

H. Terheyden¹

Knochenaugmentationen in der Implantologie

Bone augmentation in implantology



H. Terheyden

Durch Augmentationen kann heute im Regelfall verlorengegangener oder nicht angelegter Alveolarfortsatzknochen so wieder ausgebaut werden, dass Zahnimplantate in einer prothetischen Optimalposition gesetzt werden können. Die operative Belastung durch Augmentationsoperationen ist durch den Einsatz von schonenden Verfahren, Vorzug von intraoralen Knochenentnahmeorten gegenüber extraoralen Entnahmeorten und durch den Einsatz von Biomaterialien stetig gesunken. Man unterscheidet Augmentationen in Sofort-/Frührekonstruktion nach Zahnextraktion sowie die Spätrekonstruktion, wenn bereits eine Atrophie des Alveolarfortsatzes eingetreten ist. Für marginale Alveolarfortsatzdefekte wird im vorliegenden Artikel eine klinische Defektklassifikation mit Behandlungskonzept vorgeschlagen. Das nach Literaturdaten effektivste Augmentationsmaterial für laterale und vertikale Kammdefekte ist der intraoral gewonnene autologe Knochenblock, vorzugsweise von der Linea obliqua des Unterkiefers.

Resorbierbare Membranen haben geringere Komplikationsraten als nicht resorbierbare Membranen. Die Sinusbodenaugmentation zeigt relativ unabhängig von der Materialwahl gute Ergebnisse bei sehr niedrigen Komplikationsraten.

Die Implantatüberlebensrate im regenerierten Knochen ist nicht schlechter als im ortsständigen Knochen. (Dtsch Zahnärztl Z 2010, 65: 320–331)

Schlüsselwörter: Alveolarkammaugmentation, Implantatchirurgie, Defekt, Alveolarfortsatzdefekt, rekonstruktive Chirurgie, Sinusbodenaugmentation, Knochenblocktransplantat, Knochenersatzmaterial

Today alveolar bone, lost through atrophy or hypodontia, can be reconstructed in a predictable way. Thus dental implants can be placed in an optimal prosthodontic position. On the other hand the operative burden by augmentative procedures has constantly been reduced, for example by using biomaterials and preferring intraoral over extraoral donor areas for autologous bone grafts. According to the time of tooth extraction the timing of reconstructive operations of the alveolar crest can be classified in immediate /early reconstructions before bone atrophy has occurred and late reconstructions after bone atrophy has occurred. For the latter situation of marginal alveolar ridge deficiencies a defect classification and a clinical treatment concept is proposed. According to a literature review the intraoral autologous bone block graft harvested preferably from the mandibular linea obliqua area is the most predictable and efficient augmentation material.

Resorbable membranes showed lower complication rates than non resorbable membranes. After sinus augmentation the clinical results are relatively independent from the choice of augmentation material at low complication rates.

In general the implant survival in regenerated bone is not different to native bone.

Keywords: alveolar bone augmentation, dental implant surgery, defect, alveolar bone defect, reconstructive surgery, sinus floor augmentation, bone block graft, bone substitute material

¹ Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Rotes Kreuz Krankenhaus Kassel

Peer-reviewed article: eingereicht: 27.04.2010, akzeptiert: 03.05.2010

DOI 10.3238/dzz.2010.0320

Einleitung

Durch Augmentationen kann heute im Regelfall verlorengegangener oder nicht angelegter Alveolarfortsatzknochen so wieder ausgebaut werden, dass Zahnimplantate in einer prothetischen Optimalposition gesetzt werden können. Prothetische Kompromisse müssen bei Knochenmangel nicht mehr eingegangen werden. Operationsfähigkeit und u. a. Kostenübernahme vorausgesetzt sind heute die notwendigen operativen Techniken für eine vorhersagbare Alveolarfortsatzrekonstruktion in nahezu allen Situationen verfügbar. Wenn die Bedingungen der zirkulären Anlagerung von Knochen an den aufgerauten Flächen des Implantatkörpers und -halses und einer zirkulären Manschette von befestigter Gingiva vorliegen, dann spricht vieles dafür, dass heute gesetzte Implantate ein Leben lang halten und als definitiv anzusehen sind [5]. Entsprechend sollten solche Implantate mit möglichst wenigen Kompromissen in Bezug auf Position, Achse, Länge, Funktion und Ästhetik gesetzt werden. Im Gegenteil können kompromissbehaftete Implantate gerade wegen ihrer Langlebigkeit zum schwer entfernbaren Fremdkörper werden. Daher sollten in der Implantatplanung stets und von Beginn an augmentative Möglichkeiten berücksichtigt werden. Viele augmentative Techniken haben nach der SAC Klassifikation des International Team for Implantology [7] einen erhöhten Schwierigkeitsgrad, so dass ein Teamansatz mit der Hinzuziehung von Spezialisten im Behandlungsablauf empfehlenswert werden kann.

Nach Zahnextraktion kommt es im Rahmen von Umbauvorgängen zu Knochenverlusten, vor allem an der facialen Knochenlamelle [3]. Diese Verluste können zwar z. T. durch eine im Vergleich zum Zahn etwas weiter oral liegende Implantatposition und reduzierte Implantatdurchmesser kompensiert werden. Insbesondere im ästhetischen Gebiet sind aber Augmentationen bei geplanten Implantatversorgungen nicht die Ausnahme, sondern die Regel. Im Sinne der Prävention können nach derzeitigem Wissen größere Knochenverluste und damit ein größerer Augmentationsbedarf durch rechtzeiti-

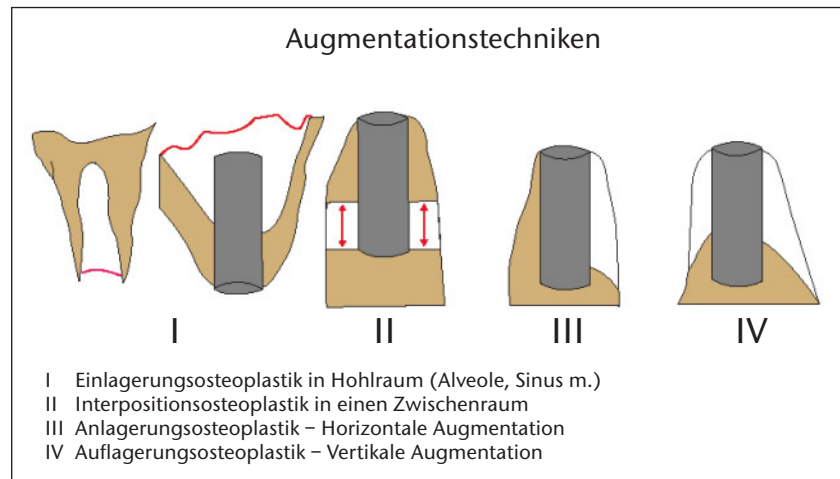


Abbildung 1 Vier grundsätzliche Defektkonfigurationen mit den dazu passenden Augmentationstechniken, deren Schwierigkeitsgrad nach rechts hin ansteigt. Die Gründe für den ansteigenden Schwierigkeitsgrad liegen unter anderem in dem Ausmaß des Kontaktes des Augmentats zum Lagerknochen sowie in der Spannung der Weichteile nach Augmentation. So können Defekte der Gruppe I meistens mit Knochenersatzmaterial versorgt werden, während in der Regel die Defekte der Gruppe IV mit aufwändigen autologen Knochenblocktransplantaten behandelt werden. Letztere Gruppe kann aber häufig durch horizontale Osteotomie in einen Defekt der Gruppe II verwandelt und dadurch wieder mit Knochenersatzmaterialgemisch behandelbar werden. Die vertikale Distraktionsosteogenese ist eine Option für viele Defekte der Gruppe IV.

Figure 1 Four basic techniques are applied in augmentative surgery with increasing level of difficulty, based on the different defect configurations. Contained cavities are treated with inlay grafts. Gap like defects are filled with interpositional grafts. Narrow ridges are treated with appositional grafts. Vertical ridges defects are treated with onlay grafts. Group I defects usually are treated with bone substitute materials. Group IV defects are usually treated with autologous bone block grafts. Sometimes group IV defects can be transformed into group II defects by a horizontal osteotomy. Some defects of group IV are also appropriate for distraction osteogenesis.

ge Implantatversorgung vermieden werden.

Grundsätzlich ist man in der rekonstruktiven Medizin gut beraten, wenn man im Ergebnis nicht allzu weit vom natürlichen Vorbild abweicht. Dies gilt auch für den gewählten Implantatdurchmesser, die Alveolar-kambbreite, die Implantatanordnung nach Form und Größe im Zahnbogen und das Kronen-/Wurzelverhältnis der einzelnen Restaurationen. Wenn im zahnlosen Zustand die gewünschten Abmessungen des Alveolarfortsatzes nicht vorliegen, kann innerhalb des physiologischen Formumfangs (englisch *Envelope*) der Knochen in Höhe und Breite meistens sehr erfolgreich und vorhersagbar aufgebaut werden. Durch die Einleitung von funktionellen Kräften durch Zahnimplantate bleibt nach derzeitigem Verständnis der so aufgebaute Knochen erhalten [9].

Ästhetik, Funktion und Prognose als spezielle Gründe für Augmentationen

Im Speziellen liegen die Gründe für die Augmentation u. a. in der Ästhetik, der Funktion und der Prognose des Implantats.

Das Ziel einer Implantatbehandlung im ästhetischen Gebiet ist u. a. eine präzise Einstellung der Gingivahöhe auf der facialen Seite, die auch dauerhaft erhalten bleiben soll. Die faciale Knochenschulter ist die Basis der bukkalen Gingivaanheftung und definiert damit die rot/weiße Ästhetik. Dies gelingt durch Aufbau der Knochenschulter bukkal etwa 3 mm unterhalb der prospektiven Gingivahöhe, die an der Bohrschablone abgelesen werden kann. Der Gingiva-saum kann vorhersagbar auf seine prospektive Höhe geplant werden, weil die Weichteilhöhe über dem Knochen nach dem Konzept der biologischen Breite

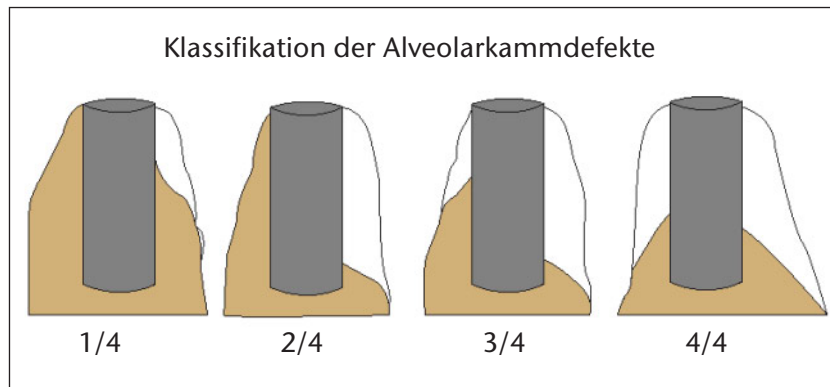


Abbildung 2 Klassifikation der Alveolarkammdefekte. Die jeweiligen Viertel folgen dem üblichen Muster der Kieferkammatrophy nach Zahnverlust, die im Regelfall fazial beginnt und erst später auch die orale Seite des Kieferkamms betrifft. Die entsprechenden Behandlungstechniken finden sich in Tabelle 1.

Figure 2 Classification of marginal alveolar ridge defects in four quarters. The quarters follow the clinical pattern of ridge atrophy after tooth extraction. Atrophy begins on the facial side. In more advanced stages also the oral bone is involved. The treatment options for the defects are listed in table 1.

weitgehend konstant ist. Im Regelfall ist der Alveolarkamm firstartig geformt, während die Implantatschulter, abgesehen von Ausnahmen, im Regelfall eben und kreisrund ist. Auch daraus ergibt sich auf der fazialen Seite häufig ein Augmentationsbedarf zur Bedeckung der Implantatschulter.

Im Laufe des Lebens nimmt normalerweise mit jeder Restauration die Länge der Frontzahnkronen zu. Dieser Effekt wird durch parodontal bedingten Knochenverlust noch verstärkt, so dass dieser am Ende oft herausnehmbar mit prothetisch-zahntechnischer Kompensation der vertikalen Gewebeerluste versorgt wird. Durch Augmentation, beispielsweise durch Le Fort I Osteotomie, kann auch im zahnlosen Oberkiefer das physiologische Knochenniveau wieder hergestellt werden.

Im Sinne der *prothetisch orientierten Implantation* definiert die Funktion eine prothetische Idealposition eines Pfeilers für den Zahnersatz. Bei der Planung des Zahnersatzes wird durch Probeaufstellung eine endgültige äußere Form des Zahnersatzes im Dreieck aus den Funktionen Mastikation, Sprache und Ästhetik sowie die Anzahl der dafür notwendigen Pfeiler unabhängig vom vorhandenen Knochenangebot festgelegt. Daraus ergibt sich dann der Augmentationsbedarf, dessen Umsetzbarkeit geprüft wird. Ein Implantat steht damit im Regelfall im Zentrum der zukünftigen Pfei-

lerachse. Damit sich bei festsitzendem Zahnersatz ein harmonisches Austrittsprofil ergibt, sollte auch der Durchmesser des Implantats nicht allzu sehr unter dem Durchmesser der späteren Krone am Äquator liegen. Folglich sind gewisse Mindestkammbreiten je nach zu ersetzendem Zahn erforderlich, die gegebenenfalls durch Augmentation zu schaffen sind. Das Zahnkronen-/Wurzel-Längenverhältnis liegt bei natürlichen Zähnen in etwa bei 1 zu 2 bis 1 zu 3 und kann bei vorwiegend horizontal belasteten Zähnen auch höher ausfallen. Veröffentlichte Studien zum Überleben von kurzen Implantaten berücksichtigen in der Regel nicht die Aufbauhöhen auf diesen Implantaten. Damit sollte aus den reinen Überlebenszahlen ohne Nennung der Hebelverhältnisse nicht abgeleitet werden, dass kurze Implantate unter Funktion eine genauso gute Prognose haben wie längere und darum vertikale Augmentationen unnötig seien.

Falls ein Implantat mit seiner aufgerauten Oberfläche nicht zirkulär im Knochen steht, dann besteht die Gefahr der Einnistung von Bakterien in die Rauigkeiten und damit einer periimplantären Infektion. Andererseits ist für bestimmte Implantatsysteme ein dauerhafter Knochenhalt nachgewiesen, wenn das Implantat zirkulär von Knochen umgeben ist [4]. Der zirkuläre Knochenabschluss, gegebenenfalls erzeugt durch eine Augmentation, ist die Vo-

oraussetzung für eine gute Implantatprognose.

Gründe für Augmentationen im atrophierten zahnlosen Kiefer

Auch bei sehr reduzierten Alveolarfortsätzen im zahnlosen anterioren Unterkiefer können erfolgreich Implantate inseriert werden, die unter Studienbedingungen eine zufrieden stellende Prognose haben können [12]. In diesem Zusammenhang wird aber häufig nicht diskutiert, dass eine Augmentation auch eine Frakturprophylaxe ist und mit der Heraushebung des Kamms aus der Tiefe des Mundbodens die Weichteilverhältnisse, die Hygienefähigkeit und die Ästhetik des Untergesichtes verbessert werden. Das verbesserte Unterstützungspolygon und eine bessere Pfeilerverteilung für eine herausnehmbare Prothetik spricht für die Augmentation, insbesondere die Sinusbodenaugmentation, im zahnlosen Oberkiefer.

Wiederaufbau des Knochens nach Zahnverlust durch marginale Parodontitis durch Interpositionsosteoplastiken (Le Fort I Osteotomie)

Auch im weniger atrophierten zahnlosen Kiefer, beispielsweise im Endzustand einer marginalen Parodontitis mit entsprechendem vertikalen Defizit, kann eine vertikale Augmentation sehr hilfreich sein. Dieses vertikale Defizit kann im Oberkiefer durch eine Le Fort I Osteotomie und im Unterkiefer durch eine horizontale Interpositionsosteoplastik sehr wirkungsvoll und wenig belastend behandelt werden (Abb. 3–8). Dadurch kann auch für zahnlose Patienten wieder festsitzender Zahnersatz bis hin zu Einzelkronen ermöglicht werden, für die ohne diese Maßnahmen nur der herausnehmbare Zahnersatz mit zahntechnischer Kompensation des vertikalen Defizits möglich gewesen wäre [14].

Präzision in der Alveolarkammaugmentation im ästhetischen Gebiet

Umbauvorgänge eines Knochentransplantats sollten sich nach Transplanta-

Klassifikation	Defektgröße	Therapieempfehlung
1/4 Defekt	Fazialer Knochendefekt bis zu 50 % der Länge eines geplanten oder vorhanden Zahnimplantats in prothetischer Idealposition	Einzeitiges Vorgehen a) Ästhetisches Gebiet: GBR mit Knochenblocktransplantat und Barrieremembran, ergänzt durch partikuläres Transplantat b) Übriges Gebiet GBR mit partikulärem Knochenimplantat und Barrieremembran
2/4 Defekt	Fazialer Knochendefekt über 50 % der Länge eines geplanten oder vorhanden Zahnimplantats in prothetischer Idealposition	Einzeitiges Vorgehen GBR mit Knochenblocktransplantat und Barrieremembran, ergänzt durch partikuläres Transplantat
3/4 Defekt	Fazialer Knochendefekt über 50 % und zusätzlich oraler Knochendefekt bis zu 50 % der Länge eines geplanten oder vorhanden Zahnimplantats in prothetischer Idealposition	Zweizeitiges Vorgehen GBR mit Knochenblocktransplantat und Barrieremembran, ergänzt durch partikuläres Transplantat
4/4 Defekt	Fazialer und oraler Knochendefekt von mehr als 50 % der Länge eines geplanten oder vorhanden Zahnimplantats in prothetischer Idealposition	Zweizeitiges Vorgehen a) Ästhetisches Gebiet: Distractionsosteogenese (ev. dadurch Verwandlung in 2/4 Defekt, weiteres Vorgehen siehe dort) b) Übriges Gebiet Interpositionsosteoplastik mit partikulärem Transplantat (ev. dadurch Verwandlung in 2/4 Defekt, weiteres Vorgehen siehe dort)

Tabelle 1 Klassifikation der marginalen Alveolarfortsatzdefekte und Therapieempfehlung.

Table 1 Classification of defects of the marginal alveolar bone and recommended treatment options.

tion möglichst auf das Transplantatinnere beschränken und nicht zu einer Konturveränderung an der Oberfläche führen. Um Oberflächenresorptionen zu minimieren, kann man besonders harten mineralhaltigen Knochen wie das Linea obliqua-Transplantat vom seitlichen Unterkiefer verwenden. Ferner konnte nachgewiesen werden, dass die Oberflächenresorption reduziert ist, wenn solche Blocktransplantate mit xenogenem Knochenersatzmaterial überschichtet [8] und mit Barrieremembranen abgedeckt werden [2]. Zur Vorsorge einer Oberflächenresorption der Knochenschulter sollten erneute Deperiostierungen zur Osteosynthesematerialentfernung nach Blocktransplantation vermieden werden. Im Regelfall genügen einzelne kleine Stichinzisionen zur Schraubenentfernung. Mit diesen Maßnahmen lässt sich die Gingivahöhe präzise einstellen und dauerhaft erhalten.

Defekt- und Augmentationsarten

Bei der Alveolarkammaugmentation ist es sinnvoll, zwischen der Einlagerungsosteoplastik in eine bestehende Hohlform (z. B. Alveolenfüllung oder Sinusbodenaugmentation), Interposi-

tionsosteoplastik (auch Zwischenlagerungsosteoplastik oder Sandwichosteoplastik genannt), der Anlagerungsosteoplastik (horizontale Augmentation) und der Auflagerungsosteoplastik (vertikale Augmentation) zu unterscheiden (Abb. 1). Diese Unterscheidung hat biologische Gründe, denn die Einlagerungsosteoplastik hat von den genannten Methoden die beste, die Interpositionsosteoplastik die zweitbeste, die Anlagerung die drittbeste Prognose und Heilungsrate. Die Auflagerungsosteoplastik ist von den vier genannten die schwierigste Technik mit der schlechtesten Prognose und dem höchsten Bedarf an biologisch aktiven Aufbaumaterialien wie Beckenknochen. Dies hat seinen Grund vor allem in der postoperativen Weichteilspannung beziehungsweise in der Schwierigkeit, Weichgewebe zur Deckung des zusätzlich geschaffenen Alveolarfortsatzvolumens zu mobilisieren. Neben den additiven Augmentationen gibt es noch Augmentationen durch Modifikation des vorhandenen Alveolarfortsatzknochens durch Umverteilung z. B. Kammsplitting, Kammdehnung) oder Distractionsosteogenese. Auf diese Sonderformen wird hier nicht näher eingegangen. Die marginalen Kammdefekte lassen sich nach der Viertelregel einteilen (Abb. 2).

Zeitpunkt der Alveolarfortsatzrekonstruktion

Die Augmentationschirurgie oder Rekonstruktion des Alveolarfortsatzes kann man anhand des Zahnextraktionszeitpunktes grundsätzlich in zwei Phasen einteilen. Diese Einteilung entspricht damit auch dem Zustand vor und nach dem Eintritt einer Alveolarfortsatzatrophie und folgt der internationalen Terminologie des Implantationszeitpunktes. Es gibt eine Sofortrekonstruktion direkt nach Extraktion und eine Frührekonstruktion unmittelbar nach Verschluss der Weichteildecke über der Alveole. Vor Eintritt der Atrophie nennt man die Augmentation auch Kieferkammprophylaxe aus dem Englischen *ridge preservation* oder *site preservation*. Nach dem Eintritt der Alveolarknochenatrophie handelt es sich um den Wiederaufbau des Knochens oder im Englischen *site development*. Der vorliegende Artikel befasst sich im Folgenden nur mit dem Wiederaufbau des Kamms und nicht mit der Behandlung der Extraktionsalveole.

Ergebnisse der Augmentationschirurgie

Die laterale und vertikale Kammaugmentation und die Sinusbodenaugmentation

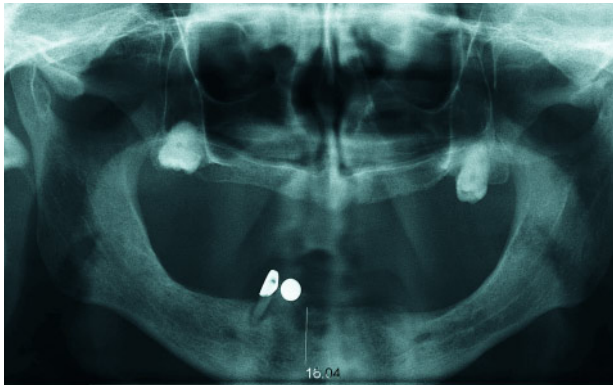


Abbildung 3 Endzustand nach Parodontitis marginalis mit weitgehendem Zahnverlust und etwa 10 mm Höhenverlust der beiden Alveolarfortsätze. Es bestand der Wunsch nach festsitzender Implantatversorgung mit Einzelkronen und Brücken. Das vertikale und horizontale Knochenangebot war unzureichend.

Figure 3 Radiographic appearance of the ridges after long standing marginal periodontitis with up to 10 mm vertical bone loss. The patient wanted a fixed restoration with single crowns and bridges. The vertical and horizontal bone was not sufficient.

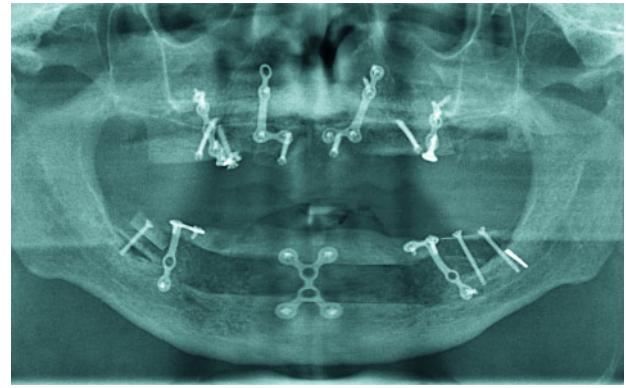


Abbildung 4 Panoramaschichtaufnahme nach Interpositionsosteoplastik in beiden Kiefern. Die Erhöhung im Unterkiefer um etwa 10 mm ist am Interpositionsspalt im Röntgenbild erkennbar. Eine entsprechende Erhöhung wurde auch im Oberkiefer durch Le Fort I Osteotomie vorgenommen. Zusätzlich wurden Beckenkammtransplantate zur Kammverbreiterung eingesetzt. Die Operation erfolgte stationär in Allgemeinanästhesie. Die Technik entspricht der Gruppe II aus Abbildung 1.

Figure 4 Panoramic radiograph after interpositional bone grafting in both jaws, according to group II in figure 1. In the lower jaw approximately 10 mm bone height was gained. The same height was gained in the maxilla by Le Fort I osteotomy, combined with bilateral sinus grafts. Iliac bone grafts were used. The operation was performed under general anaesthesia.



Abbildung 5 Das seitliche Fernröntgenbild verdeutlicht den Höhengewinn und die Einstellung einer korrekten Kieferrelation nach Le Fort I Osteotomie im Oberkiefer und einer Interpositionsosteoplastik im Unterkiefer. Die Spalten wurden mit BioOss® gefüllt.

Figure 5 The lateral cephalogram shows the gain of bone height in both jaws and the correct interocclusal relation of the ridges. The interpositional gaps were filled with BioOss®.

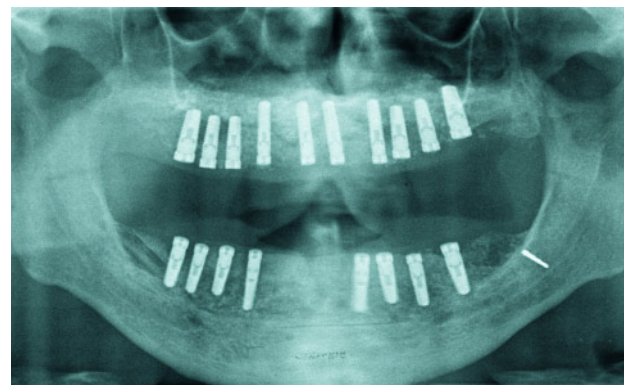


Abbildung 6 Die gewonnene Knochenhöhe und -breite wird zur Insertion ausreichend langer Zahnimplantate genutzt (Dr. Siedler, Hamburg).

Figure 6 The regenerated width and height of the ridges is used for dental implants of adequate length (Dr. Siedler, Hamburg).

sind in der Literatur gut abgebildet. Eine kürzlich vom Autor mitverfasste Übersichtsarbeit [13] erbrachte ein Implantatüberleben nach gesteuerter Knochenregeneration (GBR) zur vertikalen Kieferkammaugmentation zwischen 95 und 100 % mit einem Median bei 100 % und zur lateralen Kieferkammaugmentation zwischen 97 und 100 % mit einem Median von 100 %. Bei der zweizeitigen hori-

zontalen Kammaugmentation war die Notwendigkeit zur Nachaugmentation mit 7,8 % am geringsten, wenn intraoral gewonnene Knochenblöcke als Platzhalter verwendet wurden und lag höher bei Verwendung von partikulären Materialien (24,4 %). Vice versa betrug damit die Vorhersagbarkeit der Augmentation bei Verwendung von Knochenblöcken als Platzhalter nahezu 100 % im Gegensatz

zu partikulären Materialien. Ganz ohne Zumischung von autologem Knochen unter alleiniger Verwendung von Knochenersatzmaterial stieg die Komplikationsrate bei der lateralen Kammaugmentation auf über 40 %. Für Fenestrations- und kleinere Dehiszenzdefekte, bei denen ein einzeitiges Vorgehen möglich war, lag das Implantatüberleben bei 96,5 % im Median, wobei eine relativ ho-



Abbildung 7 Prothetische Versorgung mit Einzelkronen und kurzen Brücken (Dr. Siedler, Hamburg). Die Zahnkronen sind normal proportioniert. Überlange Kronen konnten durch die Augmentation vermieden werden.

Figure 7 Restoration with single crowns and short fixed partial dentures (prosthodontic treatment by Dr. Siedler, Hamburg).



Abbildung 8 Korrekte Ästhetik durch Augmentation.

Figure 8 Correct facial esthetic appearance after augmentation and single tooth restoration.

he Komplikationsrate mit Weichteildehiszenzen von 26,3 % für nichtresorbierbare Membranen, 14,5 % für resorbierbare Membranen und 15,4 % ohne Membranverwendung gefunden wurde. Die Füllung der Dehiszenzdefekte stieg im Schnitt nicht über 80 % der Defekthöhe bei Verwendung von partikulären Transplantaten, vice versa ist die Vorhersagbarkeit einer vollständigen Defektfüllung für die Methode deutlich unter 100 %. Bei der vertikalen Augmentation wurde aber eine Dehiszenzrate der Weichteile bei 18,8 % der Fälle (insbesondere bei nicht resorbierbaren Membranen) berichtet und es waren in 26,4 % der Fälle Zusatzaugmentationen beim zweizeitigen Vorgehen erforderlich. Die effektivste vertikale Augmentation wurde durch Beckenknochentransplantate, gefolgt von intraoral gewonnenen Blocktransplantaten erzielt. Partikuläre Transplantate hatten die geringste Effizienz und die höchste Komplikationsrate bei der vertikalen Augmentation [13].

Die entsprechenden Werte zur Sinusbodenaugmentation mit Hilfe der lateralen Technik liegen nach einer kürzlich erschienenen Übersicht [6] in der Mehrzahl der Artikel über 90 % und im Median bei 95 %. Dabei traten nur in 3 % der Fälle operationsbedingte Komplikationen auf. Die Sinusbodenaugmentation ist damit eine sehr zuverlässige Operationsform. Eine Abhängigkeit der Implantatprognose von der Wahl des Augmentationsmaterials wurde auch in prospektiven Vergleichen nicht gefunden. Schlechtere Ergeb-

nisse wurden nur in Studien mit nicht aufgerauten Implantatoberflächen beobachtet. Es bestehen keine wesentlichen Unterschiede im Implantatüberleben zwischen der einzeitigen (Median 95 %) und der zweizeitigen (Median 93 %) Vorgehensweise. Zwischen der krestalen Sinusbodenaugmentation (Median 96 %, 83–100 %) und der lateralen Technik wurden hinsichtlich des Implantatüberlebens (95,5 %, Spanne von 62,1–100 %) keine Unterschiede gesehen [13].

Übereinstimmend kann festgestellt werden, dass die Implantatprognose in durch gesteuerte Knochenregeneration oder durch Sinusbodenaugmentation regenerierten Knochen nicht schlechter ist als im ortsständigen Knochen. Die Knochenblocktransplantation insbesondere von der mandibulären Linea obliqua hat für die zweizeitige laterale und vertikale Augmentation Vorteile gegenüber partikulären Transplantaten hinsichtlich Augmentationsgewinn, Vorhersagbarkeit der Knochenhöhe und niedrigerer Komplikationsrate. Im Sinusboden ist die Materialwahl für das Implantatüberleben nicht so entscheidend. Die Implantatprognose ist mit allen Verfahren ähnlich gut und eignet sich weniger als Erfolgsparameter für die Differenzierung zwischen verschiedenen Materialien oder operativen Verfahren.

Etwas schlechter als für die lokalisierten Augmentationsplastiken fallen die Werte für die Auflagerungsosteoplastik des totalen zahnlosen atrophierten Kiefers aus [6]. Hier wurde in den Studi-

en im Wesentlichen Beckenkamm aufgelagert, wobei das nicht immer sauber beschrieben wurde. Im rekonstruierten Oberkiefer lagen die Überlebensraten der Implantate im Median bei 81,8 % (Spanne von 72,8–92,3 %) beim einzeitigen Vorgehen und bei 89,9 % für das zweizeitige Vorgehen. Im Unterkiefer lag die Implantatüberlebensrate im Median bei 91,5 % nach Auflagerungsosteoplastiken. Modernere Techniken wie Interpositionsosteoplastiken in der Fort I Ebene oder im anterioren Unterkiefer lassen, auch nach eigenen Erfahrungen des Autors, zukünftig noch bessere Zahlen erwarten.

Faktoren für die Entscheidung autologer Knochen (intraoral, extraoral) versus Knochenersatzmaterial

Die Entscheidung für oder gegen Knochenersatzmaterial ist mehrdimensional und einzelfallabhängig. Faktoren, die in diese Entscheidung eingehen, sind: Defektform, Defektgröße, Beschaffenheit des Transplantatlagers. Allgemeinzustand des Patienten und gewünschte Heilungszeit. Für Knochenersatzmaterial sprechen Einlagerungsdefekte, kleine Defekte, reizloses Transplantatlager, guter Allgemeinzustand und lange Heilungszeit. Je mehr eine individuelle Konstellation davon abweicht, umso stärker sollte der Anteil des autologen Knochentransplantats bis hin zum reinen Becken-

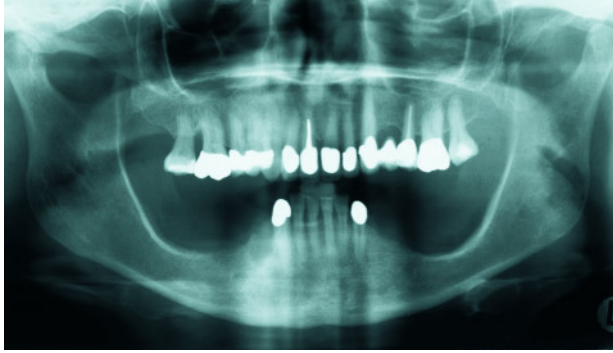


Abbildung 9 Beidseitige Freundsituation im Unterkiefer mit vertikalem Defizit nach jahrelanger herausnehmbarer Versorgung. Die Höhe des Knochens im seitlichen Unterkiefer reicht nicht zur Verankerung ausreichend langer Zahnimplantate. Die Defektkonfiguration und das klinische Vorgehen entsprechen der Gruppe 4/4 (Interpositionsosteoplastik im nicht ästhetisch sichtbaren Bereich) der Tabelle 1 und der Abbildung 2.

Figure 9 Bilateral shortened dental arches situation in the mandible with vertical bone deficiency after removable prosthesis. The bone height in the lateral mandible above the nerve is not sufficient for implants. This is defect type 4/4, according to table 1 an interpositional bone graft was selected as treatment.

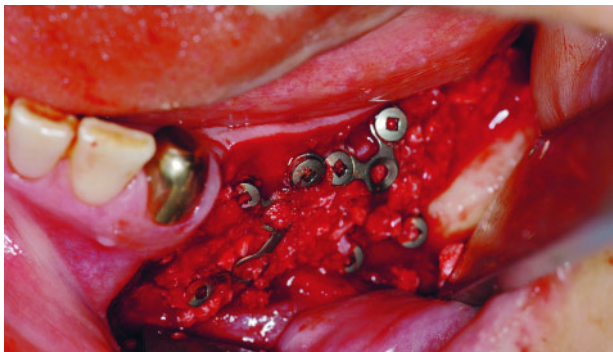


Abbildung 11 Das Gemisch aus BioOss® (Geistlich, Baden Baden), Filterknochen und Venenblut wurde in den Spaltraum eingebracht. Das Segment wird durch Mikroosteosyntheseplatten (1,5 mm System, Martin, Tuttlingen) gehalten.

Figure 11 A mixture of BioOss® (Geistlich, Baden Baden), bone particles from a bone trap and autologous venous blood is filled into the osteotomy gap. The segment is stabilised in a more coronal position using titanium microplates (1,5 mm System, Martin, Tuttlingen).

knochen sein. Im Regelfall wird man autologe Transplantate mit Knochenersatzmaterialien ergänzen. Beckenknochen hat die höchste biologische Potenz im Vergleich zu intraoral gewonnenen Knochentransplantaten [11]. Aber auch mit Filtern gewonnener Knochenbohrstaub enthält noch vitale Knochenzellen [11] und eine biologische Aktivität. Im Regel-

fall wird man teilbezahnte Patienten mit lokalisierten Defekten mit intraoral gewonnenem Knochen in Verbindung mit Biomaterialien ambulant versorgen. Hingegen bedarf es für die umfangreiche Rekonstruktion von atrophierten zahnlosen Kiefern insbesondere im Oberkiefer häufiger der stationären Versorgung mit Beckenknochentransplantaten.

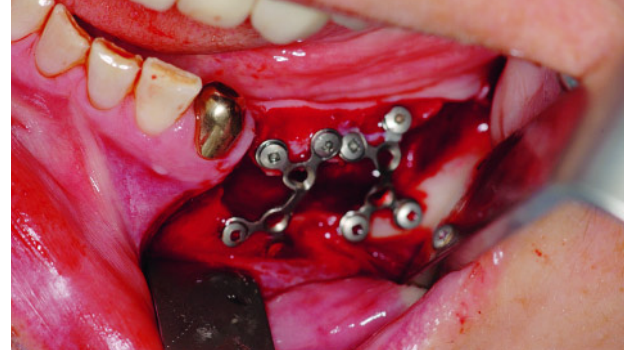


Abbildung 10 Der vertikale Defekt wird durch horizontale Osteotomie (Kastenosteotomie) mit Höhersetzen des lingual an den Weichteilen gestielten Segments behandelt. Dadurch ist nun nicht mehr eine aufwändige Technik der Gruppe IV (z. B. Beckenkammtransplantat, siehe Abb. 1) notwendig, sondern der Spaltraum kann im Sinne der Gruppe II mit partikulären Materialien behandelt werden. Die Operation erfolgte ambulant in örtlicher Betäubung.

Figure 10 The vertical defect was transformed into an interpositional bone defect by a horizontal segmental osteotomy. The bone segment was pedicled to the lingual soft tissues. With this measure, the defect became treatable with a particulated bone graft which can be done in an out-patient setting in local anesthesia.

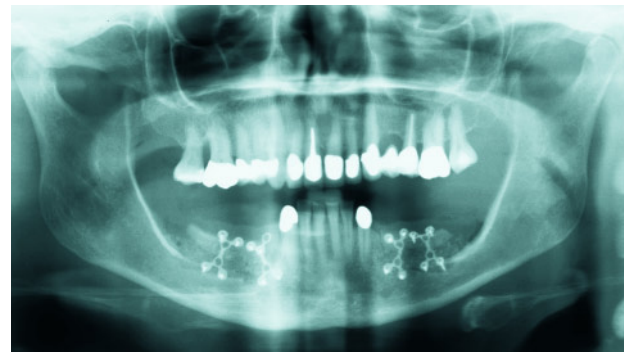


Abbildung 12 Das Röntgenbild zeigt den Augmentationsgewinn. Die seitlichen Unterkieferbereiche dürfen für 4 Monate nicht durch provisorische Prothesen oder durch Kauen belastet werden. Notfalls sollten provisorische Implantate verwendet werden, um bei dringendem Versorgungswunsch ein nicht tegumental getragenes Provisorium herstellen zu können.

Figure 12 The radiograph shows the increased bone height. The augmented area must not be loaded by chewing with provisional dentures for 4 months. If a provisional denture is required, then provisional implants should be considered.

Klassifikation der marginalen Alveolarfortsatzdefekte und Behandlungskonzept

Die häufigste Defektart sind die marginalen Alveolarfortsatzdefekte. Für die tägliche Praxis wird hier zur Einteilung das Viertelschema vorgeschlagen (Tab. 1, Abb. 2). Auf die internen Defekte wie

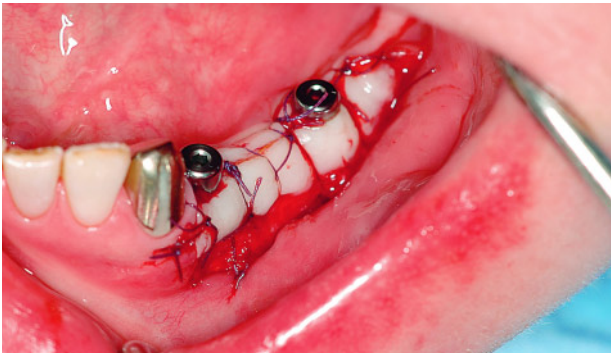


Abbildung 13 Vier Monate nach Augmentation wurden Implantate inseriert. Diese sind für 3 Monate eingeeilt. Häufig beobachtet man wie im vorliegenden Fall auch ein Defizit an befestigter Gingiva, wenn jahrelang eine Knochenatrophie bestanden hat. Diese fehlende Gingivabreite wird durch ein freies Gingivatransplantat vom harten Gaumen wiederhergestellt.

Figure 13 Four months after the augmentation, the dental implants were inserted. These were allowed to heal for another three months. In many cases after long standing bone atrophy there is a lack of fixed gingiva. In this case the gingiva was augmented with strips of fixed gingiva from the hard palate at the time of implant abutment connection.



Abbildung 14 Festsitzende prothetische Versorgung durch Brücken beidseits (Dr. Mehl, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein).

Figure 14 Fixed bridges on both sides (prosthodontic treatment by Dr. Mehl, University Dental Hospital Schleswig-Holstein).

bei der Sinusbodenaugmentation und auf unter sich gehende Defekte wie bei den Fenestrationsdefekten wird in dieser Klassifikation nicht eingegangen.

Diese Klassifikation folgt der natürlichen Sequenz des marginalen Knochenabbaus nach Exzision, die erst fazial beginnt und später die oralen Anteile miterfasst. Ferner hat sie therapeutische Konsequenz, denn jeder der Vierteldefekte kann anders behandelt werden. Fehlt der obere faziale Anteil des Alveolarfortsatzes und liegt ein vestibulärer Dehiszenzdefekt des (geplanten) Implantates vor, dann kann man vom $\frac{1}{4}$ Defekt sprechen. Hier ist eine einzeitige GBR, im ästhetischen Bereich mit Knochenblock als Platzhalter der beste Kompromiss zwischen Aufwand und Nutzen. Findet sich hingegen aufgrund eines insgesamt zu schmalen Kamms ein (sub)totales Freiliegen der bukkalen Implantatoberfläche, dann kann man vom $\frac{2}{4}$ Defekt sprechen. Auch hier ist ein einzeitiges Vorgehen mit Knochenblock möglich, solange das Implantat im Restkamm noch stabilisiert werden kann. Es liegt der Dreivierteldefekt vor, wenn zusätzlich zur fazialen Seite auch ein Teil des oralen Anteiles des Kieferkamms fehlt. Ab hier ist dann das zweizeitige Vorgehen indiziert mit Verpflanzung eines Knochenblocks zur Wiederherstellung der fazialen Gingivaschulter. Die

totale vertikale Alveolarkammatrophie ist schließlich dann der $\frac{4}{4}$ Defekt. Diese Defektart tritt vorwiegend im seitlichen Unterkiefer (Abb. 9–14) auf, wo sie mit einer Interpositionsplastik behandelbar ist. Analog wird im ästhetischen Bereich wegen der Rigidität der palatinalen Weichgewebe eine Distraktionsosteogenese (Abb. 15–22) gewählt.

Klinische Durchführung von Augmentationsoperationen

Eine Knochenaugmentationsoperation sollte gut vorbereitet werden. Sie folgt den Regeln der Patientenselektion und -vorbereitung für Wahleingriffe. Unter anderem sind akute Entzündungszustände des Kiefers und der bedeckenden Schleimhaut zu beseitigen und der Allgemeinzustand des Patienten zu berücksichtigen beziehungsweise zu verbessern.

Die geforderte Primärheilung einer intraoralen Wunde ist in der kontaminierten Umgebung der Mundhöhle kritisch. Das Risiko einer Dehiszenz sinkt bei sorgfältiger Vorbereitung. Die Infektionsprophylaxe erfolgt in vier Stufen. Dazu gehört in Stufe 1 die konservierende und parodontale Sanierung und die Pfeilerselektion. Damit werden potentielle Infektionsquellen in der Mund-

höhle beseitigt. Stufe 2 ist die Mundhygieneinstruktion verbunden mit einer präoperativen professionellen Zahnreinigung. Stufe 3 ist die unmittelbar präoperative desinfizierende Spülung der Mundhöhle beispielsweise mit Chlorhexidindigluconatlösung unter ausreichender Einwirkzeit. Hiermit wird zwar keine Keimfreiheit erzielt, doch die bakterielle Inokulation in der Knochenwunde sinkt. Stufe 4 ist schließlich die peri- und fünftägige postoperative prophylaktische Antibiose immer dann, wenn Fremd- oder Eigenmaterialien transplantiert werden. Im Regelfall werden Penicillin oder Clindamycin im Allergiefall entsprechend der Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde verwendet [1]. Nicht nur für die Antibiose, sondern auch für eine Sedierung, die Entnahme von Venenblut zum Mischen mit Knochenersatzmaterial und zur Notfallbehandlung hat das Legen eines venösen Zugangs Vorteile.

Die Wunderöffnung erfolgt im Regelfall über einen Schnitt in Kieferkammmitte. Bei vorhandenen Nachbarzähnen wird die Inzision als Zahnfleischrandschnitt fortgeführt. Entlastungsinzisionen, vorzugsweise im Lippenbändchen und retromolar, sorgen für die notwendige Beweglichkeit des Lappens, der im Regelfall bei Knochen-

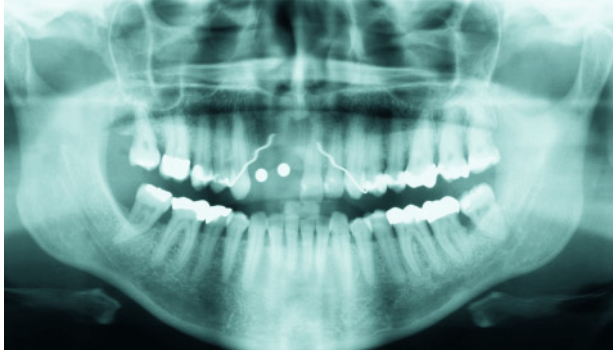


Abbildung 15 Die Paroramaschichtaufnahme zeigt ein vertikales Knochendefizit in der Schallücke 12–11 von etwa 10 mm Höhe nach einer lokalisierten marginalen Parodontitis in der Vorgeschichte. Damit entspricht die Defektkonfiguration und das klinische Vorgehen der Gruppe 4/4 (Distractionsosteogenese im ästhetisch sichtbaren Bereich) der Tabelle 1 und der Abbildung 2.

Figure 15 The panoramic radiograph shows a rather localised bone defect of approximately 10 mm height in the region 12–11. There was an aggressive periodontitis in the history. This is defect type 4/4, according to table 1 a distraction osteogenesis was selected as treatment.

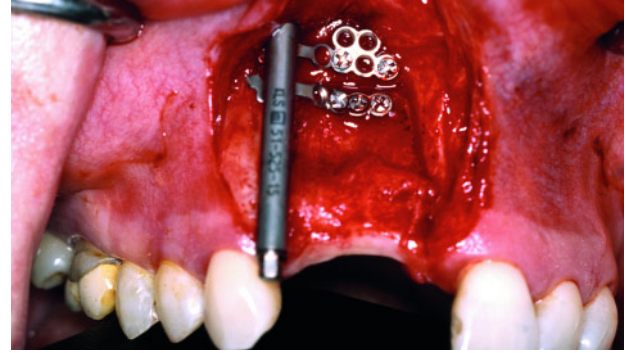


Abbildung 16 Das intraoperative Bild zeigt den eingebauten TRACK 1.0 Distraktor (Martin, Tuttlingen) und die erfolgte Kastenosteotomie zur Mobilisation des palatinal gestielten Transportsegments. Die Operation erfolgte ambulant in örtlicher Betäubung.

Figure 16 The intraoperative picture shows the placement of a TRACK 1.0 Distractor (Martin, Tuttlingen) after osteotomy of the transport segment which is still pedicled to the palatal soft tissues. The operation was performed under local anaesthesia.



Abbildung 17 Das klinische Zwischenergebnis zeigt die gewonnene Höhe nach Beendigung der zweiwöchigen Distractionsphase mit anschließender zehnwöchiger Konsolidierungsphase. Auch das Weichteil hat sich gestreckt und ist nun bereit zur Aufnahme der Implantate und Augmentate zur horizontalen Augmentation. Neben 13 ist der Sechskant der Distractionsnuss erkennbar, über den die Patientin täglich selber während der Distractionsphase den Distraktor aktiviert hat.

Figure 17 This intermediate clinical result shows the gain of ridge and soft tissue height at the end of the distraction phase. On the mesial edge of tooth 13 the external hex of the distraction post is visible. The patient had used this post to activate the distractor herself daily.

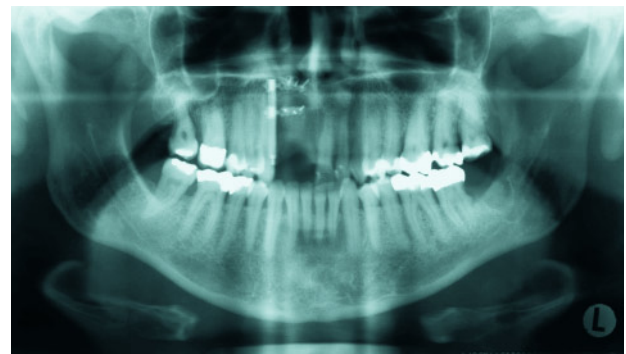


Abbildung 18 Panoramiaschichtaufnahme vor Beginn der Distractionsphase.

Figure 18 Panoramic radiograph after the installation of the distractor.

augmentationen und Implantatinsertionen vollschichtig präpariert wird. Auch für die Augmentationsoperation, unabhängig ob zweizeitig oder einzeitig, ist es hilfreich eine Bohrschablone basierend auf einer Probeaufstellung vorzubereiten, die die spätere Zahnkronenform und -länge zeigt. Daran kann neben der Implantatposition auch die Position des Augmentats intraoperativ ab-

gelesen werden. Je nach gewähltem Vorgehen (siehe Tab. 1) wird nun das Implantat gesetzt und der Knochendefekt durch Entfernung von Weichgeweberesten, oberflächliches Abschleifen der Kambiumschicht des Knochens und durch Perforationsbohrungen der faziellen Kompakta vorbereitet. Danach erfolgt ein provisorischer Wundverschluss der Implantatwunde, wenn eine zweite

Inzision zur Gewinnung von autologem Knochen erforderlich ist. Bei der Knochengewinnungsoperation, beispielsweise eines Blocks von der Linea obliqua des Unterkiefers, kann man einen Knochenfilter zur Sammlung der Knochenspäne einsetzen. Zur Minimierung der bakteriellen Kontamination sollte dieser Filter nur unmittelbar während der eigentlichen Osteotomie eingesetzt wer-

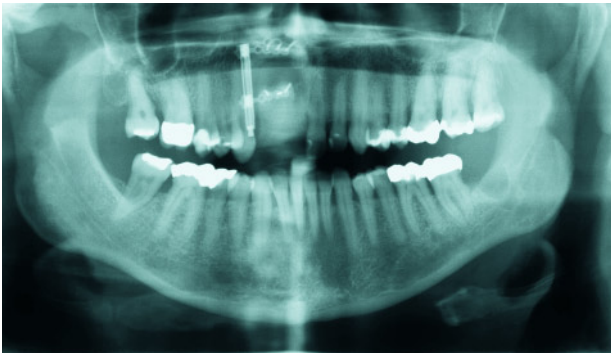


Abbildung 19 Panoramaschichtaufnahme nach Ende der Distraktionsphase.

Figure 19 Panoramic radiograph after distraction.

(Tab. 1, Abb. 1-22: H. Terheyden)

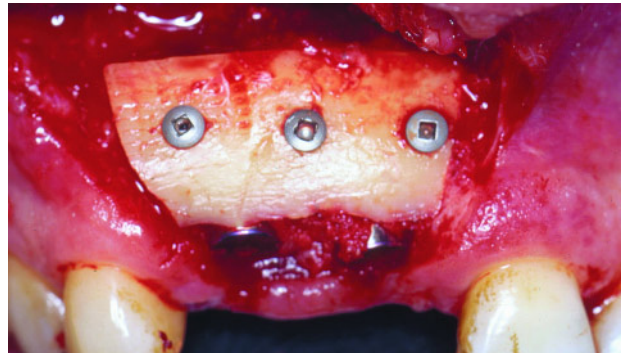


Abbildung 20 Nach der Distraktion wurden die Implantate 12, 11 eingesetzt und wegen eines bukkalen Dehissenzdefekts (2/4 nach Tabelle 1) simultan mit einem Knochenblock von der Linea obliqua versorgt. Der Block wurde 3 mm unterhalb der prospektiven Gingivahöhe mit drei Zugschrauben (1,5 mm System, Martin, Tuttlingen) befestigt.

Figure 20 After distraction, the implants were inserted and simultaneously covered with a block bone graft from the line obliqua (according 2/4 in table 1). The block was fixed with three lag screws (1,5 mm System, Martin, Tuttlingen) 3 mm below the prospective new gingival height.

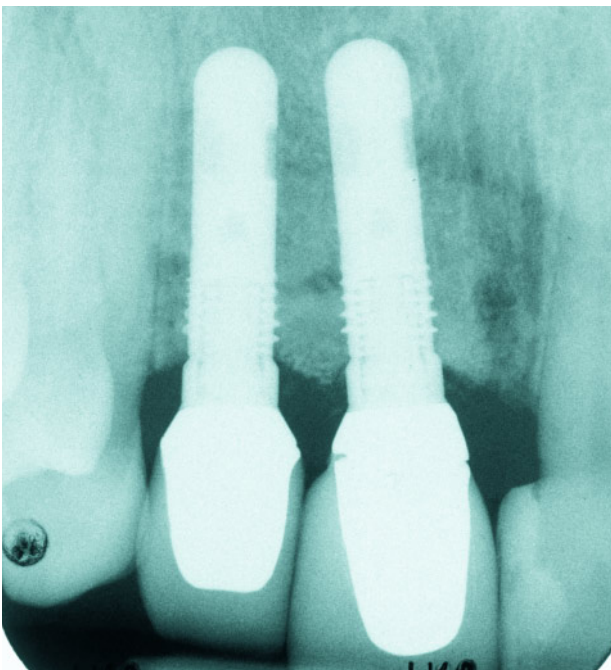


Abbildung 21 Der Zahnfilm zeigt eine physiologische Remodellation des marginalen Knochens im ehemaligen Augmentatsbereiches mit Ausbildung eines kraterförmigen Defekts im Knochen als Ausdruck des Platzbedarfs der Gingivaanheftung am Implantat (Etablierung der biologischen Breite).

Figure 21 The periapical radiograph shows the physiological bone remodelling with formation of a bone saucer. This saucer is the radiographic correlate to the establishment of a biological width.



Abbildung 22 Das Abschlussfoto zwei Jahre nach Eingliederung der Einzelkronen (Prof. Wolfart, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, jetzt RWTH Aachen) zeigt die vollständige und dauerhafte Behandlung des knöchernen Defizits und die zuverlässige und planbare Einstellung der vestibulären Gingivahöhe über die Positionierung der Knochenschulter des Augmentats.

Figure 22 The final photograph two years after restoration with two single crowns (prostodontic treatment by Prof. Wolfart, University Dental Hospital Schleswig-Holstein, now RWTH Aachen) shows the complete healing and predictable restoration of the gingival height by means of bone augmentation and position of the bone shoulder.

den und nicht zur Absaugung von kontaminierten Sekreten verwendet werden. Sofort nach Abschluss der Osteotomie wird der Filter aus dem Saugtrakt entnommen, damit durchgesaugte Luft die vitalen Knochenzellen nicht beschädigt. Der gewonnene Knochen wird in einem Metallschälchen zwischengelagert und feucht, aber nicht schwim-

mend, abgedeckt. Am besten benutzt man in Kontakt mit Transplantaten Ringerlösung, um keinen osmotisch bedingten Zellschaden zu setzen.

Ein Knochenersatzmaterial wird vor der Mischung mit potentiell kontaminierten Knochenspänen mit sterilem Venenblut oder aspiriertem Blut aus der Entnahmewunde versetzt. Erst danach

wird der Filterknochen, möglichst in einer 50 zu 50 Mischung zugefügt. Wenn ein Knochenblock verwendet wird, dann sollte er und auch der defektbegrenzende Lagerknochen durch Abfräsen so zugerichtet werden, dass ein möglichst bündiger Kontakt zum Lagerknochen entsteht. Im Idealfall liegt der Block wie eine Intarsie im Defekt, um ei-

nerseits lagestabil zu sein und um den Knochenumbauprozessen aus dem Inneren des Lagerknochens möglichst wenig Widerstand zu bieten. Der Osteosynthese eines Knochenblocks mit in der Regel zwei Zugschrauben pro Block kommt besondere Bedeutung zu, denn Knochen heilt nur unter stabilen Bedingungen. Beim einzeitigen Vorgehen bedeckt und stabilisiert der Knochenblock das Implantat von bukkal wie ein Furnier (englisch Veneer graft) und seine Schulter liegt 3 mm unter der prospektiven Gingivahöhe. Fakultativ kann ein Transplantat mit Aufschlussbohrungen versehen werden, um die Einheilung zu beschleunigen. Nun sollte der Block noch von scharfen Kanten und Graten befreit werden. Diese könnten in der Heilungsphase von unterhalb auf den bedeckenden Weichteillappen einen punktförmigen Druck ausüben, der den örtlichen arteriellen Perfusionsdruck übersteigen kann und so zu einer Lappennekrose und Wundheilungsstörung führen kann. Denselben Zweck, dem Abpolstern des Weichteillappens durch Ausgleich von Konturunregelmäßigkeiten, dient nun die Aufschüttung von Knochenersatzmaterialgemisch rund um den Block und auch über den Block.

Schließlich wird noch eine resorbierbare Membran oral unter die Gingiva gesteckt und über dem Augmentat ausgebreitet. Naturbelassenes Kollagen wird nach Blutkontakt weicher und anschmiegsamer als eine vernetzte Kollagenmembran und polstert den Lappen zusätzlich ab, so dass eine weitere Vorsorge gegen Lappennekrosen getroffen wird. Schließlich sollte der Lappen gut mobilisiert werden, um das zusätzlich aufgebaute Volumen sicher und spannungsfrei zu decken. Der Wundverschluss erfolgt in der intraoralen Knochenchirurgie im Regelfall mit 4 x 0 pseudomonofilem gezwirnten nicht resorbierbaren Fadenmaterial.

Abschließend ist bei der provisorischen Versorgung darauf zu achten, dass möglichst nur zahngetragene Provisorien verwendet werden, die keinen Druck auf die Schleimhaut und die Transplantate ausüben. Hier bieten sich Schienenprovisorien oder als dauerhafte

Lösung Klebebrücken an. Bei größeren Lücken und Freisituationen sollten provisorische Implantate als zusätzliche Pfeiler in die Planung einbezogen werden. Die Implantatfreilegung oder beim zweizeitigen Vorgehen die Implantatinserterion erfolgt im Regelfall 4 Monate nach der Augmentation.

Zukünftige Entwicklungen

Ein absehbarer Trend für die Zukunft ist die Zunahme der Implantatinserterionen und damit der Augmentationsoperationen. Auch die Zahl der Revisionen nach Implantatbehandlungen wird voraussichtlich ansteigen und Augmentationsbedarf erzeugen. Gleichzeitig ist eine weitere Reduktion der Invasivität der Augmentationsoperationen beispielsweise durch endoskopische und andere minimalinvasive Techniken zu erwarten. Ein wichtiger Trend ist die Entwicklung von aktivierten Knochenersatzmaterialien, so dass diese aus sich selbst heraus osteoinduktiv oder zumindest wachstumsstimulierend wirken werden. Damit ließe sich der Bedarf an autologen Knochen spenden senken. Derzeit sind die üblichen in Europa zugelassenen mineralischen Knochenersatzmaterialien noch als passiv zu bezeichnen. Die Aktivierung geschieht durch Versetzen mit bioaktiven Faktoren z. B. rekombinanten Platelet Derived Growth Factor – BB (PDGF-BB, Produkt in den USA, aber nicht in Europa zugelassen). Ein mineralisches Knochenersatzmaterial, das als Fertigprodukt mit rekombinanten BMP (Bone Morphogenetic Proteins) versetzt ist, ist bislang weder in den USA noch in Europa zugelassen. Viele weitere Zusätze befinden sich in der präklinischen Erprobung. Die Verwendung von kultivierten autologen Knochenzellen hat sich mangels eindeutigen Wirkungsnachweis in Relation zu dem erheblichen Aufwand bislang klinisch nicht in größerem Maßstab durchsetzen können. Derzeit befindet sich die Kombination von perioperativ gewonnenen Knochenmarksaspiraten, deren Gehalt an mesenchymalen Stammzellen durch Zentrifugieren angereichert wird, als

BMAC Verfahren (Bone Marrow Aspirated Cells) in der Erprobungsphase [10].

Fazit

Augmentative Verfahren wie die Sinusbodenaugmentation und die laterale Kammaugmentation durch gesteuerte Knochenregeneration (GBR) sind in der Literatur gut belegt, wobei die Implantatprognose im regenerierten Knochen nicht schlechter ist als im ortsständigen Knochen und der regenerierte Knochen in Verbindung mit Implantaten langfristig erhalten bleibt. Das nach Literaturdaten vorhersagbarste Augmentationsmaterial für laterale und vertikale Kammdefekte ist der intraoral gewonnene autologe Knochenblock, vorzugsweise von der Linea obliqua des Unterkiefers in Verbindung mit resorbierbaren Membranen. Die Sinusbodenaugmentation, crestal und lateral, zeigt relativ unabhängig von der Materialwahl gute Ergebnisse und sehr niedrige Komplikationsraten. 

Interessenkonflikte: Der Autor erklärt, dass er in der Vergangenheit zeitweise Beraterhonorare der Firmen Geistlich, Baden-Baden, und Scil, München, erhalten hat. Ferner hat er Vortragshonorare von Herstellerfirmen von Knochenersatzmaterialien und Zahnimplantaten erhalten. Der Autor ist im Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Implantologie und des International Team for Implantology ehrenamtlich tätig. Ansonsten bestehen keine Interessenkonflikte im Sinne des International Committee of Medical Journal Editors.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Dr. Hendrik Terheyden
Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
Rotes Kreuz Krankenhaus
Hansteinstrasse 29
34121 Kassel
Tel.: 05 61 / 30 86 – 55 00
Fax: 05 61 / 30 86 – 55 34
E-Mail: terheyden@rkh-kassel.de

Literatur

1. Al Nawas B: Antibiotika in der zahnärztlichen Praxis. Wissenschaftliche Stellungnahmen der DGZMK. http://www.dgzmk.de/uploads/tx_szdgzmkdocuments/Antibiotika_in_der_Zahnaerztlichen_Praxis.pdf (29.4.2010)
2. Antoun H, Sitbon JM, Martinez H, Misika P: A prospective randomized study comparing two techniques of bone augmentation: onlay graft alone or associated with a membrane. *Clin Oral Implants Res* 12, 632–639 (2001)
3. Araújo MG, Lindhe J: Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 32, 212–218 (2005)
4. Astrand P, Engquist B, Dahlgren S, Gröndahl K, Engquist E, Feldmann H: Astra Tech and Brånemark system implants: a 5-year prospective study of marginal bone reactions. *Clin Oral Implants Res* 15, 413–420 (2004)
5. Astrand P, Ahlqvist J, Gunne J, Nilson H: Implant treatment of patients with edentulous jaws: a 20-year follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res* 10, 207–217 (2008)
6. Chiapasco M, Casentini P, Zaniboni M: Bone augmentation procedures in implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants* 24 Suppl, 237–259 (2009)
7. Dawson A, Chen S (Hrsg.): *The SAC Classification in Implant Dentistry*. Quintessence, Berlin 2009
8. Maiorana C, Beretta M, Salina S, Santoro F: Reduction of autogenous bone graft resorption by means of bio-oss coverage: a prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 25, 19–25 (2005)
9. Michalczyk V, Terheyden H. Langzeitstabilität von Knochenblöcken. *Z Zahnärztl Implantol* 23, 266–279 (2007)
10. Sauerbier S, Stricker A, Kuschnierz J, Bühler F, Oshima T, Xavier SP, Schmelzeisen R, Gutwald R: In vivo comparison of hard tissue regeneration with human mesenchymal stem cells processed with either the FICOLL method or the BMAC method. *Tissue Eng Part C Methods* 16, 215–223 (2010)
11. Springer IN, Terheyden H, Geiss S, Härle F, Hedderich J, Açil Y: Particulated bone grafts – effectiveness of bone cell supply. *Clin Oral Implants Res* 15, 205–212 (2004)
12. Stollingsma C, Vissink A, Meijer HJ, Kuiper C, Raghoobar GM: Implantology and the severely resorbed edentulous mandible. *Crit Rev Oral Biol Med* 15, 240–248 (2004)
13. Storgard-Jensen S, Terheyden H: Bone augmentation procedures in localised defects in the alveolar ridge: clinical results with different bone grafts and bone substitute materials. *Int J Oral Maxillofac Implants* 24 Suppl, 218–236 (2009)
14. Terheyden H, Simon B, Behfar L, Rieger M, Behrens E: Interpositionsplastik des zahnlosen Ober- und Unterkiefers. *Implantologie* 15, 297–304 (2007)

RISIKEN UND NEBENWIRKUNGEN VON SPECTATOR TEAM



Fundierte Kenntnisse und Fortbildungsangebote für Ihr Team.
Mehr Effizienz im Praxisalltag. Jeden Monat in SPECTATOR
team. Jeden Monat mit SPECTATOR DENTISTRY in Ihrem
Briefkasten.