

S2k-Leitlinie (Kurzversion)

# Implantologische Indikationen für die Anwendung von Knochenersatzmaterialien

AWMF-Registernummer: 083-009

Stand: Juli 2020

Gültig bis: Juni 2025

**Federführende Fachgesellschaften:**

Deutsche Gesellschaft für Implantologie im Zahn-, Mund- und Kieferbereich (DGI)  
Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK)

**Beteiligung weiterer AWMF-Fachgesellschaften:**

Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG)  
Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie (DGKFO)  
Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien (DGPro)

**Beteiligung weiterer Fachgesellschaften/ Organisationen:**

Arbeitsgemeinschaft für Oral- und Kieferchirurgie (AGOKi)  
Bundesverband der implantologisch tätigen Zahnärzte in Europa  
e.V./European Association of Dental Implantologists (BDIZ EDI)  
Berufsverband Deutscher Oralchirurgen (BDO)  
Deutsche Gesellschaft für Ästhetische Zahnmedizin e.V. (DGÄZ)  
Deutsche Gesellschaft für Alterszahnmedizin (DGAZ)  
Deutsche Gesellschaft für computergestützte Zahnheilkunde (DGCZ)  
Deutsche Gesellschaft für Zahnärztliche Implantologie e.V. (DGZI)  
Freier Verband Deutscher Zahnärzte (FVDZ)  
Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung (KZBV)  
Selbsthilfegruppe (SHG) Mundkrebs  
Verband Deutscher Zahntechniker-Innungen (VDZI)  
Verband Medizinischer Fachberufe e.V.

publiziert bei:

**Koordinator:**

Bilal Al-Nawas

**Autoren:**

Markus Tröltzsch  
Peer W. Kämmerer  
Andreas Pabst  
Matthias Tröltzsch  
Philipp Kauffmann  
Eik Schiegnitz  
Phillipp Brockmeyer  
Bilal Al-Nawas

**Methodische Begleitung:**

Prof. Dr. Ina Kopp (AWMF)  
Dr. Silke Auras (DGZMK, Leitlinienbeauftragte)  
Dr. Anke Weber (DGZMK, Leitlinienbeauftragte)

**Jahr der Erstellung:** Januar 2011

**Vorliegende Aktualisierung/ Stand:** Juli 2020

**gültig bis:** Juni 2025

*Die "Leitlinien" der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften sind systematisch entwickelte Hilfen für Ärzte/ Zahnärzte zur Entscheidungsfindung in spezifischen Situationen. Sie beruhen auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und in der Praxis bewährten Verfahren und sorgen für mehr Sicherheit in der Medizin, sollen aber auch ökonomische Aspekte berücksichtigen. Die "Leitlinien" sind für Ärzte/ Zahnärzte rechtlich nicht bindend und haben daher weder haftungsbegründende noch haftungsbefreiende Wirkung.*

*Leitlinien unterliegen einer ständigen Qualitätskontrolle, spätestens alle 5 Jahre ist ein Abgleich der neuen Erkenntnisse mit den formulierten Handlungsempfehlungen erforderlich. Die aktuelle Version einer Leitlinie finden Sie immer auf den Seiten der DGZMK ([www.dgzmk.de](http://www.dgzmk.de)) oder der AWMF ([www.awmf.org](http://www.awmf.org)). Sofern Sie die vorliegende Leitlinie nicht auf einer der beiden genannten Webseiten heruntergeladen haben, sollten Sie dort nochmals prüfen, ob es ggf. eine aktuellere Version gibt.*

---

## Inhalt

Vorwort .....	1
1. Herausgeber .....	2
1.1. Federführende Fachgesellschaften .....	2
1.2. Kontakt .....	2
1.3. Zitierweise .....	2
1.4. Redaktioneller Hinweis.....	2
2. Methodik und Zielsetzung der Leitlinie.....	3
2.1. Zielsetzung.....	3
2.2. Adressaten der Leitlinie.....	3
3. Die Anamnese: Medizinische Faktoren .....	4
4. Die Defektbiologie .....	5
5. Die Einteilung der verschiedenen Biomaterialien .....	7
6. Augmentation einfacher Defizite und Defekte .....	9
6.1. Ridge Preservation und Dehizensdefekte an Implantaten .....	9
6.2. Sinuslift / Sinusbodenelevation.....	10
7. Horizontale und vertikale Defekte des Alveolarkamms – komplexe Defizite und Defekte .....	11
8. Zusammenfassung.....	13
Abbildungen .....	14
Tabellen .....	14
Literatur.....	15

## Vorwort

Für ein langfristiges Überleben und einen langfristigen Erfolg von zahnärztlichen Implantaten ist die ossäre und weichgewebige Basis im Kiefer eine entscheidende Voraussetzung. Auch wenn verkürzte oder durchmesserreduzierte Implantate zum Einsatz kommen sollen, muss das vorhandene Angebot an Hart- und Weichgewebe ausreichen oder durch augmentative Maßnahmen vermehrt werden.

Um dies zu erreichen steht eine Vielzahl von Methoden und Materialien zur Verfügung und mit der Erstellung der Leitlinie soll hier für den Praktiker eine Übersicht und Ordnung zur Anwendung von Knochenersatzmaterialien geschaffen werden.

Im Jahr 2017 begann unter der Koordination von Prof. Al-Nawas die Erstellung dieser Leitlinie, die im September 2019 bei der Leitlinienkonferenz in Eltville konsentiert und im Sommer 2020 finalisiert wurde. In dieser Kurzversion stellen wir einige für den Alltag besonders wichtige Aussagen vor, wir bitten, zur Vertiefung die Langversion der Leitlinie zur Hand zu nehmen.

## 1. Herausgeber

### 1.1. Federführende Fachgesellschaften



Deutsche Gesellschaft für Implantologie im Zahn-, Mund- und Kieferbereich (DGI)



Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK)

### 1.2. Kontakt

Deutsche Gesellschaft für Implantologie im Zahn-, Mund- und Kieferbereich e. V. (DGI)  
Rischkamp 37 F  
30659 Hannover

### 1.3. Zitierweise

DGI, DGZMK: „Knochenersatzmaterialien zur Verwendung bei Kieferkammdefiziten und -defekten“,  
Kurzversion 2020, AWMF-Registriernummer: 083-009,  
<https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/083-009.html>, (Zugriff am: TT.MM.JJJJ)

### 1.4. Redaktioneller Hinweis

Ausschließlich zum Zweck der besseren Lesbarkeit wird auf die geschlechtsspezifische Schreibweise verzichtet. Alle personenbezogenen Bezeichnungen in diesem Dokument sind somit geschlechtsneutral zu verstehen.

## 2. Methodik und Zielsetzung der Leitlinie

### (LL: Kap 3 Geltungsbereich und Zweck und Methodenreport der Leitlinie)

Dr. Dr. Markus Tröltzsch begann 2017 mit der Datensammlung und Erweiterung des bereits bestehenden systematischen Reviews [1] bis ins Jahr 2019. Dabei waren neben der alten bestehenden Leitlinie der DGI/AWMF „In welchen implantologischen Indikationen ist die Anwendung von Knochenersatzmaterialien experimentell und klinisch wissenschaftlich belegt?“ (Autoren der Leitlinie: Al-Nawas, Gellrich, Klein, Palm, Rothamel, Schlee, Schultze-Mosgau, Schwarz, Sommer; Datum der Erstellung: 06.01.2011) insbesondere die Stellungnahmen der European Association for Osseointegration (EAO, 2018) [2] und des International Team for Implantology (ITI, 2018) [3] die Basis für das weitere Vorgehen. Insgesamt wurden somit über 500 Publikationen zusätzlich gesichtet und das Team nach und nach um die anderen Autoren erweitert. Im Rahmen der DGI-Leitlinien-Konferenz 2019 wurden die Statements konsentiert und die Leitlinie nach Finalisierung und Verabschiedung durch die Fachgesellschaften im November 2020 bei der AWMF veröffentlicht. Sowohl die Leitlinie selbst [4] als sich der Methodenreport [5] finden sich auf der Website der AWMF unter <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/083-009.html>.



Abbildung 1: QR-Code zur Leitlinienseite

### 2.1. Zielsetzung

Im Rahmen der vorliegenden Leitlinie sollen verschiedene augmentative Maßnahmen der verschiedenen Gruppen heute verfügbarer Knochenersatzmaterialien identifiziert und nach ihrer Wirkung, Indikation und klinischen Evidenz vorgestellt werden.

### 2.2. Adressaten der Leitlinie

Diese Leitlinie richtet sich an behandelnde Zahnärzte, insbesondere Zahnärzte für Oralchirurgie, Implantologen und Ärzte, insbesondere Ärzte für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie.

Im Folgenden werden nun die einzelnen Bestandteile der Leitlinie mit ihren Kernaussagen in ihrer Reihenfolge aufgeführt. Die kompletten Quellenangaben für die Aussagen finden sich in der Langversion der Leitlinie, hier werden nur einige wenige Beispiele aus der Literatur hinzugefügt. Die entsprechenden Kapitel der Leitlinie werden in den Überschriften angezeigt.

### 3. Die Anamnese: Medizinische Faktoren

#### (LL: Kap 6.1 Anamnese)

Obwohl die Frage der Komorbiditäten des Patienten und deren Einfluss auf den Augmentationserfolg sehr wichtig ist, gibt es hier wenig Literatur. Wichtige Faktoren, die das Ergebnis der Augmentation und der Implantate selbst negativ beeinflussen können, sind unter anderem [6][7][8, 9]:

- schlecht eingestellter Diabetes Mellitus,
- Rauchen,
- vorausgegangene oder bestehende Parodontitis,
- Bestrahlung,
- Bisphosphonate und ihre Analoga,
- schwere kardiologische und metabolische Erkrankungen,
- diverse Pharmaka wie Serotonin-Wiederaufnahmehemmer (SSRI), Protonenpumpen-inhibitoren (PPI) und Phosphodiesterase-5-Hemmer (PDE-5).

Auch ein zu niedriger Vitamin D-Spiegel scheint die Prognose zu verschlechtern [10].

Keine Hinweise auf negative Einflüsse gibt es für Leberzirrhose, Osteoarthritis, Parkinson und Demenzerkrankungen [11].

Empfehlung	
1. Es soll eine mit Hinblick auf den geplanten Eingriff spezifische Anamnese (insbesondere der Risikofaktoren) erfolgen.	starker Konsens
2. Wenn möglich, sollen Maßnahmen zur Verminderung des Risikos vor einer Augmentation durchgeführt werden.	
3. Der Patient soll über das individuelle Risiko - insbesondere den Verlust des Augmentats - und über Alternativen aufgeklärt werden.	
Abstimmung: 29/0/1 (ja, nein, Enthaltung)	
Expertenkonsens	

Eine genaue Anamnese ist also wichtig und kann deutlich den späteren Augmentationserfolg mit beeinflussen. Der Patient sollte unbedingt über Risikofaktoren aufgeklärt werden und es sollte - wenn möglich - versucht werden, die Situation zu verbessern (z.B. Rauchen, Diabetes, Vitamin D etc.).

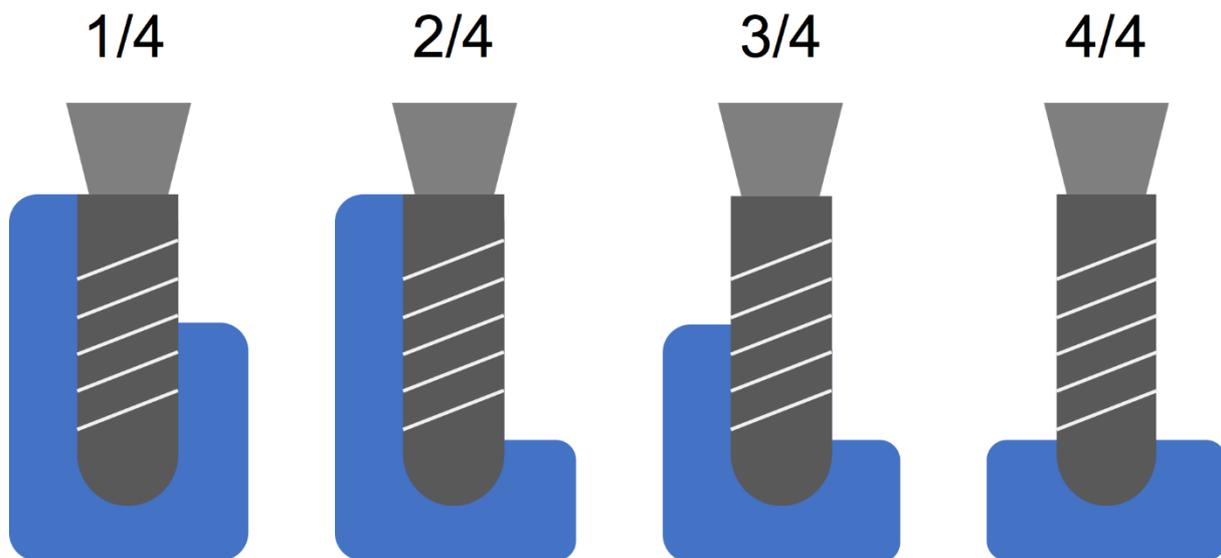
## 4. Die Defektbiologie

### (LL Kap 6.2 Regeneration bei Defekten des Kieferkammes, 6.3 Defektbiologie im Kieferknochen, 7 Stellenwert der Augmentation)

Vergleichbar mit den medizinischen Faktoren und ihrem Einfluss auf den Implantaterfolg gibt es auch bei diesem wichtigen Thema wenig Literatur. Es lässt sich gut zeigen, dass Implantate im augmentierten Knochen die gleichen Erfolgsraten haben wie Implantate, die in ortsständigen Knochen gesetzt werden [1, 12, 13]. Diese Erkenntnis unterstützt das Prinzip, dass das Implantat an die Stelle gesetzt werden sollte, wo es prothetisch benötigt wird.

Allerdings ist die Erfolgsaussicht der Augmentation unter anderem vom vorhandenen Alveolarkammdefekt abhängig. Nach Terheyden lassen sich vier Defektarten einteilen [14] (ABB 2), wobei der Aufwand und die Risiken für das Entstehen einer Komplikation mit der Defektgröße ansteigen.

<b>Empfehlung</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Implantatposition sollte ausgehend von der idealen prothetischen Position des geplanten Zahnes festgelegt werden, dies hat Auswirkungen auf die Indikation zur Augmentation und die zu verwendenden Materialien.</li> <li>2. In ausgewählten Fällen kann (zum Beispiel bei Indikationseinschränkungen einer Augmentation) von diesem Prinzip abgewichen werden.</li> <li>3. Zur Einschätzung der Prognose soll die Defektgeometrie (Knochenkontur) beachtet werden.</li> </ol>	starker Konsens
<b>Statement</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Implantate in gut eingeeilten augmentierten Arealen zeigen (bei systemisch nicht-kompromittierten Patienten) keine schlechtere Langzeitüberlebensrate als im ortsständigen Knochen.</li> </ol>	starker Konsens
Abstimmung: 32/1/1 (ja, nein, Enthaltung)	
Expertenkonsens	

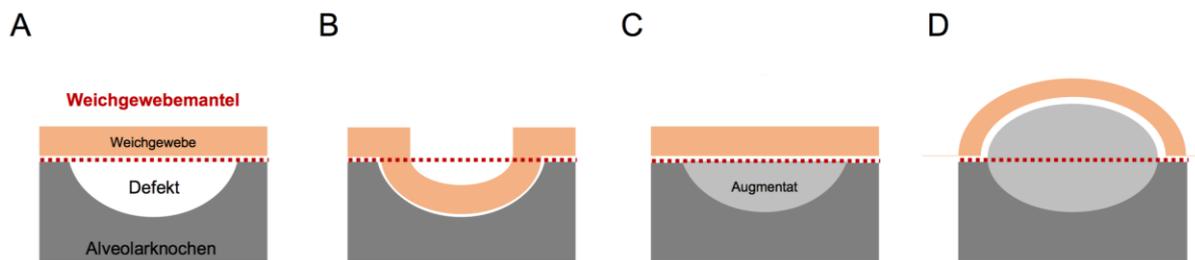


**Abbildung 2:** ITI-Klassifikation der Alveolarkammdefekte nach Terheyden [14].

Defekttyp	Einzelzahnlücke	Ausgedehnte Schaltlücke, Freundsituation	Zahnloser Kiefer
1/4	Dehiszenzdefekt, selbstbegrenzend	Mehrere Dehiszenzdefekte, selbstbegrenzend	Mehrere Dehiszenzdefekte, selbstbegrenzend
2/4	Horizontaler Defekt, nicht selbstbegrenzend, Augmentation außerhalb des „Skeletal Envelope“ erforderlich	Horizontaler Defekt, nicht selbstbegrenzend, Augmentation außerhalb des „Skeletal Envelope“ erforderlich	Scharfkantiger Alveolarkamm
3/4	Kombinierter Defekt mit horizontalem und vertikalem Knochendefizit	Kombinierter Defekt mit horizontalem und vertikalem Knochendefizit	Scharfkantiger Alveolarkamm mit vertikalem Knochendefizit (Klasse IV nach Cawood)
4/4	Durchgängiger Defekt	Rein vertikaler Defekt	Vollständige Alveolarkammatrophie (Klasse V und VI nach Cawood)

**Tabelle 1:** ITI-Klassifikation der Alveolarkammdefekte nach Terheyden [14, 15]

Besondere Bedeutung hat der den Defekt umfassende Weichgewebemantel („Skeletal Envelope“). Diesen zu erfassen und als den Augmentationserfolg mitbestimmenden Faktor zu definieren war eine der zentralen Aufgaben des Autorenteams der Leitlinie. In der wenigen vorhandenen Literatur [16-18], und der klinischen Praxis zeigt sich, dass ein Verdrängen des Weichgewebes über dessen ursprüngliche Position vor Entstehung des Defektes hinaus eine andere Art der Augmentation darstellt, als eine Augmentation innerhalb der Position des Skeletal Envelope. Dabei ist es wichtig, wie weit der Weichgewebemantel über dessen ursprüngliche Position hinaus verdrängt werden soll [1].



**Abbildung 3:** Schematische Darstellung der Knochenkontur, des Weichgewebemantels sowie einer Augmentation innerhalb und außerhalb des Weichgewebemantels. Die Darstellung gilt sowohl für horizontale, vertikale als auch kombinierte Alveolarkammdefekte. Der Weichgewebemantel (rote Linie) beschreibt die natürliche Dimension des knöchernen Alveolarkammes (A). Wenn ein solcher Defekt nicht augmentiert wird prolapiert das Weichgewebe und die Knochenkontur wird verändert (B). Es wird zwischen Augmentationen innerhalb (C) und außerhalb (D) des Weichgewebemantels unterschieden.

Die Defektform, die Position des Weichgewebemantels und die konstitutionellen medizinischen Faktoren des Patienten bestimmen zusammen die biologische Kapazität des zu regenerierenden Areals. Je schlechter diese biologische Kapazität einzustufen ist, desto komplikationsträchtiger muss der Eingriff eingeschätzt werden.

## 5. Die Einteilung der verschiedenen Biomaterialien

### (LL Kap 6.4 Einteilung verschiedener Biomaterialien)

**Autologer Knochen** ist biologisch natürlich am kompatibelsten zum Empfänger, da in dem Fall Spender und Empfänger identisch sind. Allerdings ist die Wertigkeit des Knochens von der Entnahmestelle abhängig, so ist der Knochen vom Becken anders als Knochen vom Unterkiefer einzuschätzen. Als Problem sind hier die begrenzte Menge des zu gewinnenden Knochens, Resorptionen und der entstehenden Entnahmedefekt zu nennen.

**Allogener Knochen** kommt von menschlichen Spendern und wird in verschiedenen Verfahren aufbereitet und gereinigt. Klinisch wird von der Unbedenklichkeit des Materials (wenn nach deutschen

Richtlinien aufbereitet, sind dies Arzneimittel nach dem deutschen Arzneimittelgesetz ) ausgegangen [19-21] wobei aber diverse immunologische und infektiologische Fragestellungen bisher ungeklärt sind [22-25]. Zudem findet sich durch die unterschiedlichen Aufbereitungsprozesse wenig Literatur für die individuellen Materialien und klinischen Fragestellungen.

**Xenogener Knochen** kommt von nichtmenschlichen Spendern, im Gebrauch sind z.B. Rind (bovin), Schwein (porcin) und Pferd (equin) aber auch Pflanzen (zum Beispiel Korallen). Da es sich hier um Medizinprodukte handelt, wurden für xenogene Produkte die Zulassungskriterien 2020 verschärft. Wichtig ist zu beachten, dass das jeweilige Produkt auch wirklich eine gute Datenlage aufweist und nicht nur die jeweilige Materialgruppe. Insbesondere einige bovine Produkte weisen eine hohe Datenlage auf und sind resorptionsstabil [26-29].

**Synthetische (alloplastische) Materialien** werden komplett künstlich hergestellt und sind daher aus infektions- und immunologischen Gesichtspunkten komplett unbedenklich. Sie sind bestenfalls als gleichwertig, eher doch als unterlegen zu anderen Knochenersatzmaterialien einzustufen, was die Regenerationskapazität angeht [1, 30-33], können aber bei individuelle Indikation klinisch äquivalent zu anderen Materialien genutzt werden. Ähnlich wie bei den Allografts gibt es aufgrund der großen Vielfalt wenig Literatur für die jeweiligen Materialien und spezielle Fragestellungen.

Einteilung von Biomaterialien	Erklärung
Autogen/Autolog	Vom Patienten selbst
Allogen	Von einem Individuum derselben Spezies
Xenogen	Von einer fremden Spezies
Alloplastisch	Körperfremde, künstliche Materialien

**Tabelle 2:** Gruppeneinteilung derzeitig erhältlicher Biomaterialien

### **Membranen**

Die Verwendung von Membranen mit Zellokklusivität und Barrierefunktion sowie die Stabilisierung des Defekts sind die Schlüsselprinzipien der Guided Bone Regeneration (GBR) [64]. Hierbei wird durch den Einsatz der Membran das Weichgewebe aus dem zu regenerierenden Bereich ferngehalten.

Verschiedene Materialien und Modifikationen sind im Einsatz. Es werden nicht resorbierbare Membranen aus PTFE und e-PTFE mit und ohne Titanverstärkung sowie resorbierbare Membranen aus Kollagen, aber auch verschiedensten synthetisch hergestellten Polymeren eingesetzt. Als nachteilig wird die Notwendigkeit eines zweiten Eingriffes zum Entfernen der nicht-resorbierbaren Membranen angesehen. Zudem kann sich mit zunehmend verringerter Biodegeneration die Biokompatibilität der Membranen verschlechtern und vice versa [64].

## 6. Augmentation einfacher Defizite und Defekte

### (LL Kap 8 Augmentation einfacher Defizite und Defekte)

#### 6.1. Ridge Preservation und Dehiszenzdefekte an Implantaten

#### (LL Kap 8.1 Erhalt des Alveolarkammes nach Extraktion: Ridge Preservation, 8.2 Dehiszenzdefekte an Implantaten)

Die Ridge Preservation ist die Augmentation eines Defekts mit hoher biologischer Kapazität, nämlich der mehr oder weniger knochenbegrenzten frischen Extraktionsalveole, wodurch ein deutlich besserer Erhalt des Kieferkamms erreicht wird [34, 35]. Beim Dehiszenzdefekt am Implantat wird eine kleine knöcherne Rezession an einer Implantatoberfläche beim Implantieren mit versorgt, hierbei wird der Weichgewebmantel verdrängt, aber nicht über dessen ursprüngliche Position vor Entstehung des Defektes [1]. In beiden Fällen kommt partikuläres Material zum Einsatz, so eine knöcherne Wand fehlt (also immer beim Dehiszenzdefekt) wird zusätzlich noch eine Membran verwendet [1, 36-38]. Für diese Augmentationsmethoden können alle verfügbaren Materialien verwendet werden (wenn auch mit unterschiedlichem regenerativen Potential), sogar für PRF [2], autologem Material aus extrahierten Zähnen [39-41] sowie Sonderwege wie die Socket Shield Technik [42] gibt es Literatur. Die meiste Evidenz findet sich aber für xenogenes und allogenes Material in absteigender Reihenfolge [43]. Ebenso können alle Membranarten verwendet werden, wobei resorbierbare Kollagenmembranen ein besonders günstiges Wirkungs/ Risiko-Profil zu haben scheinen [1, 44].

Empfehlung	
1. Wenn ein Alveolarkammerhalt nach Zahnverlust zum knöchernen Dimensionserhalt durchgeführt wird, sollte ein (Ersatz)material eingesetzt werden.	starker Konsens
Abstimmung: 32/0/2 (ja, nein, Enthaltung)	
Expertenkonsens	

Empfehlung	
1. Knochenersatzmaterial und Membran sollten für die Regeneration periimplantärer Dehiszenzdefekte zusammen eingesetzt werden.	starker Konsens
Statement	
2. Für die Regeneration von periimplantären Dehiszenzdefekten können alle zur Verfügung stehenden Knochenersatzmaterialien verwendet werden.	starker Konsens

3. Bei der Regeneration von periimplantären Dehiszenzdefekten mit Knochenersatzmaterialien ist keine vollständige Wiederherstellung des periimplantären Gewebes zu erwarten.	
Abstimmung: 31/2/2 (ja, nein, Enthaltung)	
Expertenkonsens	

## 6.2. Sinuslift / Sinusbodenelevation

### (LL Kap 8.3 Sinusbodenelevation)

Auch diese Defektkonfiguration weist eine hohe biologische Regenerationskapazität auf, ein Defekt mit vielen erhaltenen Knochenwänden innerhalb der Skeletal Envelope (durch das Elevieren der Schneiderschen Membran wird einfach nur Platz geschaffen, sie wirkt sich nicht wie der Weichgewebsmantel aus). Es lassen sich keine Unterschiede zwischen Sinuslifts mit autogenem Material oder mit Knochenersatzmaterial in Bezug auf die Implantaterfolgsrate finden [45-48]. Auch die verschiedenen Techniken scheinen keine signifikanten Unterschiede aufzuzeigen [49].

<b>Statement</b>	
1. Bei der Durchführung eines Sinuslifts kann der Behandler mit vergleichbaren Erfolgsraten auf alle vorhandenen Materialien und Techniken zurückgreifen. 2. Bei einem zweizeitigen Vorgehen kann ein Knochenersatzmaterial mit einer Resorptionsstabilität von Vorteil sein.	starker Konsens
<b>Empfehlung</b>	
3. Beim Sinuslift kann ein Knochenersatzmaterial verwendet werden.	starker Konsens
Abstimmung: 29/3/1 (ja, nein, Enthaltung)	
Expertenkonsens	

## 7. Horizontale und vertikale Defekte des Alveolarkamms – komplexe Defizite und Defekte

### **(LL Kap 9 Horizontale und vertikale Defekte des Alveolarkamms – komplexe Defizite und Defekte)**

Bei diesen Defekten kommen nun die Fragen der zu augmentierenden Distanzen als Unterscheidungskriterium für das Prozedere auf. Strecken um 3 mm horizontal und vertikal können mit einer Kombination aus partikulärem Biomaterial und einer Membran erfolgreich augmentiert werden [1, 50-52]. Größere Strecke benötigen entweder stabile Barrieren (z.B. Titan) oder Knochenblöcke [1]. Insgesamt weisen diese Techniken ein höheres Komplikations- und Misserfolgspotential auf als die im Kapitel 4 beschriebenen.

Als Blockmaterial stehen autogener Knochen von extra - oder intraoralen Spenderregionen, allogene, xenogene und synthetische/alloplastische Blöcke zur Verfügung. Für synthetische Blöcke ist die klinische Datenlage nicht ausreichend, und für xenogene und allogene Blöcke ist die Datenlage „sehr heterogen, teilweise kontrovers und insgesamt unzureichend“ (wörtliches Zitat aus der LL, Kap 9.2.3, letzter Absatz, S.31).

Somit verbleiben autogene Blöcke, wobei die von intraoralen Regionen insgesamt eine geringere regenerative Kapazität aufweise als Knochen aus extraoralen Spenderregionen, hier ist insbesondere der Beckenkamm zu nennen [53, 54][1, 55, 56]. Allerdings ist in diesem Kontext auf den Entnahmedefekt und die damit eingehende Morbidität und assoziierte Komplikationen hinzuweisen.

Empfehlung	
1. Bei komplexen Defekten bis zu 3 mm kann eine Kombination aus partikulärem Material und Membran verwendet werden.	starker Konsens
2. Bei komplexen Defekten sollte die Implantation sekundär (zweizeitiges Vorgehen) erfolgen.	
Statement	
3. Die komplexe vertikale Augmentation ist auch aufgrund der Weichgewebssituation anspruchsvoller als die horizontale.	starker Konsens
Abstimmung: 33/2/1 (ja, nein, Enthaltung)	
Expertenkonsens	

Empfehlung	
1. Zur Regeneration bei größeren Defekten können - neben dem autologen Transplantat - Augmentationstechniken der Guided Bone Regeneration (GBR) oder stabile Platzhalter verwendet werden.	starker Konsens
Abstimmung: 34/0/2 (ja, nein, Enthaltung)	
Expertenkonsens	

Alternativ zu den Blöcken kann auch mit GBR (Guided Bone Regeneration) Techniken mit stabilen Barrieren gearbeitet werden, also partikuläres Material das in einen Hohlraum gefüllt wird der mit einer titanverstärkten Membran, einer Schalenteknik oder einem Titangitter offen gehalten wird [57-59]. Titangitter zeigen das Potential für ähnliche Regenerationsstrecken wie extraorale Blöcke und profitieren möglicherweise von der zusätzlichen Abdeckung mit einer Membran [1]. Bei den GBR Techniken ist nicht primär das in den Hohlraum gefüllte Biomaterial sondern die Barriere an sich für die zu erreichende Strecke und die Komplikationswahrscheinlichkeit verantwortlich[1] [58, 60-63].

Statement	
1. Xenogene und alloplastische Blocktransplantate sind dem autologen Knochenblock unterlegen.	starker Konsens
2. Die Langzeitprognose von allogenen Blocktransplantaten ist in der Literatur nicht belegt.	
Abstimmung: 34/2/0 (ja, nein, Enthaltung)	
Expertenkonsens	

## 8. Zusammenfassung

### (LL Kap 10 Zusammenfassung)

Der Praktiker trägt die Verantwortung für das eingesetzte Biomaterial und die daraus entstehenden Folgen, daher ist die Auswahl der Materialien nach der verfügbaren Evidenz wichtig. Hierbei sind nicht Tierstudien, sondern klinische Untersuchungen mit Langzeitdaten und hohem Evidenzgrad entscheidend.

Viele Aspekte, Methoden und Situationen sind trotz der insgesamt hohen Studienzahl nicht ausreichend untersucht; klar ist aber, dass Implantate in erfolgreich augmentierten Arealen die gleiche Prognose haben wie Implantate, für die nicht augmentiert werden musste.

Für Defekte mit hoher biologischer Regenerationskapazität sind alle verfügbaren Biomaterialien einsetzbar, für komplexe Defekte, die ein geringeres biologisches Regenerationspotential aufweisen, stehen insbesondere autologe Blöcke oder GBR Techniken auch unter Zuhilfenahme von Titangittern oder anderen stabilen Barrieren im Focus.

Wichtig ist, dass die Augmentation der komplexen Defekte deutlich risikobehafteter ist als die Ridge Preservation oder die Regeneration eines Dehiszenzdefekts am Implantat. Der Weichgewebsmantel und dessen ursprüngliche Position vor Entstehung des Defektes spielt dabei eine entscheidende Rolle.

## Abbildungen

- Abb. 1: QR Code zur Leitlinienseite
- Abb. 2: ITI-Klassifikation der Alveolarkammdefekte nach Terheyden (Terheyden, H. 2010)  
(BILD und TABELLE aus der LL)
- Abb. 3 - Weichgewebsmantel:  
(BILD und TEXT aus der LL)
- Schematische Darstellung der Knochenkontur, des Weichgewebsmantels sowie einer Augmentation innerhalb und außerhalb des Weichgewebsmantels. Die Darstellung gilt sowohl für horizontale, vertikale als auch kombinierte Alveolarkammdefekte. Der Weichgewebsmantel (rote Linie) beschreibt die natürliche Dimension des knöchernen Alveolarkammes (A). Wenn ein solcher Defekt nicht augmentiert wird prolabiert das Weichgewebe und die Knochenkontur wird verändert (B). Es wird zwischen Augmentationen innerhalb (C) und außerhalb (D) des Weichgewebsmantels unterschieden.

## Tabellen

- Tabelle 1: ITI-Klassifikation der Alveolarkammdefekte nach Terheyden [14, 15]
- Tabelle 2: Gruppeneinteilung derzeitig erhältlicher Biomaterialien

---

## Literatur

1. Troeltzsch, M., et al., Clinical efficacy of grafting materials in alveolar ridge augmentation: A systematic review. *J Craniomaxillofac Surg*, 2016. **44**(10): p. 1618-1629.
2. Schliephake, H., et al., Drugs and diseases: Summary and consensus statements of group 1. The 5(th) EAO Consensus Conference 2018. *Clin Oral Implants Res*, 2018. **29 Suppl 18**: p. 93-99.
3. Jung, R.E., et al., Group 1 ITI Consensus Report: The influence of implant length and design and medications on clinical and patient-reported outcomes. *Clin Oral Implants Res*, 2018. **29 Suppl 16**: p. 69-77.
4. Troeltzsch, M., et al. *Implantologische Indikationen für die Anwendung von Knochenersatzmaterialien*. 2020; AWMF-Registriernummer: 083-009,.[Available from: <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/083-009.html>.
5. Troeltzsch, M., et al. *Methodenreport zur Leitlinie Implantologische Indikationen für die Anwendung von Knochenersatzmaterialien*. 2020; AWMF-Registriernummer: 083-009,]. Available from: <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/083-009.html>.
6. Heitz-Mayfield, L.J., Peri-implant diseases: diagnosis and risk indicators. *J Clin Periodontol*, 2008. **35**(8 Suppl): p. 292-304.
7. Knabe, C., et al., Effect of sex-hormone levels, sex, body mass index and other host factors on human craniofacial bone regeneration with bioactive tricalcium phosphate grafts. *Biomaterials*, 2017. **123**: p. 48-62.
8. Carr, A.B., et al., Relationship between Selective Serotonin Reuptake Inhibitors and Risk of Dental Implant Failure. *J Prosthodont*, 2019. **28**(3): p. 252-257.
9. Wu, X., et al., Proton Pump Inhibitors and the Risk of Osseointegrated Dental Implant Failure: A Cohort Study. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2017. **19**(2): p. 222-232.
10. Fretwurst, T., et al., Vitamin D deficiency in early implant failure: two case reports. *Int J Implant Dent*, 2016. **2**(1): p. 24.
11. Schimmel, M., et al., Effect of advanced age and/or systemic medical conditions on dental implant survival: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res*, 2018. **29 Suppl 16**: p. 311-330.
12. Jensen, S.S. and H. Terheyden, Bone augmentation procedures in localized defects in the alveolar ridge: clinical results with different bone grafts and bone-substitute materials. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2009. **24 Suppl**: p. 218-36.
13. Urban, I.A., et al., Long-term Evaluation of Peri-implant Bone Level after Reconstruction of Severely Atrophic Edentulous Maxilla via Vertical and Horizontal Guided Bone Regeneration in Combination with Sinus Augmentation: A Case Series with 1 to 15 Years of Loading. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2017. **19**(1): p. 46-55.
14. Terheyden, H., Knochenaugmentationen in der Implantologie. *Deutsche Zahnärztliche Zeitung*, 2010. **2010**(6): p. 320-330.
15. Cordaro L, T.H., *ITI Treatment Guide*. Alveolarkammaugmentationen bei Implantatpatienten: Ein zweizeitiges Konzept, ed. T.H. Cordaro L. Vol. **7**. 2014: Quintessenz.
16. Lundgren, D., et al., Augmentation of intramembraneous bone beyond the skeletal envelope using an occlusive titanium barrier. An experimental study in the rabbit. *Clin Oral Implants Res*, 1995. **6**(2): p. 67-72.
17. Stavropoulos, A., et al., Implant placement in bone formed beyond the skeletal envelope by means of guided tissue regeneration: an experimental study in the rat. *J Clin Periodontol*, 2005. **32**(10): p. 1108-15.
18. Yamada, Y., K. Nanba, and K. Ito, Effects of occlusiveness of a titanium cap on bone generation beyond the skeletal envelope in the rabbit calvarium. *Clin Oral Implants Res*, 2003. **14**(4): p. 455-63.

19. Solakoglu, O., et al., Characterization of circulating DNA in plasma of patients after allogeneic bone grafting. *Clin Oral Investig*, 2019. **23**(12): p. 4243-4253.
20. Solakoglu, O., et al., Histological and immunohistochemical comparison of two different allogeneic bone grafting materials for alveolar ridge reconstruction: A prospective randomized trial in humans. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2019. **21**(5): p. 1002-1016.
21. Stopa, Z., et al., Evaluation of the Safety and Clinical Efficacy of Allogeneic Bone Grafts in the Reconstruction of the Maxilla and Mandible. *Transplant Proc*, 2018. **50**(7): p. 2199-2201.
22. Fretwurst, T., et al., Comparison of four different allogeneic bone grafts for alveolar ridge reconstruction: a preliminary histologic and biochemical analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 2014. **118**(4): p. 424-31.
23. Ghanaati, S., et al., Potential lack of "standardized" processing techniques for production of allogeneic and xenogeneic bone blocks for application in humans. *Acta Biomater*, 2014. **10**(8): p. 3557-62.
24. Fretwurst, T., et al., Detection of major histocompatibility complex molecules in processed allogeneic bone blocks for use in alveolar ridge reconstruction. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*, 2018.
25. Li, G., et al., Current Updates on Bone Grafting Biomaterials and Recombinant Human Growth Factors Implanted Biotherapy for Spinal Fusion: A Review of Human Clinical Studies. *Curr Drug Deliv*, 2019. **16**(2): p. 94-110.
26. Klein, M.O., et al., Long-term bony integration and resorption kinetics of a xenogeneic bone substitute after sinus floor augmentation: histomorphometric analyses of human biopsy specimens. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2013. **33**(4): p. e101-10.
27. Majzoub, J., et al., The Influence of Different Grafting Materials on Alveolar Ridge Preservation: a Systematic Review. *J Oral Maxillofac Res*, 2019. **10**(3): p. e6.
28. Mendoza-Azpur, G., et al., Horizontal ridge augmentation with guided bone regeneration using particulate xenogenic bone substitutes with or without autogenous block grafts: A randomized controlled trial. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2019. **21**(4): p. 521-530.
29. Thoma, D.S., et al., Efficacy of lateral bone augmentation performed simultaneously with dental implant placement: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol*, 2019. **46 Suppl 21**: p. 257-276.
30. Sanz, M. and F. Vignoletti, Key aspects on the use of bone substitutes for bone regeneration of edentulous ridges. *Dent Mater*, 2015. **31**(6): p. 640-7.
31. Dau, M., et al., Bone formation in mono cortical mandibular critical size defects after augmentation with two synthetic nanostructured and one xenogenous hydroxyapatite bone substitute - in vivo animal study. *Clin Oral Implants Res*, 2016. **27**(5): p. 597-603.
32. Lorenz, J., et al., Volumetric analysis of bone substitute material performance within the human sinus cavity of former head and neck cancer patients: A prospective, randomized clinical trial. *Ann Maxillofac Surg*, 2016. **6**(2): p. 175-181.
33. Hung, C.C., et al., Bone formation following sinus grafting with an alloplastic biphasic calcium phosphate in Lanyu Taiwanese mini-pigs. *J Periodontol*, 2019.
34. Avila-Ortiz, G., et al., Effect of alveolar ridge preservation after tooth extraction: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res*, 2014. **93**(10): p. 950-8.
35. Bonanini, M., et al., Effect of alveolar ridge preservation after tooth extraction: a systematic review and meta-analysis. *Biomed Res Int*, 2014. **93**(10): p. 950-8.
36. Hassan, K.S., Autogenous bone graft combined with polylactic polyglycolic acid polymer for treatment of dehiscence around immediate dental implants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2009. **108**(5): p. e19-25.
37. Jung, R.E., et al., Cone beam computed tomography evaluation of regenerated buccal bone 5 years after simultaneous implant placement and guided bone regeneration procedures--a randomized, controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res*, 2015. **26**(1): p. 28-34.

38. Llambes, F., F.J. Silvestre, and R. Caffesse, Vertical guided bone regeneration with bioabsorbable barriers. *J Periodontol*, 2007. **78**(10): p. 2036-42.
39. Ji-Young Lee, Y.-K.K., Yang-Jin Yi, Joon-Ho Choi, Clinical evaluation of ridge augmentation using autogenous tooth bone graft material: case series study. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg*, 2013. **39**(4): p. 156–160.
40. Kim, Y.K., et al., Alveolar ridge preservation of an extraction socket using autogenous tooth bone graft material for implant site development: prospective case series. *J Adv Prosthodont*, 2014. **6**(6): p. 521-7.
41. Schwarz, F., et al., Autogenous tooth roots for lateral extraction socket augmentation and staged implant placement. A prospective observational study. *Clin Oral Implants Res*, 2019.
42. Gluckman, H., M. Salama, and J. Du Toit, A retrospective evaluation of 128 socket-shield cases in the esthetic zone and posterior sites: Partial extraction therapy with up to 4 years follow-up. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2018. **20**(2): p. 122-129.
43. Troeltzsch, M., et al., Augmentation mit allogenen Knochenersatzmaterialien. *Implantologie*, 2019. **27**(4): p. 351–360.
44. Le, B.T. and A. Borzabadi-Farahani, Simultaneous implant placement and bone grafting with particulate mineralized allograft in sites with buccal wall defects, a three-year follow-up and review of literature. *J Craniomaxillofac Surg*, 2014. **42**(5): p. 552-9.
45. Al-Nawas, B. and E. Schiegnitz, Augmentation procedures using bone substitute materials or autogenous bone - a systematic review and meta-analysis. *Eur J Oral Implantol*, 2014. **7 Suppl 2**: p. S219-34.
46. Danesh-Sani, S.A., S.P. Engebretson, and M.N. Janal, Histomorphometric results of different grafting materials and effect of healing time on bone maturation after sinus floor augmentation: a systematic review and meta-analysis. *J Periodontal Res*, 2017. **52**(3): p. 301-312.
47. Starch-Jensen, T., et al., A systematic review and meta-analysis of long-term studies (five or more years) assessing maxillary sinus floor augmentation. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 2018. **47**(1): p. 103-116.
48. Starch-Jensen, T., et al., Maxillary Sinus Floor Augmentation With Synthetic Bone Substitutes Compared With Other Grafting Materials: A Systematic Review and Meta-analysis. *Implant Dent*, 2018. **27**(3): p. 363-374.
49. Esposito, M., P. Felice, and H.V. Worthington, Interventions for replacing missing teeth: augmentation procedures of the maxillary sinus. *Cochrane Database Syst Rev*, 2014(5): p. Cd008397.
50. Beitlitum, I., Z. Artzi, and C.E. Nemcovsky, Clinical evaluation of particulate allogeneic with and without autogenous bone grafts and resorbable collagen membranes for bone augmentation of atrophic alveolar ridges. *Clin Oral Implants Res*, 2010. **21**(11): p. 1242-50.
51. Kuchler, U. and T. von Arx, Horizontal ridge augmentation in conjunction with or prior to implant placement in the anterior maxilla: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2014. **29 Suppl**: p. 14-24.
52. Tolstunov, L., et al., Bone Augmentation Techniques for Horizontal and Vertical Alveolar Ridge Deficiency in Oral Implantology. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*, 2019. **31**(2): p. 163-191.
53. Wein, M., et al., Pilot investigation of the molecular discrimination of human osteoblasts from different bone entities. *J Craniomaxillofac Surg*, 2015. **43**(8): p. 1487-93.
54. Wein, M., et al., Differential osteopontin expression in human osteoblasts derived from iliac crest and alveolar bone and its role in early stages of angiogenesis. *J Bone Miner Metab*, 2019. **37**(1): p. 105-117.
55. Khojasteh, A., et al., Localized bone augmentation with cortical bone blocks tented over different particulate bone substitutes: a retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2012. **27**(6): p. 1481-93.
56. Khojasteh, A., G. Morad, and H. Behnia, Clinical importance of recipient site characteristics for vertical ridge augmentation: A systematic review of literature and proposal of a classification. *J Oral Implantol*, 2012.

- 
57. Cucchi, A., et al., Evaluation of complication rates and vertical bone gain after guided bone regeneration with non-resorbable membranes versus titanium meshes and resorbable membranes. A randomized clinical trial. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2017. **19**(5): p. 821-832.
  58. Tunkel, J., R. Wurdinger, and L. de Stavola, Vertical 3D Bone Reconstruction with Simultaneous Implantation: A Case Series Report. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2018. **38**(3): p. 413-421.
  59. Briguglio, F., et al., The Use of Titanium Mesh in Guided Bone Regeneration: A Systematic Review. *Int J Dent*, 2019. **2019**: p. 9065423.
  60. Stimmelmayer, M., et al., Two-stage horizontal bone grafting with the modified shell technique for subsequent implant placement: a case series. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 2014. **34**(2): p. 269-76.
  61. Stimmelmayer, M., et al., Vertical ridge augmentation using the modified shell technique--a case report. *J Oral Maxillofac Surg*, 2014. **72**(2): p. 286-91.
  62. Rocchietta, I., et al., Vertical Bone Augmentation with an Autogenous Block or Particles in Combination with Guided Bone Regeneration: A Clinical and Histological Preliminary Study in Humans. *Clin Implant Dent Relat Res*, 2016. **18**(1): p. 19-29.
  63. Sagheb, K., et al., Clinical outcome of alveolar ridge augmentation with individualized CAD-CAM-produced titanium mesh. *Int J Implant Dent*, 2017. **3**(1): p. 36.
  64. Elgali I, Omar O, Dahlin C, Thomsen P: Guided bone regeneration: materials and biological mechanisms revisited. *European journal of oral sciences* 125:5 315-337, 2017

<b>Erstveröffentlichung:</b>	01/2011
<b>Überarbeitung von:</b>	07/2020
<b>Nächste Überprüfung geplant:</b>	06/2025

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen. **Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!**

**Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online**