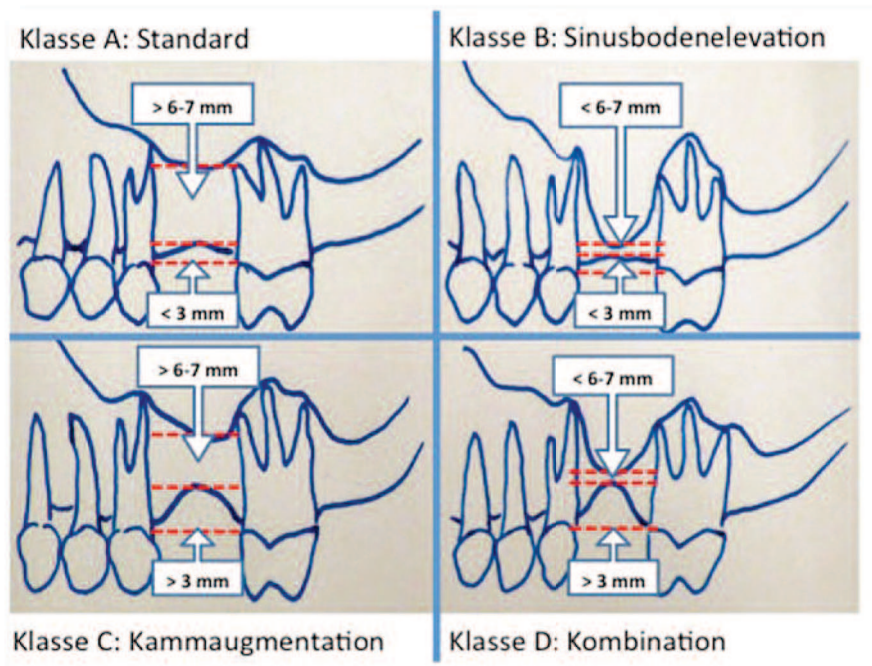
Ursachen der Atrophie

Die vertikale Reduktion des Kieferhöhlenbodens kann prinzipiell von zwei Seiten erfolgen. Einerseits durch externe Atrophie des Alveolarkamms infolge odontogener Faktoren, Fehlbelastung oder herausnehmbare Prothesen. Gerade nach Zahnextraktion ist sehr häufig mit einem Einbruch des krestalen (vertikalen) Knochenangebots zu rechnen. Andererseits und sehr viel häufiger reduziert sich die Restknochenhöhe bei fehlender Be-zahnung durch die Pneumatisation von intern, da die Signalwirkung der Kaufunktion über das Parodont fehlt.

Klassifikation

Simion et al. haben zur Orientierung für die regenerative Behandlung von Implantatpatienten eine vierstufige Klassifikation des Kieferhöhlenbodens vorgeschlagen [1].

- ▶ Klasse A (Normalsituation): krestales Knochenniveau maximal 3 Millimeter (mm) apikal der Schmelz-Zement-Grenze, Restknochenhöhe mindestens 6 bis 7 mm. Es sind keine regenerativen Maßnahmen notwendig, und Implantate können nach Standardprotokoll gesetzt werden.
- ▶ Klasse B (erhöhte Pneumatisation): krestales Knochenniveau maximal 3 mm apikal der Schmelz-Zement-Grenze, Restknochenhöhe weniger als 6 bis 7 mm. Hier kann durch Sinusbodenaugmentation ein ausreichendes Lager für Implantate geschaffen werden.
- ▶ Klasse C (krestale Resorption): Restknochenhöhe mindestens 6 bis 7 mm, krestales Knochenniveau mehr als 3 mm apikal der Schmelz-Zement-Grenze. Eine vertikale Kammaugmentation



Klassifikation nach Simion et al. 2004



OPG eineinhalb Jahre nach Exzision von 26: Deutlich ist zu erkennen, dass der Sinusboden im Bereich der Exzision abgesunken ist, während die Wurzelspitzen im Bereich der verbliebenen Zähne das Niveau des Sinusbodens bestimmen. Ähnliche Situation nach länger zurückliegender Exzision im Bereich 16. Die Verschattung der rechten Kieferhöhle zeigt pathologische Veränderungen, möglicherweise ausgelöst durch die Wurzelfüllung an 14.

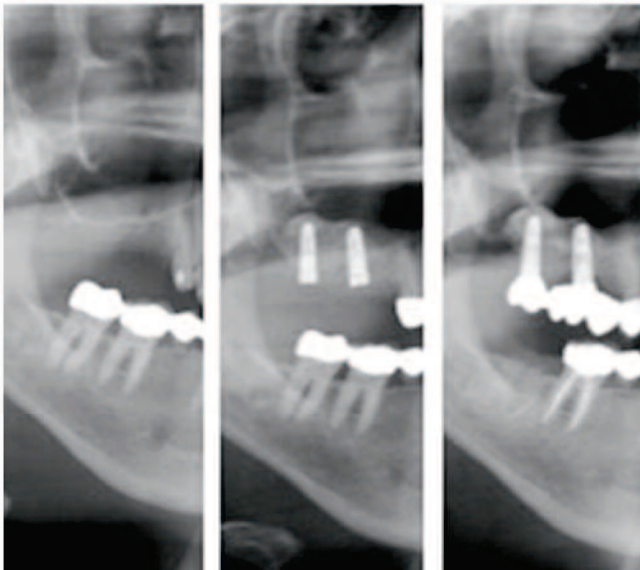
Fotos: Dr. Claus Fuchs

mit GBR-Techniken (autologe Blöcke oder granuläre Augmentation mit Titanmesh) wird benötigt, um ein ungünstiges Implantat-Kronen-Verhältnis und damit verbundene biomechanische und ästhetische Probleme zu vermeiden.

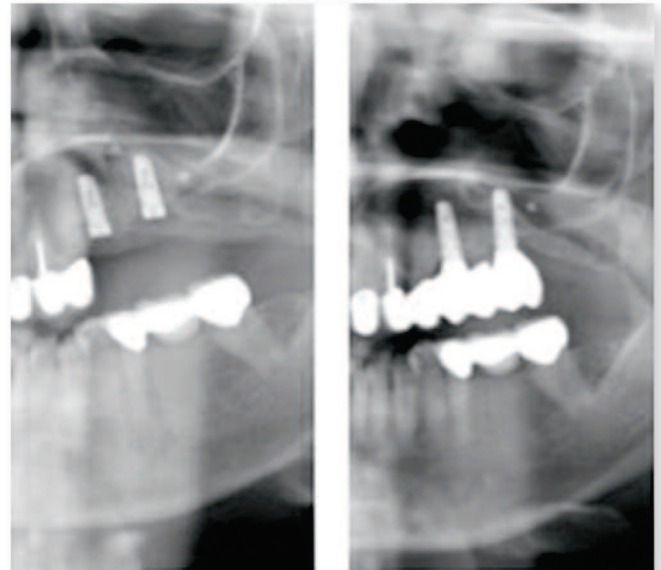
- ▶ Klasse D (kombinierte Resorption): krestales Knocheniveau mehr als 3 mm apikal der Schmelz-Zement-Grenze, Restknochenhöhe weniger als 6 bis 7 mm. Die Sinusbodenelevation (SBE) allein oder eine vertikale GBR-Technik allein sind unzureichend. Die Kombination beider Techniken zeigt nach Simion et al. ein vergleichbares biologisches Verhalten wie die Implantation in nativen Knochen.

Mögliche Maßnahmen

Um krestale Kammresorptionen und vertikale GBR-Maßnahmen nach Zahnextraktion zu vermeiden, können kieferkammerhaltende Maßnahmen, wie Socket- oder Ridge-



Externe Sinusbodenelevation mit reinem Bio-Oss.
Links: Ausgangssituation;
Mitte: postoperativ; rechts: Follow-up nach fünf Jahren.
Das vertikale Niveau des angehobenen Sinusbodens ist stabil.



Externe Sinusbodenelevation mit einer 1:1-Mischung aus Bio-Oss und Eigenknochen. **Links: postoperativ;**
rechts: Follow-up nach drei Jahren. Das vertikale Niveau des angehobenen Sinusbodens ist bis in den apikalen Bereich des Implantats abgesunken.

Fotos: Dr. Fuchs

Preservation, in Betracht gezogen werden. Bei ausreichend krestalem Knocheniveau und ausreichender Restknochenhöhe können zur Vermeidung einer operativ notwendigen SBE nach aktuellem Kenntnisstand angulierte oder kurze Implantate zum Einsatz kommen. Angulierte Implantate sollten gemäß der Leitlinie des Bundesverbands der implantologisch tätigen Zahnärzte (BDIZ) nur in Knochen mit günstiger Qualität (vorzugsweise besser als D3) und unter primärer Verblockung in Erwägung gezogen werden. Kurze Implantate benötigen wegen des größeren Durchmessers eine ausreichende Kieferkammbreite [2] von > 8 mm. Außerdem wirken sich marginale Knochenverluste stärker auf das Implantat-Kronen-Verhältnis aus.

Bei interner Atrophie und unzureichender Restknochenhöhe können als regenerative Maßnahmen je nach Anforderung die interne SBE (nach Summers) oder die externe SBE (nach Tatum) mit gleichzeitiger Implantation (einzeitiges Vorgehen) oder zeitverzögerter Implantation (zweizeitiges Vorgehen) erfolgen. Unter den regenerativen Maßnahmen innerhalb der dentalen Implantologie ist die SBE die am besten dokumentierte Augmentations-technik. Als größtenteils knöchern umschlossene Wunde mit unbelastetem Lager ist es eine perfekte Indikation für GBR-Techniken. Hierfür stehen eine Reihe von Knochenersatzmaterialien zur Verfügung, allen voran der autologe Knochen als Goldstandard. Und es stellt sich heute die Frage: „Ist der Standard wirklich Gold?“ – bezogen auf diese Indikation.

Ist der Standard wirklich Gold?

In Reviews weisen Sinusbodenaugmentationen mit rein autologem Knochen eine geringere Implantatüberlebensrate auf als Augmentate aus reinem Knochenersatzmaterial oder Mischungen

aus autologem Knochen mit Knochenersatzmaterial [3-5]. Sie legen den Verdacht nahe, dass die Biologie der Kieferhöhle nicht allein durch den technischen Akt der Augmentation gestoppt wird, sondern auch vom Augmentationsmaterial abhängig ist. Asai et al. haben in einer zweiarmligen Versuchsreihe an Kaninchen untersucht, welchen Einfluss die Belüftung des Sinus maxillaris auf eine externe SBE hat [6]. Dazu haben sie die Schneidersche Membran angehoben, die Kieferhöhle mit Blut füllen lassen und das Fenster lediglich mit einer Bio-Gide-Membran (Fa. Geistlich, Baden Baden) abgedeckt. Zusätzlich wurde in einer Gruppe das Ostium naturale verschlossen.

Die Autoren konnten feststellen, dass ein mit Blut gefüllter Sinus maxillaris mit intaktem Ostium naturale sich zunächst mit neugebildetem Knochen füllte. Nach drei Wochen war der augmentierte Bereich wieder fast vollständig von einem Hohlraum eingenommen und als belüftete Kieferhöhle ausgebildet. Bei Kaninchen mit einem Verschluss des Ostium naturale konnte man drei Wochen später die vollständige Füllung des erzeugten Hohlraums mit einer organisierten Knochenmasse feststellen. Das Gewebe hatte nach sechs Wochen ausgereifte Trabekel und peripher angelegten kortikalen Knochen ohne erkennbare Hohlräume. Jedoch war zu erkennen, dass der mineralische Anteil innerhalb des trabekulären Knochens ähnlich der Abheilung einer Extraktionsalveole mit der Zeit sank.

Eine Fünfjahresstudie von Nedir et al. verfolgte radiologisch den Verlauf des Knochenniveaus nach Anhebung der Schneiderschen Membran mit Osteotomietechnik (interne SBE) [7]. Um die Implantate bildete sich aus dem Blutkoagulum neuer Knochen, der dazu führte, dass sich der im Sinus stehende Implantatanteil von durchschnittlich 4,9 mm auf 1,5 mm reduzierte.

Claus Fuchs

Dr. Claus Fuchs studierte von 1995 bis 2002 Humanmedizin in Würzburg. 2003 nahm er das Studium der Zahnmedizin an der Universität Erlangen auf, die Promotion schloss sich an. Von 2008 bis 2009 war er als Zahnarzt und wissenschaftlicher Mitarbeiter am Universitätsklinikum Dresden aktiv. Von Dresden wechselte er an das Universitätsklinikum Gießen und Marburg, wo er als Oberarzt und wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig war. Seit 2011 ist Dr. Claus Fuchs Partner bei den Zahnärzten Dres. Fuchs & Kollegen. Er hat sich bei zahnärztlichen Hilfsprojekten in Sierra Leone und Brasilien engagiert. 2011 absolvierte er das Curriculum Implantologie der DGI, seit 2012 führt er diesen Tätigkeitsschwerpunkt. Seit 2013 ist Dr. Fuchs 1. Vorsitzender in der Studiengruppe Implantologie Bodensee Euregio.



Eine komplette Osseointegration bis zur apikalen Spitze des Implantats konnte nicht erreicht werden, dennoch lag innerhalb des Follow-ups von fünf Jahren die Implantatüberlebensrate bei 100 Prozent. In einer weiteren Studie an Kaninchen wurde die knöcherne Neubildung nach Augmentation im Vergleich *Bio-Oss* (Fa. Geistlich, Baden Baden) versus Blutkoagulum ohne Knochenersatzmaterial untersucht, diesmal ohne Verschluss des Ostium naturale [8], ansonsten analog der Vorgehensweise von Asai et al. Acht bis zehn Wochen nach der Implantation war in der Kontrollgruppe der durch das Blutkoagulum induzierte Neuknochen fast komplett resorbiert. Das Volumen des mit *Bio-Oss* augmentierten Bereichs blieb von Woche zwei bis Woche zehn nahezu unverändert, und der mineralische Anteil blieb unverändert stabil.

Eine weiterführende Tierstudie (ebenfalls im Kaninchenmodell) von Lambert et al. verglich die Stabilität nach externer Sinusbodenelevation und Füllung mit einem reinen Blutkoagulum versus autologem Knochen versus *Bio-Oss* [9]. Weder das durch Blutkoagulum noch das durch autologen Knochen gewonnene Volumen widerstanden im Verlauf von sechs Monaten der Pneumatisation. Die Volumina gingen auf 19,4 Prozent respektive 30,1 Prozent zurück und zeigten im verbliebenen Restknochen einen geringen mineralischen Anteil von ca. 20 Prozent. Dagegen blieb das mit *Bio-Oss* augmentierte Volumen über den Beobachtungszeitraum mit 84 Prozent Restvolumen und ca. 50 Prozent gesamtmineralischem Anteil weitgehend erhalten.

Jensen et al. untersuchten in einer Studie an Minischweinen die Volumenstabilität von Augmentaten aus *Bio-Oss* und Gemischen aus autologem Knochen und *Bio-Oss* [10]. Sie stellten eine Korrelation zwischen dem *Bio-Oss*-Anteil und der Stabilität des augmentierten Volumens fest. Verwendet wurde zur Augmentation autologer Knochen entnommen aus der Hüfte und der Mandibula. Beide Augmentationsprotokolle mit den genannten Gemischen zeigten innerhalb von zwölf Wochen einen Volumenverlust von durchschnittlich 60 Prozent und hoher Streuung. Am geringsten fiel der Verlust mit unter 10 Prozent und geringer Streuung nach Augmentation mit *Bio-*

Oss allein aus. Galindo-Moreno et al. konnten ähnliche Beobachtung nach sechs Monaten Einheilzeit auch am Menschen machen [11].

Langzeitbeobachtungen bestätigen ebenfalls, dass die Reexpansion des Sinus maxillaris vom Verhältnis von Eigenknochen und *Bio-Oss* abhängt. Hatano et al. untersuchten über knapp zehn Jahre die Knochenentwicklung um Implantate nach Sinusaugmentation mit einem Mischungsverhältnis von 2:1 autolog/*Bio-Oss* [12]. Offenbar war der Anteil an *Bio-Oss* nicht hoch genug, sodass letztendlich der Knochen zwischen den Implantaten an Höhe verlor und die Implantate mit ihrem apikalen Ende in die Sinushöhle ragten. Betrachtet man dagegen radiographische Langzeitbeobachtungen an Patienten mit 100 Prozent Anteil *Bio-Oss* [13,14], kann eine sehr hohe Langzeitstabilität des Augmentats in Funktion festgestellt werden.

Biologischer Hintergrund

Im Gegensatz zum autologen Knochen, in dem eingebettete und absterbende Osteozyten einen wesentlichen Beitrag zur Signalgebung des Knochenremodellings leisten, geht vom *Bio-Oss* selbst zunächst kein Signal für einen Umbau aus. Der Resorptionsgrad von *Bio-Oss* nach den ersten Monaten ist vernachlässigbar. Erst nach dem Einbau in den neuen Knochen wird *Bio-Oss* in den natürlichen Umbauprozess einbezogen. Histologischen Langzeitbeobachtungen zufolge kann mit einer Umbaurate von ca. 5 bis 15 Prozent pro Jahr gerechnet werden, dies ist je nach Patient und Indikation unterschiedlich [15-17]. Das langsame Umbauverhalten scheint der Grund für die hohe Volumenstabilität im Sinus maxillaris nach SBE zu sein, wo es sonst in unbelasteten Regionen zur Pneumatisation der Kieferhöhle kommen würde.

Fazit

Das Niveau des Kieferhöhlenbodens wird von den beiden Funktionseinheiten Parodont und Kieferhöhle bestimmt. Er resorbiert extern durch odontogene Faktoren, intern durch Pneumatisation. Die Sinusbodenelevation ist eine gesteuerte Knochenregeneration, für deren knöcherne Regeneration ein Blutkoagulum Voraussetzung ist. Ein Regenerat rein aus Blut oder Eigenknochen ändert nichts an der Biologie des Sinusbodens, weshalb es wiederum der Reexpansion unterliegt. Auch Implantate können die Reexpansion nur lokal und unvollständig verhindern. Geeignete Knochenersatzmaterialien wie beispielsweise *Bio-Oss* bilden eine funktionelle Einheit aus Knochenersatz und Eigenknochen und können dem augmentierten Sinusboden zu ausreichend Widerstand gegen das natürliche Expansionsstreben der Kieferhöhle verhelfen.

Dr. Emil Endreß, Baden-Baden
Dr. Claus Fuchs, Konstanz

Das Literaturverzeichnis kann als pdf im ePaper unter www.dzw.de heruntergeladen oder unter lerserservice@dzw.de angefordert werden.