

S2k-Leitlinie (Langversion)

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.

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. 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) oder der AWMF (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

1.	Herausgeber	1
1.1.	Federführende Fachgesellschaften	1
1.2.	Kontakt	1
1.3.	Zitierweise	1
1.4.	Redaktioneller Hinweis.....	1
2.	Informationen zu dieser Leitlinie	2
2.1.	Finanzierung der Leitlinie	2
2.2.	Besonderer Hinweis	2
2.3.	Ziele des Leitlinienprogramms der DGZMK und DGI.....	2
2.4.	Verwendete Abkürzungen:.....	2
3.	Geltungsbereich und Zweck	3
3.1.	Zielsetzung und Fragestellung	3
3.2.	Adressaten der Leitlinie.....	4
3.3.	Ausnahmen von der Leitlinie.....	4
3.4.	Patientenzielgruppe	4
3.5.	Verbindungen zu anderen Leitlinien	4
4.	Grundlagen der Methodik.....	6
4.1.	Empfehlungsfindung und -graduierung	6
4.1.1.	Statements	6
4.1.2.	Expertenkonsens (EK).....	7
4.2.	Feststellung der Konsensstärke.....	7
5.	Zusammensetzung der Leitliniengruppe.....	8
5.1.	Koordination.....	8
5.2.	Beteiligte Fachgesellschaften und Organisationen	8
5.3.	Patientenbeteiligung	9
5.4.	Beteiligte Experten ohne Mandat	10
5.5.	Methodik	10
5.6.	Management der Interessenkonflikte.....	10
6.	Einleitung.....	12
6.1.	Anamnese.....	12
6.2.	Regeneration bei Defekten des Kieferkamms.....	13
6.3.	Defektbiologie im Kieferknochen.....	14
6.3.1.	Defektklassifikation des International Team for Implantology (ITI).....	14

6.3.2.	Knochenkontur, Weichgewebsmantel und biologische Kapazität eines Defektes	15
6.4.	Einteilung verschiedener Biomaterialien	16
6.4.1.	Autologer Knochen/Eigenknochen.....	17
6.4.2.	Allogener Knochen	17
6.4.3.	Xenogener Knochen	18
6.4.4.	Alloplastische/synthetische Materialien	18
6.4.5.	Membranen.....	19
6.4.6.	Übersicht über verschiedene Präparate.....	19
7.	Stellenwert der Augmentation.....	22
7.1.	Allgemeines	22
7.2.	Implantatüberleben im augmentierten und nichtaugmentierten Knochen	22
8.	Augmentation einfacher Defizite und Defekte	23
8.1.	Erhalt des Alveolarkammes nach Extraktion: Ridge Preservation	23
8.1.1.	Materialauswahl.....	23
8.1.2.	Membranen und Barrieren.....	24
8.1.3.	Zusammenfassung.....	24
8.2.	Dehiszenzdefekte an Implantaten.....	25
8.2.1.	Grundlagen	25
8.2.2.	Materialauswahl und Membranen.....	25
8.2.3.	Handlungsempfehlungen	26
8.3.	Sinusbodenelevation	26
8.3.1.	Grundlagen	26
8.3.2.	Materialauswahl und Membranen.....	26
8.3.3.	Handlungsempfehlungen	27
9.	Horizontale und vertikale Defekte des Alveolarkamms – komplexe Defizite und Defekte	28
9.1.	Grundlagen	28
9.2.	Materialien	29
9.2.1.	Knochenersatz mit partikulärem Material	29
9.2.2.	Knochenersatz mit autologen Blöcken.....	29
9.2.3.	Alveolarkammaugmentation mit allogenen, xenogenen und alloplastischen Blöcken	30
9.3.	Membranen und Barrieren	32
9.3.1.	Partikulärer Knochen und Knochenersatzmaterial	32
9.4.	Besondere operative Techniken.....	32
10.	Zusammenfassung.....	34
10.1.	Zukünftige Entwicklungen	34

10.2. Alveolarkammaugmentationen bei einfachen Defekten	35
10.3. Alveolarkammaugmentationen komplexer Defekte	35
11. Externe Begutachtung und Verabschiedung	36
12. Verbreitung und Implementierung	36
13. Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren	36
Anhang: Tabelle zur Erklärung von Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten.....	37
Literaturverzeichnis	49

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“,
Langversion 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. Informationen zu dieser Leitlinie

2.1. Finanzierung der Leitlinie

Diese Leitlinie wurde von der Deutschen Gesellschaft für Implantologie (DGI) gefördert.

2.2. Besonderer Hinweis

Das Wissen um Augmentationen der atrophen Kieferknochen unterliegt einem ständigen Entwicklungsprozess. Jeder Nutzer dieser Leitlinie ist daher selbst für Ihre Anwendung und Überprüfung im Rahmen des aktuellen Wissensstandes verantwortlich. Geschützte Warennamen werden in dieser Leitlinie nicht besonders kenntlich gemacht, daher kann aus dem Fehlen der Kennzeichnung nicht auf ein Fehlen eines Markenschutzes geschlossen werden. Die Leitlinie ist urheberrechtlich im Ganzen und in Teilen geschützt.

2.3. Ziele des Leitlinienprogramms der DGZMK und DGI

Zielsetzung der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde und der Deutschen Gesellschaft für Implantologie ist unter anderem die wissenschaftliche Entwicklung und Behandlungsweise in Zahnmedizin und Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie zu fördern. Auf Basis der AWMF-Regeln werden daher in verschiedenen Themengebieten Leitlinien erstellt, um Ärzten und Zahnärzten eine Aufbereitung des aktuellen Wissensstandes zu einem gewissen Fragenkomplex zu bieten. Somit werden nicht verbindliche Richtlinien geschaffen, die bei der praktischen Ausübung des Berufs helfen sollen.

2.4. Verwendete Abkürzungen:

- LL: Leitlinie
- EK: Expertenkonsens
- DGI: Deutsche Gesellschaft für Implantologie
- DGZMK: Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
- RCT: Randomized Clinical Trial

3. Geltungsbereich und Zweck

3.1. Zielsetzung und Fragestellung

Die Atrophie der Kiefer kann Folge mehrere Ursachen sein. Zu diesen zählen unter anderem Zahnverlust, Parodontitis und natürliche Resorption durch die Alterung des Patienten. Die Folge der Atrophie ist ein reduziertes Angebot von Hart- und Weichgewebe welches eine Implantation unmöglich machen kann. Dabei müssen Anzahl, Dimension und Position der Implantate so gewählt werden, dass aus statischer Sicht die Lastübertragung von der geplanten implantatretinierten Restauration in den betreffenden Kieferabschnitt gesichert ist und eine Überlastung der Implantate vermieden wird. Hierfür muss ein ausreichendes Knochen- und Weichteilangebot als Basis für eine hohe Langzeiterfolgsrate von Implantaten vorhanden sein. In den Fällen, in denen das vorhandene Gewebe nicht ausreicht, muss durch augmentative Maßnahmen das Volumen vermehrt werden. Das Aufkommen verkürzter und durchmesserreduzierter Implantate und deren wissenschaftliche Etablierung kann in vielen Fällen den Augmentationsbedarf reduzieren. Allerdings muss auch für diese Implantate ein ausreichendes Knochenangebot vorhanden sein und die speziellen Indikationen der entsprechenden Implantate beachtet werden. Das im Einzelfall notwendige Knochenvolumen zu bestimmen, obliegt dem Behandler.

Aufgrund des Bestrebens, den Zweiteingriff zur Gewinnung autologer Knochentransplantate für implantologische Zwecke zu vermeiden, ist das Interesse an Knochenersatzmaterialien in den vergangenen Jahren stetig gestiegen, was gleichzeitig die Durchführung einer hohen Zahl wissenschaftlicher Untersuchungen im Bereich der Grundlagenforschung, präklinischer und klinischer Forschung zur Wirkung unterschiedlicher Knochenersatzmaterialien bedingt hat. Generell ist jedoch – wie im weiteren Verlauf der Leitlinie detaillierter ausgeführt - die Datenlage aus vergleichenden klinischen Studien schmal. Es gibt eine Vielzahl von Produkten auf dem Markt, wobei zu vielen dieser Produkte klinische Studien und präklinische Studien im klinischen repräsentativen Großtiermodell mit adäquater histologischer Charakterisierung der Gewebsreaktion fehlen. Dies ist dadurch bedingt, dass diese Produkte vor dem Jahr 2000 auf der Basis von Analogzulassungsverfahren unter Einstufung als gleichwertig zu schon sich auf dem Markt befindlichen keramischen Präparaten zugelassen wurden, die damals als inert galten. Seit dem Jahr 2000 werden zumindest Studien im klinisch relevanten Großtiermodell unter repräsentativer Operationstechnik für die Zulassung neuer Knochenersatzmaterialien und damit dem Einsatz am Patienten gefordert. Zusätzlich ist seit jüngsten EU-Bestimmungen das Vorlegen von klinischen Studiendaten für die Re-Zertifizierung alle 5 Jahre erforderlich. Da der behandelnde Arzt und Zahnarzt wie bei Arzneimitteln der Rezeptierende ist, der dem Patienten gegenüber für seine Auswahlentscheidung und die Risiko-Nutzen-Abwägung in der Verantwortung steht, ist es für den Anwender von Knochenersatzmaterialien zwingend notwendig, sich ähnlich wie bei dem Einsatz von Arzneimitteln mit den Wirkprinzipien, der Abbau- und Knochenneubildungskinetik sowie mit möglichen Interaktionen zwischen Empfängerorganismus und dem eingesetzten Material auseinanderzusetzen und darüber ausreichend informiert zu sein. Diesem Aspekt kommt bei Anwendung von Implantaten und Implantatmaterialien einschließlich Knochenersatzmaterialien eine noch größere Bedeutung als bei Pharmaka zu, da diese Materialien wesentlich länger als Pharmaka und zum Teil sogar permanent im Organismus verbleiben und eine zeitgemäße Medizin und damit ein verantwortungsbewusster Einsatz von Knochenersatzmaterialien am Patienten evidenzbasiert und nicht rein empirisch sein muss. Für die Translation eines Knochenersatzmaterials von der Materialentwicklung bis hin zur evidenzbasierten klinischen

Anwendung am Patienten sind grundlagenwissenschaftliche *in vitro* Untersuchungen einschließlich Zellkulturuntersuchungen, präklinische tierexperimentelle Untersuchungen mit histologischer Charakterisierung der Zell- und Gewebsantwort im klinisch relevanten Großtiermodell unter funktionellen Bedingungen, die denen am Patienten so ähnlich wie möglich kommen, notwendig. Diese Ergebnisse müssen anschließend in klinischen Studien bestätigt werden, da eine direkte Übertragbarkeit dieser Ergebnisse auf klinische Situationen nicht gegeben ist. Gerade bei Biomaterialien sind häufig Effekte aus präklinischen Untersuchungen später in klinischen Studien mit patienten-orientierten Ergebnissen nicht mehr nachweisbar. Für die Anwendung von Biomaterialien sind daher *in vitro* Ergebnisse und tierexperimentelle Daten eine wichtige Basis, für die Erstellung einer Leitlinienempfehlung finden jedoch nur klinische Studien Berücksichtigung.

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

3.2. Adressaten der Leitlinie

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

3.3. Ausnahmen von der Leitlinie

Es konnten keine Ausnahmen identifiziert werden.

3.4. Patientenzielgruppe

Patienten mit geplanter Zahnimplantatversorgung

3.5. Verbindungen zu anderen Leitlinien

- Implantat-Versorgung zur oralen Rehabilitation im Zusammenhang mit Kopf-Hals-Bestrahlung (AWMF-Registernummer 007-089)
- Dentale digitale Volumetomographie (AWMF-Registernummer 083-005)
- Implantatprothetische Versorgung des zahnlosen Oberkiefers (AWMF-Registernummer 083-010)
- Indikationen zur implantologischen 3D-Röntgendiagnostik und navigationsgestützte Implantologie (AWMF-Registernummer 083-011)
- Vollkeramische Kronen und Brücken (AWMF-Registernummer 083-012)
- Zahnärztliche Chirurgie unter oraler Antikoagulation / Thrombozytenaggregationshemmung (AWMF-Registernummer 083-018)
- Periimplantäre Infektionen an Zahnimplantaten, Behandlung (AWMF-Registernummer 083-023)

- Zahnimplantatversorgungen bei multiplen Zahnnichtanlagen und Syndromen (AWMF-Registernummer 083-014)
- Zahnimplantate bei Diabetes mellitus (AWMF-Registernummer 083-025)
- Zahnimplantate bei medikamentöser Behandlung mit Knochenantiresorptiva (inkl. Bisphosphonate) (AWMF-Registernummer 083-026)

4. Grundlagen der Methodik

Die Methodik zur Erstellung dieser Leitlinie richtet sich nach dem AWMF-Regelwerk (Version 1.1 vom 27.03.2013).

Quelle: Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) - Ständige Kommission Leitlinien. AWMF-Regelwerk „Leitlinien“. 1. Auflage 2012. (<http://www.awmf.org/leitlinien/awmf-regelwerk.html>)

Unter besonderer Beachtung der Stellungnahmen der European Association for Osseointegration (EAO, 2018) (Schliephake et al. 2018) und des International Team for Implantology (ITI, 2018) (Jung et al. 2018) sowie die 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 wurde ein Literaturreview in Anschluss an die Studie Tröltzsch et al. 2016 (Troeltzsch et al. 2016) durchgeführt, bei dem der Suchzeitraum mit der gleichen Methodik bis Mai 2019 erweitert wurde.

4.1. Empfehlungsfindung und -graduierung

Am 25.09.2019 fand in Eltville am Rhein die 4. Leitlinienkonferenz der Deutschen Gesellschaft für Implantologie statt. In diesem Rahmen wurde die vorliegende S2k-Leitlinie unter neutraler Moderation (Prof. Dr. Ina Kopp, AWMF) konsentiert.

In Erweiterung der Publikation von Tröltzsch et al. 2016 wurden die Suchkriterien beibehalten und der Zeitraum bis Mai 2019 erweitert. Die Suche wurde elektronisch in den Pubmed und Cochrane Datenbanken durchgeführt. Die Begriffe waren: „augmentation dental, augmentation bone, augmentation jaw, bone graft horizontal, bone graft vertical, horizontal defect, vertical defect, combined augmentation, vertical sandwich, dehiscence defect, implant dehiscence“. Zudem wurden folgende Zeitschriften händisch durchsucht: International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, Journal of Craniomaxillofacial Surgery, Journal of Clinical Periodontology, Journal of Periodontology, Clinical Oral Implant Research, International Journal of Oral Maxillofacial Implants, Clinical Implant Dentistry and Related Research. Die Einschlusskriterien waren: humane Studien, alle Publikationsarten (Case Report bis Meta-Analyse), Augmentationen vor oder simultan mit Implantation sowie numerisch auswertbare Ergebnisse in der Studie. Als Ausschlusskriterien galten: Tierstudien, *in vitro* Studien, Studien, die nicht im oralen Gebiet durchgeführt wurden, ossäre Augmentation in Zusammenhang mit freien Lappen und fehlende auswertbare Daten.

4.1.1. Statements

Dies sind Ausführungen und Erläuterungen zu Sachverhalten ohne konkrete Handlungsaufforderung. Sie basieren auf Studien oder Expertenmeinungen.

4.1.2. Expertenkonsens (EK)

Statements und Empfehlungen, für die keine hochwertigen Studien zur Evidenzbasierung zu finden sind, werden im Expertenkonsens beschlossen. Die Konsentierung erfolgt in einem formalen Konsensusprozess unter neutraler Moderation. Es werden keine zusätzlichen Angaben von Evidenz- und Empfehlungsgraden dargelegt, der Grad der Empfehlung basiert ausschließlich auf Formulierungen, die wie folgt lauten.

Nach AWMF Richtlinien wurde folgende Empfehlungsgraduierung vorgenommen:

Empfehlungsgrad	Formulierung
starke Empfehlung	soll/ soll nicht
Empfehlung	sollte/ sollte nicht
Empfehlung offen	kann/ kann verzichtet werden

4.2. Feststellung der Konsensstärke

Die Konsensstärke wurde folgendermaßen klassifiziert:

Klassifikation der Konsensusstärke	
Starker Konsens	Zustimmung von > 90% der Teilnehmer
Konsens	Zustimmung von > 75 bis 90% der Teilnehmer
Mehrheitliche Zustimmung	Zustimmung von > 50 bis 75% der Teilnehmer
Kein Konsens	Zustimmung von < 50% der Teilnehmer

5. Zusammensetzung der Leitliniengruppe

5.1. Koordination

Prof. Dr. Dr. Bilal Al-Nawas, DGI

5.2. Beteiligte Fachgesellschaften und Organisationen

Mandatierte/r Vertreter/in	Fachgesellschaft
Anmeldende Fachgesellschaft	
Dr. Jaana Kern Dr. Burkhard Kunzendorf PD Dr. Dr. Peer Kämmerer Prof. Dr. Dr. Jörg Wiltfang Dr. Dr. Anette Strunz Prof. Dr. Dr. Frank Schwarz Dr. Dr. Andreas Pabst Dr. Christian Hammächer Dr. Kathrin Becker Prof. Dr. Stefan Wolfart Prof. Dr. Benedict Wilmes Prof. Dr. Dr. Bilal Al-Nawas Prof. Dr. Beuer Prof. Dr. Dr. Knut Grötz PD Dr. Dr. Eik Schiegnitz	Deutsche Gesellschaft für Implantologie e.V. (DGI)
AWMF-Fachgesellschaften	
Dr. Reinald Kühle Prof. Dr. Dr. Michael Stiller Prof. Dr. Dr. Jürgen Hoffmann Prof. Dr. Dr. Stefan Haßfeld	Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG)
Dr. Jan Hourfar	Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie (DGKFO)
Dr. Stephan Jacoby Prof. Dr. Meike Stiesch	Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien (DGPro)
Beteiligung weiterer Fachgesellschaften/ Organisationen	
Prof. Dr. Dr. Hendrik Terheyden	Arbeitsgemeinschaft für Oral- und Kieferchirurgie (AGOKi)
Dr. Stefan Liepe Dr. Wolfgang Neumann	Bundesverband der implantologisch tätigen Zahnärzte in Europa e.V./European Association of Dental Implantologists (BDIZ EDI)

Mandatierte/r Vertreter/in	Fachgesellschaft
Dr. Dr. Wolfgang Jakobs Dr. Mathias Sommer Dr. Martin Ullner Prof. Dr. Fouad Khoury Dr. Markus Blume	Berufsverband Deutscher Oralchirurgen (BDO)
Dr. Georgia Trimpou PD Dr. Jonas Lorenz	Deutsche Gesellschaft für Ästhetische Zahnmedizin e.V. (DGÄZ)
Dr. Jörg Munack	Deutsche Gesellschaft für Alterszahnmedizin (DGAZ)
PD Dr. Dr. Lutz Ritter	Deutsche Gesellschaft für computergestützte Zahnheilkunde (DGCZ)
Dr. Markus Quitzke Dr. Arzu Tuna Dr. Navid Salehi	Deutsche Gesellschaft für Zahnärztliche Implantologie e.V. (DGZI)
Prof. Dr. Dr. Felix Koch	Freier Verband Deutscher Zahnärzte (FVDZ)
Dr. Birgit Lange-Lentz	Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung (KZBV)
Thomas Müller Gunthard Kissinger	Selbsthilfegruppe (SHG) Mundkrebs
Rainer Struck Henning Hinrichs	Verband Deutscher Zahntechniker-Innungen (VDZI)
Sylvia Gabel Marion Schellmann	Verband Medizinischer Fachberufe e.V.

Es erfolgte keine Rückmeldung der folgenden angefragten Fachgesellschaften/ Organisationen:

- Bundeszahnärztekammer, BZÄK

5.3. Patientenbeteiligung

Die Leitlinie wurde unter Beteiligung von Patientenvertretern (Thomas Müller und Gunthard Kissinger der Selbsthilfegruppe (SHG) Mundkrebs) erstellt.

5.4. Beteiligte Experten ohne Mandat

Name	Aufgabe
Matthias Tröltzsch	Co-Autor und Recherche
Philipp Kauffmann	Co-Autor und Recherche
Phillipp Brockmeyer	Co-Autor und Materialübersicht
Knabe-Ducheyne, Christine	Beratung

5.5. Methodik

- Prof. Dr. Ina Kopp (AWMF)
- PD Dr. Dr. Eik Schiegnitz (DGI, Leitlinienbeauftragter)
- Dr. Silke Auras (DGZMK, Leitlinienbeauftragte)
- Dr. Anke Weber (DGZMK, Leitlinienbeauftragte)

5.6. Management der Interessenkonflikte

Die Erstellung dieser Leitlinie erfolgte unabhängig und neutral. Alle Autoren und Teilnehmer der Leitlinienkonferenz nutzten das AWMF-Interessenkonflikt-Formular (Stand 23.05.2018) zur Offenlegung etwaiger Konflikte. Im DGI-Büro sind die Originale hinterlegt. Die tabellarische Darstellung der Interessenkonflikt-Erklärungen liegt dieser Leitlinie im Anhang bei.

Das Management der Bewertung der Interessenerklärungen wurde von Frau Prof. Kopp (AWMF) moderiert. Zunächst erfolgte eine Aufklärung über direkte finanzielle und indirekte Interessen.

Direkte finanzielle Interessen:

- Berater- oder Gutachtertätigkeit in einem wissenschaftlichen Beirat eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft, industriellen Interessenverbänden, kommerziell orientierter Auftragsinstitute oder einer Versicherung
- Vortrags- und Schulungstätigkeiten im Auftrag eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft, industrieller Interessenverbände, kommerziell orientierter Auftragsinstitute oder einer Versicherung
- Finanzielle Zuwendungen für Forschungsvorhaben oder direkte Finanzierung von Mitarbeitern der Einrichtung von Seiten eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft, industriellen Interessenverbänden, kommerziell orientierten Auftragsinstituten oder einer Versicherung
- Eigentümerinteressen an Arzneimitteln/Medizinprodukten (z. B. Patent, Urheberrecht, Verkaufslizenz)

- Besitz von Geschäftsanteilen, Aktien mit Beteiligung von Unternehmen der Gesundheitswirtschaft.

Indirekte Interessen:

- Mitglied von in Zusammenhang mit der Leitlinienentwicklung relevanten Fachgesellschaften/ Berufsverbänden, Mandatsträger im Rahmen der Leitlinienentwicklung
- Akademische (z. B. Zugehörigkeit zu bestimmten „Schulen“), wissenschaftliche oder persönliche Interessen, die mögliche Konflikte begründen konnten
- Persönliche Beziehungen zu einem Vertretungsberechtigten eines Unternehmens der Gesundheitswirtschaft

Weder beim Koordinator noch den Autoren lag ein Interessenkonflikt mit Bezug zum Leitlinienthema vor, weswegen ihre Leitungsfunktion hätte eingeschränkt werden sollen.

Für die Teilnehmer der LL-Gruppe wurden als relevante (moderat/hoch) Interessenkonflikte die Mitgliedschaft in einem Advisory Board oder Eigentümerinteressen (Patent, Urheberrecht, Aktienbesitz), erhebliche Einkünfte aus Gutachter-, Berater-, Referenten-, Vortrags- oder Schulungstätigkeiten für Firmen oder Institutionen mit Bezug auf das Leitlinienthema definiert. Zudem wurden auch indirekte Interessenskonflikte wie persönliche Beziehungen zu Betreibern und Akteuren in Firmen oder Institutionen mit Bezug auf das Leitlinienthema, Mitgliedschaften in speziellen Schulen, Gesellschaften und Gruppierungen mit Bezug auf das Leitlinienthema sowie weitergehenden persönliche Interessen die konfliktträchtig sein könnten, gewertet.

Bei keinem der Anwesenden lag ein relevanter Interessenkonflikt vor, so dass alle Mandatsträger stimmberechtigt waren und das Abstimmverhalten sowie Enthaltungen somit nur im Inhalt der jeweiligen Fragestellung begründet waren. Der Koordinator der Leitlinie enthielt sich grundsätzlich.

6. Einleitung

6.1. Anamnese

Insgesamt gibt es sehr wenig Literatur zur Fragestellung, inwieweit medizinische Faktoren den Augmentationserfolg beeinflussen. Ein großer Teil der in der Literatur vorliegenden Arbeiten bezieht sich auf gesunde Patienten. Bei der präoperativen Evaluation der Patienten sollten allerdings konstitutionelle Faktoren, wie zum Beispiel der body mass index (BMI), aber auch hormonelle Faktoren, Geschlecht und Lebensalter Beachtung finden, da diese Umstände die regenerative Kapazität der Patienten determinieren können. So konnte beispielsweise klinisch, histologisch und immunhistochemisch gesichert werden, dass Raucher einer geringere Knochenneubildungsrate speziell in Sinusaugmentaten aufweisen (Knabe 2017). Hinweise auf eine erhöhte Neigung zu postoperativen Komplikationen bei Rauchern, nicht eingestellten Diabetikern und vorausgegangener Parodontitis liegen vor (Sakkas et al. 2018; Zhang et al. 2019). Es gibt weiterhin Hinweise darauf, dass niedrige Vitamin D-Spiegel ein Risiko für Implantat- und Augmentatheilung darstellen könnten (Fretwurst et al. 2016). Auch Sildenafil scheint zumindest kurzfristig die Heilung in Extraktionsalveolen zu verzögern (Orchard et al. 2017).

Klinisch ist es aufgrund der geringen Datenlage dennoch naheliegend, die Auswirkung allgemeinmedizinischer Faktoren auf den Implantaterfolg - als grundlegender endgültiger Erfolgsfaktor einer Augmentation - zu betrachten und daraus Rückschlüsse auf die Augmentation zu ziehen. Hier ist die Datenlage etwas besser. Für die Vorhersage des Implantaterfolgs gibt es Hinweise, dass schwere kardiologische und metabolische Erkrankungen die Erfolgsaussichten reduzieren, ebenso wie Nikotinabusus, vorausgegangene Parodontitis, nicht eingestellter Diabetes, Bestrahlung oder die Gabe von Bisphosphonaten (Farzad et al. 2002; Gomez-de Diego et al. 2014; Grötz 2016; Heitz-Mayfield 2008; Kandasamy et al. 2018; Schimmel et al. 2018; Ting et al. 2017) Auch für Osteoporose gibt es Hinweise auf einen reduzierten Implantaterfolg (Erdogan et al. 2007), wobei die Erkrankung nicht als Kontraindikation gesehen wird (Wagner et al. 2017). Insbesondere Osteoporosefälle, die mit Bisphosphonaten therapiert wurden, sind mit einem höheren Implantatmisserfolgsrisiko behaftet (Niedermaier et al. 2017). Ob das Alter des Patienten eine Rolle spielt, ist umstritten (Compton et al. 2017; Hasegawa et al. 2017). Leberzirrhose, Osteoarthritis, Parkinson und Demenzerkrankungen zeigten kein erhöhtes Risiko für Implantatverluste (Schimmel et al. 2018). Für schlecht eingestellten Diabetes gibt es Fallstudien von schwersten Komplikationen nach Implantation (Doll et al. 2015). Mehrere Studien zeigen, dass die Einnahme von selektiven Serotonin-Wiederaufnahmehemmern (SSRI) und Protonenpumpeninhibitoren (PPI) mit einer erhöhten Verlustrate von Implantaten einhergehen (Carr et al. 2019; Wu et al. 2017). In einer Metaanalyse konnte dies bestätigt werden, für Bisphosphonate, nicht-steroidale anti-entzündliche Medikamente (NSAID) und antihypertensive Medikamente konnte der Effekt in dieser Studie nicht nachgewiesen werden (Chappuis et al. 2018). Des Weiteren existieren durchaus Berichte über erfolgreiche Implantationen und Augmentationen bei Patienten, die Bisphosphonate in verschiedenen Dosierungen erhielten (El-Halaby et al. 2009; Mattheos et al. 2013; Taxel et al. 2014). Für die genauere Einschätzung wird hier auf die S3-Leitlinie „Antiresorptiva-assoziierte Kiefernekrosen“, AWMF Registernummer: 007-091 2018 (Schiegnitz E 2018) und die Leitlinie „Zahnimplantate bei medikamentöser Behandlung mit Knochenantiresorptiva (inklusive Bisphosphonate)“, AWMF Registernummer: 083-026, 2016 (Grötz 2016) verwiesen.

Zusammenfassend sollte auch bei der insgesamt ungenügenden Datenlage davon ausgegangen werden, dass Patienten mit systemisch wirksamen Erkrankungen mit einem höheren Risiko einer verzögerten Knochenneubildungsrate oder gar eines Misserfolges einer Augmentation behaftet sind als gesunde Patienten.

Somit empfiehlt sich auch in dieser Hinsicht eine ausführliche medizinische und Medikamentenanamnese schon bei der Planung des Eingriffs. Wenn möglich, sollte eine Verbesserung des Gesundheitszustandes des Patienten vor der Augmentation angestrebt werden. Zudem ist der Patient über das möglicherweise erhöhte Risiko für Komplikationen und Fehlschläge und auch über nicht-chirurgische Alternativbehandlungen aufzuklären.

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	

Erläuterung

Die Datenlage über medizinische Einflussfaktoren auf den Augmentationserfolg ist nicht sehr ergiebig. Rauchen, schlecht eingestellter Diabetes, vorbestehende, unbehandelte Parodontitis und mangelhafte Mundhygiene, niedrige Vitamin D-Spiegel, die Einnahme von SSRI, PPI und Bisphosphonaten, Bestrahlungsbehandlungen, schwere metabolische und onkologische Erkrankungen und andere, möglicherweise noch nicht erkannte Faktoren, können die Erfolgsaussichten einer Augmentation negativ beeinflussen.

6.2. Regeneration bei Defekten des Kieferkammes

Das Implantat kann ein notwendiges Hilfsmittel sein, um zur Wiederherstellung oder Unterstützung der Kaufunktion einen möglichst funktionellen und ästhetisch ausgewogenen Zahnersatz abstützen zu können. Falls an der Stelle der prothetisch korrekten Implantatposition ein Defekt des Alveolarknochens vorhanden ist, der eine Implantation entweder unmöglich oder nicht langzeitstabil machen würde, kann in solchen Fällen die Rehabilitation der Knochenkonturen durch augmentative Maßnahmen indiziert sein. Um dies durchzuführen, stehen verschiedene Materialgruppen zur Auswahl, die verschiedene individuelle Vor- und Nachteile sowie Indikationsbereiche aufweisen. Diese werden weiterhin durch die verwendete Operationstechnik beeinflusst. Alle haben das gemeinsame

Ziel der Herstellung einer ausreichenden Knochenhöhe, -breite und -kontur für eine optimale spätere Implantatverankerung.

6.3. Defektbiologie im Kieferknochen

Um die ossäre Situation besser einschätzen zu können, wurden verschiedene Klassifikationen definiert. Für die hier vorliegende Leitlinie wurde die Defektklassifikation des International Team for Implantology (ITI) zur Veranschaulichung gewählt.

6.3.1. Defektklassifikation des International Team for Implantology (ITI)

Entsprechend der ITI-Defektklassifikation nach Terheyden (Terheyden, H. 2010) lassen sich in Abhängigkeit von der Ausgangssituation und von der Defektgeometrie vier verschiedene Arten von Alveolarkammdefekten unterscheiden (Abbildung 1) (Cordaro L 2014).

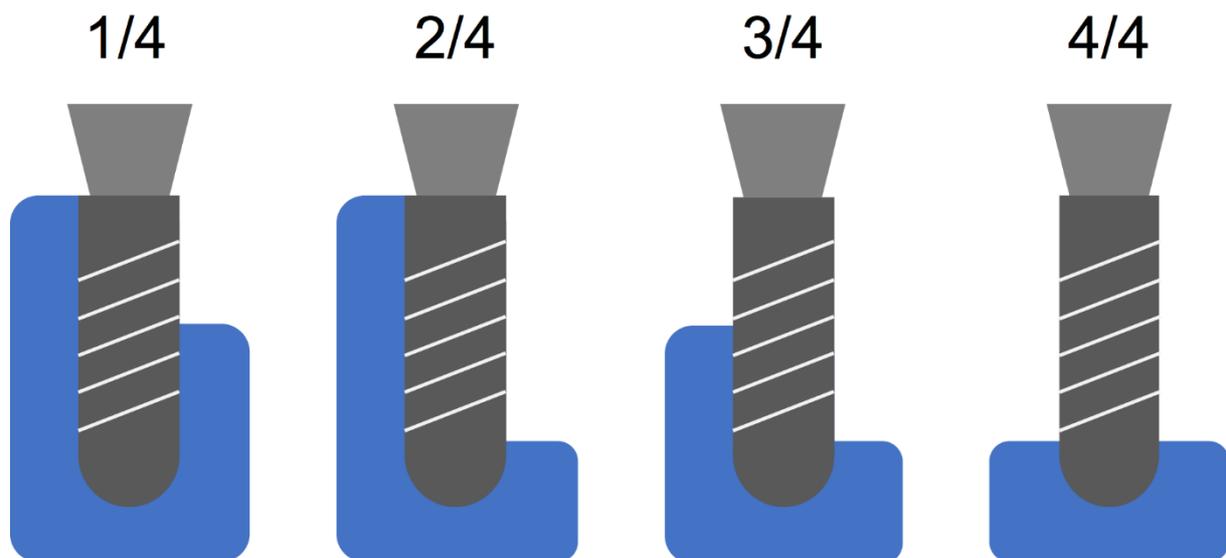


Abbildung 1: ITI-Klassifikation der Alveolarkammdefekte nach Terheyden (Terheyden, H. 2010).

Die verschiedenen Defektklassen lassen sich sowohl auf Einzelzahnlücken, ausgedehnte Lücken und Freundsituationen als auch auf den zahnlosen Kiefer anwenden (Tabelle 1), wobei die Komplexität, der Aufwand und auch die möglichen Komplikationen einer ossären Augmentation mit der zunehmenden Defektausdehnung von 1/4 nach 4/4 ansteigen.

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 (Cordaro L 2014; Terheyden 2010).

6.3.2. Knochenkontur, Weichgewebemantel und biologische Kapazität eines Defektes

Obwohl die Begriffe klinisch und in Vorträgen häufig verwendet werden und auch in verschiedenen Studien darauf Bezug genommen wird (Lundgren et al. 1995; Stavropoulos et al. 2005; Yamada et al. 2003), findet sich in der Literatur keine allgemein gültige Definition der Knochenkontur und des dazugehörigen Weichgewebemantels („Skeletal Envelope“). Die Knochenkontur wird in der vorliegenden Leitlinie daher durch die Defektmorphologie der defizitären Situation definiert, zum Beispiel im Falle einer mehrwandigen Defektmorphologie durch die Grenzen des anliegenden ortständigen Knochens (Abbildung 2).

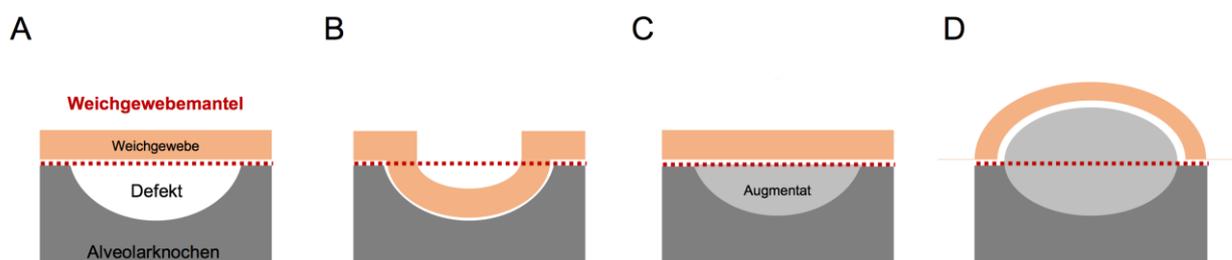


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Knochenkontur, des Weichgewebemantels sowie einer Augmentation innerhalb und außerhalb des Weichgewebemantels. Die Darstellung gilt sowohl für horizontale, vertikale als auch kombinierte Alveolarkammdefekte. Der Weichgewebemantel (rote Linie) beschreibt die natürliche Dimension des knöchernen Alveolarkammes (A). Wenn ein solcher Defekt nicht augmentiert wird prolabiert das Weichgewebe und die Knochenkontur wird verändert (B). Es wird zwischen Augmentationen innerhalb (C) und außerhalb (D) des Weichgewebemantels unterschieden.

Die biologische Kapazität eines Defektes beschreibt das regenerative Potential des Alveolarknochens und der bedeckenden Weichteile, bei Verwendung von Implantationsmaterialien eine langzeitstabile Regeneration des augmentierten Bereiches auch unter Lasteinleitung durch zahnärztliche Implantate zu ermöglichen. Dieses Potenzial wird unter anderem determiniert durch die Möglichkeit der Einwanderung von Knochenzellen in den zu augmentierenden Bereich, dem angiogenen Potenzial des Empfängerbettes, der abschirmenden Wirkung (Einschränkung der zellulären Einwanderung) durch Implantatkörper und Osteosynthesematerialien sowie dem defektmorphologischen Verhältnis zwischen periostaler und medullärer Komponente des betreffenden Kieferabschnittes. Zum anderen wird das regenerative Potential auch in Abhängigkeit von weiteren Umständen (zum Beispiel systemischen Erkrankungen und konstitutionellen Faktoren, siehe oben) beschrieben. Je geringer diese biologische Kapazität ist, desto unsicherer ist die Augmentation beziehungsweise desto größer ist der Aufwand, der mit dieser einhergeht.

Während beim Sinuslift und bei dem Alveolenerhalt (Synonym: Socket Preservation, Alveolar Ridge Preservation) fast immer von einer hohen biologischen Kapazität auszugehen ist, muss bei anderen Augmentationsverfahren und Ausgangssituationen von einem schlechteren Regenerationspotential ausgegangen werden. Hinsichtlich der Defektgeometrie steigt wegen der oben genannten Faktoren der Aufwand/Schwierigkeitsgrad in Anlehnung an die ITI-Defektklassifikation von 1/4 nach 4/4 (Abbildung 1). Einen wichtigen Anhaltspunkt bietet dabei die knöcherne Begrenzung des Defektes. Je mehr der zu augmentierende Bereich knöchern begrenzt ist, desto besser ist daher auch das biologische Regenerationspotential des Defektes (Cordaro L 2014; Terheyden 2010).

6.4. Einteilung verschiedener Biomaterialien

Autologer Knochen wird von vielen Autoren weiterhin aus physiologischer Sicht für Augmentationen als Goldstandard mit der höchsten regenerativen Potenz angesehen (Bauer and Muschler 2000; Fretwurst et al. 2015a; Sakkas et al. 2017). Allerdings folgt auf die Entnahme von autologem Knochen eine gewisse Morbidität (in Abhängigkeit von der Entnahmelokalisation) und das Material steht – vor allem bei enoraler Entnahme - nur in begrenzter Menge zur Verfügung. Zudem zeigen sich unerwünschte Resorptionseffekte (Chiapasco et al. 2007; Dahlin and Johansson 2011; Felice et al. 2008). Dementsprechend können Knochenersatzmaterialien – unter Betrachtung der jeweiligen Indikation und Operationstechnik – eine weniger invasive und in unbegrenztem Umfang verfügbare Alternative darstellen. Nicht vom Empfänger selbst stammende Knochenersatzmaterialien können menschlichen (allogen) Ursprungs sein, einer anderen Spezies angehören (xenogen) oder synthetischen (alloplastisch) Ursprungs sein (Tabelle 2) (Titsinides et al. 2019). In dieser Leitlinie werden in Folge der autologe Knochen und die verschiedenen Knochenersatzmaterialien als „Biomaterialien“ zusammengefasst, während die allogenen, xenogenen und alloplastischen Materialien als Knochenersatzmaterialien zusammengefasst werden.

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 derzeitiger erhältlicher Biomaterialien

Die chemische Zusammensetzung sowie strukturellen Eigenschaften von Biomaterialien sind breit gefächert und je nach dem verwendeten Material unterschiedlich, wobei alle eine hohe Biokompatibilität aufweisen müssen und optimalerweise biodegradierbar sowie bioaktiv sein sollten. Üblicherweise bieten sie eine Leitstruktur für das Wachstum von knöchernem Nachbargewebe (Osteokonduktion), wobei dem autologen Knochen und – in geringerem Maße den allogenen Präparaten – eine zusätzliche Knochen *de novo*-induzierende Wirkung (Osteoinduktion) zugesprochen wird (Boniello et al. 2013; Kübler et al. 1999).

6.4.1. Autologer Knochen/Eigenknochen

Bei autologem Knochen handelt es sich um Material des Patienten selbst, das von einer Körperregion zu einer anderen transplantiert wird. Die Defektgröße gibt die Menge des zu transplantierenden Knochens vor, wobei hier – je nach Indikation und Notwendigkeit - unterschiedliche intra- und extraorale Spenderregionen gewählt werden können (zum Beispiel Knochenblocktransplantate vom Kieferwinkel, Kinn, Tuber maxillae oder Beckenkamm) (Khoury and Hanser 2015; Nkenke and Neukam 2014; Tolstunov 2009; Tolstunov et al. 2019; Zouhary 2010). Klarer Vorteil des autologen Knochens ist seine immunologische und infektiöse Unbedenklichkeit sowie sein osseoinduktives Potential, weshalb der autologe Knochen auch als biologischer Goldstandard der Augmentation im Kieferbereich gesehen wird. Als relevanter Nachteil ist der zusätzliche zeitliche Entnahmeaufwand und vor allem die je nach Spenderregion unterschiedlich hohe Morbidität zu erwähnen und lässt im Gesamtkontext den Wunsch nach alternativen Augmentationsmaterialien für die verschiedenen Indikationen und chirurgischen Techniken nachvollziehen (Kämmerer et al. 2017; Li et al. 2019; Schneider et al. 2016).

6.4.2. Allogener Knochen

Bei allogem Knochen wird Gewebe von einem Individuum derselben Spezies transplantiert. Dieses wird durch Biobanken zur Verfügung gestellt, die es mithilfe unterschiedlicher Verfahren aufarbeiten (Rasch et al. 2019). Der Vorteil der Verwendung des allogenen Knochens ist – genauso wie bei den anderen Knochenersatzmaterialien - die fast uneingeschränkte Verfügbarkeit, das Ausbleiben eines zweiten Operationsgebietes und eine Vermeidung der damit verbundenen Morbidität (Nkenke and Neukam 2014; Rasch et al. 2019). Beim Aufbereitungsprozess werden chemische, enzymatische und physikalische Verfahren eingesetzt, um eine Übertragung potentiell infektiöser Erreger oder Allergien auszuschließen (Rasch, A.; et al. 2019). Die Regularien hierfür sind sehr streng, besonders weil es sich

beim allogenen Knochen um ein Arzneimittel nach dem deutschen Arzneimittelgesetz handelt. Allerdings ließen sich in verschiedenen allogenen Transplantatprodukten biochemisch und histologisch verschiedene Zell- und DNA-Fragmente nachweisen (Fretwurst et al. 2018; Fretwurst et al. 2014; Ghanaati et al. 2014; Li et al. 2019; Lorenz et al. 2018b). Die klinische Bedeutung ist bisher umstritten und wissenschaftlich nicht abschließend geklärt. Einige Autoren gehen – analog zu den klinischen Beobachtungen über Jahrzehnte - davon aus, dass bei dem in Deutschland zugelassenen allogenen Knochen weder eine infektiöse noch eine immunologische Relevanz vorhanden ist (Solakoglu et al. 2019a; Solakoglu et al. 2019b; Stopa et al. 2018).

Durch die unterschiedlichen Eigenschaften der verschiedenen Allografts, vor allem bedingt durch die unterschiedlichen Aufbereitungsprozesse (Tabelle 3), ist allerdings eine einheitliche Beurteilung schwierig, so dass sich für ein individuelles Material in einer spezifischen Fragestellung nur wenig bis keine hochwertige Literatur finden lässt (Wood and Mealey 2012).

6.4.3. Xenogener Knochen

Bei xenogenem Knochen erfolgt die Transplantation zwischen Individuen unterschiedlicher Spezies. Die im Bereich der Augmentation im Kieferbereich verwendeten Knochenersatzmaterialien kommen vorwiegend vom Tier (zum Beispiel Rind (bovin), Schwein (porcin) und Pferd (equin)) aber auch von Pflanzen (zum Beispiel Korallen (Tabelle 3)) zur Anwendung. Die Aufbereitung der Spendermaterialien unterliegt auch hier strengen Regularien, um eine Übertragung potentiell immunogenen oder infektiösen Materials auszuschließen (Jamjoom and Cohen 2015). Bei xenogenen Knochenersatzmaterialien handelt es sich um Medizinprodukte. Die gesetzliche Grundlage wird sich Mitte 2020 ändern und es werden zusätzliche Kontrollmechanismen eingeführt, da die bisherigen Zulassungsmechanismen als ungenügend eingestuft wurden (s.o.). Daher ist bei der Materialauswahl zu beachten, ob das jeweilige spezielle Präparat eine ausreichende Datenlage aufweist. In der Zahnmedizin sind einige xenogene Knochenersatzmaterialien (vor allem boviner Herkunft) gut und über sehr lange Beobachtungszeiträume bei unterschiedlichen Indikationen und hohen Erfolgsraten dokumentiert (Klein et al. 2013; Majzoub et al. 2019; Mendoza-Azpur et al. 2019; Thoma et al. 2019). Aufgrund der minimalen, wenn überhaupt vorhandenen, Resorption der xenogenen Materialien (Klein et al. 2013; Mordenfeld et al. 2010) kann das Material – neben den gängigen Indikationen – auch als Resorptionsschutz verwendet werden (Naenni et al. 2019).

6.4.4. Alloplastische/synthetische Materialien

Die alloplastischen Materialien sind körperfremd und werden synthetisch hergestellt. Somit sind sie immunologisch und infektiös als unbedenklich einzustufen. Zu Ihnen zählen zum Beispiel Hydroxylapatite, siliziumhaltige Biogläser, Calciumphosphate einschließlich Tricalciumphosphate und biphasische Calciumphosphate und mikroporöse Komposite, die in Abhängigkeit von ihrer Komposition resorbierbar oder auch nicht resorbierbar, partikulär oder auch als Blöcke produziert werden können. Die verschiedenen Knochenersatzmaterialientypen unterscheiden sich merklich hinsichtlich ihrer Resorbierbarkeit, Bioaktivität und Knochenbindung. Ihre Vorteile alloplastischer Knochenersatzmaterialien liegen vor allem in ihrer unbegrenzten Verfügbarkeit sowie in der Vermeidung einer Entnahmemorbidität (Elgali et al. 2017; Jamjoom and Cohen 2015). In

verschiedenen *in vitro*- und *in vivo*-Studien konnte bei unterschiedlichen Indikationen teilweise die Äquivalenz alloplastischer Materialien, teilweise die Unterlegenheit gegenüber xenogenen Knochenersatzmaterialien herausgestellt werden (Dau et al. 2016; Hung et al. 2019; Lorenz et al. 2016; Sanz and Vignoletti 2015). Wie bei Verwendung allogenen Knochens ist aufgrund der Vielfalt der erhältlichen alloplastischen Materialien (Tabelle 3) eine einheitliche Beurteilung jedoch - obwohl erstrebenswert - schwierig bis nicht möglich.

6.4.5. Membranen

Die Verwendung von Membranen mit Zellokklusivität und Barrierefunktion sowie die Stabilisierung des Defekts sind die Schlüsselprinzipien der Guided Bone Regeneration (GBR) (Elgali et al. 2017).

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* (Elgali et al. 2017).

6.4.6. Übersicht über verschiedene Präparate

Material-eigenschaft	Herkunft	Firma	Produkt	Resorbierbar	Einsatzbereich
Allogen	Humane Knochenmatrix	Argon Dental	OsteoGraft® DBM	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
			OsteoGraft® CortiFlex®	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
			OsteoGraft® Femur Span	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
			OsteoGraft® Cortical Granula	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
			OsteoGraft® Spongiosa Granula	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
			OsteoGraft® J & C Grafts	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
			OsteoGraft® Osillium & Spongiosa Grafts	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
			Human-Spongiosa CHB Knochenring	X	IM/AA/DC
			Human-Spongiosa CHB Granulat spongiös	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
			Human-Spongiosa CHB Block	X	IM/AA/DC
			maxgraft® cortico	X	IM/AA/DC
			maxgraft® bonering	X	IM/AA/DC
		maxgraft® Granulat spongiös	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV	
		maxgraft® Granulat cortico-spongiös	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV	
		maxgraft® Block	X	IM/AA/DC	
		maxgraft® bonebuilder	X	IM/AA/DC	
		Puros® Allograft Block	X	IM/AA/DC	
		Puros® Allograft Patientenindividueller Block	X	IM/AA/DC	
		Puros® Allograft Spongiosa Partikel	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV	
Xenogen	Equin	American Dental Systems Mectron	OsteoBio® SP-Block (Bone Splitting/Spread.)	X	AA
			BIO-GEN® Spongy		IM/PA/SA/AA/DC/AV
			BIO-GEN® Cortical		IM/PA/SA/AA/DC/AV
			BIO-GEN® Mix		IM/PA/SA/AA/DC/AV
			BIO-GEN® Putty		AV
	Porcin	American Dental Systems	OsteoBio® Gen-Os	X	IM/PA/SA/AA/DC
			OsteoBio® Apatos (Mix)		IM/PA/SA/AA/DC/AV
			OsteoBio® mp3	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
			OsteoBio® GTO®	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV

			OsteoBio!® Putty	X	IM/PA/AA
			OsteoBio!® SP-Block (Bone Splitting/Spread.)	X	AA
		CAMLOG	OsteoBio!® Bone Lamina Soft (Barrier)	X	IM/AA/DC
		Champions-Implants	MinerOss® XP	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
			Matri™ Bone	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
			CollaWin!	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
		curasan (Vertrieb: mds)	CERASORB® Foam	X	IM/SA/AA/DC/AV
		Dentsply Sirona	Symbios® Xenograft-Granulat	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
		Geistlich Biomaterials	Geistlich Bio-Oss® COLLAGEN	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
		Hess Medizintechnik	Geistlich Bio-Oss® COLLAGEN	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
		REGEDENT	The Graft		IM/PA/SA/AA/DC/AV
			OSSIX® VOLUMAX	X	IM/AA/DC
			OSSIX® Bone	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
		Straumann (botiss)	collacone® max	X	IM/AV
		Thommen Medical	The Graft		IM/PA/SA/AA/DC/AV
			OSSIX® Bone		IM/PA/SA/AA/DC/AV
	Bovin	BEGO Implant Systems	BEGO OSS		IM/PA/SA/AA/DC/AV
		BioHorizons (CAMLOG Dtl.)	MinerOss®-X	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
		Bioimplon	Hypro-Oss®	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
		CAMLOG	MinerOss® X	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
			MinerOss® X Collagen	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
		Dentegris Deutschland	CompactBone B	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
		Geistlich Biomaterials	Geistlich Bio-Oss® Spongiosa Granulat	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
			Geistlich Bio-Oss® Spongiosa Block	X	IM/SA/AA/DC
			Geistlich Bio-Oss® COLLAGEN	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
			Geistlich Bio-Oss Pen® Granulat	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
		Henry Schein	NuOss® Granulat	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
		Hess Medizintechnik	Geistlich Bio-Oss® Spongiosa Granulat	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
			Geistlich Bio-Oss® Spongiosa Block	X	IM/SA/AA/DC
			Geistlich Bio-Oss® COLLAGEN	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
			Geistlich Bio-Oss Pen® Granulat	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
		Nobel Biocare	creos xenogain	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
		OT medical	BioVin® Bovine Bone	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
		Septodont	R.T.R. Kegel	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
		Straumann (botiss)	cerabone®		IM/PA/SA/AA/DC/AV
		Zimmer Biomet	Endobon® Xenograft Granulat		IM/PA/SA/AA/DC/AV
			CopiOs® Xenograft Spongiosa Partikel	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	Pflanzlich	Dentsply Sirona	Frios® Algipore®	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
			Symbios® Biphasisches KAM	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
		Gebr. Martin/KLS Martin	Maratrix	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
		SIC invent	SIC nature graft	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
Synthe- tisch	HA/Kollagen/Glykos- aminoglykane	ACTEON Germany	BIOSTITE	X	IM/PA/SA/AA/DC
	Natriumhyaluronat	Argon Dental	OsteoGel® Hyaluron	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	BCP	BEGO Implant Systems	BEGO OSS S	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	β-TCP	Bicon	SynthoGraft™	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	BCP	Champions-Implants	Matri™ Bone	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	Kollagen		CollaWin!	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	β-TCP	curasan (Vertrieb: mds)	CERASORB® Classic	X	IM/SA/AA/DC/AV
	β-TCP		CERASORB® M	X	IM/SA/AA/DC/AV
	β-TCP		CERASORB® Perio	X	PA
	β-TCP		CERASORB® Plus	X	IM/SA/AA/DC/AV
	β-TCP		CERASORB® Paste	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	β-TCP		CERASORB® Foam	X	IM/SA/AA/DC/AV
	β-TCP		CERASORB® Formteile	X	DC
	HA		Osbone®		IM/PA/SA/AA/DC/AV
	Calciumsulfat/β-TCP	Demedi-Dent	ethOss	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	BCP	Dentegris Deutschland	CompactBone S	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	Kollagen	Dentium/iCT Europe	OSTEON™		IM/PA/SA/AA/DC/AV
	Kollagen		OSTEON™ Sinus & Lifting		IM/PA/SA/AA/DC/AV
	Kollagen		OSTEON II™		IM/PA/SA/AA/DC/AV
	Kollagen		OSTEON II™ Sinus & Lifting		IM/PA/SA/AA/DC/AV
	BCP	Dr. Ihde Dental	Nanos®	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	HA/SiO ₂	Hager & Meisinger	NanoBone® granulate	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	HA/SiO ₂		NanoBone® block	X	IM/AA/DC

	HA/SiO ₂		NanoBone® QD	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	BCP	Henry Schein	BONITmatrix®	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	β-TCP	K.S.I. Bauer-Schraube	calc-i-oss™	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	BCP		easy-graft®	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	β-TCP	LASAK	PORESORB-TCP	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	HA		OssaBase® -HA	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	HA/BCS	MIS Implants Technologies	4MATRIX	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	BCP		4-Bone™	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	BCS		BONDBONE®	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	BCP	OT medical	OToss Synthetic Bone	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	BCP		OToss Synthetic Bone Inject	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	BCS	REGEDENT	3D Bond	X	IM/PA/AA/DC/AV
	HA/BCS		Bond Apatite	X	IM/PA/AA/DC/AV
	BCP		OSOPIA	X	IM/PA/SA/AA/DC
	Kollagen		OSSIIX® Bone	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	BCP	Shared Implantology	SinossGraft	X	IM/PA/SA/AA/DC
	BCP	(Novadento)	SinossGraft Resorb	X	IM/PA/SA/AA/DC
	BCP		SinossGraft Inject	X	IM/PA/SA/AA/DC
	β-TCP	Septodont	R.T.R. Granulat	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	β-TCP		R.T.R. Spritze	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	BCP	Straumann	Straumann® BoneCeramic	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	BCP	Straumann (botiss)	maxresorb®	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	BCP		maxresorb® inject	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	BCP/Kollagen		collacone® max	X	IM/AV
	β-TCP	Sunstar Deutschland	calc-i-oss™ CLASSIC	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	β-TCP		easy-graft® CLASSIC	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	BCP		easy-graft® CRYSTAL	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	β-TCP	TAG Dental Systems	Sybone	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	β-TCP	Thommen Medical	Ceros® TCP Granulat	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	β-TCP		Ceros® TCP Putty	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	BCS		3D Bond	X	IM/PA/AA/DC/AV
	HA/BCS		Bond Apatite	X	IM/PA/AA/DC/AV
	PLA/PGA	Zantomed	FISIOGRAFT Granulat	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	PLA/PGA		FISIOGRAFT Gel	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	PLA/PGA		FISIOGRAFT Schwamm	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	HA		FISIOGRAFT BONE Granular	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	HA	Zimmer Biomet	IngeniOs HA		IM/PA/SA/AA/DC/AV
	β-TCP/Silicium		IngeniOs β-TCP bioaktiv	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
	Calciumphosphosilikat		Nova Bone	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
Autogen	Autologe vitale osteogene Zellen	BTI	PRGF® Endoret®	X	IM/PA/SA/AA/DC/AV
		Champions-Implants	Smart Grinder	X	IM/SA/AA/DC/AV
		Schlumbohm	Autologer Knochen (KF T3)	X	IM/PA/SA/AA/DC

Tabelle 3: Marktüberblick über Augmentationsmaterialien in der Zahnmedizin und Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Stand: April 2019. Aus: Jahrbuch Implantologie 2019, OEMUS MEDIA AG, Leipzig. Einsatzbereich: Implantologie (IM), Parodontologie (PA), Sinusbodenaugmentation (SA), Augmentation allgemein (AA), Defektchirurgie (DC), Alveolenversorgung (AV).

7. Stellenwert der Augmentation

7.1. Allgemeines

Die Augmentation stellt eine mögliche Grundlage des implantatchirurgischen Eingriffs dar, geht diesem nicht selten als eigenständige Operation voraus und birgt eigene Risiken und Komplikationen. Dementsprechend ist eine Augmentation dann geboten, wenn das Knochenlager an der prothetisch notwendigen Implantatposition für eine erfolgreiche Implantation nicht ausreichend vorliegt. Die Erweiterung der Wissensbasis für Implantate geringeren Durchmessers geringerer Länge ist daher von hoher Bedeutung für die Indikation einer Augmentation. Diese Fragestellungen wurden im ITI Consensus Report 2018 (Jung et al. 2018) ausgiebig untersucht.

7.2. Implantatüberleben im augmentierten und nichtaugmentierten Knochen

In der Literatur zeigt sich, dass Implantate in gut eingehheilten augmentierten Arealen keine schlechtere Langzeitüberlebensrate haben als in nativem Knochen (Aloy-Prosper et al. 2015; Barone et al. 2012; Jensen and Terheyden 2009; Marconcini et al. 2018; Motamedian et al. 2016; Salvi et al. 2018; Tran et al. 2016; Urban et al. 2017) und das unabhängig von der Art des verwendeten Augmentationsmaterials (Jensen and Terheyden 2009; Troeltzsch et al. 2016). Es gibt jedoch auch Studien, die von höheren Knochenverlusten um Implantate in augmentierten Arealen berichten (Ting et al. 2017). Allerdings haben nicht alle Materialien wissenschaftliche Langzeitevidenz für jede Indikation.

Empfehlung	
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.	starker Konsens
2. In ausgewählten Fällen kann (zum Beispiel bei Indikations-einschränkungen einer Augmentation) von diesem Prinzip abgewichen werden.	
3. Zur Einschätzung der Prognose soll die Defektgeometrie (Knochenkontur) beachtet werden.	
Statement	
4. Implantate in gut eingehheilten augmentierten Arealen zeigen (bei systemisch nicht-kompromittierten Patienten) keine schlechtere Langzeitüberlebensrate als im ortsständigen Knochen.	starker Konsens
Abstimmung: 32/1/1 (ja, nein, Enthaltung)	
Expertenkonsens	

Erläuterung

Bei Augmentationen, die den Weichgewebsmantel verdrängen und außerhalb der ehemaligen Knochenkontur liegen, zeigt sich ein deutlich höheres Komplikations- und Resorptionspotential. Somit ist die vorhandene Knochenkontur und eine potentielle Verdrängung des Weichgewebsmantels eine wichtige Entscheidungsgrundlage für die Einschätzung des benötigten Augmentationsmaterials und der anzuwendenden augmentativen Technik.

8. Augmentation einfacher Defizite und Defekte

Zusammenfassung

Wie in Kapitel 6.3 ausgeführt, ist die Defektmorphologie ein entscheidender Faktor für die Regenerationskapazität. Die in diesem Kapitel vorgestellten Defektsituationen zeichnen sich durch ein hohes primäres Regenerationspotential aus, wodurch sowohl Materialwahl als auch Operationstechnik eine geringere Rolle spielen als bei komplexen Defekten (Kapitel 9). Bei allen hier aufgezeigten Indikationen lässt sich für viele verfügbaren Materialien gute Evidenz finden, die sich meist auf partikuläre Darreichungsformen bezieht. Häufig kommen aufgrund der vergleichbaren Erfolgsaussichten von autologem und nicht autologem Material und des fehlenden Entnahmedefektes Knochenersatzmaterialien zur Anwendung.

8.1. Erhalt des Alveolarkammes nach Extraktion: Ridge Preservation

Grundlagen

In den ersten vier Wochen nach Zahnextraktion ist die Osteoblastenaktivität im apikalen Anteil der Extraktionsalveole am höchsten und wandert dann nach koronal, um hier 12 Wochen nach Extraktion die Hauptaktivität zu entfalten (Nahles et al. 2013). Ziel eines Ridge Preservation-Protokolls ist es, den natürlichen Resorptionsvorgang, der nach der Zahnextraktion stattfindet, abzumildern und somit mehr Knochenbreite und -höhe zu erhalten (Avila-Ortiz et al. 2014b). In randomisierten, kontrollierten klinischen Studien konnte nachgewiesen werden, dass dies durch verschiedenste Protokolle erreicht werden kann (Avila-Ortiz et al. 2014b; Barone et al. 2013; Willenbacher et al. 2016). Metaanalysen konnten diese Erkenntnis bestätigen (Avila-Ortiz et al. 2014a; Bonanini et al. 2014a) und zudem aufzeigen, dass es eine Vielzahl von Faktoren gibt, die die jeweilige Resorption und Knochenneubildung des Alveolarkammes beeinflussen (Avila-Ortiz et al. 2014a).

8.1.1. Materialauswahl

Es finden sich zur Ridge Preservation verschiedene mögliche Materialien in der Literatur. In den allermeisten Fällen wird von partikulären Darreichungsformen ausgegangen. Die Eingabe des

Suchbegriffs „Ridge Preservation“ am 28.04.2019 in Pubmed ergab 1006 Treffer, innerhalb derer sich Studien zu vielen soweit bekannten Materialien finden ließen. Im Fokus stehen unter anderem xenogenes und allogen Material, aber auch synthetische Materialien und autologe Substanzen.

Viele Arbeiten lassen sich zu xenogenen und allogenen Materialien finden, wobei die Pubmed-Suche vom 19.04.2019 für den isolierten Begriff DBBM (Deproteinized bovine bone mineral - Xenogenes Material vom Rind) 408 Studien, für FDDBA (freeze-dried bone allograft (Anmerkung: in Deutschland nicht zugelassen)) 85 Studien und für DFDBA (demineralized freeze-dried bone allograft) 203 Studien ergab. Studien, die für die Indikation der Ridge Preservation einen direkten Vergleich zwischen allogenem Knochen und dem bovinen Knochenersatzmaterial zogen, zeigten Vorteile des xenogenen Materials (mehr erhaltener Knochen, bessere Weichgewebsheilung) (Scheyer et al. 2016) beziehungsweise keinen signifikanten Unterschied (Sadeghi et al. 2016). Direkte Vergleichsstudien innerhalb der Materialgruppen konnten bei xenogenem bovinem Material keine herstellerabhängigen Unterschiede (Barone et al. 2013), bei allogenem Knochen aber Unterschiede in der Präparationsform nachweisen, wobei die einzelnen Präparate als nicht vergleichbar und DFDBA als überlegen angegeben wird (Whetman and Mealey 2016; Wood and Mealey 2012). Ein systematisches Review wies darauf hin, dass auch synthetisches Bioglas gut als Material für die Ridge Preservation geeignet ist (Ioannou et al. 2015). Nach dem Konsensus Report der European Association for Osseointegration (EAO) von 2018 zeigt auch A-PRF (Platelet Rich Fibrin) in Extraktionsalveolen mit erhaltenen Wänden eine erhöhte Knochenneubildung im Vergleich zu unbehandelten Extraktionsalveolen (Schliephake et al. 2018). Eine weitere Entwicklung zum Erhalt des Kieferkammes ist die sogenannte „Socket Shield“-Technik (Baumer et al. 2015), bei der ein vestibulärer Wurzelanteil in der Alveole bei der Extraktion belassen wird. Bisher finden sich in der Literatur aber vor allem Fallberichte und Fallserien (Gluckman et al. 2018). Auch die Nutzung von aufbereiteten und gemahlenem autogenem Zahnmaterial wird als erfolgreich beschrieben (Ji-Young Lee 2013; Kim et al. 2014; Schwarz et al. 2019), wobei auch hier bisher Untersuchungen höherer Evidenz fehlen (Ramanauskaitė et al. 2019).

8.1.2. Membranen und Barrieren

Die Notwendigkeit für eine Barriere zusätzlich zum jeweils gewählten Knochenersatzmaterial hängt von der Defektausdehnung ab. Bei gut erhaltenen Knochenwänden scheint keine Barriere nötig zu sein, bei vorher bestehenden oder durch die Extraktion entstandenen Defekten der Alveolenwände wird ein besseres Ergebnis durch den Einsatz einer Membran erreicht (Avila-Ortiz et al. 2014a; Barone et al. 2008; Brkovic et al. 2012; Fischer et al. 2018; Jung et al. 2018b).

8.1.3. Zusammenfassung

Soweit ersichtlich zeigen alle Materialien einen besseren Alveolarkammerhalt im Vergleich zu unbehandelten Alveolen (Morjaria et al. 2014; Tomlin et al. 2014), wobei sich ein großer Teil der Literatur auf xenogenes und allogen Material fokussiert. Bei Defekten der Alveolenwände sollte eine Barrieremembran verwendet werden, um die Resorption des Alveolarkamms weiter zu verringern. In der Literatur finden sich verschiedene Einheilzeiten, wobei 4-6 Monate am häufigsten genannt werden.

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	

Glossar

Ersatzmaterial: Alle Materialien, die in den Defekt eingebracht werden können, inklusive beispielsweise autogene Transplantate und Thrombozytenkonzentrate.

8.2. Dehiszenzdefekte an Implantaten

8.2.1. Grundlagen

Wenn es beim Platzieren von Implantaten zu Fenestrationsen des Knochens oder Defiziten des um die Implantatschulter herum liegenden, periimplantären Knochens kommt, werden diese als Dehiszenzdefekte bezeichnet. Techniken zur Regeneration wurden schon vor über 20 Jahren beschrieben (Dahlin et al. 1991; Dahlin et al. 1995; Jovanovic et al. 1992). Hierbei wurde primär nur mit Membranen ohne darunter eingebrachtem Knochenersatzmaterial gearbeitet (Dahlin et al. 1995). Zunehmend wurden dann Verfahren ohne Membran oder in Kombination von Biomaterial und Membran eingeführt (Dau et al. 2016; Nemcovsky et al. 2002; Schwartz-Arad and Chaushu 1997), die bis heute als Standard der Versorgung zu betrachten sind (Hassan 2009; Jung et al. 2015; Llambes et al. 2007; Troeltzsch et al. 2016).

8.2.2. Materialauswahl und Membranen

Bei der Wertung der Literatur zeigen sich Studien für eine Vielfalt der kommerziell erhältlichen Materialien, vor allem in partikulärer Form. Für alle Materialien sind hier erfolgreiche Anwendungen beschrieben, wobei vor allem autologe, allogene und xenogene Materialien die vorteilhafteste Defektauffüllung darstellen (Troeltzsch et al. 2016). Besondere Bedeutung fällt der Barrieremembran zu, wobei die günstigste Kombination aus Knochenregeneration und Komplikationsrate bei den resorbierbaren Kollagenmembranen zu verzeichnen ist (Le and Borzabadi-Farahani 2014; Troeltzsch et al. 2016). Im Vergleich von regenerierten Dehiszenzdefekten mit solchen ohne Augmentationsmaßnahmen zeigte sich ein deutlicher Langzeitvorteil der augmentierten Areale (Jung et al. 2017). Insgesamt können Regenerationsraten zwischen 80% und über 90% erreicht werden (Troeltzsch et al. 2016).

8.2.3. Handlungsempfehlungen

Als Ersatzmaterial eignen sich nach aktuellem Wissensstand alle verfügbaren synthetischen, xenogenen und allogenen Materialien. Beim Einsatz von partikularem Material ist der Einsatz einer Barriermembran indiziert.

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	

8.3. Sinusbodenelevation

8.3.1. Grundlagen

Bei der Sinusbodenelevation wird je nach Technik entweder von lateral oder crestal die Schneider'sche Membran angehoben. Dadurch wird ein Raum geschaffen, der zur vertikalen und lateralen Augmentation im Oberkiefer dient (Nkenke and Stelzle 2009). Initial wurde zur Augmentation vor allem autogener Beckenknochen verwendet (Block and Kent 1997), inzwischen wird für diese Indikation eine Vielfalt von Biomaterialien eingesetzt (Lee et al. 2012; Nkenke and Stelzle 2009; Rickert et al. 2012; Stumbras et al. 2019).

8.3.2. Materialauswahl und Membranen

Die Literatur zeigt bezüglich der Materialauswahl an autologem Knochen und unterschiedlichen Knochenersatzmaterialien beim Sinuslift eine große Anzahl an verfügbaren Studien. Eine systematische Pubmed Recherche mit Stichtag 29.04.2019 und dem Suchbegriff „sinus augmentation“ ergab 2625 Ergebnisse, worunter auch viele Untersuchungen von hohem Evidenzgrad zu finden sind. Zwischen dem autologen Knochen und Knochenersatzmaterialien lassen sich keine Unterschiede in der Überlebensrate zahnärztlicher Implantate finden (Al-Nawas and Schiegnitz 2014; Danesh-Sani et

al. 2017; Starch-Jensen et al. 2018a; Starch-Jensen et al. 2018b). Des Weiteren gibt es Hinweise in der Literatur, dass das Durchmischen von autologem Knochen und xenogenem Ersatzmaterial das Überleben der Implantate nicht zu verändern scheint, allerdings weist rein xenogenes Material im Tierversuch hier einen geringeren Knochen-Implantat-Kontakt als eine Mischung aus autologem Knochen und xenogenem Material auf (Jensen et al. 2013; Jensen et al. 2012). Auch Techniken des Sinuslifts ohne die Verwendung von Biomaterialien (sogenannte „graftless sinus floor elevation“) sind beschrieben (Altintas et al. 2013; de Oliveira et al. 2013; Pinchasov and Juodzbaly 2014). Allerdings gibt es derzeit noch wenige Daten zum Langzeit-Outcome nach einem Graftless-Sinuslift, sodass eine abschließende evidenzbasierte Beurteilung derzeit nur eingeschränkt möglich ist (Dongo et al. 2018; Yang et al. 2019). Zudem wurde zu längeren Implantaten geraten, wenn ohne Biomaterialien im Sinus augmentiert wird (Dongo et al. 2018).

Ein systematisches Review aus dem Jahr 2014 untersuchte verschiedene chirurgische Techniken der lateralen Sinusbodenaugmentation, wie zum Beispiel das Präparieren der lateralen Zugangskavität mit rotierenden Instrumenten im Vergleich zur Piezo-Chirurgie, den Nutzen der Abdeckung der lateralen Zugangskavität mit einer Membranen und verschiedene Materialien zur Füllung des im Bereich des Kieferhöhlenbodens. Hier konnten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der ossären Neubildung und der Komplikationsrate zwischen den verschiedenen Techniken und Materialien aufgezeigt werden (Esposito et al. 2014). Allerdings gibt es Hinweise, dass die Präparation der lateralen Zugangskavität bei einem externen Sinuslift mittels Piezo-Chirurgie die Gefahr einer Membranperforation reduzieren kann (Jordi et al. 2018). Der Einsatz von Membranen über dem lateralen Zugang zeigte kein hierdurch verbessertes Ergebnis (Suarez-Lopez Del Amo et al. 2015).

8.3.3. Handlungsempfehlungen

Zur Augmentation des Sinus maxillaris eignen sich nach aktuellem Wissensstand neben dem autologen Knochen auch alle verfügbaren xenogenen, synthetischen und allogeen Knochenersatzmaterialien beziehungsweise Knochenkompositionen. Der zusätzliche Gewinn von autologem Knochen im OP-Gebiet kann empfohlen werden.

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

9. Horizontale und vertikale Defekte des Alveolarkamms – komplexe Defizite und Defekte

Zusammenfassung

Im Kapitel 6.3 wurde das unterschiedliche Regenerationspotential bei verschiedenen Defekten dargestellt. Die in diesem Kapitel vorgestellten Situationen zeichnen sich durch ein geringes primäres Regenerationspotential im Bereich des ortsständigen Defekts/ Knochenlagers aus - somit stehen für den Regenerationserfolg die verwendeten Materialien und das operative Verfahren wesentlich mehr im Fokus als noch bei den im Kapitel 8 vorgestellten Ausgangssituationen. Für kleinere Alveolarkammdefekte mit einem zu regenerierenden Knochendefizit von circa ± 3 mm kann mit den gleichen operativen Verfahren, die in den Kapiteln 8.1 und 8.2 vorgestellt wurden, verfahren werden. Bei größeren Defekten können autologe Knochenblöcke verwendet werden, die zum Beispiel zusammen mit partikulärem Knochen oder Knochenersatzmaterialien eingesetzt werden können. Dabei können auch besondere operative Verfahren, wie zum Beispiel die Sandwich-Osteoplastik oder die Schalenteknik verwendet werden.

9.1. Grundlagen

Bei der Evaluation der verfügbaren Literatur zeigte sich, dass Strecken um circa 3 mm horizontal oder vertikal mit einer Kombination aus partikulärem Material und Membran mit guter Vorhersagbarkeit des Behandlungserfolgs augmentiert werden können (Beitlitum et al. 2010; Kuchler and von Arx 2014; Tolstunov et al. 2019; Troeltzsch et al. 2016). Einzelne Studien zeigen Evidenz, dass auch größere Strecken mit Techniken der Guided Bone Regeneration (GBR) behandelt werden können (Lorenz et al. 2018a; Rocchietta et al. 2016; Urban et al. 2019), wobei hier vermehrt auf Blockaugmentations-techniken ausgewichen werden sollte. Autologe Knochenblöcke, insbesondere Knochenblöcke vom Beckenkamm, werden hinsichtlich der der Komplikationsrate und der Regenerationsrate für große Alveolarkammdefekte somit von vielen Autoren als Goldstandard angesehen (Duttenhoefer et al. 2015; Fretwurst et al. 2015b; Lorenz et al. 2018b; Sakkas et al. 2017; Troeltzsch et al. 2016). Allerdings können die zusätzlichen Knochenentnahmen zu einer weiteren Morbidität und Komplikationen führen (Barone et al. 2011; Chiapasco et al. 2004; Chiapasco et al. 2007; Felice et al. 2009; Felice et al. 2010), welche durch die Nutzung von Knochenersatzmaterialien vermieden werden.

Empfehlung	
1.	Bei komplexen Defekten bis zu 3 mm kann eine Kombination aus partikulärem Material und Membran verwendet werden.
2.	Bei komplexen Defekten sollte die Implantation sekundär (zweizeitiges Vorgehen) erfolgen.
starker Konsens	
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		

9.2. Materialien

9.2.1. Knochenersatz mit partikulärem Material

Bei kleinen Defekten scheinen alle partikulären Materialien mit ähnlichem Erfolg verwendet werden können. Strecken und Komplikationsraten hängen auch von der verwendeten Barriere ab, wobei titanverstärkte Barrieren oder Titangitter mehr Knochenregeneration bei aber höherer Komplikationsrate aufweisen als resorbierbare Membranen (Hartmann et al. 2019; Troeltzsch et al. 2016). Es wird in diesem Zusammenhang auch auf das Kapitel 8.2.2 verwiesen. Wenn bei größeren Defekten regeneriert werden muss, sind spezifischere Techniken GBR, Blockmaterialien oder stabile Barrieren wie zum Beispiel titanverstärkte Membranen oder (individualisierte) Titangitter notwendig (Rocchietta et al. 2016; Seiler et al. 2018a; Seiler et al. 2018b; Troeltzsch et al. 2016; Urban et al. 2019).

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		

9.2.2. Knochenersatz mit autologen Blöcken

Der Unter- und Oberkiefer sind die naheliegendsten Spenderregionen für autologe Augmentationen, da die Entnahme in Lokalanästhesie erfolgen kann und die Mundhöhle nicht verlassen werden muss. Hier kommen insbesondere der aufsteigende Ast des Unterkiefers (Linea obliqua), der Kinn-/Symphysenbereich und der Tuberbereich im Oberkiefer in Frage (Aloy-Prosper et al. 2015; Chappuis et al. 2017; Cordaro et al. 2002; Gultekin et al. 2016; Khojasteh et al. 2012a; Khojasteh et al. 2016; Khoury and Hanser 2015; Monje et al. 2013; Pistilli et al. 2014; Sakkas et al. 2016; Troeltzsch et al. 2016). Die Entnahmemorbidity im Kinn/Symphysenbereich wird im Vergleich zu den anderen Methoden als hoch angegeben (Nkenke and Neukam 2014). Insgesamt sind mit intraoral entnommenen autogenen Blöcken Augmentationsstrecken von bis zu 5 mm zu bewältigen (Khojasteh

et al. 2012a; Khojasteh et al. 2012b; Troeltzsch et al. 2016) und erfolgreiches Implantatüberleben in so augmentierten Arealen ist über 10 Jahre beschrieben (Chappuis et al. 2017; Khoury and Hanser 2015; Schwartz-Arad et al. 2014). Bei größeren Defekten empfehlen sich Knochenentnahmen aus extraoralen Regionen; hier werden am häufigsten der Beckenkamm und das Schädeldach genannt (Troeltzsch et al. 2016).

Autologe Knochentransplantate vom Beckenkamm werden häufig als Goldstandard für große Augmentationen bezeichnet und weisen valide Langzeitdaten auf, zeigen aber auch langfristige Resorption (Barone et al. 2011; Boven et al. 2014; Fretwurst et al. 2015a; Fretwurst et al. 2015b; Sakkas et al. 2017). Bei Untersuchungen der Osteoblasten und von Osteopontin in autologem Knochen aus verschiedenen Spenderarealen konnte eine Überlegenheit des Knochens aus dem Beckenkamm festgestellt werden (Wein et al. 2015; Wein et al. 2019), wobei in manchen Studien die geringe Resorption von Knochen aus der Calvaria betont wird (Maestre-Ferrin et al. 2009; Mertens et al. 2013; Smolka 2014). Manche Studien beschreiben eine geringe Morbidität der Patienten nach Knochenentnahme vom Beckenkamm (Fretwurst et al. 2015c), wobei die posteriore Region für die Entnahme als günstiger als die anteriore beschrieben wird (Nkenke and Neukam 2014). Des Weiteren wird hervorgehoben, dass die Morbidität nach Knochenentnahmen von der Calvaria gering sei (Quiles et al. 2015).

Insgesamt wird festgestellt, dass die Beeinträchtigungen nach Entnahme von autogenem Knochen nicht lange andauern (Barone et al. 2011; Kuik et al. 2016; Putters et al. 2018)

Auch andere Spenderareale wie der Tibiakopf (Kirmeier et al. 2007), die avaskuläre Fibula (Duttenhoefer et al. 2015) und der Gaumen (Gluckman et al. 2016; Hernandez-Alfaro et al. 2005) sind als erfolgreich nutzbar beschrieben. Trotz der erwähnten Darstellung einer geringfügigen Morbidität und Komplikationsrate durch die Entnahme eines autologen Knochenblocks darf diese nicht unterschätzt werden (Barone et al. 2011; Covani et al. 2013; Dahlin and Johansson 2011; Nkenke and Neukam 2014; Troeltzsch et al. 2016)

9.2.3. Alveolarkammaugmentation mit allogenen, xenogenen und alloplastischen Blöcken

In der Literatur lassen sich daher auch vielfältige Untersuchungen zu nicht-autologen Blöcken finden, die den Vorteil der Stabilität ohne den Nachteil der Entnahmemorbidität mit sich bringen und in den gleichen Indikationen eingesetzt werden können wie autologe Blöcke. Für verschiedene allogene und xenogene Blockvarianten wurden erfolgreiche Einsätze beschrieben (Blume et al. 2017; Bonanini et al. 2014b; Dahlin and Johansson 2011; Pereira et al. 2014).

Allerdings gibt es hier auch kritische Aspekte. Im Vergleich der Komplikationsraten von autologen Blöcken und xenogenen Blöcken zeigen sich die xenogenen klar unterlegen (Pistilli et al. 2014; Troeltzsch et al. 2016), obwohl auch Fallberichte existieren, die deren Gebrauch befürworten (De Angelis and Scivetti 2011; Felice et al. 2013) und xenogene Blöcke im Rahmen von Sandwich-Techniken erfolgreich eingesetzt werden (Marconcini et al. 2019; Scarano et al. 2011). Zudem scheint die Zugabe von Kollagen oder Wachstumsfaktoren wie dem BMP-2 zu bovinen Blöcken dem autologen Material teilweise äquivalente Ergebnisse zu liefern (Ortiz-Vigon et al. 2017; Schwarz et al. 2017; Thoma et al. 2018).

Direkte Vergleiche zwischen allogenen und autogenen Blöcken zeigen in den meisten Studien eine bessere Osseointegration, eine geringere Resorptionsrate und eine geringere Komplikationsrate der autogenen Transplantate (Chiapasco et al. 2013; Khojasteh et al. 2012a; Leong et al. 2015; Lumetti et al. 2014; Lumetti and Galli 2014; Troeltzsch et al. 2016). In einer aktuellen klinischen Studie konnten allerdings auch für vertikale und laterale Augmentationen eingesetzte allogene (in Deutschland zugelassenes DFDBA) und autologe, enoral entnommene Knochenblöcke bei einer Nachsorgezeit von einem Jahr gleichwertige Ergebnisse hinsichtlich des gewonnenen Knochens und der Resorption nachgewiesen werden (Kloss et al. 2018). Analog hierzu konnten Studien, welche die Allograft-Blöcke untersuchten, nachweisen, dass diese erfolgreich für vertikale und horizontale Augmentation eingesetzt werden können (Blume et al. 2017; Motamedian et al. 2016; Pereira et al. 2014; Schlee and Rothamel 2013) und geringe Komplikationsraten aufweisen können (Dahlin and Johansson 2011; Monje et al. 2014). Allerdings muss auch hier beachtet werden, dass die in den genannten Studien verwendeten allogenen Knochenkompositionen sehr inhomogen sind und somit ein direkter Vergleich nur bedingt möglich ist. In der Literatur wird eine langsamere Umbaurate der allogenen Blöcke im Vergleich zu autogenen Blöcken aus vitalem Knochen beschrieben (Brownfield and Weltman 2012; Chiapasco et al. 2013; Lorenz et al. 2018b; Spin-Neto et al. 2014a; Spin-Neto et al. 2014b). Des Weiteren sind auch bei den allogenen Blöcken Limitationen zu beachten. So wurde bei vertikalen Augmentationen von bis zu 5 mm mit allogenen Blöcken (in Deutschland zugelassenes Material) eine prospektive Studie nach 6 von 20 geplanten Fällen aufgrund der hohen Komplikationsrate abgebrochen. Allerdings ist hier neben der Augmentationshöhe kritisch anzumerken, dass bei 4 der 6 eingeschlossenen Patienten die Augmentation simultan mit der Implantation stattfand und dass keine Kontrollgruppe beobachtet wurde (Draenert et al. 2016).

In allogenen Knochenblöcken verschiedener Aufbereitungsformen ließen sich DNA-Reste nachweisen, wobei es sich möglicherweise um inaktive Fragmente handelt und es unklar ist, inwieweit dies eine klinische Relevanz hat (Coutinho et al. 2017; Fretwurst et al. 2018; Fretwurst et al. 2014; Ghanaati et al. 2014; Kubosch et al. 2016a; 2016b; Lorenz et al. 2018b; Lorenz et al. 2017; Wein et al. 2015). Mögliche immunologische Effekte werden kontrovers diskutiert (Fretwurst et al. 2018; Ghanaati et al. 2014; Lorenz et al. 2018b; Lumetti et al. 2014; Lumetti and Galli 2014) oder als das Vorhandensein von Wachstumsfaktoren positiv gewertet (Krasny et al. 2018). Organische Materialien wurden auch in xenogenen Blöcken gefunden (Ghanaati et al. 2014).

Bei alloplastischen Blöcken ist die Datenlage schlechter als bei den xenogenen Blöcken. So konnte zwar nachgewiesen werden, dass nanostrukturiertes Hydroxylapatit generell als Block zur Augmentation im Unterkiefer von Minipigs eingesetzt werden kann (Kirchhoff et al. 2011), klinische Studien liegen allerdings nicht vor.

Insgesamt ist die verfügbare Literatur zu den xenogenen und allogenen Knochenblöcken sehr heterogen, teilweise kontrovers und insgesamt unzureichend. Von der Verwendung alloplastischer Knochenblöcke muss aufgrund fehlender klinischer Daten abgeraten werden. Valide Langzeitergebnisse, randomisierte prospektive klinische Studien, systematische Reviews oder Metaanalysen konnten zum Zeitpunkt der Erstellung der Leitlinie (Suchzeitraum der Literatur bis April 2019) für diese Materialgruppen noch nicht identifiziert werden.

9.3. Membranen und Barrieren

9.3.1. Partikulärer Knochen und Knochenersatzmaterial

Um erfolgreich mit einem partikulären Material größere vertikale und horizontale Alveolarkammdefekte augmentieren zu können, müssen feste beziehungsweise formstabile Barrieren (zum Beispiel Titangitter oder auch Schalentechniken (Kapitel „Besondere operative Techniken“)) eingesetzt werden (Seiler 2018, Seiler 2018, Hartmann 2019, Khoury 2019). Kleinere Alveolarkammdefekte bis circa 3 mm können hingegen mit kollagenbasierten-, PTFE oder PLA/PGA Membranen im Zuge eines GBR-Verfahrens aufgebaut werden (Merli et al. 2014; Simion et al. 2007; Troeltzsch et al. 2016). Hierbei zeigten kollagenbasierte Membranen und PTFE Membranen die besten Ergebnisse (Troeltzsch et al. 2016). Für Alveolarkammdefekte von über 3 mm hat sich zum Beispiel Titan als mögliche Barriere bewährt (Troeltzsch et al. 2016), wobei hier titanverstärkte Membranen (Cucchi and Ghensi 2014; Cucchi et al. 2017; Fontana et al. 2015; Mendoza-Azpur et al. 2018; Merli et al. 2014; Soldatos et al. 2017; Urban et al. 2014) oder Titangitter zur Verfügung stehen (Briguglio et al. 2019; Ciocca et al. 2018; Cucchi et al. 2017; Pieri et al. 2008; Sagheb et al. 2017).

Zur Zeit stehen insbesondere nach 3D-Bildgebung individualisiert hergestellte Titangitter im Fokus, da der intraoperative Aufwand der Gitteradaptation durch die exakte präoperative Planbarkeit verringert wird (Ciocca et al. 2011; Ciocca et al. 2018; Hartmann et al. 2019; Lorenz et al. 2018a; Sagheb et al. 2017). Im direkten Vergleich scheinen Polytetrafluoroethylene (PTFE)-Membranen mit einer integrierten Titanverstärkung oder resorbierbare Membranen die vom Operateur mit Osteosyntheseplatten aus Titan verstärkt werden ähnliche Resultate zu erzielen (Merli et al. 2014) ebenso wie titanverstärkte PTFE-Membranen und Titangitter (Cucchi et al. 2017). Hierbei werden Komplikationsraten von circa 20% angegeben, bei denen es sich meist um Wunddehissenzen handelt (Cucchi et al. 2017; Troeltzsch et al. 2016).

In verschiedenen Studien wird darauf hingewiesen, dass das Weichgewebsmanagement bei Titanbarrieren aller Art aufgrund der Dehissenzgefahr als erfolgskritisch anzusehen ist (Ciocca et al. 2018; Sagheb et al. 2017). Zur Verbesserung der Dehissenzrate wird hier der Einsatz resorbierbarer Kollagenmembranen und von PRF vorgeschlagen (Lorenz et al. 2018a). Als Risikofaktoren für Dehissenzen werden Nikotinabusus und simultane Sinusbodenevaluationen genannt (Hartmann et al. 2019). Als weiteres Gittermaterial neben Titan wird Poly-ether-ether-ketone (PEEK) untersucht (Mounir et al. 2019).

9.4. Besondere operative Techniken

Neben den GBR-Techniken und der Verwendung unterschiedlicher Knochenblöcke können auch weitere operative Verfahren zur Alveolarkammaugmentation erfolgreich eingesetzt werden. So gibt es Sandwichosteotomien, bei denen nach einer partiellen Durchtrennung des residualen Alveolarknochens dieser vertikal und / oder lateral angehoben wird und zwischen beide Anteile entweder autologer Knochen oder ein Knochenersatzmaterial, häufig xenogener oder alloplastischer Herkunft, meist als Block, eingesetzt wird (Bormann et al. 2010; Felice et al. 2014; Fu et al. 2014; Leong et al. 2015; Rachmiel et al. 2018; Starch-Jensen and Nielsen 2018; Teng et al. 2014; Wen et al. 2018).

Ähnlich verhält sich die vertikale Distraktionsosteogenese, die auch ohne ein eingesetztes Material auskommt (Chiapasco et al. 2004; Hameed et al. 2019; Kim et al. 2013; Mampilly et al. 2014; Oncu et al. 2015; Rachmiel et al. 2018). Im direkten Vergleich der Augmentation durch Sandwichosteotomie oder die Auflagerung von allogenen Blöcken zeigte sich die Komplikationsrate der Osteotomie deutlich geringer (Komplikationsrate Sandwichosteotomie 30% vs. allogener Block 77,8%) (Leong et al. 2015). Im Vergleich dazu wird für autologe Blöcke eine deutlich niedrigere Komplikationsrate angegeben (Sakkas et al. 2017; Troeltzsch et al. 2016). Auch wurde die vertikale Distraktionsosteogenese und die Augmentation mit autogenen Knochenblöcken verglichen, wobei beide Techniken vergleichbare Ergebnisse zeigten (Hameed et al. 2019; Kim et al. 2013) und teilweise sehr hohe, aber angeblich unkritische Komplikationsraten für die Distraktion beschrieben wurden (Ugurlu et al. 2013).

Des Weiteren wird die Schalenteknik mit autologem kortikalen Knochen als feste Barriere im Sinne einer GBR-Technik erfolgreich eingesetzt. Der dadurch zwischen ortsständigem Knochen und Kortikalisplatte entstehende Hohlraum kann dann mit autologem partikulären Knochen oder einem Knochenersatzmaterial aufgefüllt werden (Khoury and Hanser 2015; 2019; Stimmelmayer et al. 2014a; Stimmelmayer et al. 2014b; Tunkel et al. 2018). Diese Technik wird auch für kortikale Schalen aus allogenen und xenogenen Knochen als erfolgreich beschrieben (Buttchereit and Kämmerer 2017; Deepika-Penmetsa et al. 2017; Peck 2015).

Für sehr ausgedehnte Defekte, wie zum Beispiel Kontinuitätsunterbrechungen oder bei sehr kritischen Situationen wird auf revaskularisierte Transplantate mit oder ohne 3D-Planung zurückgegriffen (Awad et al. 2019; Goetze et al. 2020a; Goetze et al. 2020b; Kokosis et al. 2016; Moldovan et al. 2015; Patel et al. 2019; Zhang et al. 2016; Zheng et al. 2018).

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	

Erläuterung

Bei Augmentationen von größeren lateralen und vertikalen Defekten muss gesteigerter Aufwand mit höheren Komplikationsraten in Kauf genommen werden. Wissenschaftlich findet sich die beste Datenlage für autologe extra- und intraorale Blöcke und für Techniken der Guided Bone Regeneration wie zum Beispiel unter Verwendung von titanverstärkten Barrieren. Weitere Techniken und Materialien sind beschrieben, allerdings mit wenigen Studien und teilweise heterogenen Ergebnissen.

10. Zusammenfassung

Wie in den einzelnen Kapiteln beschrieben, stehen für die unterschiedlichen klinischen Indikationen verschiedene Techniken und Materialien der Alveolarkammaugmentation zur Verfügung. Direkte Vergleiche zwischen den einzelnen Materialien und den unterschiedlichen Techniken sind durch die verfügbare Literatur nicht immer evidenzbasiert möglich und auch nicht - obwohl erstrebenswert - in jedem Fall in klinischen Studien ethisch vertretbar umsetzbar. Dennoch trägt der behandelnde Arzt und Zahnarzt dem Patienten gegenüber für seine Auswahlentscheidung und die Risiko-Nutzen-Abwägung die Verantwortung. Demzufolge ist zu empfehlen, Biomaterialien auszuwählen, zu denen detaillierte Untersuchungen zur biologischen Wirkung vorliegen, welche klinische Studien mit histologischer Charakterisierung der Gewebsreaktion und radiologischer Analyse der Volumenstabilität des Augmentats einschließen sollten.

Weiterhin sollten adäquate tierexperimentelle Untersuchungen im klinisch repräsentativen Großtiermodell unter Charakterisierung der Gewebsreaktion und des Einheilverhaltens zu verschiedenen Zeitpunkten sowie Grundlagenuntersuchungen zur Charakterisierung der biologischen Wirkung auf die Zellfunktion vorliegen. Hierbei ist aber zu beachten, dass Tiermodelle alleine keine valide Aussage über den klinischen Erfolg oder Misserfolg beim Einsatz im menschlichen Körper bieten können. In vitro und tierexperimentelle Modelle sind somit als Grundlagen wichtig, ersetzen aber keinesfalls die klinische Datenlage.

10.1. Zukünftige Entwicklungen

Trotz der insgesamt umfangreichen Literatur zum Thema Alveolarkammaugmentation sind viele Aspekte noch nicht wissenschaftlich fundiert untersucht und können noch nicht abschließend bewertet werden. So liegen zum Beispiel beim allogenen Knochen noch keine ausreichenden Langzeitergebnisse vor, um eine abschließende evidenzbasierte Beurteilung treffen zu können.

Der Bereich der Wachstumsfaktoren und der Biofunktionalisierung von Biomaterialien und Knochenersatzmaterialien wird zukünftig möglicherweise mehr an Bedeutung gewinnen und benötigt besonders im Bereich der Knochenregeneration weitere klinische Studien. Auch CAD/CAM gefertigte individuelle Titangitter benötigen weitere wissenschaftliche Untersuchungen. Dasselbe betrifft den 3D Druck von patientenindividuellen alloplastischen Knochenersatzblöcken sowie die Entwicklung von resorbierbaren injizierbaren und knetbaren Knochenersatzementen und die Entwicklung von Methoden zum Zementieren von resorbierbaren Knochenersatzblöcken mit zum Beispiel calciumphosphatbasierten Knochenersatzementen.

Die Fragestellung der Komplikationen und Fehlschläge ist nicht ausreichend untersucht und dokumentiert und es ist unklar, inwieweit gesundheitliche Einschränkungen der Patienten Auswirkungen auf augmentative Verfahren haben. Auch die Alveolarkammaugmentation und die Anwendung von Knochenersatzmaterialien beim kompromittierten Patienten wird zukünftig von zunehmender klinischer Relevanz sein.

10.2. Alveolarkammaugmentationen bei einfachen Defekten

Augmentationen innerhalb des Weichgewebsmantels und Defekte, die von mehreren Knochenwänden umgeben sind, wie zum Beispiel frische Extraktionsalveolen oder kleine Dehiszenzdefekte, gehören zu dieser Gruppe. Zusätzlich kann die Sinusbodenelevation als einfacher Defekt eingestuft werden. Aufgrund der guten Erfolgsraten der verschiedenen Knochenersatzmaterialien steht hier der autologe Knochen nicht immer im Fokus. In der klinischen Anwendung haben sich dabei alle partikulären Materialien bewährt.

10.3. Alveolarkammaugmentationen komplexer Defekte

Augmentationen außerhalb des „Skeletal Envelope“ (Definition siehe oben) und Defekte, die von wenigen oder nur einer Knochenwand begrenzt sind, wie zum Beispiel der stark atrophierte Alveolarkamm, bei dem laterale und vertikale augmentative Verfahren vor einer geplanten Implantation erforderlich sind, werden hier zusammengefasst. Eine valide Datenlage findet sich vor allem für extra-/ intraoral entnommene autologe Knochenblöcke oder Techniken, die feste Barrieren, wie zum Beispiel Titangitter oder autogene kortikale Schalen verwenden.

11. Externe Begutachtung und Verabschiedung

Die Vorstände der beteiligten und federführenden Fachgesellschaften/Organisationen stimmten der Leitlinie zwischen dem 13.08.2020 und dem 14.10.2020 zu. Etwaige Kommentierungen wurden eingearbeitet.

12. Verbreitung und Implementierung

Die Leitlinie ist über die folgenden Seiten zugänglich:

- Deutsche Gesellschaft für Implantologie (www.dginet.de/web/dgi/leitlinien)
- Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) (www.dgzmk.de/zahnaerzte/wissenschaft-forschung/leitlinien.html)
- AWMF (www.leitlinien.net)
- Publikation in der DZZ und der zm
- Clinical Oral investigations (angedacht)
- Journal of Implant Dentistry (geplant)

13. Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren

Erstellungsdatum: Juli 2020

Nächste geplante Überarbeitung: Juni 2025

Diese Leitlinie ist bis zur nächsten Aktualisierung in voraussichtlich 5 Jahren gültig. Diese Leitlinie kann während Ihrer Gültigkeit jederzeit erweitert und/ oder korrigiert werden. Wir bitten um Kommentare und Hinweise an den Leitlinienbeauftragten der Deutschen Gesellschaft für Implantologie.

PD Dr. Dr. Eik Schiegnitz
Universitätsmedizin Mainz
Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
Augustusplatz 2
55131 Mainz
E-Mail: eik.schiegnitz@unimedizin-mainz.de

Anhang: Tabelle zur Erklärung von Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten

Im Folgenden sind die Interessenerklärungen als tabellarische Zusammenfassung dargestellt sowie die Ergebnisse der Interessenkonfliktbewertung und Maßnahmen, die nach Diskussion der Sachverhalte von der der LL-Gruppe beschlossen und im Rahmen der Konsensuskonferenz umgesetzt wurden.

	Berater-bzw. Gutachter-tätigkeit	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags- /oder Schulungs-tätigkeit	Bezahlte Autoren- /oder Coautoren-schaft	Forschungs-vorhaben/ Durchführung klinischer Studien	Eigentümer-interessen (Patent, Urheberrecht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
Dr. Georgia Trimpou	keine	keine	LZKH MOI, Postgraduale Abteilung J.W. Goethe Universität, DGI, Oral Reconstruction Foundation, Dentsply Sirona	keine	Nobel Biocare, selbst initiierte Studie	keine	Mitgliedschaften: DGZMK, DGPro, DGÄZ (Vorstandstätigkeit) Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Versorgungskonzepte in der Implantatprothetik, Implantatprothetik	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
PD Dr.Dr. Lutz Ritter	keine	keine	Dentsply Sirona	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: DGCZ Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: computer-unterstützte Zahnheilkunde, MKG Chirurgie, DVT-Kurse	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Dr. Markus Quitzke	keine	keine	keine	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit:	keine
Dr. Jaana Kern	keine	keine	keine	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit:	keine
Dr. Reinald Kühle	keine	keine	Stryker	keine	Medartis	keine	Mitgliedschaften: DGMKG Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: MKG	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie

	Berater-bzw. Gutachter-tätigkeit	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags- /oder Schulungs-tätigkeit	Bezahlte Autoren- /oder Coautoren-schaft	Forschungs-vorhaben/ Durchführung klinischer Studien	Eigentümer-interessen (Patent, Urheberrecht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
Dr. Burkhard Kunzendorf	keine	keine	keine	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit:	keine
Rainer Struck	keine	keine	keine	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: VDZI Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Zahntechniklabor	keine
Dr. Dr. Markus Tröltzsch	keine	keine	Geistlich, Bego, Straumann, Mectron	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: APW, DGÄZ, AARD, IAG Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Augmentationen, MKG	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Dr. Arzu Tuna	keine	keine	keine	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: DGZI Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: eigene Praxis	keine
PD Dr. Dr. Peer Kämmerer	keine	keine	Straumann, Septodont, Geistlich, Dentsply, Sanofi	keine	Straumann, Botiss, Geistlich, Dentsply	keine	Mitgliedschaften: DGI, DGMKG, ITI Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: : Implantologie, Kiefernekrosen, Onkologie, Biomaterialien, Rekonstruktive Chirurgie	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Prof. Dr. Dr. Michael Stiller	keine	Konfidents Gruppe	LZÄK Hessen, Baden Württemberg	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: DGI, BDIZ, DGOI, ECDI, BZÄK AKZ Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Resorptionsverhalten und regenerative Potenz resorb. Biomaterialien, Zahnärztliche Implantologie	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Prof. Dr. Dr. Jörg Wiltfang	Stryker	Stryker	DGI, ZÄK	keine	BMBF, DFG	keine	Mitgliedschaften: DGI, DGMKG; AGOKi, EACMFS, NL, BFMZ	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie

	Berater-bzw. Gutachter-tätigkeit	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags-/oder Schulungs-tätigkeit	Bezahlte Autoren-/oder Coautoren-schaft	Forschungs-vorhaben/Durchführung klinischer Studien	Eigentümer-interessen (Patent, Urheberrecht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
							Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Fehlbildungen, Tumore, KEM, Implantologie, TE, Tauma, Tumor, Orthognath. Chirurgie, Fehlbildung ZÄK; EFMZ, DGI	
Thomas Müller	keine	keine	Fahl Medizintechnik	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: SHG Kopf/Hals/mundkrebs, Verband der Kehlkopferierten	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Dr. Dr. Anette Strunz	Camlog, Geistlich	keine	Camlog, Geistlich, Sirona	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: DGI Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Praxis MKG	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Prof. Dr. Dr. Frank Schwarz	keine	keine	Osteology Foundation, Geistlich Biomaterialien, Institut Straumann AG, Oral Reconstruction Foundation, Camlog Biotechnologies	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: Osteology Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Orale Implantologie und Kieferkammaugmentationen einschl. Sinusbodenelevationen	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Marion Schellmann	keine	keine	keine	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: Verband medizinischer Fachberufe	keine
Dr. Dr. Andreas Pabst	keine	keine	Straumann, ITI	keine	botiss biomaterials	keine	Mitgliedschaften: ITI, DGI, Beirat ITI Curriculum Orale Regeneration Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Biomaterialien und Knochenersatzmaterialien,	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie

	Berater-bzw. Gutachter-tätigkeit	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags-/oder Schulungs-tätigkeit	Bezahlte Autoren-/oder Coautoren-schaft	Forschungs-vorhaben/ Durchführung klinischer Studien	Eigentümer-interessen (Patent, Urheberrecht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
							Implantologie, Knochenregeneration, Biomaterialien und Knochenersatzmaterialien Fortbildungsveranstaltungen für die Fa. Straumann GmbH und das ITI im Bereich orale Regeneration, Biomaterialien und Knochenersatzmaterialien	
Dr. Wolfgang Neumann	BDIZ EDI	keine	BDIZ EDI	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: BDIZ/EDI, Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Praxis, Implantologie, vormals auch KFO	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Dr. Navid Salehi	keine	keine	keine	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: DGZI Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: eigene Praxis	keine
Dr. Birgit Lange-Lentz	keine	keine	keine	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: KZBV	keine
PD Dr. Jonas Lorenz	div. Gerichte, Rentenversicherungen	keine	LZÄK Hessen, Geistlich	keine	Geistlich, Dentsply, C-Tech, Straumann, Nobel Biocare	keine	Mitgliedschaften: DGI, DGÄZ, DGZMK, ZVFFM Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Biomaterialforschung, Implantatforschung, Implantologie, Augmentationen	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Prof. Dr. Dr. Felix Koch	keine	keine	FVDZ	Freie Zahnarzt, WID des FVDZ	keine	keine	Mitgliedschaften: FVDZ, DGMKG; EACMFS, DGZMK, AKOPOM, IAZA Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Tumordiagnostik/prognose, CAD/CAM; Knochenregeneration,	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie

	Berater-bzw. Gutachter-tätigkeit	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags-/oder Schulungs-tätigkeit	Bezahlte Autoren-/oder Coautoren-schaft	Forschungs-vorhaben/Durchführung klinischer Studien	Eigentümer-interessen (Patent, Urheberrecht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
							Dentoalveoläre und kieferorthopädische Chirurgie	
Gunthard Kissinger	keine	keine	keine	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: Selbsthilfenetzwerk Kopf-Hals-Mund-Krebs e.V. Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit:	keine
Dr. Dr. Wolfgang Jakobs	keine	keine	DGI, DGZMK, BDO, DGMKG, etc.	Sedierung, LA, zahnärztl. Anästhesie, Implantologie	Sedierung, LA, zahnärztl. Anästhesie, Implantologie	keine	Mitgliedschaften: BDO Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: zahnärztl. Anästhesie, Implantologie, Oralchirurgie Privatklinik IZI	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Prof. Dr. Dr. Jürgen Hoffmann	MSD	MSD	MSD, KLS Martin, Straumann, Geistlich	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: DGMKG, AGOKI, DGZMK, DGI, DÖSAK, DKG, DGCh, DGPW, DGSB, ITI Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: MKG	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Henning Hinrichs	Stadt Oldenburg	keine	RKSortho GmbH	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: Verband Deutscher Zahntechniker-Innungen (VDZI) – KFO-Experte, Arbeitgeber Verband Zahntechnik (AVZ) – einfaches Mitglied, DIN-Ausschuss – NADENT Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Quintessenz Kieferorthopädie: Zukunftstrends in der kieferorthopädischen Zahntechnik, Berufsschule für Zahntechnik Oldenburg: Dozent für kieferorthopädische Zahntechnik	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Prof. Dr. Dr. Stefan Haßfeld	Fa. Dentsply Sirona	Medartis	Dentsply Sirona, Medartis	keine	Medartis, BMBF	keine	Mitgliedschaften: DGMKG, DGZMK, DGI	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie

	Berater-bzw. Gutachter-tätigkeit	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags-/oder Schulungs-tätigkeit	Bezahlte Autoren-/oder Coautoren-schaft	Forschungs-vorhaben/Durchführung klinischer Studien	Eigentümer-interessen (Patent, Urheberrecht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
							Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Bildgebung, Traumatologie und Tumorchirurgie in der MKGChirurgie	
Sylvia Gabel	keine	keine	keine	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: Verband medizinischer Fachberufe e.V.	keine
Dr. Christian Hammächer	keine	keine	Camlog, Dentsply, Geistlich, ITI	Camlog	keine	keine	Mitgliedschaften: DGI Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Implantologie, Implantatprothetik, Hart- und Weichgewebsmanagement am Implantat, Periimplantitistherapie	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Dr. Mathias Sommer	keine	keine	Dentsply	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: BDO, DGI, Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Implantatchirurgie, Prothetik, allgem. Zahnheilkunde	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Dr. Martin Ullner	KZV Hessen, PGS-KZVH	keine	Camlog	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: BDO, KZVH Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: DGI Leitlinie (Verbundbrücke) AWMF Leitlinie (Zahnärztliche Chirurgie unter oraler Antikoagulation / Thrombozytenaggregationshemmung) scann	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Prof. Dr. Fouad Khoury	Dentsply, Sirona, Stoma, IMC, Meisinger	keine	Dentsply, Sirona, Meisinger, DGI, AO USA, EAO, ICOI, SEPA, Dentium, ITI; Straumann,	Quintessenz	keine	keine	Mitgliedschaften: AGOKi; BDO, Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Knochenaugmentationen mit autogenem Knochen/Weichgewebeaugmentation	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie

	Berater-bzw. Gutachter-tätigkeit	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags- /oder Schulungs-tätigkeit	Bezahlte Autoren- /oder Coautoren-schaft	Forschungs-vorhaben/ Durchführung klinischer Studien	Eigentümer-interessen (Patent, Urheberrecht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
			CAmlog, DGZMK, AGOKI, BDO, Dental XP, IDEA, Health AG, Oemus, Quintessenz, Kras Iruhe, Santa Monica, NYU, Saudi, IMC, Szeged, Prague, NWD				en, IMplantologie, Oralchirurgie, Privatklinik Schloss Schellenstein	
Prof. Dr. Ina Kopp	Deutsche Akkreditierungs-stelle (DAkKS)	AQUA-Institut Wissenschaftlicher Beirat des Instituts für Qualitäts-sicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG) Ärztliches Zentrum für Qualität in der Medizin (ÄZQ) SCIANA-Netzwerk, gefördert von Robert Bosch Stiftung, Health Foundation, Careum Stiftung	Österreichische Gesellschaft für Dermatologie und Venerologie (ÖGDV) Deutsche Gesellschaft für Implantologie (DG Implant) Deutsche Veterinärmedi-zinische Gesellschaft (DVG) 32. Deutscher Krebskongress 2016 Stiftung Gesundheitswiss en Landesärzte-kammer Hessen (LÄK Hessen) Akademie für Öffentliches	Schattauer Verlag	Deutsche Krebshilfe (DKH) Bundesministerium für Gesundheit (BMG) Bundesministerium für Gesundheit (BMG) Deutsche Forschungs-gemeinschaft (DFG)	keine	Mitgliedschaften: - Erweiterte Planungsgruppe für das Programm für Nationale VersorgungsLeitlinien von Bundesärztekammer, Kassenärztlicher Bundesvereinigung und AWMF (Mitglied) - Lenkungsausschuss für das Leitlinienprogramm Onkologie von Deutscher Krebsgesellschaft, Deutscher Krebshilfe und AWMF (Mitglied) - Lenkungsausschuss des Kooperationsverbund Qualitätssicherung durch Klinische Krebsregister (Mitglied) - Ständige Kommission Leitlinien der AWMF (Stellv. Vorsitzende) - Guidelines International Network - Deutsches Netzwerk Evidenzbasierte Medizin (Mitglied) - Deutsche Gesellschaft für Chirurgie (Mitglied) - Fachbeirat für das Programm für Nationale VersorgungsLeitlinien von Bundesärztekammer, Kassenärztlicher	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie

	Berater-bzw. Gutachter-tätigkeit	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags-/oder Schulungs-tätigkeit	Bezahlte Autoren-/oder Coautoren-schaft	Forschungs-vorhaben/Durchführung klinischer Studien	Eigentümer-interessen (Patent, Urheberrecht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
			Gesundheitswes en Deutscher Schmerzkongres s 2017 EBM Frankfurt, Arbeitsgruppe des Instituts für Allgemeinmedizi n am FB Medizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt 33. Deutscher Krebskongress 2018 EU-MSE Koordination, IMBEI 34. Jahrestagung der AG der Ltd. KH-Ärzte				Bundesvereinigung und AWMF (Mitglied) Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Leitlinien, Qualitätsmanagement, Versorgungsforschung - Seminare Leitlinien der AWMF für Leitlinienentwickler und das Curriculum Leitlinienberater - Aufbauseminare Leitlinien der AWMF für Leitlinienberater - Workshops des Leitlinienprogramms Onkologie	
Dr. Kathrin Becker	keine	keine	Osteology Foundation, DGI, Fortbildung-sakademie der Zahnärzte-kammer Hessen		Camlog, Dentaïd	keine	Mitgliedschaften: DGI, EAO, Osteology Foundation Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Dreidimensionale Bildgebung mit Schwerpunkt der computergestützten Auswertung von mikrocomputertomographischen Bildern, Verfahren zur Dosisreduktion in der digitalen Volumentomographie, Einheilung von dentalen und kieferorthopädischen (Mini-)Implantaten, Klasse III Therapie;	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie

	Berater-bzw. Gutachter-tätigkeit	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags- /oder Schulungs-tätigkeit	Bezahlte Autoren- /oder Coautoren-schaft	Forschungs-vorhaben/ Durchführung klinischer Studien	Eigentümer-interessen (Patent, Urheberrecht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
							Kieferorthopädische Behandlung von Kindern und Erwachsenen	
Prof. Dr. Stefan Wolfart	keine	keine	DGI, APW, ITI, Straumann, Camlog, Uni Greifswald	Quintessenz	keine	keine	Mitgliedschaften: DGPRO, DGI, IADR Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Prothetik und Implantatprothetik Direktor der Klinik für Zahnärztliche Prothetik, RWTH Aachen	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Prof. Dr. Benedict Wilmes	keine	keine	Eigene Kurse	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: diverse Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: skel. Verankerung	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Dr. Stefan Liepe	keine	keine	keine	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: BDIZEDI	keine
Dr. Jan Hourfar	keine	keine	keine	DGKFO	keine	keine	Mitgliedschaften: DGKFO, DGZMK, BDO Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Skelettale Verankerung, anatomische Studien, Klasse-II, Fixed Functionals	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Prof. Dr. Dr. Bilal Al-Nawas	AQUA Institut	keine	Straumann, Camlog, Denstply, Geistlich	keine	Straumann	keine	Mitgliedschaften: DGI, ITI, IFDAE Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Infektionen, Implantologie, Onkologie, Biomaterialien, Rekonstruktive Chirurgie Kongress DGMKG/BDO, 3D Druck Kongress	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Prof. Dr. Beuer	keine	PROSEC, Henry Schein, Global Surgery Group	Camlog, Bego	keine	Camlog, Vita Clinical	Morphoplast	Mitgliedschaften: DGI, DGPRO, AG für Keramik in der Zahnmedizin	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie

	Berater-bzw. Gutachter-tätigkeit	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags-/oder Schulungs-tätigkeit	Bezahlte Autoren-/oder Coautoren-schaft	Forschungs-vorhaben/Durchführung klinischer Studien	Eigentümer-interessen (Patent, Urheberrecht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
							Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Implantologie, Implantatprothetik, klinische Werkstoffe, ästhetische Zahnmedizin Curriculum Implantologie, Curriculum Implantatprothetik, Curriculum Ästhetische Zahnheilkunde	
Prof. Dr. Dr. Knut Grötz	keine	keine	Straumann, Camlog, Denstply, Geistlich	keine	Straumann	keine	Mitgliedschaften: DGI, ITI, IFDAE Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Implantologie, Kiefernekrosen, Onkologie, Biomaterialien, Rekonstruktive Chirurgie Kongress DGMKG/BDO, 3D Druck Kongress	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
PD Dr. Dr. Eik Schiegnitz	keine	keine	Straumann, Septodont, Geistlich, Dentsply, Sanofi	keine	Straumann, Botiss, Geistlich, Dentsply	keine	Mitgliedschaften: DGI, DGMKG, ITI Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: : Implantologie, Kiefernekrosen, Onkologie, Biomaterialien, Rekonstruktive Chirurgie	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Dr. Markus Blume	keine	keine	BDO, DVT-Kurs	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: BDO, Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Oralchirurgie, Implantologie Cranium-Privatinstitut für Diagnostics	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Prof. Dr. Dr. Hendrik Terheyden	keine	keine	Geistlich, SORG	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: DGI; AGOKi, SORG Editor in IJID und IJOMS Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit:	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie

	Berater-bzw. Gutachter-tätigkeit	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags- /oder Schulungs-tätigkeit	Bezahlte Autoren- /oder Coautoren-schaft	Forschungs-vorhaben/ Durchführung klinischer Studien	Eigentümer-interessen (Patent, Urheberrecht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
							Tumorchirurgie, Rekonstruktion, Traumatologie, Implantate und Augmentationen DGI E-Learning	
Dr. Jörg Munack	keine	keine	DGI APW	PIP	keine	keine	Mitgliedschaften: DGI, DGZMK, DGOI, DGAZ, DGSZM Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Implantologische, parodontologische, ästhetische und funktionelle Aspekte DGI // APW: Durchführung von Hospitationen und Supervisionen	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
PD Dr. Dr. Philipp Brockmeyer	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine	keine
PD Dr. Dr. Philipp Kauffmann	keine	keine	keine	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: DGMKG, Gesellschaft für experimentelle Osteologie (GEXOS) Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Tissue engineering, Tumorforschung, Implantologie, Infektionen, Dysgnathiechirurgie, Onkologie, Traumatologie, Rekonstruktive MKG Chirurgie	keine
PD. Dr. Dr. Matthias Tröltzsch	keine	keine	APW, DGSZM	Quintessenz	keine	keine	Mitgliedschaften: DGMKG, American Academy of Periodontology Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Kopf-Hals Onkologie, Antiresorptiva assoziierte Osteonekrosen, Nasennebenhöhlenerkrankungen, Tumorchirurgie, NNH-Chirurgie,	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie

	Berater-bzw. Gutachter-tätigkeit	Mitarbeit in einem Wissenschaftlichen Beirat (advisory board)	Bezahlte Vortrags- /oder Schulungs-tätigkeit	Bezahlte Autoren- /oder Coautoren-schaft	Forschungs-vorhaben/ Durchführung klinischer Studien	Eigentümer-interessen (Patent, Urheberrecht, Aktienbesitz)	Indirekte Interessen	Von COI betroffene Themen der Leitlinie, Einstufung bzgl. der Relevanz, Konsequenz
							Behandlung von Erkrankungen der Kieferknochen	
Prof. Dr Christine Knabe-Ducheyne	Wiss. Journals Biomaterials JBMR A & B Acta Biomaterialia JOMI, COIR	Alle ohne Zuwendungen	ThGOT 2018 Heiligenstädter Biomaterial-kolloquium 2018 Bone Regeneration Summit 2018, Curasan FIT meeting 2018 Frankfurt Implantology Days 2018, Curasan	Diverse ohne Honorar	DFG, BMBF, Drittmittel für Universität Botiss, Curasan, EU Erasmus DAAD	keine	Mitgliedschaften: Society for Biomaterials, USA, DGZMK, DGI, DGPro, Deutsche Gesellschaft für Biomaterialen Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Biomaterialwissenschaft, Implantatprothetik und -chirurgie Fortbildungen: Curriculum Implantologie des Philipp-Pfaff Institutes, Berlin	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Prof. Dr. Meike Stiesch	keine	Dentsply Sirona	Dentsply Sirona	keine	VHV Stiftung, Drittmittel für Universität	keine	Mitgliedschaften: DGPro (Präsidentin) Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: Orale Biofilmbildung und Implantat-assoziierte Infektionen, prothetische Zahnmedizin	keine mit thematischem Bezug zur Leitlinie
Dr. Stephan Jacoby	KZV Sachsen	keine	LZK Sachsen	keine	keine	keine	Mitgliedschaften: DGPro (Vizepräsident) Schwerpunkt wissenschaftlicher/klinischer Tätigkeit: allg. zahnmedizinische Patientenversorgung	keine mit Relevanz oder thematischem Bezug zur Leitlinie

Literaturverzeichnis

- Al-Nawas B, Schiegnitz E: Augmentation procedures using bone substitute materials or autogenous bone - a systematic review and meta-analysis. *European journal of oral implantology* 7 Suppl 2:S219-234, 2014
- Altintas NY, Senel FC, Kayipmaz S, Taskesen F, Pampu AA: Comparative radiologic analyses of newly formed bone after maxillary sinus augmentation with and without bone grafting. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 71:9 1520-1530, 2013
- Avila-Ortiz G, Elangovan S, Kramer KW, Blanchette D, Dawson DV: Effect of alveolar ridge preservation after tooth extraction: a systematic review and meta-analysis. *Journal of dental research* 93:10 950-958, 2014
- Avila-Ortiz G, Rodriguez JC, Rudek I, Benavides E, Rios H, Wang HL: Effectiveness of three different alveolar ridge preservation techniques: a pilot randomized controlled trial. *The International journal of periodontics & restorative dentistry* 34:4 509-521, 2014
- Barone A, Ricci M, Mangano F, Covani U: Morbidity associated with iliac crest harvesting in the treatment of maxillary and mandibular atrophies: a 10-year analysis. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 69:9 2298-2304, 2011
- Barone A, Todisco M, Ludovichetti M, Gualini F, Aggstaller H, Torres-Lagares D, Rohrer MD, Prasad HS, Kenealy JN: A prospective, randomized, controlled, multicenter evaluation of extraction socket preservation comparing two bovine xenografts: clinical and histologic outcomes. *The International journal of periodontics & restorative dentistry* 33:6 795-802, 2013
- Bauer TW, Muschler GF: Bone graft materials. An overview of the basic science. *Clin Orthop Relat Res* 371 10-27, 2000
- Baumer D, Zuhr O, Rebele S, Schneider D, Schupbach P, Hurzeler M: The socket-shield technique: first histological, clinical, and volumetrical observations after separation of the buccal tooth segment - a pilot study. *Clinical implant dentistry and related research* 17:1 71-82, 2015
- Beitlitum I, Artzi Z, Nemcovsky CE: Clinical evaluation of particulate allogeneic with and without autogenous bone grafts and resorbable collagen membranes for bone augmentation of atrophic alveolar ridges. *Clinical oral implants research* 21:11 1242-1250, 2010
- Block MS, Kent JN: Sinus augmentation for dental implants: the use of autogenous bone. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 55:11 1281-1286, 1997
- Blume O, Hoffmann L, Donkiewicz P, Wenisch S, Back M, Franke J, Schnettler R, Barbeck M: Treatment of Severely Resorbed Maxilla Due to Peri-Implantitis by Guided Bone Regeneration Using a Customized Allogenic Bone Block: A Case Report. *Materials (Basel, Switzerland)* 10:10 2017
- Bonanini M, Salgarelli A, Macaluso GM, Avila-Ortiz G, Elangovan S, Kramer KW, Blanchette D, Dawson DV: Effect of alveolar ridge preservation after tooth extraction: a systematic review and meta-analysis. *BioMed research international* 93:10 950-958, 2014
- Bonanini M, Salgarelli A, Macaluso GM, Xuan F, Lee CU, Son JS, Fang Y, Jeong SM, Choi BH: Vertical ridge augmentation using xenogenous bone blocks: a comparison between the flap and tunneling procedures. *BioMed research international* 72:9 1660-1670, 2014

- Boniello R, Gasparini G, D'Amato G, Torroni A, Marianetti TM, Foresta E, Azzuni C, Cervelli D, Pelo S: Reconstruction of severe atrophic jaws with Fresh Frized Bone Allografts: clinical histologic and histomorphometric evaluation. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 17:10 1411-1418, 2013
- Buttchereit I, Kämmerer PW: Allogener Knochen – Implantatgetragene Schalllückenversorgung im Unterkieferseitenzahnbereich nach lateraler Augmentation mit allogemem Knochen. *Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie* 33:292-296, 2017
- Carr AB, Gonzalez RLV, Jia L, Lohse CM: Relationship between Selective Serotonin Reuptake Inhibitors and Risk of Dental Implant Failure. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists* 28:3 252-257, 2019
- Chappuis V, Avila-Ortiz G, Araujo MG, Monje A: Medication-related dental implant failure: Systematic review and meta-analysis. *Clinical oral implants research* 29 Suppl 16:55-68, 2018
- Chappuis V, Cavusoglu Y, Buser D, von Arx T: Lateral Ridge Augmentation Using Autogenous Block Grafts and Guided Bone Regeneration: A 10-Year Prospective Case Series Study. *Clinical implant dentistry and related research* 19:1 85-96, 2017
- Chiapasco M, Zaniboni M, Rimondini L: Autogenous onlay bone grafts vs. alveolar distraction osteogenesis for the correction of vertically deficient edentulous ridges: a 2-4-year prospective study on humans. *Clinical oral implants research* 18:4 432-440, 2007
- Ciocca L, Fantini M, De Crescenzo F, Corinaldesi G, Scotti R: Direct metal laser sintering (DMLS) of a customized titanium mesh for prosthetically guided bone regeneration of atrophic maxillary arches. *Medical & biological engineering & computing* 49:11 1347-1352, 2011
- Ciocca L, Lizio G, Baldissara P, Sambuco A, Scotti R, Corinaldesi G: Prosthetically CAD-CAM-Guided Bone Augmentation of Atrophic Jaws Using Customized Titanium Mesh: Preliminary Results of an Open Prospective Study. *The Journal of oral implantology* 44:2 131-137, 2018
- Compton SM, Clark D, Chan S, Kuc I, Wubie BA, Levin L: Dental Implants in the Elderly Population: A Long-Term Follow-up. *The International journal of oral & maxillofacial implants* 32:1 164-170, 2017
- Cordaro L TH (2014) ITI Treatment Guide. Quintessenz
- Cucchi A, Vignudelli E, Napolitano A, Marchetti C, Corinaldesi G: 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. *Clinical implant dentistry and related research* 19:5 821-832, 2017
- Dahlin C, Andersson L, Linde A: Bone augmentation at fenestrated implants by an osteopromotive membrane technique. A controlled clinical study. *Clinical oral implants research* 2:4 159-165, 1991
- Dahlin C, Johansson A: Iliac crest autogenous bone graft versus alloplastic graft and guided bone regeneration in the reconstruction of atrophic maxillae: a 5-year retrospective study on cost-effectiveness and clinical outcome. *Clinical implant dentistry and related research* 13:4 305-310, 2011
- Dahlin C, Lekholm U, Becker W, Becker B, Higuchi K, Callens A, van Steenberghe D: Treatment of fenestration and dehiscence bone defects around oral implants using the guided tissue regeneration technique: a prospective multicenter study. *The International journal of oral & maxillofacial implants* 10:3 312-318, 1995
- Danesh-Sani SA, Engebretson SP, Janal MN: Histomorphometric results of different grafting materials and effect of healing time on bone maturation after sinus floor augmentation: a systematic review and meta-analysis. *Journal of periodontal research* 52:3 301-312, 2017
- Dau M, Kämmerer PW, Henkel KO, Gerber T, Frerich B, Gundlach KK: 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* 27:5 597-603, 2016
- De Angelis N, Scivetti M: Lateral ridge augmentation using an equine flex bone block infused with recombinant human platelet-derived growth factor BB: a clinical and histologic study. *The International journal of periodontics & restorative dentistry* 31:4 383-388, 2011
- de Oliveira GR, Olate S, Cavalieri-Pereira L, Pozzer L, Asprino L, de Moraes M, de Albergaria-Barbosa JR: Maxillary sinus floor augmentation using blood without graft material. Preliminary results in 10 patients. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 71:10 1670-1675, 2013
- Deepika-Penmetsa SL, Thomas R, Baron TK, Shah R, Mehta DS: Cortical lamina technique: A therapeutic approach for lateral ridge augmentation using guided bone regeneration. *Journal of clinical and experimental dentistry* 9:1 e21-e26, 2017
- Doll C, Hartwig S, Nack C, Nahles S, Nelson K, Raguse JD: Dramatic course of osteomyelitis in a patient treated with immediately placed dental implants suffering from uncontrolled diabetes: A case report. *European journal of oral implantology* 8:4 405-410, 2015
- Dongo V, von Krockow N, Martins-Filho PRS, Weigl P: Lateral sinus floor elevation without grafting materials. Individual- and aggregate-data meta-analysis. *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 46:9 1616-1624, 2018
- Draenert FG, Kammerer PW, Berthold M, Neff A: Complications with allogeneic, cancellous bone blocks in vertical alveolar ridge augmentation: prospective clinical case study and review of the literature. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology* 122:2 e31-43, 2016
- Duttenhoefer F, Nack C, Doll C, Raguse JD, Hell B, Stricker A, Nelson K, Nahles S: Long-term peri-implant bone level changes of non-vascularized fibula bone grafted edentulous patients. *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 43:5 611-615, 2015
- El-Halaby A, Becker J, Bissada NF: Autogenous bone grafting in a patient on long-term oral bisphosphonate therapy: case report. *The International journal of periodontics & restorative dentistry* 29:6 635-641, 2009
- 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
- Erdogan O, Shafer DM, Taxel P, Freilich MA: A review of the association between osteoporosis and alveolar ridge augmentation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 104:6 738.e731-713, 2007
- Esposito M, Felice P, Worthington HV: Interventions for replacing missing teeth: augmentation procedures of the maxillary sinus. *Cochrane Database Syst Rev* 5 Cd008397, 2014
- Felice P, Marchetti C, Piattelli A, Pellegrino G, Checchi V, Worthington H, Esposito M: Vertical ridge augmentation of the atrophic posterior mandible with interpositional block grafts: bone from the iliac crest versus bovine anorganic bone. *European journal of oral implantology* 1:3 183-198, 2008
- Felice P, Piana L, Checchi L, Corvino V, Nannmark U, Piattelli M: Vertical ridge augmentation of an atrophic posterior mandible with an inlay technique and cancellous equine bone block: a case report. *The International journal of periodontics & restorative dentistry* 33:2 159-166, 2013
- Fretwurst T, Gad LM, Nelson K, Schmelzeisen R: Dentoalveolar reconstruction: modern approaches. *Current opinion in otolaryngology & head and neck surgery* 23:4 316-322, 2015

- Fretwurst T, Gad LM, Steinberg T, Schmal H, Zeiser R, Amler AK, Nelson K, Altmann B: Detection of major histocompatibility complex molecules in processed allogeneic bone blocks for use in alveolar ridge reconstruction. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology* 2018
- Fretwurst T, Grunert S, Woelber JP, Nelson K, Semper-Hogg W: Vitamin D deficiency in early implant failure: two case reports. *Int J Implant Dent* 2:1 24, 2016
- Fretwurst T, Wanner L, Nahles S, Raguse JD, Stricker A, Metzger MC, Nelson K: A prospective study of factors influencing morbidity after iliac crest harvesting for oral onlay grafting. *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 43:5 705-709, 2015
- Ghanaati S, Barbeck M, Booms P, Lorenz J, Kirkpatrick CJ, Sader RA: Potential lack of "standardized" processing techniques for production of allogeneic and xenogeneic bone blocks for application in humans. *Acta biomaterialia* 10:8 3557-3562, 2014
- Gluckman H, Du Toit J, Salama M: The Palatal Bone Block Graft for Onlay Grafting Combined with Maxillary Implant Placement: A Case Series. *The International journal of periodontics & restorative dentistry* 36:4 517-523, 2016
- Gluckman H, Salama M, Du Toit J: 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. *Clinical implant dentistry and related research* 20:2 122-129, 2018
- Grötz CWBA-NSHRSMUKA: Zahnimplantate bei medikamentöser Behandlung mit Knochenantiresorptiva (inkl. Bisphosphonate) Langversion 1.0, 2016. AWMF Registernummer: 083-026, 2016
- Hameed MH, Gul M, Ghafoor R, Khan FR: Vertical Ridge Gain with Various Bone Augmentation Techniques: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists* 28:4 421-427, 2019
- Hartmann A, Hildebrandt H, Schmohl JU, Kämmerer PW: Evaluation of Risk Parameters in Bone Regeneration Using a Customized Titanium Mesh: Results of a Clinical Study. *Implant Dent* 28:6 543-550, 2019
- Hasegawa T, Kawabata S, Takeda D, Iwata E, Saito I, Arimoto S, Kimoto A, Akashi M, Suzuki H, Komori T: Survival of Branemark System Mk III implants and analysis of risk factors associated with implant failure. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 46:2 267-273, 2017
- Hassan KS: 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* 108:5 e19-25, 2009
- Hernandez-Alfaro F, Pages CM, Garcia E, Corchero G, Arranz C: Palatal core graft for alveolar reconstruction: a new donor site. *The International journal of oral & maxillofacial implants* 20:5 777-783, 2005
- Hung CC, Fu E, Chiu HC, Liang HC: Bone formation following sinus grafting with an alloplastic biphasic calcium phosphate in Lanyu Taiwanese mini-pigs. *J Periodontol* 2019
- Ioannou AL, Kotsakis GA, Kumar T, Hinrichs JE, Romanos G: Evaluation of the bone regeneration potential of bioactive glass in implant site development surgeries: a systematic review of the literature. *Clinical oral investigations* 19:2 181-191, 2015
- Jamjoom A, Cohen RE: Grafts for Ridge Preservation. *Journal of functional biomaterials* 6:3 833-848, 2015
- Jensen SS, Terheyden H: Bone augmentation procedures in localized defects in the alveolar ridge: clinical results with different bone grafts and bone-substitute materials. *The International journal of oral & maxillofacial implants* 24 Suppl:218-236, 2009

- Jensen T, Schou S, Gundersen HJ, Forman JL, Terheyden H, Holmstrup P: Bone-to-implant contact after maxillary sinus floor augmentation with Bio-Oss and autogenous bone in different ratios in mini pigs. *Clin Oral Implants Res* 24:6 635-644, 2013
- Jensen T, Schou S, Stavropoulos A, Terheyden H, Holmstrup P: Maxillary sinus floor augmentation with Bio-Oss or Bio-Oss mixed with autogenous bone as graft: a systematic review. *Clinical oral implants research* 23:3 263-273, 2012
- Ji-Young Lee Y-KK, Yang-Jin Yi, Joon-Ho Choi: Clinical evaluation of ridge augmentation using autogenous tooth bone graft material: case series study. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 39:4 156–160., 2013
- Jordi C, Mukaddam K, Lambrecht JT, Kuhl S: Membrane perforation rate in lateral maxillary sinus floor augmentation using conventional rotating instruments and piezoelectric device-a meta-analysis. *International journal of implant dentistry* 4:1 3, 2018
- Jovanovic SA, Spiekermann H, Richter EJ: Bone regeneration around titanium dental implants in dehiscence defect sites: a clinical study. *The International journal of oral & maxillofacial implants* 7:2 233-245, 1992
- Jung RE, Al-Nawas B, Araujo M, Avila-Ortiz G, Barter S, Brodala N, Chappuis V, Chen B, De Souza A, Almeida RF, Fickl S, Finelle G, Ganeles J, Gholami H, Hammerle C, Jensen S, Jokstad A, Katsuyama H, Kleinheinz J, Kunavisarut C, Mardas N, Monje A, Papaspyridakos P, Payer M, Schiegnitz E, Smeets R, Stefanini M, Ten Bruggenkate C, Vazouras K, Weber HP, Weingart D, Windisch P: Group 1 ITI Consensus Report: The influence of implant length and design and medications on clinical and patient-reported outcomes. *Clinical oral implants research* 29 Suppl 16:69-77, 2018
- Jung RE, Benic GI, Scherrer D, Hammerle CH: 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. *Clinical oral implants research* 26:1 28-34, 2015
- Jung RE, Herzog M, Wolleb K, Ramel CF, Thoma DS, Hammerle CH: A randomized controlled clinical trial comparing small buccal dehiscence defects around dental implants treated with guided bone regeneration or left for spontaneous healing. *Clinical oral implants research* 28:3 348-354, 2017
- Kämmerer PW, Scholz M, Baudisch M, Liese J, Wegner K, Frerich B, Lang H: Guided Bone Regeneration Using Collagen Scaffolds, Growth Factors, and Periodontal Ligament Stem Cells for Treatment of Peri-Implant Bone Defects In Vivo. *Stem Cells Int* 2017:3548435, 2017
- Khojasteh A, Behnia H, Shayesteh YS, Morad G, Alikhasi M: Localized bone augmentation with cortical bone blocks tented over different particulate bone substitutes: a retrospective study. *The International journal of oral & maxillofacial implants* 27:6 1481-1493, 2012
- Khojasteh A, Morad G, Behnia H: Clinical importance of recipient site characteristics for vertical ridge augmentation: A systematic review of literature and proposal of a classification. *The Journal of oral implantology* 2012
- Khoury F, Hanser T: Mandibular bone block harvesting from the retromolar region: a 10-year prospective clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 30:3 688-697, 2015
- Khoury F, Hanser T: Three-Dimensional Vertical Alveolar Ridge Augmentation in the Posterior Maxilla: A 10-year Clinical Study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 34:2 471-480, 2019
- Kim JW, Cho MH, Kim SJ, Kim MR: Alveolar distraction osteogenesis versus autogenous onlay bone graft for vertical augmentation of severely atrophied alveolar ridges after 12 years of long-term follow-up. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology* 116:5 540-549, 2013

- Kim YK, Yun PY, Um IW, Lee HJ, Yi YJ, Bae JH, Lee J: Alveolar ridge preservation of an extraction socket using autogenous tooth bone graft material for implant site development: prospective case series. *The journal of advanced prosthodontics* 6:6 521-527, 2014
- Kirchhoff M, Lenz S, Henkel KO, Frerich B, Holzhuter G, Radefeldt S, Gerber T: Lateral augmentation of the mandible in minipigs with a synthetic nanostructured hydroxyapatite block. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 96:2 342-350, 2011
- Kirmeier R, Payer M, Lorenzoni M, Wegscheider WA, Seibert FJ, Jakse N: Harvesting of cancellous bone from the proximal tibia under local anesthesia: donor site morbidity and patient experience. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 65:11 2235-2241, 2007
- Klein MO, Kämmerer PW, Gotz H, Duschner H, Wagner W: 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* 33:4 e101-110, 2013
- Kloss FR, Offermanns V, Kloss-Brandstatter A: Comparison of allogeneic and autogenous bone grafts for augmentation of alveolar ridge defects-A 12-month retrospective radiographic evaluation. *Clin Oral Implants Res* 2018
- Knabe C, Mele A, Kann PH, Peleska B, Adel-Khattab D, Renz H, Reuss A, Böhner M, Stiller M: Effect of sex-hormone levels, sex, body mass index and other host factors on human craniofacial bone regeneration with bioactive tricalcium phosphate grafts. *Biomaterials* 123:48-62, 2017
- Krasny K, Krasny M, Wojtowicz A, Kaminski A: Allogeneic Bone Block Volume Preservation in Ridge Augmentation for Implants. *The International journal of periodontics & restorative dentistry* 38:3 355-360, 2018
- Kübler NR, Will C, Depprich R, Betz T, Reinhart E, Bill JS, Reuther JF: [Comparative studies of sinus floor elevation with autologous or allogeneic bone tissue]. *Mund Kiefer Gesichtschir* 3 Suppl 1:S53-60, 1999
- Kuchler U, von Arx T: Horizontal ridge augmentation in conjunction with or prior to implant placement in the anterior maxilla: a systematic review. *The International journal of oral & maxillofacial implants* 29 Suppl:14-24, 2014
- Kuik K, Putters TF, Schortinghuis J, van Minnen B, Vissink A, Raghoobar GM: Donor site morbidity of anterior iliac crest and calvarium bone grafts: A comparative case-control study. *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 44:4 364-368, 2016
- Le BT, Borzabadi-Farahani A: 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. *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 42:5 552-559, 2014
- Lee DZ, Chen ST, Darby IB: Maxillary sinus floor elevation and grafting with deproteinized bovine bone mineral: a clinical and histomorphometric study. *Clinical oral implants research* 23:8 918-924, 2012
- Leong DJ, Oh TJ, Benavides E, Al-Hezaimi K, Misch CE, Wang HL: Comparison between sandwich bone augmentation and allogenic block graft for vertical ridge augmentation in the posterior mandible. *Journal of periodontal & implant science* 24:1 4-12, 2015
- Li G, Li P, Chen Q, Thu HE, Hussain Z: Current Updates on Bone Grafting Biomaterials and Recombinant Human Growth Factors Implanted Biotherapy for Spinal Fusion: A Review of Human Clinical Studies. *Current drug delivery* 16:2 94-110, 2019

- Llambes F, Silvestre FJ, Caffesse R: Vertical guided bone regeneration with bioabsorbable barriers. *Journal of periodontology* 78:10 2036-2042, 2007
- Lorenz J, Al-Maawi S, Sader R, Ghanaati S: Individualized Titanium Mesh Combined With Platelet-Rich Fibrin and Deproteinized Bovine Bone: A New Approach for Challenging Augmentation. *The Journal of oral implantology* 44:5 345-351, 2018
- Lorenz J, Eichler K, Barbeck M, Lerner H, Stubinger S, Seipel C, Vogl TJ, Kovacs AF, Ghanaati S, Sader RA: 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* 6:2 175-181, 2016
- Lorenz J, Kubesch A, Al-Maawi S, Schwarz F, Sader RA, Schlee M, Ghanaati S: Allogeneic bone block for challenging augmentation—a clinical, histological, and histomorphometrical investigation of tissue reaction and new bone formation. *Clinical oral investigations* 22:9 3159-3169, 2018
- Lumetti S, Consolo U, Galli C, Multinu A, Piersanti L, Bellini P, Manfredi E, Corinaldesi G, Zaffe D, Macaluso GM, Marchetti C: Fresh-frozen bone blocks for horizontal ridge augmentation in the upper maxilla: 6-month outcomes of a randomized controlled trial. *Clinical implant dentistry and related research* 16:1 116-123, 2014
- Lumetti S, Galli C: Correlation between density and resorption of fresh-frozen and autogenous bone grafts. 2014:508328, 2014
- Lundgren D, Lundgren AK, Sennerby L, Nyman S: Augmentation of intramembraneous bone beyond the skeletal envelope using an occlusive titanium barrier. An experimental study in the rabbit. *Clinical oral implants research* 6:2 67-72, 1995
- Maestre-Ferrin L, Boronat-Lopez A, Penarrocha-Diago M: Augmentation procedures for deficient edentulous ridges, using onlay autologous grafts: an update. *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal* 14:8 e402-407, 2009
- Majzoub J, Ravida A, Starch-Jensen T, Tattan M, Suarez-Lopez Del Amo F: The Influence of Different Grafting Materials on Alveolar Ridge Preservation: a Systematic Review. *J Oral Maxillofac Res* 10:3 e6, 2019
- Marconcini S, Covani U, Giammarinaro E, Velasco-Ortega E, De Santis D, Alfonsi F, Barone A: Clinical Success of Dental Implants Placed in Posterior Mandible Augmented With Interpositional Block Graft: 3-Year Results From a Prospective Cohort Clinical Study. *J Oral Maxillofac Surg* 77:2 289-298, 2019
- Mattheos N, Caldwell P, Petcu EB, Ivanovski S, Reher P: Dental implant placement with bone augmentation in a patient who received intravenous bisphosphonate treatment for osteoporosis. *J Can Dent Assoc* 79:d2, 2013
- Mendoza-Azpur G, de la Fuente A, Chavez E, Valdivia E, Khouly I: 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* 21:4 521-530, 2019
- Merli M, Moscatelli M, Mariotti G, Rotundo R, Bernardelli F, Nieri M: Bone level variation after vertical ridge augmentation: resorbable barriers versus titanium-reinforced barriers. A 6-year double-blind randomized clinical trial. *The International journal of oral & maxillofacial implants* 29:4 905-913, 2014
- Mertens C, Decker C, Seeberger R, Hoffmann J, Sander A, Freier K: Early bone resorption after vertical bone augmentation—a comparison of calvarial and iliac grafts. *Clinical oral implants research* 24:7 820-825, 2013

- Monje A, Pikos MA, Chan HL, Suarez F, Gargallo-Albiol J, Hernandez-Alfaro F, Galindo-Moreno P, Wang HL: On the feasibility of utilizing allogeneic bone blocks for atrophic maxillary augmentation. *BioMed research international* 2014:814578, 2014
- Mordenfeld A, Hallman M, Johansson CB, Albrektsson T: Histological and histomorphometrical analyses of biopsies harvested 11 years after maxillary sinus floor augmentation with deproteinized bovine and autogenous bone. *Clin Oral Implants Res* 21:9 961-970, 2010
- Morjaria KR, Wilson R, Palmer RM: Bone healing after tooth extraction with or without an intervention: a systematic review of randomized controlled trials. *Clinical implant dentistry and related research* 16:1 1-20, 2014
- Motamedian SR, Khojaste M, Khojasteh A: Success rate of implants placed in autogenous bone blocks versus allogenic bone blocks: A systematic literature review. *Annals of maxillofacial surgery* 6:1 78-90, 2016
- Mounir M, Shalash M, Mounir S, Nassar Y, El Khatib O: Assessment of three dimensional bone augmentation of severely atrophied maxillary alveolar ridges using prebent titanium mesh vs customized poly-ether-ether-ketone (PEEK) mesh: A randomized clinical trial. *Clinical implant dentistry and related research* 2019
- Naenni N, Lim HC, Papageorgiou SN, Hammerle CHF: Efficacy of lateral bone augmentation prior to implant placement: A systematic review and meta-analysis. *Journal of clinical periodontology* 46 Suppl 21:287-306, 2019
- Nahles S, Nack C, Gratecap K, Lage H, Nelson JJ, Nelson K: Bone physiology in human grafted and non-grafted extraction sockets--an immunohistochemical study. *Clinical oral implants research* 24:7 812-819, 2013
- Nemcovsky CE, Artzi Z, Moses O, Gelernter I: Healing of marginal defects at implants placed in fresh extraction sockets or after 4-6 weeks of healing. A comparative study. *Clinical oral implants research* 13:4 410-419, 2002
- Niedermaier R, Stelzle F, Riemann M, Bolz W, Schuh P, Wachtel H: Implant-Supported Immediately Loaded Fixed Full-Arch Dentures: Evaluation of Implant Survival Rates in a Case Cohort of up to 7 Years. *Clinical implant dentistry and related research* 19:1 4-19, 2017
- Nkenke E, Neukam FW: Autogenous bone harvesting and grafting in advanced jaw resorption: morbidity, resorption and implant survival. *European journal of oral implantology* 7 Suppl 2:S203-217, 2014
- Nkenke E, Stelzle F: Clinical outcomes of sinus floor augmentation for implant placement using autogenous bone or bone substitutes: a systematic review. *Clinical oral implants research* 20 Suppl 4:124-133, 2009
- Orchard E, Green W, Nair RP, Abreo F, Sunavala-Dossabhoy G: Sildenafil Transiently Delays Early Alveolar Healing of Tooth Extraction Sockets. *Clinics in surgery* 2:2017
- Ortiz-Vigon A, Martinez-Villa S, Suarez I, Vignoletti F, Sanz M: Histomorphometric and immunohistochemical evaluation of collagen containing xenogeneic bone blocks used for lateral bone augmentation in staged implant placement. *Int J Implant Dent* 3:1 24, 2017
- Peck MT: Alveolar Ridge Augmentation using the Allograft Bone Shell Technique. *The journal of contemporary dental practice* 16:9 768-773, 2015
- Pereira E, Messias A, Dias R, Judas F, Salvoni A, Guerra F: Horizontal Resorption of Fresh-Frozen Corticocancellous Bone Blocks in the Reconstruction of the Atrophic Maxilla at 5 Months. *Clinical implant dentistry and related research* 2014
- Pinchasov G, Juodzbalys G: Graft-free sinus augmentation procedure: a literature review. *Journal of oral & maxillofacial research* 5:1 e1, 2014

- Pistilli R, Felice P, Piatelli M, Nisii A, Barausse C, Esposito M: Blocks of autogenous bone versus xenografts for the rehabilitation of atrophic jaws with dental implants: preliminary data from a pilot randomised controlled trial. *European journal of oral implantology* 7:2 153-171, 2014
- Putters TF, Wortmann DE, Schortinghuis J, van Minnen B, Boven GC, Vissink A, Raghoobar GM: Morbidity of anterior iliac crest and calvarial bone donor graft sites: a 1-year randomized controlled trial. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 47:11 1474-1480, 2018
- Quiles JC, Souza FA, Bassi AP, Garcia IR, Jr., Franca MT, Carvalho PS: Survival rate of osseointegrated implants in atrophic maxillae grafted with calvarial bone: a retrospective study. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 44:2 239-244, 2015
- Ramanauskaitė A, Sahin D, Sader R, Becker J, Schwarz F: Efficacy of autogenous teeth for the reconstruction of alveolar ridge deficiencies: a systematic review. *Clinical oral investigations* 2019
- Rasch A, Naujokat H, Wang F, Seekamp A, Fuchs S, Kluter T: Evaluation of bone allograft processing methods: Impact on decellularization efficacy, biocompatibility and mesenchymal stem cell functionality. *PLoS one* 14:6 e0218404, 2019
- Rickert D, Slater JJ, Meijer HJ, Vissink A, Raghoobar GM: Maxillary sinus lift with solely autogenous bone compared to a combination of autogenous bone and growth factors or (solely) bone substitutes. A systematic review. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 41:2 160-167, 2012
- Rocchietta I, Simion M, Hoffmann M, Trisciuglio D, Benigni M, Dahlin C: Vertical Bone Augmentation with an Autogenous Block or Particles in Combination with Guided Bone Regeneration: A Clinical and Histological Preliminary Study in Humans. *Clinical implant dentistry and related research* 18:1 19-29, 2016
- Sadeghi R, Babaei M, Miremadi SA, Abbas FM: A randomized controlled evaluation of alveolar ridge preservation following tooth extraction using deproteinized bovine bone mineral and demineralized freeze-dried bone allograft. *Dental research journal* 13:2 151-159, 2016
- Sagheb K, Schiegnitz E, Moergel M, Walter C, Al-Nawas B, Wagner W: Clinical outcome of alveolar ridge augmentation with individualized CAD-CAM-produced titanium mesh. *International journal of implant dentistry* 3:1 36, 2017
- Sakkas A, Schramm A, Winter K, Wilde F: Risk factors for post-operative complications after procedures for autologous bone augmentation from different donor sites. *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 46:2 312-322, 2018
- Sakkas A, Wilde F, Heufelder M, Winter K, Schramm A: Autogenous bone grafts in oral implantology- is it still a "gold standard"? A consecutive review of 279 patients with 456 clinical procedures. *Int J Implant Dent* 3:1 23, 2017
- Sanz M, Vignoletti F: Key aspects on the use of bone substitutes for bone regeneration of edentulous ridges. *Dent Mater* 31:6 640-647, 2015
- Scarano A, Carinci F, Assenza B, Piattelli M, Murmura G, Piattelli A: Vertical ridge augmentation of atrophic posterior mandible using an inlay technique with a xenograft without miniscrews and miniplates: case series. *Clinical oral implants research* 22:10 1125-1130, 2011
- Scheyer ET, Heard R, Janakievski J, Mandelaris G, Nevins ML, Pickering SR, Richardson CR, Pope B, Toback G, Velasquez D, Nagursky H: A randomized, controlled, multicentre clinical trial of post-extraction alveolar ridge preservation. *Journal of clinical periodontology* 43:12 1188-1199, 2016
- Schiegnitz E A-NB, Hoefert S, Otto S, Pautke C, Ristow O, Voss P, Grötz KA: S3-Leitlinie Antiresorptiva-assoziierte Kiefernekrosen [2017]. AWMF Registernummer: 007-091 2018

- Schimmel M, Srinivasan M, McKenna G, Muller F: Effect of advanced age and/or systemic medical conditions on dental implant survival: A systematic review and meta-analysis. *Clinical oral implants research* 29 Suppl 16:311-330, 2018
- Schlee M, Rothamel D: Ridge augmentation using customized allogenic bone blocks: proof of concept and histological findings. *Implant dentistry* 22:3 212-218, 2013
- Schliephake H, Sicilia A, Nawas BA, Donos N, Gruber R, Jepsen S, Milinkovic I, Mombelli A, Navarro JM, Quirynen M, Rocchietta I, Schiodt M, Schou S, Stahli A, Stavropoulos A: Drugs and diseases: Summary and consensus statements of group 1. The 5(th) EAO Consensus Conference 2018. *Clinical oral implants research* 29 Suppl 18:93-99, 2018
- Schneider D, Buttchereit I, Kämmerer PW: Regenerative Therapie von Kieferdefekten mit allogenen Knochenersatzmaterialien. *ZWR* 125:552-557, 2016
- Schwartz-Arad D, Chaushu G: Placement of implants into fresh extraction sites: 4 to 7 years retrospective evaluation of 95 immediate implants. *Journal of periodontology* 68:11 1110-1116, 1997
- Schwartz-Arad D, Ofec R, Eliyahu G, Ruban A, Sterer N: Long Term Follow-Up of Dental Implants Placed in Autologous Onlay Bone Graft. *Clinical implant dentistry and related research* 2014
- Schwarz F, Mihatovic I, Ghanaati S, Becker J: Performance and safety of collagenated xenogeneic bone block for lateral alveolar ridge augmentation and staged implant placement. A monocenter, prospective single-arm clinical study. *Clin Oral Implants Res* 28:8 954-960, 2017
- Schwarz F, Sahin D, Becker K, Sader R, Becker J: Autogenous tooth roots for lateral extraction socket augmentation and staged implant placement. A prospective observational study. *Clinical oral implants research* 2019
- Seiler M, Kämmerer PW, Peetz M, Hartmann A: Customized lattice structure in reconstruction of three-dimensional alveolar defects. *Int J Comput Dent* 21:3 261-267, 2018
- Seiler M, Kämmerer PW, Peetz M, Hartmann AG: Customized Titanium Lattice Structure in Three-Dimensional Alveolar Defect: An Initial Case Letter. *J Oral Implantol* 44:3 219-224, 2018
- Simion M, Fontana F, Rasperini G, Maiorana C: Vertical ridge augmentation by expanded-polytetrafluoroethylene membrane and a combination of intraoral autogenous bone graft and deproteinized anorganic bovine bone (Bio Oss). *Clinical oral implants research* 18:5 620-629, 2007
- Smolka W: Calvarial grafts for alveolar ridge reconstruction prior to dental implant placement: an update. *Oral and maxillofacial surgery* 18:4 381-385, 2014
- Solakoglu O, Gotz W, Heydecke G, Schwarzenbach H: 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* 21:5 1002-1016, 2019
- Solakoglu O, Steinbach B, Gotz W, Heydecke G, Pantel K, Schwarzenbach H: Characterization of circulating DNA in plasma of patients after allogeneic bone grafting. *Clin Oral Investig* 23:12 4243-4253, 2019
- Starch-Jensen T, Aludden H, Hallman M, Dahlin C, Christensen AE, Mordenfeld A: A systematic review and meta-analysis of long-term studies (five or more years) assessing maxillary sinus floor augmentation. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 47:1 103-116, 2018
- Starch-Jensen T, Mordenfeld A, Becktor JP, Jensen SS: Maxillary Sinus Floor Augmentation With Synthetic Bone Substitutes Compared With Other Grafting Materials: A Systematic Review and Meta-analysis. *Implant dentistry* 27:3 363-374, 2018

- Stavropoulos A, Nyengaard JR, Kostopoulos L, Karring T: Implant placement in bone formed beyond the skeletal envelope by means of guided tissue regeneration: an experimental study in the rat. *Journal of clinical periodontology* 32:10 1108-1115, 2005
- Stimmelmayer M, Gernet W, Edelhoff D, Guth JF, Happe A, Beuer F: Two-stage horizontal bone grafting with the modified shell technique for subsequent implant placement: a case series. *The International journal of periodontics & restorative dentistry* 34:2 269-276, 2014
- Stimmelmayer M, Guth JF, Schlee M, Beuer F: Vertical ridge augmentation using the modified shell technique--a case report. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 72:2 286-291, 2014
- Stopa Z, Siewert-Gutowska M, Abed K, Szubinska-Lelonkiewicz D, Kaminski A, Fiedor P: Evaluation of the Safety and Clinical Efficacy of Allogeneic Bone Grafts in the Reconstruction of the Maxilla and Mandible. *Transplant Proc* 50:7 2199-2201, 2018
- Stumbras A, Krukis MM, Januzis G, Juodzbaly G: Regenerative bone potential after sinus floor elevation using various bone graft materials: a systematic review. *Quintessence Int* 50:7 548-558, 2019
- Suarez-Lopez Del Amo F, Ortega-Oller I, Catena A, Monje A, Khoshkam V, Torrecillas-Martinez L, Wang HL, Galindo-Moreno P: Effect of Barrier Membranes on the Outcomes of Maxillary Sinus Floor Augmentation: A Meta-Analysis of Histomorphometric Outcomes. *The International journal of oral & maxillofacial implants* 2015
- Taxel P, Ortiz D, Shafer D, Pendrys D, Reisine S, Rengasamy K, Freilich M: The relationship between implant stability and bone health markers in post-menopausal women with bisphosphonate exposure. *Clinical oral investigations* 18:1 49-57, 2014
- Terheyden H: Knochenaugmentationen in der Implantologie. *Deutsche Zahnärztliche Zeitung* 2010:6 320-330, 2010
- Thoma DS, Bienz SP, Figuero E, Jung RE, Sanz-Martin I: Efficacy of lateral bone augmentation performed simultaneously with dental implant placement: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 46 Suppl 21:257-276, 2019
- Thoma DS, Payer M, Jakse N, Bienz SP, Husler J, Schmidlin PR, Jung UW, Hammerle CHF, Jung RE: Randomized, controlled clinical two-centre study using xenogeneic block grafts loaded with recombinant human bone morphogenetic protein-2 or autogenous bone blocks for lateral ridge augmentation. *J Clin Periodontol* 45:2 265-276, 2018
- Ting M, Tenaglia MS, Jones GH, Suzuki JB: Surgical and Patient Factors Affecting Marginal Bone Levels Around Dental Implants: A Comprehensive Overview of Systematic Reviews. *Implant dentistry* 26:2 303-315, 2017
- Titsinides S, Agrogiannis G, Karatzas T: Bone grafting materials in dentoalveolar reconstruction: A comprehensive review. *The Japanese dental science review* 55:1 26-32, 2019
- Tolstunov L: Maxillary tuberosity block bone graft: innovative technique and case report. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 67:8 1723-1729, 2009
- Tolstunov L, Hamrick JFE, Broumand V, Shilo D, Rachmiel A: Bone Augmentation Techniques for Horizontal and Vertical Alveolar Ridge Deficiency in Oral Implantology. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 31:2 163-191, 2019
- Tomlin EM, Nelson SJ, Rossmann JA: Ridge preservation for implant therapy: a review of the literature. *The open dentistry journal* 8:66-76, 2014
- Troeltzsch M, Troeltzsch M, Kauffmann P, Gruber R, Brockmeyer P, Moser N, Rau A, Schliephake H: Clinical efficacy of grafting materials in alveolar ridge augmentation: A systematic review. *Journal*

- of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery 44:10 1618-1629, 2016
- Tunkel J, Wurdinger R, de Stavola L: Vertical 3D Bone Reconstruction with Simultaneous Implantation: A Case Series Report. *The International journal of periodontics & restorative dentistry* 38:3 413-421, 2018
- Ugurlu F, Sener BC, Dergin G, Garip H: Potential complications and precautions in vertical alveolar distraction osteogenesis: a retrospective study of 40 patients. *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 41:7 569-573, 2013
- Urban IAs, Montero E, Monje A, Sanz-Sanchez I: Effectiveness of vertical ridge augmentation interventions. A systematic review and meta-analysis. *Journal of clinical periodontology* 2019
- Wagner F, Schuder K, Hof M, Heuberger S, Seemann R, Dvorak G: Does osteoporosis influence the marginal peri-implant bone level in female patients? A cross-sectional study in a matched collective. *Clinical implant dentistry and related research* 19:4 616-623, 2017
- Wein M, Fretwurst T, Nahles S, Duttenhoefer F, Tomakidi P, Steinberg T, Nelson K: Pilot investigation of the molecular discrimination of human osteoblasts from different bone entities. *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 43:8 1487-1493, 2015
- Wein M, Huelter-Hassler D, Nelson K, Fretwurst T, Nahles S, Finkenzeller G, Altmann B, Steinberg T: Differential osteopontin expression in human osteoblasts derived from iliac crest and alveolar bone and its role in early stages of angiogenesis. *Journal of bone and mineral metabolism* 37:1 105-117, 2019
- Whetman J, Mealey BL: Effect of Healing Time on New Bone Formation After Tooth Extraction and Ridge Preservation With Demineralized Freeze-Dried Bone Allograft: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Journal of periodontology* 87:9 1022-1029, 2016
- Willenbacher M, Al-Nawas B, Berres M, Kämmerer PW, Schiegnitz E: The Effects of Alveolar Ridge Preservation: A Meta-Analysis. *Clin Implant Dent Relat Res* 18:6 1248-1268, 2016
- Wood RA, Mealey BL: Histologic comparison of healing after tooth extraction with ridge preservation using mineralized versus demineralized freeze-dried bone allograft. *Journal of periodontology* 83:3 329-336, 2012
- Wu X, Al-Abdalla K, Abi-Nader S, Daniel NG, Nicolau B, Tamimi F: Proton Pump Inhibitors and the Risk of Osseointegrated Dental Implant Failure: A Cohort Study. *Clinical implant dentistry and related research* 19:2 222-232, 2017
- Yamada Y, Nanba K, Ito K: Effects of occlusiveness of a titanium cap on bone generation beyond the skeletal envelope in the rabbit calvarium. *Clinical oral implants research* 14:4 455-463, 2003
- Yang J, Xia T, Wang H, Cheng Z, Shi B: Outcomes of maxillary sinus floor augmentation without grafts in atrophic maxilla: A systematic review and meta-analysis based on randomised controlled trials. *J Oral Rehabil* 46:3 282-290, 2019
- Zhang S, Song S, Wang S, Duan Y, Zhu W, Song Y: Type 2 diabetes affects postextraction socket healing and influences first-stage implant surgery: A study based on clinical and animal evidence. *Clinical implant dentistry and related research* 2019
- Zouhary KJ: Bone graft harvesting from distant sites: concepts and techniques. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 22:3 301-316, v, 2010

Erstveröffentlichung:	01/2011
Überarbeitung von:	07/2020
Nächste Überprüfung geplant:	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