

Für eine erfolgreiche Implantatversorgung ist eine vorherige Diagnostik und Planung unumgänglich. Steht am geplanten Implantationsort kein ausreichendes Knochenangebot zur Verfügung, so wird eine Augmentation des Knochens notwendig. Aufgrund der Vielfalt derzeit verfügbarer Knochenersatzmaterialien wurden in den vergangenen Jahren vermehrt systematische Literaturübersichten publiziert. Dieser Fachbeitrag liefert eine umfassende Literaturanalyse und geht auf theoretische Grundlagen sowie verschiedene medizinische Problematiken bei der Augmentation ein.



# Knochenersatzmaterialien und periimplantärer Knochen

## Eine Literaturanalyse

Univ.-Prof. Dr. med. dent. habil. Wolf-Dieter Grimm, Dr. med. dent. Marco Alexander Vukovic, Dr. med. dent. Ingmar Schau

### 1. Einleitung

Die enossale Implantologie des stomatognathen Systems ist heute ein integraler Bestandteil der zahnärztlich-prothetischen Versorgung in Deutschland.<sup>1</sup> Eine wissenschaftliche Anerkennung der Implantologie durch die Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde erfolgte 1982.<sup>2</sup> In der aktuellen wissenschaftlichen Stellungnahme „Implantologie in der Zahnheilkunde“ der DGZMK von 2005 wurde das Indikationsspektrum für Zahnimplantate bei ausreichend vorhandenem oder aufgebautem Knochen auf alle denkbaren zahnärztlich-prothetischen Indikationsklassen ausgeweitet. So können heute Implantate auch dann indiziert sein, wenn durch alternative prothetische Versorgungsformen funktionell vergleichbare Ergebnisse erzielbar wären.<sup>3</sup>

Für eine erfolgreiche Implantatversorgung ist eine vorherige Diagnostik und Planung unumgänglich. Hierbei ist es heute Konsens, zunächst eine prothetische Planung durchzuführen, von der

ausgehend die optimalen Implantatpositionen evaluiert und festgelegt werden.<sup>4</sup> Steht am geplanten Implantationsort kein ausreichendes Knochenangebot zur Verfügung, so wird eine Augmentation des Knochens beziehungsweise eine Rekonstruktion des Alveolarfortsatzes notwendig.<sup>5</sup>

Ursachen für hart- und weichgewebliche Defekte und Defizite im Bereich des Kiefers können traumatisch bedingt, durch entzündliche und andere pathologische Prozesse verursacht oder angeboren sein.<sup>6</sup> Auch tritt infolge des Zahnverlustes eine Inaktivitätsatrophie und durch Prothesendruck eine Druckatrophie ein, welche zu einer vollständigen Resorption des knöchernen Alveolarfortsatzes führen können.

In einer konsensusgestützten S2-Leitlinie der DGZMK werden vier Defektkategorien beschrieben, aus denen unterschiedliche Indikationsklassen für Knochenaugmentationen als präimplantologisch-lagerverbessernde Maßnahmen abgeleitet werden:<sup>7,8</sup>

1. mehrwandiger horizontaler Defekt,
2. einwandiger horizontaler Defekt,

3. vertikaler Defekt,
4. Alveolarkammdefekt im Bereich der Kieferhöhle.

### 1.1 Medizinische Problematik

Ossäre Defekte im Bereich des Kiefers besitzen prinzipiell das Potenzial, spontan und vollständig zu regenerieren (Abb. 1). Ausdruck dieser Fähigkeit zur vollständigen Restitutio ad Integrum ist die knöcherne Heilung von Extraktionswunden in entzündungsfreier Umgebung beim gesunden Patienten (Abb. 2). Jedoch ist durch die rasche Proliferation des bedeckenden Weichgewebes in den Defektbereich vielfach eine vollständige knöcherne Durchbauung der Defektregion behindert.<sup>9</sup> Zahlreiche weitere Faktoren können die knöcherne Regeneration von Kieferkammdefekten negativ beeinflussen: eine kritische Defektgröße, Mobilität, reduzierte Blutversorgung, exogene Noxen (Rauchen), lokale inflammatorische Prozesse, Allgemeinerkrankungen (z. B. Diabetes mellitus), Medikamente (z. B. Bisphosphonate).

Das Resultat einer ausbleibenden oder unvollständigen Knochenheilung ist eine

bindegewebige Reparatur beziehungsweise Vernarbung im Defektbereich, welche für eine prothetische Rehabilitation aus funktioneller und ästhetischer Sicht problematisch werden kann.

So steht vielfach für eine geplante enossale Implantation kein ausreichendes Knochenangebot zur Verfügung. Zusätzlich kann die weichgewebliche Situation derart kompromittiert sein, dass kein harmonisches Emergenzprofil, kein natürlicher Farbverlauf der bedeckenden Gingiva, keine keratinisierte Gingiva oder Interdentalpapillen und somit eine reduzierte Hygienefähigkeit der implantatgestützten Prothetik resultieren.

Aber auch für konventionelle prothetische Versorgungsformen stellen Hart- und Weichgewebedefekte des Kieferkammes eine große Herausforderung dar. So führen vertikale Diskrepanzen zwischen bezahnten und unbezahnten Kieferabschnitten zu biostatistisch/biomechanisch und auch ästhetisch ungünstigen Ausgangssituationen. Eine bindegewebige Defektüberbrückung kann insbesondere im Unterkiefer zu einer fibrösen Einscheidung von Nervenfasern führen, die alleine oder in Kombination mit der Auflagerung von Deckprothesen zu Schmerzen und Funktionsstörungen führen kann.<sup>6</sup>

Die infolge von Resorptionen des Kieferkammes eintretende Abflachung des Kieferkammprofils mit Verlust an keratinisierter Gingiva, hoch einstrahlenden Lippen-, Wangen- und Zungenbändern und ein hoch ansetzender Mundboden können das Tragen einer herausnehmbaren Prothese, insbesondere einer Totalprothese, erschweren oder unmöglich machen. Der Kaukomfort, die Hygienefähigkeit und die Ästhetik einer implantatgestützten Zahnersatzversorgung können durch die genannten Veränderungen ebenfalls kompromittiert sein.

Aus den genannten Gründen ist es für zahnärztlich-prothetische Rehabilitationen ein Hauptanliegen und eine wesentliche Herausforderung, Knochendefekte im Bereich der Kieferkämme zu verhindern oder diese aufzufüllen beziehungsweise horizontale und vertikale Knochendefizite zu rekonstruieren.



**Abb. 1:** Struktur der gesunden Spongiosa in 3-D-Ansicht.

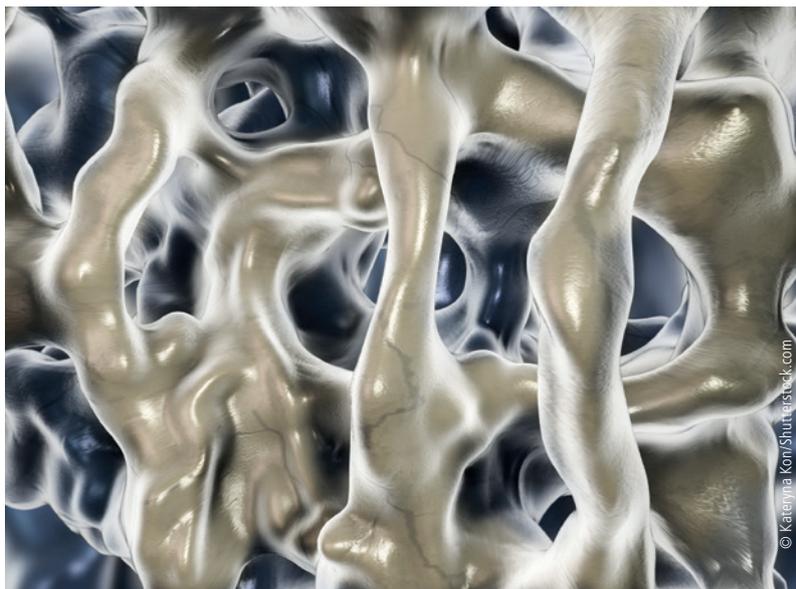
Kleinere, insbesondere drei- und zweiwandige Defekte können im Sinne der gesteuerten Knochenregeneration mit Barrieremembranen und verschiedenen Arten von partikulärem Knochen- und Knochenersatzmaterial allein oder in Kombination versorgt werden.<sup>10</sup> Die Membranen halten dabei das wesentlich schneller proliferierende Weichgewebe ab und schaffen somit einen Hohlraum, der dem Knochengewebe die Zeit und den Platz verschafft, in diesen hineinzuwachsen. Granuläre Füllmaterialien dienen in erster Linie zur Abstützung der Membran und Sicherung der Form- und Volumenstabilität im Augmentationsbereich. Je nach verwendetem Knochen respektive Knochenersatzmaterial kommen osteokonduktive und gegebenenfalls osteoinduktive oder osteogenetische Effekte hinzu.<sup>11</sup> Die gesteuerte Knochenregeneration eignet sich jedoch nicht, um größere, einwandige horizontale, vertikale oder kombinierte Defekte, Kontinuitätsunterbrechungen der Kiefer oder Osteoplastiken außerhalb der Kieferkontur zu versorgen beziehungsweise durchzuführen.<sup>12</sup> Hierzu sind Knochentransplantate in Blockform notwendig, da nur so eine adäquate Form- und annähernde Volumenstabilität während der Einheilzeit gewährleistet wird. Autogene Knochenblocktransplantate werden am Körper des gleichen Individuums gewonnen und können frei oder gefäßgestielt sein, wobei in der zahnärztlichen

Implantologie das freie Knochen transplantat aus dem Beckenkamm oder aus intraoralen Entnahmestellen die Regel ist.<sup>13</sup> Ihnen wohnen osteoinduktive, osteogenetische und osteokonduktive Eigenschaften inne, potenziell antigene oder infektiöse Wirkung können ausgeschlossen werden. Autogene Knochentransplantate (Abb. 3–16) gelten in der Zahnheilkunde aufgrund ihrer guten Verträglichkeit, hoher Erfolgswahrscheinlichkeit und umfangreicher wissenschaftlicher Untermauerung als Goldstandard für die Versorgung von horizontalen konturgebenden und vertikalen Knochendefekten.<sup>12–32</sup>

Ein wesentlicher Nachteil autogener Knochentransplantate ist in der erhöhten Patientenbelastung durch die Zweitoperation zur Knochenentnahme zu sehen. Je nach intra- oder extraoraler Entnahmestelle ist mit unterschiedlichen Operationsrisiken und Entnahmemorbiditäten zu rechnen.<sup>33,34</sup>

Weiterhin unterliegen autogene Transplantate je nach Entnahmeregion einer unterschiedlich starken Resorption während der Einheilzeit.<sup>25,22</sup>

Schliephake et al. (1997) berichten über Implantatüberlebensraten nach autogener Knochenblocktransplantation bei starker Alveolarfortsatzatrophie von 83,4 Prozent nach einem Jahr und nur 67,8 Prozent nach fünf Jahren. Wenngleich andere Studien bessere Überlebensraten über 90 Prozent nach 60 Monaten aufzeigen, muss diskutiert



**Abb. 2:** Nahansicht der Spongiosa zeigt die Knochenbälkchen.

werden, ob diese Werte der Invasivität des Verfahrens gerecht werden.<sup>16,35,36</sup>

Die begrenzte Verfügbarkeit autogener Transplantate kann zudem insbesondere bei sehr großen Defektgeometrien, bei Rekonstruktion beider Kiefer oder nach fehlgeschlagener Augmentation in der Anamnese eine Einschränkung darstellen.

Aus den genannten Gründen macht es medizinisch Sinn, nach Alternativen zu suchen, die eine dreidimensionale knöcherne Augmentation größerer Defekte ohne Knochenentnahme am Körper des Empfängers ermöglichen (Abb. 17).

Allogene Knochentransplantate werden von toten oder lebenden Spendern gewonnen und durch Gewebekbanken bereitgestellt. Unter dem Begriff des knöchernen Allotransplantats werden jedoch eine Vielzahl unterschiedlich aufbereiteter Materialien zusammengefasst. Man unterscheidet:

- gefriergetrockneten Knochen, FDDBA,
- demineralisierten gefriergetrockneten Knochen, DFDBA,
- bestrahlten Knochen und lösungsmittelkonservierter Knochen ad modum Tutoplast®.<sup>37</sup>

All diese Verfahren sind Ausdruck des Bemühens seitens von Knochenbanken und Industrie, die dem Allotransplantat anhaftende Antigenität und potenzielle Infektiosität zu beseitigen bzw. zu minimieren, welche einen wesentlichen

Nachteil allogener Knochentransplantate darstellen.<sup>38,39</sup> Weitere Nachteile allogener Knochentransplantate sind die ausschließlich osteokonduktive Eigenschaft, die theoretische Übertragbarkeit von HIV und spender- bzw. chargenabhängige Schwankungen der Gewebebeschaffenheit.<sup>37,40</sup>

Vorteile allogener Knochentransplantate sind die nahezu unbegrenzte Verfügbarkeit, der Wegfall einer Knochenentnahme aus dem Empfängerorganismus, reduzierte Operationszeiten und Anästhesiemengen, verminderter Blutverlust und geringere Komplikationen.<sup>37</sup>

Allogener Knochen wird in partikulärer Form zur Defektauffüllung im Rahmen der gesteuerten Geweberegeneration (GTR) mit Membranen in der Parodontologie erfolgreich eingesetzt.<sup>41,42</sup> Auch in der Augmentationschirurgie werden allogene partikuläre Knochenersatzmaterialien im Zusammenhang mit der gesteuerten Knochenregeneration (GBR) und für Sinusbodenaugmentationen verwendet.<sup>43–45</sup>

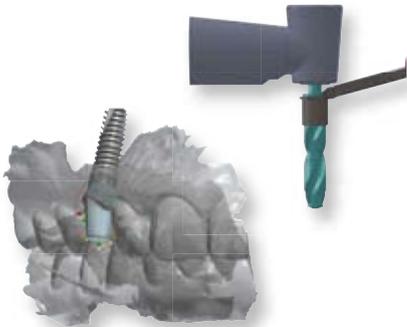
Der Einsatz von allogenen Knochenblöcken ist ebenfalls in der Literatur gut dokumentiert. Dies belegt unter anderem eine systematische Literaturübersichtsarbeit aus 2010, wobei die Autoren zu dem Schluss kommen, dass in zahlreichen Fallserien zwar das Potenzial allogener Knochenblöcke zur Augmentation größerer Defekte

beschrieben wird, eine echte Evidenz in Hinblick auf das Einheilverhalten der allogenen Grafts, dem erzielbaren Augmentationsvolumen und des späteren Implantaterfolges jedoch nicht vorliegt.<sup>46</sup> Plöger und Schau<sup>47</sup> beschreiben in ihrer Buchpublikation zum Einsatz allogener Knochenblöcke in der zahnärztlichen Chirurgie Einheilraten allogener Knochenblocktransplantate von 93,4 Prozent im Oberkiefer, 85,4 Prozent im Unterkiefer und 90,5 Prozent insgesamt.<sup>47</sup> Dabei wurden 285 Knochenblöcke eingepflanzt. Als Erfolg wurden die Blöcke gewertet, die nach geschlossener Einheilzeit für die Insertion eines dentalen Schraubenimplantates und eine anschließende prothetische Versorgung zur Verfügung standen. Die häufigste Ursache für Misserfolge waren Totalverluste infolge einer frühen Wunddehiszenz, gefolgt von einer bindegewebigen Einscheidung und fehlender knöcherner Integration bei Eröffnung. Implantatüberlebensraten oder eine Erfolgsbewertung dentaler Implantate nach allogener Blockaugmentation wurden nicht publiziert.<sup>47</sup>

## 1.2 Literaturanalyse

Der Einsatz allogener Knochenblöcke ist im Zusammenhang mit dreidimensionalen Kieferkammrekonstruktionen vor einer geplanten enossalen Implantation bereits gut dokumentiert. Zahlreiche Fallstudien und eine prospektive Multicenterstudie bestätigen anhand klinischer und radiologischer Parameter ein gutes Einheilverhalten von allogenen Knochenblöcken als präimplantologisch-lagerverbessernde Maßnahme.<sup>48–50</sup> Implantatüberlebensraten nach allogener Blockaugmentation sind sehr hoch und werden mit 90,5–98,8 bzw. 99–100 Prozent angegeben.<sup>46–50</sup> Teilweise sind Histologien erstellt worden, die eine knöcherne Inkorporation und eine Resorption und Substitution durch vitalen Knochen ohne Entzündungszeichen oder Nekrose bestätigen.<sup>48</sup>

Waasdorp et Reynolds (2010) bemängeln in ihrer Literaturübersichtsarbeit zum Thema jedoch das Fehlen von randomisierten, kontrollierten klinischen Studien.<sup>46</sup>



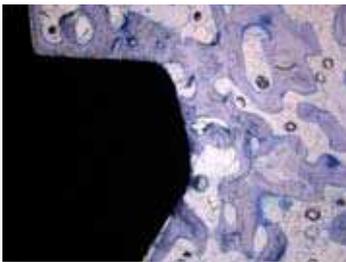
### INNOVATIV.

Ob navigierte Implantation mittels Guided-Surgery, digitale Abformung oder die Herstellung von individuellen Abutments mit CAD/CAM Verfahren. Die Zukunft beginnt jetzt – mit alphatech®.



### EINFACH.

Vom übersichtlichen OP-Tray mit allen benötigten Komponenten bis zum kompletten Spektrum an Versorgungsmöglichkeiten. Überflüssiges hat hier keinen Platz.



### SICHER.

Sicherheit bietet das alphatech® System in allen Bereichen. Von der BONITex® Oberfläche, über Bohrer mit Tiefenstops bis hin zu einer separaten Schraube für alle prothetischen Aufbauten.



FreeTel: 0800 - 1500055

FreeFax: 08000 - 400044

[www.alphatech-implantate.de](http://www.alphatech-implantate.de)

[alphatech@henryschein.de](mailto:alphatech@henryschein.de)

Auch Araujo et al. (2013) kommen in ihrem systematischen Review, der die verfügbare Literatur zur Rekonstruktion von Kieferkammern mit Block-Allografts von 1960 bis 2011 untersucht, zu dem Ergebnis, dass hohe Überlebensraten allogener Blöcke dokumentiert sind. Der Grad der wissenschaftlichen Evidenz ist jedoch aufgrund kurzer Untersuchungszeiträume und methodischer Unterschiede gering.<sup>51</sup>

In Tierversuchen wurden vereinzelt zelluläre Fremdkörperreaktionen im Zusammenhang mit humanen lösungsmittelkonservierten Knochenchips beobachtet.<sup>6,11</sup> Der Begriff „allogenes Transplantat“ ist im Tierversuch für menschlichen Knochen nicht mehr gerechtfertigt; das Göttinger Minischwein hätte in den oben zitierten Untersuchungen theoretisch mit Tutoplast®-prozessiertem Schweineknöchel konfrontiert werden müssen, um die Wirkung eines lösungsmittelkonservierten Allotransplantats beschreiben zu können. Fremdkörperreaktionen sind hier möglicherweise als Reaktion auf speziefremdes Eiweiß zu deuten. Andere tierexperimentelle Studien berichten über keine histologisch auffälligen Reaktionen beim Einsatz humanen, lösungsmittelkonservierten Knochenmaterials.<sup>33</sup>

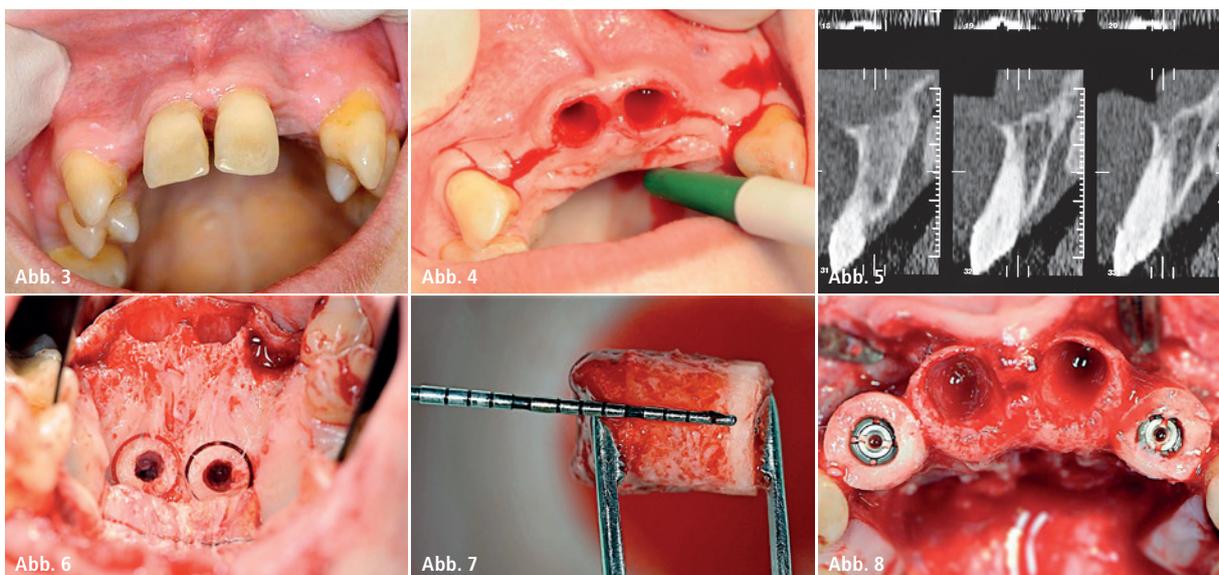
Esposito et al. (2009) führten eine systematische Cochrane-Studie zur Effek-

tivität horizontaler und vertikaler Knochenaugmentationsverfahren durch und kommen unter anderem zu dem Schluss, dass Knochenersatzmaterialien für die Augmentation im Sinne der gesteuerten Knochenregeneration möglicherweise besser geeignet sind als autogener Knochen und dass Knochenblöcke aus Knochenersatzmaterialien von Patienten präferiert werden gegenüber Blocktransplantaten aus dem Beckenkamm.<sup>52</sup> In der atrophischen posterioren Mandibula könnten laut Esposito et al. (2009) kurze Implantate zu geringeren Implantatverlust- und Komplikationsraten führen als vertikale Augmentationsverfahren mit zeitversetzter oder zeitgleicher Implantation.<sup>52</sup> Auch scheint die vertikale Osteodistraction gegenüber vertikalen Inlay-Grafts mit autogenem Knochen mehr Zugewinn an Knochenhöhe zu ermöglichen.

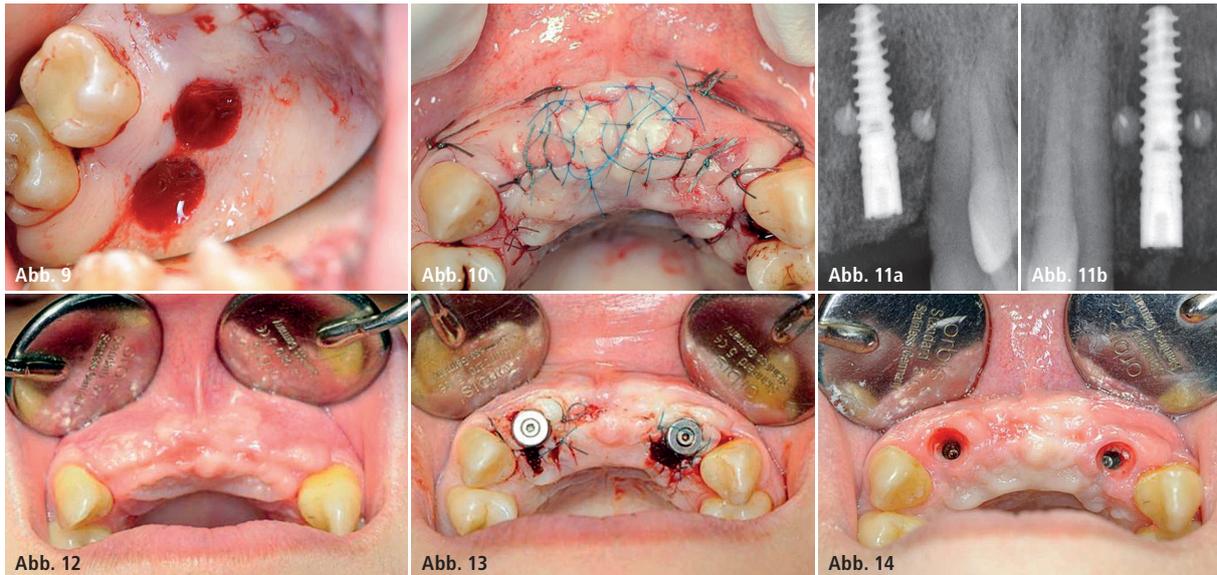
Fiorellini et Nevins (2003) fanden in ihrer Literaturübersichtsarbeit ähnlich hohe Implantatüberlebensraten für Implantate mit GBR, Distractionsosteogenese oder im nativen Knochen.<sup>53</sup> Die Veränderung des periimplantären Knochenlevels von Implantaten in allogenen Blockaugmentaten unter funktioneller Belastung scheint noch nicht gezielt untersucht bzw. publiziert. Eine eigene Datenbanksuche (NCBI-PubMed) mit den Begriffen „allogenic“

oder „allogeneic“ plus „bone“, „block“ oder „augmentation“ plus „marginal bone loss“, „crestal bone loss“, „peri-implant bone loss“, „implant success“ oder „periimplantitis“ in unterschiedlichen Kombinationen ergab lediglich drei Studien, in welchen der radiologische krestale Knochenverlust an prothetisch belasteten Implantaten nach allogener Blockaugmentation als Nebenbefund Erwähnung fand: Alle drei Studien stammen von Nissan und Mitarbeitern.<sup>54–56</sup>

In einer der Studien wurden allogene Spongiosablöcke in der atrophischen posterioren Mandibula für horizontale, vertikale oder kombinierte Defekte aufgelagert.<sup>54</sup> Nach sechs Monaten wurden Implantate inseriert. Die Studie befasst sich hauptsächlich mit dem erzielten Knochenzuwachs (5,6 mm horizontal und 4,3 mm vertikal) und der bukkalen Knochenresorption am Augmentat im Zeitraum zwischen Blockauflagerung und Implantation (0,5 mm) sowie Implantation und Freilegung (0,2 mm). Blocküberlebensraten werden mit 79,3 Prozent und Implantatüberlebensraten mit 95,3 Prozent angegeben. Die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit betrug 37 Monate. Zum letzten Nachuntersuchungszeitpunkt wurde ein durchschnittlicher krestaler Knochenabbau von 0,5 mm festgestellt.



**Abb. 3:** Ausgangssituation. – **Abb. 4:** Extraktion der nicht erhaltungswürdigen Zähne 11, 21. – **Abb. 5:** DVT-Aufnahme. – **Abb. 6:** Knochentransplantatentnahme am Gaumen. – **Abb. 7:** Einmessen des Knochenblocks. – **Abb. 8:** Vertikale Knochenaugmentation mit allogener BoneRing-Technik nach Prof. Giesenhagen.



**Abb. 9:** Knochenentnahmestelle am Gaumen. – **Abb. 10:** Wundverschluss. – **Abb. 11a und b:** Röntgenkontrollaufnahmen. – **Abb. 12:** Einheilung nach zwölf Wochen. – **Abb. 13 und 14:** Abutmentauswahl.

Die beiden anderen Veröffentlichungen befassen sich mit allogenen Knochenblockauflagerungen nach traumatischem Zahnverlust (2011/3; 20 Patienten, 28 allogene Blöcke, 31 Implantate) und bei Nichtanlage von Zähnen (2011/4; 12 Patienten, 19 allogene Blöcke, 21 Implantate).<sup>55,56</sup> In beiden Studien geht es primär um Block- und Implantatüberlebensraten, welche jeweils über 90 Prozent lagen, und um den erzielten Knochenzuwachs. In Hinblick auf die Veränderungen des krestalen Knocheniveaus an den ins allogene Blockaugmentat inserierten Implantaten wird lediglich erwähnt, dass keines der Implantate einen Knochenverlust bis jenseits des ersten Gewindenganges erlitten habe. Ein umfangreiches Datenmaterial liegt für den periimplantären Knochenabbau an funktionell belasteten Implantaten mit zeitgleicher oder zeitversetzter Augmentation mit autogenen Knochenblöcken vor.

So ermittelten Schliephake et al. (1994) für 55 Implantate in 16 teilbezahnten Patienten mit vorangegangener autogener Blocktransplantation einen marginalen Knochenverlust von 0,3 mm nach zwei bis acht Monaten Funktionszeit. In 3,6 Prozent der Fälle lagen klinischen Entzündungszeichen vor, 18,9 Prozent der Fälle wiesen Plaqueakkumulation auf und Periotestwerte lagen in einer Spanne von 5 bis –5,57.

Chiapasco et al. (2012) untersuchten 60 Straumann Bone-Level® Implantate in 18 Patienten mit vertikalen Knochendefiziten, welche zweizeitig mit mandibulären kortikalen Knochenblöcken oder Knochenblöcken aus der Schädelkalotte rekonstruiert worden waren.<sup>58</sup> Nach zwölf bis 36 Monaten funktioneller Belastung lag die Implantatüberlebensrate in beiden Gruppen bei 100 Prozent. Der marginale Knochenverlust lag bei den Calvaria-Grafts bei 0,18 mm, bei den Mandibula-Grafts aus dem Ramus ascendens hingegen bei 0,42 mm.

In einer retrospektiven klinischen Studie beobachteten Boronat et al. (2010) Komplikationen, Implantatüberlebensraten und marginalen Knochenverlust nach einjähriger Funktionszeit bei Implantaten, welche zeitgleich mit autogener Blockaugmentation aus der Kinnregion, der retromolaren Region oder dem Tuberbereich gesetzt wurden.<sup>21</sup> 37 Patienten erhielten insgesamt 39 Blockgrafts und 129 Implantate, wobei nur 73 Implantate im augmentierten Areal gesetzt wurden. Drei Implantate gingen verloren (95,9 Prozent Überlebensrate; Zeitpunkt wurde nicht genau definiert). Der durchschnittliche marginale Knochenabbau betrug nach zwölf Monaten prothetischer Belastung an mesialen Messstellen 0,43 mm (0–2,7 mm); an distalen Messstellen 0,49 mm (0–1,9 mm). Der durchschnittliche ge-

samte Knochenabbau aller Implantate betrug nach zwölf Monaten 0,64 mm.

Es fällt auf, dass die in den oben genannten Studien ermittelten Werte für den radiologischen Knochenabbau in Augmentatregionen durchweg besser sind als in den Erfolgskriterien von Albrektsson et al. (1986) und Roos et al. (1997) definiert, wobei einzelne Werte offenbar deutlich über dem ermittelten Durchschnitt lagen.<sup>59,60</sup> Es wäre allerdings interessant zu erfahren, ob in augmentierten Bereichen häufiger einzelne Implantate mit deutlich erhöhtem Knochenverlust auftreten als in nichtaugmentierten Arealen. Auch wird keine Unterscheidung zwischen dem ersten Jahr nach prothetischer Versorgung und den Folgejahren vorgenommen. Dies mag daran liegen, dass nur einzelne Implantate über Beobachtungszeiträume von mehr als zwölf Monaten nachverfolgt werden konnten.

Eine prospektive Fünf-Jahres-Studie von Dasmah et al. (2013) vergleicht das marginale Knocheniveau an Implantaten nach autogener Blockaugmentation versus Knochenaufbau mit partikuliertem autogenem Material und PRP im atrophischen Oberkiefer unter Verwendung eines Split-Mouth Designs.<sup>61</sup> Diese Studie untersucht das marginale Knochenlevel zu den Zeitpunkten „Baseline (Prothetik)“, „1 Jahr“ und „5 Jahre nach Prothetik“. In dieser Studie fand der größte Teil des periimplantären

Knochenabbau in beiden Gruppen im ersten Jahr nach Prothetik statt (Testgruppe: Baseline:  $1,3 \pm 0,9$  mm; 1 Jahr:  $2,0 \pm 0,8$  mm; 5 Jahre:  $2,0 \pm 1,0$  mm). Aus den publizierten Daten geht hervor, dass einzelne Implantate einen Knochenabbau von bis zu 3,7 mm (Testgruppe) bzw. 4,1 mm (Kontrollgruppe) nach dem ersten Jahr aufwiesen. Die konkrete Anzahl der Implantate mit unphysiologisch hohem Knochenabbau wurden nicht berichtet. Es fällt auf, dass im laufenden Text der Publikation mit Mittelwerten für den marginalen Knochenabbau gearbeitet wird, was auf eine Normalverteilung der Messwerte hindeutet. Hingegen wurde als statistischer Test der nichtparametrische Wilcoxon-Test für verteilungsfreie Daten herangezogen. Ob die publizierten Daten somit einen direkten Vergleich mit anderen Studienergebnissen zulassen, bleibt daher zunächst offen.

In einer aktuell erschienenen Metaanalyse wurden Studien über den marginalen periimplantären Knochenabbau an implantatgestützten Einzelzahn- vs. verblockten Zahnersatzversorgungen unabhängig von vorherigen Augmentationen gesichtet und bewertet.<sup>62</sup> Die Autoren fanden 2.107 Studien, von denen 17 die Einschlusskriterien erfüllten. Sieben davon betrafen Einzelzahnversorgungen und zehn Studien befassten sich mit verblockten prothetischen Konstrukten. Die Nachuntersuchungszeiträume sind mit ein bis 20 Jahre angegeben. Der Knochenrückgang lag für die Einzelversorgungen bei durchschnittlich 0,58 mm (95 % CI, 0,37–0,80 mm) und für die Mehrfachversorgungen

bei 0,9 mm (95 % CI, 0,49–1,32 mm), wobei sich nach Meinung der Autoren keine Evidenz ableiten ließe, dass Unterschiede beim marginalen Knochenrückgang zwischen den Versorgungsformen vorlägen. Implantate nach allogener Blockaugmentation müssen sich an den dargestellten Werten messen lassen.

## 2. Theoretische Grundlagen

### 2.1 Osseointegration

Der Begriff der Osseointegration wurde von dem schwedischen Orthopäden und Wissenschaftler Per Ingvar Brånemark geprägt und beschreibt das Einheilverhalten von enossalen Titanimplantaten im Knochen. Die Entdeckung war ein Zufallsbefund. Brånemark untersuchte den Blutfluss des Knochens im Tierexperiment mithilfe von Titanröhrchen. Bei deren Entfernung stellte sich heraus, dass die Titanoberflächen einen innigen Verbund zum Knochen eingegangen waren.

Die Osseointegration definierte er als unmittelbare Anlagerung von vitalem Knochengewebe an die Oberfläche eines Implantates ohne lichtmikroskopisch darstellbare bindegewebige Trennschicht und Erhalt dieser Verbindung unter funktioneller Belastung.<sup>63</sup> Dabei scheint dennoch keine echte chemische Verbindung zwischen Knochenzellen und Implantatoberfläche zu existieren. Es wurde eine amorphe Schicht aus Osteopontin und Osteocalcin am unmittelbaren Interface von Implantat und Knochen nachgewiesen.<sup>64</sup>

Die biologischen Vorgänge im Prozess der Osseointegration ähneln denen der Knochendefekt- bzw. Frakturheilung.

Auch bei der Einheilung von Implantaten entsteht im periimplantären Spalt ein Hämatom, welches über die Zwischenstufen Kallus und Geflechtknochen schließlich zu Lamellenknochen reift. Der initialen Adhäsion von Fibrin an die Implantatoberfläche wird eine wichtige Rolle zugeschrieben. Als hochvernetzter proteinerger Klebstoff, welcher ein Produkt der plasmatischen Blutgerinnung darstellt und durch das Enzym Thrombin aus seinem Vorläuferstadium Fibrinogen aktiviert wird, stellt Fibrin die erste bindegewebige Brücke zwischen Kallus und Implantatoberfläche dar und dient als Leitschiene für einwandernde Osteoblasten und Osteoprogenitorzellen.<sup>65</sup>

Ivanovski et al. (2011) fanden in humanen molekulargenetischen Untersuchungen heraus, dass unmittelbar nach Insertion eines enossalen Implantats zunächst in den Tagen 1 bis 4 überwiegend die Expression solcher Gene hochreguliert ist, welche mit immunoinflammatorischen Reaktionen in Verbindung gebracht werden.<sup>66,67</sup> Erst danach, in den Tagen 4 bis 14 werden die Signalkaskaden TGF- $\beta$ /BMP, Wnt und Notch verstärkt detektiert, welche mit Prozessen der Osteogenese, Angiogenese und Neurogenese in Zusammenhang stehen. Es handelt sich hierbei um freie parakrine Faktoren (BMP, Wnt) oder um Transmembranproteine (Notch) auf der Oberfläche von mesenchymalen Stammzellen (MSC), welche durch Ligandenbindung (Delta, Jagged) oder durch Phosphorylierung von SMAD-Proteinen eine Signalkaskade in Gang setzen, die letztlich über das Zielgen Runx2 die Differenzierung der Zelle zu einem Osteoblasten oder Chondroblasten bewirkt. Ein exakt koordiniertes Wechselspiel der Regulation dieser von MSCs abstammenden Zelltypen gemeinsam mit den vom hämatopoetischen System abstammenden Osteoklasten führt erst zu einer ungestörten Knochenfunktion und -struktur.

Entscheidend für eine erfolgreiche Osseointegration ist neben einem entzündungsfreien Umfeld und steriler OP-Verhältnisse die Erzielung einer ausreichend hohen Primärstabilität



Abb. 15

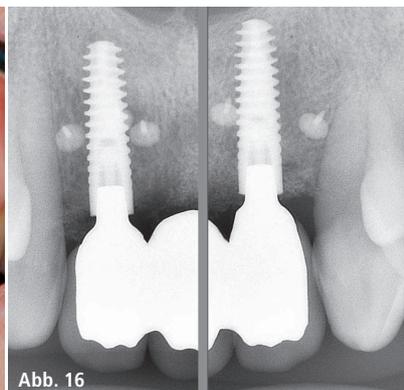
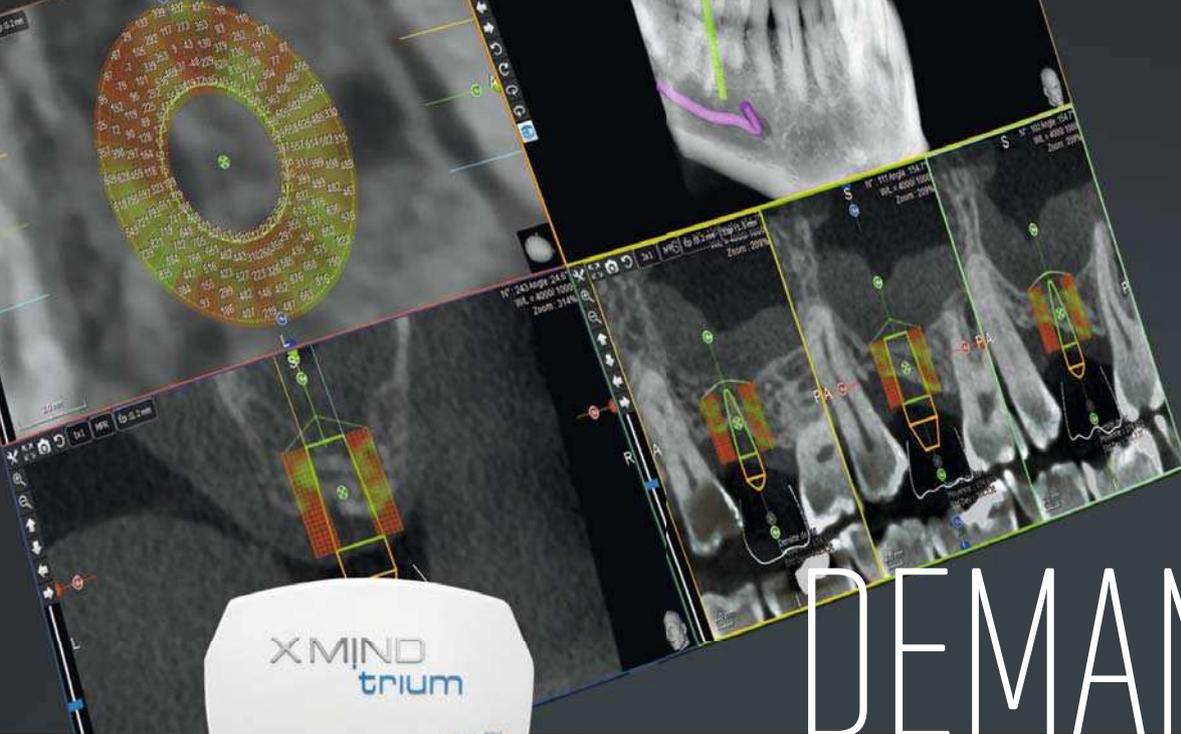


Abb. 16

Abb. 15: Endergebnis. – Abb. 16: Röntgenkontrollaufnahme nach abgeschlossener Behandlung.



# I AM DEMANDING



## X-MIND trium

### Einfach gemacht! 3D-Implantatplanung mit sofortiger Volumenmessung und Bewertung der Knochendichte

- Hochwertige Bildqualität und eine Auflösung von 75 µm
- Große Auswahl von Field-of-View-Größen (110 x 80 mm; 80 x 80 mm; 60 x 60 mm; 40 x 40 mm), die auf den Untersuchungsbereich fokussieren
- Leistungsstarker und einstellbarer Filter zur Reduzierung von Artefakten
- Vereinfachte Implantatplanung sowie eine umfangreiche und skalierbare Implantatbibliothek
- Präzise Genauigkeit in den endodontischen Analysen
- Geringere Strahlendosis für größere Sicherheit von Patient und Praxispersonal
- 3D-Rekonstruktionszeit innerhalb von 29 Sekunden
- Vielseitige und intuitive 3D-Software
- Vollständiger und illustrierter Implantatbericht in weniger als einer Minute



WINDOWS®  
KOMPATIBEL

von mindestens 25 Ncm, wobei ein Eindrehmoment von 30 bis 45 Ncm angestrebt wird.<sup>68</sup> Je höher das Eindrehmoment eines enossalen Implantates, desto geringer sind die Mikrobewegungen zwischen Implantat und Knochen in der frühen Phase der Einheilung und desto geringer ist das Risiko eines Implantatverlustes durch fehlgeschlagene Osseointegration, wobei unterschiedliche Belastungskonzepte und Belastungszeitpunkte Auswirkung auf das zu fordernde Eindrehmoment haben.<sup>69</sup> Rizkilla et al. (2013) fanden heraus, dass ab einem Eindrehmoment von mehr als 35 Ncm kein signifikanter Zusammenhang mehr zwischen Eindrehmoment und späterem Implantatverlust besteht.<sup>70</sup> Eine tierexperimentelle Studie von Al-Nawas et al. (2006) zeigt, dass ein ISQ-Schwellenwert von 65,5 einen prognostischen Wert für spätere Implantatverluste hat.<sup>71</sup>

Nach Insertion eines enossalen Implantats finden im unmittelbar periimplantären Spaltraum zunächst osteoklastäre Prozesse statt, welche zu einer kontinuierlichen Abnahme der Primärstabilität führen. Die Aktivität der Osteoblasten führt in etwa zeitgleich zu einer Neubildung von Knochenmatrix und zu einer Mineraleinlagerung in die neugebildete Grundsubstanz. Dies führt zu einem Anstieg der sogenannten Sekundärstabilität, welche nicht mehr Ausdruck der intraoperativ erzielten Klemmpassung ist, sondern das Ergebnis der Osseointegration widerspiegelt: eine direkte Anlagerung von vitalem, neugebildeten Knochengewebe an die Oberfläche des Implantates. Nach ungefähr sechs Wochen ist die Ausgangsstabilität wieder erreicht.<sup>72,73</sup> Der Prozess der Osseointegration geht allmählich in ein physiologisches Remodeling über.

## 2.2 Periimplantärer Knochenabbau unter physiologischen Bedingungen

Nach funktioneller Belastung durch die prothetische Suprakonstruktion finden insbesondere im ersten Jahr nach Prothetik Umbauvorgänge im periimplantären Raum statt. Je nach Einheilmodus (offene oder geschlossene Einheilung) unterliegt zunächst die marginale Gingiva strukturellen

Veränderungen. Während bei einteiligen Implantatsystemen davon ausgegangen werden kann, dass die nach Implantation eingestellte biologische Breite der angrenzenden Gingiva auch nach prothetischer Versorgung konstant bleibt, muss bei zweiteiligen Implantatsystemen eine Epithelialisierung der bei Freilegung gesetzten Wundränder bis zur Implantatschulter ins Kalkül gezogen werden. Folglich tritt ein marginaler Knochenrückgang ein, um eine bindegewebige Trennschicht zwischen Knochenoberfläche und Epithel, eine biologische Breite zu reetablieren.<sup>74</sup>

Durch Mikrobewegungen des Implantataufbaus und Mikrospalträume zwischen Implantat und Suprakonstruktion sind bei zweiteiligen Implantatsystemen zusätzlich Störfaktoren für die periimplantären Knochenstrukturen geschaffen, welche einen marginalen Verlust von krestalem Hartgewebe verursachen können.

Auch das Design und die Verbindung des Implantates zu den Aufbauteilen wirken sich auf das marginale Knocheniveau aus: moderne Titanimplantate besitzen eine mikro- und nanoporöse Oberfläche, welche sich bis an den marginalen Rand des Implantates fortsetzt. Einige Hersteller vergrößern die Oberfläche im krestalen Bereich durch Mikroringe, was eine optimale Knochenanlagerung und einen Erhalt des marginalen Knocheniveaus unter Belastung fördern soll.<sup>75</sup> Konzepte wie das Platform Switching und die Einführung von langen, innen liegenden Konusverbindungen mit optimiertem Form- und Kraftschluss reduzieren die Mikrobewegungen, verkleinern den Mikropalt und bewirken eine räumliche Trennung zwischen Implantat-Abutment-Verbindung und krestaler Knochenkante. Erste Studien belegen, dass mit derart veränderten Implantatdesigns, insbesondere aber mit einem gegenüber dem Implantatdurchmesser verkleinertem Abutment, eine Verringerung des marginalen Knochenverlustes oder sogar ein Knochenzuwachs erzielt werden kann.<sup>76</sup>

Einen wesentlichen Einfluss auf den marginalen Knochenverlust in der Frühphase scheint zudem die Insertionstiefe der Implantate zu besitzen.<sup>77,78</sup>

Nach den Implantaterfolgsriterien von Albrektsson (1986) und auch gemäß einer bislang noch Gültigkeit besitzenden Stellungnahme der DGZMK aus dem Jahr 2000 darf der periimplantäre Knochenrückgang im ersten Jahr nach Prothetik erhöht sein.<sup>79</sup> Bis zu 1,0 oder 1,5 mm Knochenverlust werden im ersten Jahr als physiologisch angesehen.<sup>80</sup> In den Folgejahren sollte der jährliche periimplantäre Knochenabbau unter physiologischen Bedingungen nicht höher als 0,2 mm sein.<sup>60,79,81</sup> Zahlreiche Untersuchungen unterschiedlicher Implantatsysteme belegen allerdings einen geringeren Knochenrückgang unter funktioneller Krafteinleitung.<sup>21,58,82,83</sup>

## 2.3 Knochenersatz und Knochenaufbau

### 2.3.1 Osteogenese, Osteoinduktion und Osteokonduktion

Der Begriff der Osteogenese beschreibt die Entstehung von Knochen im Rahmen der prä- und postnatalen Skelettentwicklung und der Knochendefekt- und Frakturheilung. Im Zusammenhang mit Knochen- und Knochenersatzmaterialien für den Einsatz in der Augmentationschirurgie des knöchernen Implantatlagers kann ein osteogenetisches Potenzial nur dem autogenen Knochen als gestieltem oder freiem Transplantat oder in Granulatform zugeschrieben werden. Nur autogener Knochen enthält bei richtiger Handhabung vitale Knochenzellen oder deren Vorläuferstadien, welche eine Knochenbildung sozusagen aus eigener Kraft in Gang setzen können.

Darüber hinaus ist autogener Knochen osteoinduktiv, osteokonduktiv und frei von potenzieller Spenderproblematik. Daher stellt er derzeit den Goldstandard für den Knochenaufbau in der zahnärztlichen Implantologie dar.

Unter Osteoinduktion wird die Fähigkeit eines Knochen- oder Knochenersatzmaterials verstanden, durch Anregung von im ortsständigen Knochen vorhandenen undifferenzierten mesenchymalen Zellen zur Differenzierung zu knochenbildenden Zellen eine Osteogenese in Gang zu setzen. Verantwortlich für diese Leistung sind die Differenzierungsfaktoren, die BMPs

(bone morphogenetic proteins). Neben dem autogenen Knochentransplantat existieren auch Knochenersatzmaterialien mit osteoinduktiver Eigenschaft. Dazu zählen die extrahierten tierischen BMPs, welche an Trägersubstanzen, in der Regel bovines Kollagen, gebunden sind und die rekombinanten humanen BMPs, welche zusammen mit beliebigen Knochenersatzmaterialien in Knochendefekte eingebracht werden können. Außerdem werden einigen allogenen Knochentransplantaten osteoinduktive Eigenschaften zugeschrieben, wobei es sich hier um residuales menschliches Eiweiß handelt, welches potenziell antigen wirksam sein kann. Osteokonduktion stellt die Fähigkeit eines Knochentransplantats oder Knochenersatzmaterials dar, durch geeignete geometrische innere Oberflächenstrukturen im Sinne interkonnektierender Mikroporosität das Einsprossen von Kollagenfibrillen und Blutgefäßen aus dem Bereich der Defektränder zu ermöglichen und zu unterstützen. Man

spricht auch von einem Leitschieneffekt für umgebende Matrixbestandteile und Blutgefäße.

### 2.3.2 Knochenersatz- und Knochenaufbaumaterialien

Nach ihrer Herkunft unterteilt man derzeit Knochen- und Knochenersatzstoffe in folgende Gruppen:<sup>11</sup>

- autogene (autologe) Knochenmaterialien
- allogene (homologe) Knochenmaterialien
- xenogene (heterologe) Knochenmaterialien
- alloplastische Knochenersatz- oder -aufbaumaterialien mit den Untergruppen vollsynthetisch und halb-synthetisch (phykogen, maritim)

Neben Biokompatibilität und reizloser Integration ins Körpergewebe sollten Knochenersatzmittel nach Möglichkeit mindestens osteokonduktiv sein und eine vollständige Resorption und Substitution durch körpereigenes Knochen-

gewebe ermöglichen. Sie sollten zusätzlich röntgenopak sein, leicht zu verarbeiten, lagerfähig, formstabil und mechanisch belastbar sowie in ausreichender Menge zur Verfügung stehen.

Dem Wunsch nach einer vollständigen Resorption und Substitution durch körpereigenen Knochen werden jedoch nicht alle diese Materialien gerecht. Hochgesinterte bzw. deorganisierte bovine Knochenkeramiken ad modum BioOss® oder Endobon® beispielsweise werden nur geringfügig resorbiert und sind noch nach Jahren histologisch im Augmentationsbereich nachweisbar. Dennoch erfüllen sie als granuläre Knochenersatzmaterialien eine sehr gute defektfüllende und langfristige volumenstabile knochenaufbauende Funktion. Foitzik und Merten sprechen bei dem entstehenden keramoossären Regenerat auch von einer „funktionellen Fremdkörperreaktion“.<sup>6</sup> Bovine Knochenpartikel, welche Lösungsmittelgereinigt sind und keinem thermischen Prozess ausgesetzt wur-

ANZEIGE



# Stark. Ästhetisch. Metallfrei.

✓ Zweiteilig, reversibel verschraubbar ✓ 100% metallfrei ✓ Starke Verbindung mit VICARBO® Schraube

Eine Innovation aus der Schweiz, basierend auf 10 Jahren Erfahrung in der Entwicklung von Keramikimplantaten.

[www.zeramex.com](http://www.zeramex.com)

## ZERAMEX®

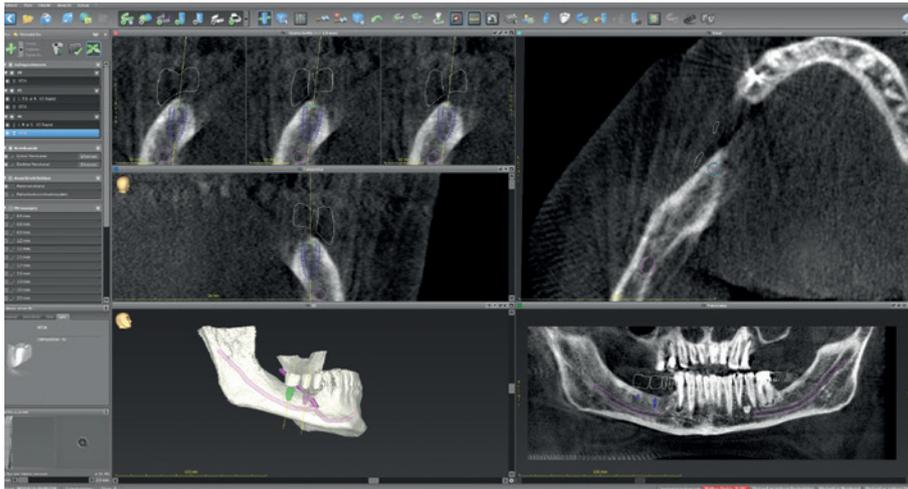


Abb. 17: Backward Planning – Vertikale Augmentation – Sofortimplantation.

den (Tutoplast®-Verfahren), enthalten ein weitestgehend intaktes Kollagenfasernetzwerk und ermöglichen so eine gute osteokonduktive Durchdringung von Matrixbestandteilen und Blutgefäßen. Das Material wird vollständig resorbiert und durch körpereigenen Knochen substituiert.<sup>33</sup>

Phykogene, aus Meereskorallen gewonnene Knochenersatzstoffe ad modum Biocoral® bestehen zum größten Teil aus Kalziumkarbonat und werden innerhalb weniger Wochen nach Einlagerung in einen Defektbereich nahezu vollständig resorbiert. Ob diese schnelle Resorptionszeit eine ausreichende Volumensstabilität und somit eine Substitution durch körpereigenen Knochen zulässt, ist nicht abschließend geklärt.

Für das aus Meeresalgen gewonnene phykogene Knochenersatzmaterial Alqipore® stellen Merten et al. (2003) fest, dass dessen innere Porengröße nur circa 5 µm beträgt, ein ausdifferenziertes Osteoblast hingegen ist bis zu 30 µm groß.<sup>11</sup> Somit könnte eine zelluläre Besiedlung dieses Materials behindert sein. Erst durch Fragmentierung und zellulären Abbau von Granula in den Randbereichen der aufgefüllten Defekte entstehen Hohlräume, die ein Einwachsen von zellulären Strukturen aus den Defekträndern ermöglichen. Daher erscheint das Material für Augmentationen kleinerer Defekte geeignet.

Das vollsynthetische alloplastische β-Trikalziumphosphat (β-TCP) ist in seiner Resorptionsgeschwindigkeit der Substitution durch körpereigenen Knochen

optimal angepasst, wobei die exakte Resorptionszeit vom Herstellungsprozess abzuhängen scheint. Auch die funktionelle Belastungssituation der Körperregion, in welche das Material eingebracht wird, scheint die Resorptionsgeschwindigkeit zu beeinflussen.<sup>6</sup> In granulärer Form können Knochenersatzmaterialien auf β-TCP-Basis für die Regeneration kleiner drei- und zweiwandiger Defekte erfolgreich eingesetzt werden.

Allogene Spongiosachips ad modum Tutoplast® ermöglichen im Tierversuch eine gute Resorption und knöchernen Durchbauung von Knochendefekten mit Ausbildung einer intakten Neokortikalis. Eine zelluläre Fremdkörperreaktion vom Spättyp, welche durch im Transplantat enthaltene Kollagenbestandteile verursacht sein kann, wurde in zwei tierexperimentellen Studien beobachtet, wobei bedacht werden muss, dass das Knochenmaterial humanen Ursprungs für den Organismus des Versuchstiers ein heterologes, xenogenes Material darstellt.<sup>11,6</sup>

Klinische Untersuchungen bestätigen ebenfalls ein gutes klinisches und histologisches Einheilverhalten allogener Knochenchips in der Regeneration von parodontalen Defekten und bei Kieferkammaugmentationen wie der gesteuerten Knochenregeneration und dem Sinuslift.<sup>41,43–45,84</sup>

Die meisten Knochenersatzmaterialien sind derzeit ausschließlich in partikulärer Form erhältlich. Lediglich xenogenes (bovines) und allogenes Knochenmate-

rial ist momentan in spongioser oder kortikospongioser Blockform verfügbar und kann somit prinzipiell auch eine Augmentation größerer einwandiger und konturgebender Defekte ermöglichen, wobei für allogene Knochenblöcke weitaus mehr Literatur verfügbar ist.<sup>46,85</sup>

Eine Ausnahme bildet das synthetische Knochenersatzmaterial NanoBone® Block. Dieses besteht aus nanokristallinem Hydroxylapatit in einer Kieselgelmatrix. In granulärer Form ist dieses Material für kleinere Defektgeometrien im Rahmen der GBR-Technik und dem Sinuslift klinisch und histologisch beschrieben.<sup>86,87</sup> Eine Datenbanksuche (NCBI-PubMed) nach Studien zu klinischen, radiologischen oder histologischen Ergebnissen bei Anwendung des Materials in Blockform ergab keine Treffer (Suchbegriffe NanoBone oder nanocrystalline hydroxyapatite plus block).

## 2.4 Literaturübersicht

Aufgrund der Vielfalt derzeit verfügbarer Knochenersatzmaterialien wurden in den vergangenen Jahren vermehrt systematische Literaturübersichten publiziert.

Klein et Al-Nawas (2011) kommen in ihrer Literaturrecherche, welche die Basis für eine wissenschaftliche Leitlinie der DGZMK (2012) bildet, zu dem Schluss, dass Knochenersatzmaterialien unabhängig von ihrer Genese für den externen Sinuslift erfolgreich eingesetzt werden können.<sup>8,12</sup> Für diese Einschätzung fanden klinische Parameter (Implantatüberlebensraten) und histomorphometrische Analysen Berücksichtigung.

Auch für den internen Sinuslift erscheinen Knochenersatzmaterialien phykogenen, xenogenen oder alloplastischen Ursprungs allein oder in Kombination mit autogenem Knochen erfolgreich einsetzbar. Histologien waren hier nicht verfügbar.

Für die Beurteilung von Knochenersatzmaterialien im Zusammenhang mit horizontalen, vertikalen oder kombinierten Knochendefiziten des Alveolarfortsatzes wurden partikuläre und Blockaugmentate gemeinsam betrach-

**J A I**



**ICH WILL  
DIE CAD/CAM  
KOMPLETTLÖSUNG.**

Innovation hat einen Namen: **tioLogic® digital**. Ihr Schritt zur digitalen Implantologie. Sagen auch Sie ja!



## 2 CME-Punkte

### Knochenersatzmaterialien und periimplantärer Knochen

Univ.-Prof. Dr. Wolf-Dieter Grimm,  
Dr. Marco Alexander Vukovic,  
Dr. Ingmar Schau

Zum Beantworten dieses Fragebogens registrieren Sie sich bitte unter:

**[www.zwp-online.info/de/cme-fortbildung/92837](http://www.zwp-online.info/de/cme-fortbildung/92837)**



Infos zur CME-Fortbildung  
auf ZWP online

tet, wobei die Autoren feststellen, dass vielfach keine einheitliche Nomenklatur für die Klassifizierung der Defektmorphologie und Defektgröße vorlag, was eine Beurteilung der Daten erschwert. Dennoch konnten Knochenzugewinne von 3,6–5,6 mm in der horizontalen und 2,0–5,6 mm in der vertikalen Dimension nach sechs Monaten und insgesamt nur wenige Totalverluste festgestellt werden. Ein überlegenes Knochenersatzmaterial konnte jedoch nicht identifiziert werden.<sup>8,88</sup>

Auch Esposito (2007) kommt in seiner systematischen Übersichtsarbeit zu dem Schluss, dass sich Knochenersatzmaterialien für den Sinuslift bewährt haben.<sup>36</sup> Ein konkretes Produkt oder eine Stoffgruppe konnte nicht als überlegen herausgefiltert werden.<sup>36</sup>

Al-Nawas et Schiegnitz (2014) kommen in einem systematischen Review mit Metaanalyse zu dem Schluss, dass Knochenersatzmaterialien sowohl beim Sinuslift als auch bei der Kieferkammaugmentation ähnlich gute oder möglicherweise bessere Ergebnisse erzielen als autogener Knochen.<sup>89</sup> Der Einfluss der Defektgröße, des Augmentationsvolumens und der regenerativen Kapazität der Defektregion muss allerdings stets berücksichtigt werden (Abb. 17).

Jensen et Terheyden (2009) konnten feststellen, dass Knochendefekte von

Fenestrations- oder Dehiszenztyp mit etwa gleichem Erfolg mit Membrantechnik allein, Membran plus autogene Knochenpartikel oder Membran plus DBBM versorgt werden können.<sup>90</sup> Zwar benennen die Autoren das Material DBBM mit „demineralized bovine bone mineral“, gemeint ist jedoch vermutlich ein deproteinisiertes bovines Knochenmineral, welches von den Materialeigenschaften, der potenziellen Antigenität und den klinischen Ergebnissen her von den lösungsmittelkonservierten und somit proteinhaltigen bovinen Knochenersatzmaterialien zu unterscheiden ist.<sup>6</sup>

Für horizontale Kieferkammaugmentationen identifizieren Jensen et Terheyden (2009) autogene Blocktransplantate mit oder ohne zusätzliche Auflagerung von partikulärem Knochen als am besten vorhersehbar im Vergleich zu gesteuerten Knochenregenerationen mit granulärem Knochen- oder Knochenersatzmaterial und resorbierenden oder nicht resorbierenden Membranen.<sup>90</sup>

Für vertikale Augmentationen wurden wiederum autogene Blocktransplantate (Abb. 3–16) als überlegen gegenüber der gesteuerten Knochenregeneration identifiziert, zumindest in Hinblick auf den erzielten Knochenzuwachs. Für die GBR-Technik kamen in allen untersuchten Studien Titanmesh, titanverstärkte Membranen oder Miniplatten zum Einsatz, was eine gegenüber anderen, insbesondere resorbierenden Membranen verbesserte Form- und Volumenstabilität gewährleistet. Vertikale Blockaugmentationen zeigten jedoch häufiger Wunddehiszenzen.

Für den externen Sinuslift wird in Übereinstimmung mit Klein et Al-Nawas (2011) und Esposito et al. (2007) der Einsatz von Knochenersatzmaterial als vorhersehbar und Erfolg versprechend eingestuft.<sup>36,91</sup>

Dabei kamen Blutkoagel ohne zusätzliche Füller, autogene Knochenpartikel allein oder autogene Knochenpartikel in Kombination mit DBBM (deproteinized bovine bone mineral) oder autogene Knochenpartikel in Kombination mit DFDBA (demineralized freeze-dried bone allograft), DBBM allein oder

DBBM in Kombination mit DFDBA und alloplastisches Hydroxylapatit allein zum Einsatz.

Die Verwendung einer Membran zum Verschluss des lateralen Zugangsfensters zum Subantralraum erscheint nicht zwingend erforderlich in Bezug auf die resultierenden Implantatüberlebensraten.<sup>90</sup>

Derzeit laufen Untersuchungen, allo-gene oder bovine Knochenblöcke und Knochenringe, bovine kollagene Trägermaterialien und Kalziumphosphatkeramiken in Block- oder Partikelform mit BMPs zu beschicken, um den rein osteokonduktiven Materialien in Analogie zum autogenen Knochen-Transplantat einen osteoinduktiven Effekt zu verleihen.<sup>92–94</sup>

Auch der Einsatz adulter ektomesenchymaler Stammzellen, welche aus parodontalen Strukturen als mesenchymale Stammzellen aus Knochenmark aspirat aus dem Becken oder als adulte, ektomesenchymale Stammzellen aus dem subepithelialen Bindegewebe des Gaumens gewonnen werden, ist derzeit Gegenstand von klinischen und tierexperimentellen Untersuchungen.<sup>92,95–101</sup>

Ziel ist es, langfristig auch größere Defektgeometrien, konturgebende Defekte und vertikale Knochenaufbaumaßnahmen im Bereich der Alveolarfortsätze und Kieferbasen ohne eine belastende Knochenentnahme am Körper des Empfängers zu ermöglichen.

### Kontakt

**Univ.-Prof. Dr. med. dent. habil. Wolf-Dieter Grimm**

DGP-Spezialist™ für Parodontologie  
Praxisteam Hasslinghausen (PH)  
Mittelstraße 70, 45549 Sprockhövel  
Tel.: 02339 911160

prof\_wolf.grimm@yahoo.de  
www.ph-zahnaerzte.de

# ART OF IMPLANTOLOGY

4<sup>th</sup> BEGO Implant Systems Global Conference

09.–10.02.2018



## Internationaler Austausch in Dubai

- Inspirierendes Programm aus Workshops und Vorträgen
- International renommierte Referenten: Prof. Dr. Florian Beuer, Dr. Eduardo de la Torre, Dr. Stefan Fickl, Dr. Detlef Hildebrand, Dr. Marc Thom u.v.m.
- Exklusives Rahmenprogramm

Jetzt anmelden: [art-of-implantology.com](http://art-of-implantology.com)



Miteinander zum Erfolg

