

AUS DER KLINIK UND POLIKLINIK FÜR MUND-, KIEFER- UND PLASTISCHE GESICHTSCHIRURGIE

DIREKTOR: PROF. DR. DR. BERNHARD FRERICH

KNOCHENERSATZMATERIALIEN ZUM ALVEOLARKAMMAUFBAU UNTER BESONDERER BE-
RÜCKSICHTIGUNG ALLOGENER KNOCHENTRANSPLANTATE – EINE SYSTEMATISCHE
ÜBERSICHTSARBEIT

INAUGURALDISSERTATION
ZUR
ERLANGUNG DES AKADEMISCHEN GRADES
DOKTOR DER ZAHNMEDIZIN
DER
UNIVERSITÄTSMEDIZIN ROSTOCK

VORGELEGT VON

NIKLAS BEINLICH | GEB. AM 09.11.1990 IN EUTIN

WOHNHAFT STADTBEKER STRASSE 71 IN 23715 BOSAU

GUTACHTER:

1. BERNHARD FRERICH; MUND-, KIEFER-. GESICHTSCHIRURGIE ROSTOCK
2. THOMAS FUCHSLUGER; AUGENHEILKUNDE ROSTOCK
3. KAI-OLAF HENKEL; MUND-, KIEFER-, GESICHTSCHIRURGIE HAMBURG

JAHR DER EINREICHUNG: 2023

JAHR DER VERTEIDIGUNG: 2025

https://doi.org/10.18453/rosdok_id00005136

INHALTSVERZEICHNIS

I.	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	III
II.	TABELLENVERZEICHNIS	IV
III.	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	V
1.	EINLEITUNG	1
2.	LITERATURDISKUSSION	3
2.1	AUGMENTATIONEN IN DER ZAHNMEDIZIN	3
2.1.1	METHODEN DER AUGMENTATIONEN.....	4
2.1.2	ENTWICKLUNG DER AUGMENTATIONSVERFAHREN UND -MATERIALIEN	6
2.1.3	ANFORDERUNGEN AN KNOCHENERSATZMATERIALIEN	6
2.1.4	VARIANTEN DER KNOCHENERSATZMATERIALIEN	7
2.1.5	DARREICHUNGSFORMEN VON KNOCHENERSATZMATERIALIEN	9
2.1.6	INDIKATIONEN FÜR AUGMENTATIONEN	10
2.1.7	KOMPLIKATIONEN BEI AUGMENTATIONEN	12
2.1.8	ZIELE DER AUGMENTATION	14
2.2	GEGENÜBERSTELLUNG DER AUGMENTATE	15
2.3	BEDEUTUNG KLINISCHER ÜBERSICHTSARBEITEN FÜR DIE PRAKTISCHE ANWENDUNG ...	16
2.4	STAND DER FORSCHUNG	17
2.5	HYPOTHESE	17
3.	MATERIAL & METHODEN.....	17
3.1	LITERATURERCHE.....	18
3.2	SUCHSTRATEGIE	18
3.3	FEHLER BEI DER SUCHE.....	19
3.4	BEARBEITUNG DER SUCHERGEBNISSE	21
3.5	EIN- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN.....	22
3.6	DATENSELEKTION.....	23
3.7	AUSWAHL DER PARAMETER	23
3.8	QUALITÄTBEWERTUNG DER STUDIEN	24

4.	ERGEBNISSE	26
4.1	EINGESCHLOSSENE STUDIEN	26
4.2	EINGESCHLOSSENE STUDIEN MIT EVIDENZGRAD	47
4.3	ANALYSE DER INKLUDIERTEN STUDIEN ANHAND DER PARAMETER (UND DER EVIDENZGRADE)	47
5.	DISKUSSION	54
5.1	ZUSAMMENFASSUNG	54
5.2	AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE	55
5.3	METHODENKRITIK.....	58
5.4	MÖGLICHE LIMITATIONEN DER SYSTEMATISCHEN ÜBERSICHTSARBEIT	58
5.5	FEHLER BEI DER LITERATURSUCHE, AUSWERTUNG UND INTERPRETATION DER STUDIEN 59	
6.	FAZIT	60
7.	LITERATURVERZEICHNIS	62
8.	EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG	68
9.	THESEN	69
10.	LEBENS LAUF	69
11.	ANHANG	70

I. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

ABBILDUNG 1: EINTEILUNG DER KNOCHENERSATZMATERIALIEN IN BEZUG AUF DIE HERKUNFT UND DARREICHUNGSFORM 9

ABB. 2: HORIZONTALE UND VERTIKALE RESORPTION DES UNTER- UND OBERKIEFERS NACH CAWOOD UND HOWELL..... 11

ABB. 3: DARSTELLUNG DER DATENSELEKTION VON BEGINN DER SUCHE BIS ZUR ENDGÜLTIGEN AUSWAHL 23

ABB. 4 DAS KNOCHENVOLUMEN (TOTAL BONE VOLUME) DER PROBEN NACH MATERIALIEN UNTERTEILT 28

ABB. 5: BEISPIEL FÜR DEN UMFANG DES ENTNOMMENEN GEWEBES EINER PROBEBIOPSIE NACH DER AUGMENTATION EINES SINUS..... 40

II. TABELLENVERZEICHNIS

TAB. 1: VERGLEICH DER KEM IN BEZUG AUF DIE EIGENSCHAFTEN UND DARREICHUNG	15
TAB. 2: SUCHBEGRIFFE ZUR ERFASSUNG SÄMTLICHER RELEVANTEN STUDIEN	19
TAB. 3: BIAS BEI DER LITERATURSUCHE UND -ANALYSE IM ALLGEMEINEN.....	20
TAB. 4: EIN- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN ZUR SELEKTIERUNG RELEVANTER STUDIEN	22
TAB. 5: EVIDENZGRADE ZUR BEWERTUNG DURCHGEFÜHRTER STUDIEN	25
TAB. 6: BEWERTUNGSKRITERIEN DES PINK ESTHETIC SCORE	29
TAB. 7: VERGLEICH HISTOMORPHOMETRISCHER VARIABLEN	32
TAB. 8: VERGLEICH DER RADIOLOGISCHEN VARIABLEN	32
TAB. 9: SPÄTKOMPLIKATIONEN NACH DURCHGEFÜHRTER SINUSBODENELEVATION	33
TAB. 10: PUNKTEBEWERTUNG DES KNOCHENS NACH HEIPLE ET AL.	35
TAB. 11: MITTELWERTE FÜR DIE UNTERSUCHUNGSPARAMETER DER GRUPPEN.....	38
TAB. 12: INDIZES FÜR DIE DICHTHE DES NEUGEBILDETEN GEWEBES ZUM ZEITPUNKT DER ENTFERNUNG DER MEMBRANEN	39
TAB. 13: ANGABEN DER HISTOMORPHOMETRISCHEN UNTERSUCHUNGEN IN DEN VERSCHIEDENEN GRUPPEN	42
TAB. 14: ERGEBNISSE DER HISTOMORPHOMETRISCHEN UNTERSUCHUNG DER PROBEBIOPSIIEN .	45
TAB. 15: GESAMTZAHL DER PROBANDEN UND ERKRANKTEN ALLER STUDIEN DES PARAMETERS „INFEKTIONEN/WUNDHEILUNGSSTÖRUNGEN“ MIT DEM ZUSÄTZLICH ERRECHNETEN ODDS-RATIO	49
TAB. 16: GESAMTZAHL DER PROBANDEN UND FÄLLE MIT RESTMATERIAL IM VERGLEICH VON ALLOGENEM ZU AUTOLOGEM KNOCHEN MIT DEM DAZUGEHÖRIGEN ODDS-RATIO	51
TAB. 17: GESAMTZAHL DER PROBANDEN MIT DER ANZAHL AN RESTMATERIAL UND DEM DAZUGEHÖRIGEN ODDS-RATIO FÜR DEN VERGLEICH VON ALLOGENEN ZU XENOGENEN AUGMENTATEN	52
TAB. 18: GESAMTZAHL DER PROBANDEN MIT DER ANZAHL AN RESTMATERIAL UND DEM DAZUGEHÖRIGEN ODDS-RATIO FÜR DEN VERGLEICH VON ALLOGENEN ZU ALLOPLATISCHEN TRANSPLANTATEN.....	52
TAB. 19: GESAMTZAHL DER PROBANDEN MIT DER ANZAHL AN VERLORENEN IMPLANTATEN UND DEM DAZUGEHÖRIGEN ODDS-RATIO FÜR DEN VERGLEICH VON ALLOGENEM ZU AUTOLOGEM KNOCHEN	53
TAB. 20: VERGLEICH DER HISTOPATHOLOGISCHEN ERGEBNISSE.....	70

III. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

KEM - Knochenersatzmaterial

1. EINLEITUNG

Ein lückenfreier Zahnstatus ist unumstritten ein wichtiger Bestandteil des täglichen Lebens. Er spielt nicht nur in Hinsicht auf die Ernährung, sondern auch bei der sozialen Interaktion eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Trotz eines Aufwärtstrends im Vergleich zu den vorangegangenen Jahren ist weiterhin etwa jeder achte „jüngere Senior“ im Alter von 65 bis 74 Jahren zahnlos (Institut der Deutschen Zahnärzte, 2016). Zudem beträgt die durchschnittliche Anzahl der Zähne in derselben Altersgruppe 16,9. Dies bedeutet, dass jedem jüngeren Senior im Durchschnitt 11,1 Zähne fehlen. Die Weisheitszähne werden hierbei außer Acht gelassen. Durch fehlende Zähne wird die Nahrungsaufnahme, die einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der Lebensqualität beisteuert, immer weiter erschwert. Daher ist ein positiver Trend in Bezug auf festsitzenden prothetischen Zahnersatz zu erkennen. Hierzu zählen Kronen und Brücken sowie Implantate, die heutzutage immer mehr gefragt sind und daher bereits zehnmal häufiger im Vergleich zu 1997 verwendet werden (Institut der Deutschen Zahnärzte, 2016).

Nach dem Zahnverlust kommt es im Knochen zu einer Remodellierung, die durch Osteoblasten, Osteozyten und Osteoklasten bewirkt wird. (Schroeder, 2000) Die Aktivität der drei Zellen wird durch Hormone gesteuert und kann zum Knochenanbau oder -abbau führen. Aufgrund der nicht mehr vorhandenen Belastung des Kieferknochens kommt es sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Ausrichtung zu einem resorptiven Vorgang, der Inaktivitätsatrophie genannt wird. (Tetsch, 2020) Dieser Abbau ist auf natürlichem Wege nicht reversibel und verläuft am schnellsten in den ersten Monaten nach Zahnverlust. (Tallgren, 2003)

Hieraus resultiert ein schlechterer Halt für Prothesen und zudem ein oft zu geringes Angebot an Knochen, um eine adäquate implantologische Versorgung zu gewährleisten. Es ist möglich stark atrophierte Bereiche prothetisch zu versorgen, indem Implantate mit einem geringeren Durchmesser oder einer geringeren Länge gewählt werden, sowie abgewinkelte Abutments als Aufbau zum Einsatz kommen. Allerdings ist dies nur eingeschränkt und nicht bei jedem Patienten möglich. Häufig kommt es dadurch zur Fehlbelastung der prothetischen Versorgung aufgrund einer ungeeigneten Achsenstellung bzw. zu einer verminderten Reinigungsmöglichkeit und somit zum frühzeitigen Verlust des Implantates.

Der Wiederaufbau des Kieferkammes durch eine Augmentation mittels geeigneter Materialien gewinnt somit vor allem in der prothetischen und implantologischen Zahnmedizin an Bedeutung. Um einen Patienten trotz starker Kieferkammatrophie erfolgreich und zufriedenstellend versorgen zu können wurden Methoden entwickelt, um den Kieferkamm in seiner horizontalen und vertikalen Dimension rekonstruieren zu können. Zunächst wurde hierfür Knochen verwendet, der von dem Patienten selbst stammt. Bislang gilt die Verwendung solch autologen Knochens als Goldstandard, was sich durch ein geringes Infektionsrisiko und gute Einheilung be-

stätigt. Allerdings ist die Gewinnung des Materials oft nicht einfach und zum Teil mit schmerzhaften Operationen verbunden. Darüber hinaus ist autologer Knochen nur in begrenztem Maße verfügbar. Deshalb wird stetig nach Alternativen zu diesem, aus dem eigenen Körper gewonnenen, Augmentat gesucht und diese auf ihre Funktion untersucht. Es sind bisher diverse Alternativen vorhanden, um eine zweite Operationswunde am Patienten zu vermeiden. Eine Möglichkeit sind xenogene Transplantate, welche unterschiedliche Ursprünge, wie zum Beispiel vom Pferd, Rind, aus Seetang etc. haben können. Eine weitere Möglichkeit bieten alloplastische Materialien, welche künstlich hergestellt werden (Keramiken, Polymere, Metalle).

Eine vielversprechende Rolle wird hierbei von einigen Behandlern speziell den allogenen Materialien nachgesagt, die menschlichen, aber genetisch ungleichen Ursprungs sind. Diese können sowohl von lebenden als auch von verstorbenen Spendern stammen. Es werden sehr hohe Ansprüche an die neu entwickelten Knochenersatzmaterialien (KEM) gestellt, da eine entzündungsfreie Einheilung und eine adäquate Neubildung vitalen Knochens essenziell für den Erfolg der Augmentation sind. Zudem müssen die Materialien, insbesondere des tierischen und menschlichen Ursprungs, strengstens auf übertragbare Krankheiten kontrolliert werden, um den Empfänger vor einer Infektion durch einen kontaminierten Spender zu schützen.

Es sind verschiedene Faktoren vorhanden, die bei der Augmentation eine Rolle für den Erfolg spielen. Diese müssen bei jeder durchgeführten Augmentation bedacht werden, sie sind ausschlaggebend bei der Wahl des Augmentats.

Vielen Behandlern ist die Verwendung von autologem Knochen bei der Augmentation zu umständlich, da dieser intraoperativ simultan zur Augmentation gewonnen werden muss und zudem auch aus Patientensicht wegen der zusätzlichen Operationswunde nicht attraktiv ist. Daher ist es sowohl für den Behandler als auch für den Patienten von großem Interesse, auf adäquate Substitute zurückgreifen zu können. Aufgrund der Vielfalt an Materialien zum Aufbau des Kieferkamms wird es für den Behandler allerdings fortlaufend schwieriger, das passende Material auszuwählen, da zwar diverse Studien zum Erfolg der Augmentate vorhanden sind, diese jedoch zum Teil schwierig zu beschaffen sind, es sehr zeitaufwendig ist, die einzelnen Studien durchzuarbeiten und nicht immer alle der verfügbaren Materialien gegenübergestellt werden.

Zudem steht der Erfolg und die Verwendung allogener Materialien weiterhin zur Diskussion. Zwar werden sie einerseits von einigen Behandlern als Humanpräparat in den Eigenschaften als bestmögliche Alternative zu autologem Knochen angesehen, jedoch steht dieser Meinung andererseits zu geringe Erfahrung bei der Anwendung, sowie die Bedenken wegen der potentiellen Übertragung von Erkrankungen gegenüber. Da eine umfangreiche Übersicht zu der

aktuellen Studienlage über die Verwendung von Knochenersatzmaterialien bislang fehlt, ist es das Ziel der vorliegenden Studie, eine Evaluation der Forschungsergebnisse der letzten 40 Jahre, die dieses Thema beinhalten, zusammenzufassen und auf bestimmte Parameter zu untersuchen. Hierbei wurde das allogene Knochenersatzmaterial in den Vordergrund gestellt und mit anderen Materialien verglichen.

Zusammengefasst führt dies zu der Frage: *„Ist allogener Knochen als Augmentat für die Kieferkammerhöhung ein adäquates Substitut zu Knochenersatzmaterialien anderer Herkunft?“*.

Zur genauen Untersuchung dieser Hypothese wurde ein adäquates Studiendesign erstellt. Hierzu wurde ein systematisches Review angefertigt und die inkludierten Studien kritisch diskutiert. Bei gemeinsamen Untersuchungsparametern erfolgte eine Subgruppenanalyse der inkludierten Studien. Anhand dieses systematischen Reviews soll in der vorliegenden Arbeit ein Überblick über den aktuellen Stand der Wissenschaft in Bezug auf den Einsatz von Knochenersatzmaterialien, mit dem Fokus auf allogene Transplantate, zur Augmentation geschaffen werden.

2. LITERATURDISKUSSION

Das folgende Kapitel umfasst den Stand der aktuellen Literatur zum Thema der Augmentationen. Es wird zunächst auf die in der Zahnmedizin relevanten Verfahren zur Augmentation eingegangen, um einen Überblick zu schaffen, in welchen Situationen Knochenersatzmaterialien (KEM) in der Zahnmedizin zum Einsatz kommen und für welche unterschiedlichen Einsatzgebiete Augmentate verwendet werden. Des Weiteren werden die unterschiedlichen Materialien in Hinblick auf deren Herkunft sowie Darreichungsform vorgestellt und beschrieben, in welchen Situationen sie benötigt werden. Zusätzlich wird auf die Probleme bei den Operationen eingegangen, da es bei Augmentationen oder den anschließenden folgenden Implantationen gelegentlich zu Komplikationen kommen kann, die den Verlust des Transplantates oder des Implantates zur Folge haben. Zuletzt werden die Ziele der Augmentationen dargelegt, um zu verdeutlichen wieso die Funktionalität eines KEM genauestens untersucht werden sollte. Somit wird ein Überblick über den aktuellen Stand der Wissenschaft geschaffen.

2.1 AUGMENTATIONEN IN DER ZAHNMEDIZIN

Das Prinzip der Augmentation hat in der Zahnmedizin während der letzten Jahre einen stetig steigenden Stellenwert im Bereich der Prothetik und der Implantologie erlangt, da das Verlangen der Patienten an eine adäquate Versorgung von Lückengebissen oder zahnlosen Kiefer

immer mehr zunimmt. Zahnlose Kiefer neigen durch eine sogenannte Inaktivitätsatrophie aufgrund fehlender Übertragung einer Belastung durch die Zahnwurzeln auf den Knochen dazu, dass der Alveolarfortsatz zurückgebildet wird und somit der Halt einer prothetischen Versorgung erschwert wird. Durch die Entwicklung der Augmentationsverfahren ist es heutzutage realisierbar, selbst Patienten mit stark atrophierten Kieferkämmen die Möglichkeit zu bieten, mit einem, entweder von Implantaten oder tegumental (vom Zahnfleisch) getragenen Zahnersatz adäquat versorgt zu werden. Die Methode der Augmentation wird außerdem genutzt, um den Erhalt des Knochens (Socket/ Ridge Preservation) vor einer Versorgung zu gewährleisten. Zudem können per Augmentation durch operative Eingriffe, wie z.B. eine Zystektomie entstandene Knochendefekte gedeckt werden. Bei nicht durchgeführter simultaner Augmentation würde solch ein Eingriff zwangsläufig zu einem stärkeren horizontalem und vertikalem Knochenabbau des Alveolarfortsatzes bzw. des Kieferkamms führen.

2.1.1 METHODEN DER AUGMENTATIONEN

Um die Einsatzmöglichkeiten von Augmentaten und die Vorgehensweisen in den beschriebenen Studien klarer darzustellen werden in dem folgenden Kapitel verschiedene Arten der Augmentationen dargestellt.

Bei dem Sinuslift (sinus = Kieferhöhle, lift = anheben) oder auch der Sinusbodenelevation (lat. *elevare*= erheben) unterscheidet man zwischen der externen und der internen Variante zur Anhebung des Sinusbodens und der Schneider'schen Membran.

Der *interne Sinuslift* ist bei schmalen Alveolarkämmen mit einer Breite über 3mm (Weber , 2017) und einer Restknochenhöhe von mindestens 5mm (Kruse Gujer, et al., 2013) noch indiziert. Hierbei wird zunächst mittels geeigneter Bohrsysteme eine Bohrung im Abstand von ca. 1-2 mm zu dem Boden der Kieferhöhle gebohrt und anschließend mittels vorgefertigter Codenser mit unterschiedlichen Durchmesser in aufsteigender Reihenfolge der Knochen in Richtung der Kieferhöhle entweder manuell durch Klopfen (Weber , 2017) oder langsamtourig drehend (Nedjat, 2019) verdichtet. Anschließend wird das verwendete KEM in den neu geschaffenen Raum eingebracht. (Weber , 2017) (Nedjat, 2019)

Bei dem Vorgang eines *externen Sinuslifts* bedarf es einer operativ aufwendigeren Methode als bei dem internen Sinuslift, allerdings ist er auch bei einer Restknochenhöhe von weniger als 4mm durchführbar (Kruse Gujer, et al., 2013). Es wird empfohlen, vor der Operation eine dreidimensionale Bildgebung mittels eines Digitalen Volumentomographen (DVT) durchzuführen, um mögliche pathologische Prozesse der Kieferhöhle oder des Knochens auszuschließen und um die anatomischen Begebenheiten exakt einschätzen zu können. (Weber , 2017) Zunächst wird mittels Skalpell und Raspatorium ein Mukoperiostlappen gebildet, um das zu eröffnende Knochenfenster darzustellen. (Hausamen, et al., 2012) (Schwenzer & Ehrendfeld,

2000) Nun wird die seitliche Kieferhöhlenwand mit rotierend oder piezo-chirurgischen Instrumenten so aufgetrennt, dass ein ca. 6cm² großer Knochendeckel entsteht. (Hausamen, et al., 2012) Dieser Knochendeckel wird unter vorsichtigem Ablösen der Schneider-Membran nach kranial bewegt, wodurch der erwünschte Hohlraum entsteht, welcher mit dem verwendeten KEM aufgefüllt werden kann. Anschließend wird die Schleimhaut per Naht verschlossen.

Eine weitere Variante der Augmentation ist die *Socket Preservation*. Diese wird angewendet, um die Knochenhöhe des Alveolarkamms nach einer Extraktion zu erhalten. Frei übersetzt heißt das Verfahren „Erhalt des Zahnfachs (Alveole)“. Allerdings setzt sich immer mehr der Begriff der Ridge (engl. Kamm) Preservation durch, da man den Kieferkamm und nicht die Alveole erhalten möchte. Direkt nach einer schonenden Extraktion des Zahnes, wird die Alveole mittels eines scharfen Löffels oder einer runden Knochenfräse vorbereitet, da die Kürettage der Extraktionsalveole alleine durch einen scharfen Löffel nicht ausreichend ist. (Hollay, 2014) Anschließend wird das verwendete KEM in die gereinigte Alveole eingebracht. Bei dem weiteren Vorgehen sind in der Literatur unterschiedliche Vorgehensweisen zu finden. Einerseits wird eine Methode beschrieben, bei der der Defekt weder durch eine Membran noch durch einen Schleimhautlappen gedeckt wird, da laut des Autors so Resorptionsvorgänge vermieden werden, die bei der Implantation zu einem negativen Ergebnis führen würden. Hierzu wird dementsprechend ein ortsstabiles KEM benötigt. (Hollay, 2014) Die Mehrzahl der Quellen gibt allerdings einen Verschluss der Alveole mittels einer Membran, eines mobilisierten Schleimhautlappens oder eines Mukosa-/ Bindegewebsstransplantates an. (Jackowski, et al., 2017)

Bei der sogenannten Knochenblock- und der Knochenspanmethode werden entweder dem Knochen entnommene oder extern gewonnene Knochenblöcke dem Kieferknochen im Ganzen oder zerkleinert als Span aufgelagert. Es wird zunächst mittels krestaler Schnittführung ein Mukoperiostlappen gebildet, um den Knochendefekt adäquat darzustellen. (Jackowski, et al., 2017) Nun wird der zuvor gewonnene Knochenblock oder Knochenspan nach Anfrischen der Empfängerregion dieser aufgelagert und mittels Osteosyntheseschrauben oder einer Membran an dem Defekt befestigt. Anschließend werden scharfe Knochenkanten geglättet und der ganze Bereich wird nach erfolgter Periostschlitzung spannungsfrei verschlossen. Es gilt zu beachten, dass nur Knochen in dem Maße augmentiert wird, wie er für eine präzise Implantation benötigt wird, um Dehiszenzen zu entgehen. (Jackowski, et al., 2017) Die Einheilzeit wird in der Literatur mit 10-16 Wochen beschrieben.

Als weitere Methode wird das *Bone Splitting* und *Spreading* aufgeführt. Es ist eine minimalinvasivere Methode als die Anlagerungsosteoplastik. Dieses Vorgehen ist im Oberkiefer besser durchzuführen, da dort der Knochen weicher ist und sich somit leichter dehnen lässt. (Jackowski, et al., 2017)

Zunächst wird ein krestaler Schnitt durchgeführt und mit vestibulärer Entlastungsinzision versehen. Anschließend wird ein Mukoperiostlappen gebildet und die krestale Osteotomielinie mithilfe diamantierter Scheiben, einer Mikrosäge oder eines piezoelektrischen Geräts gebildet. Nun wird der Alveolarkamm mittels Meißel gedehnt und dafür vorgesehene Keile werden mit zunehmender Größe für die weitere Dehnung eingebracht. Das KEM wird anschließend in den so entstandenen Zwischenraum eingebracht und gegebenenfalls mit einer resorbierbaren Membran fixiert. Im Anschluss wird das Operationsgebiet mittels Nahtmaterial spannungsfrei verschlossen. (Jackowski, et al., 2017)

2.1.2 ENTWICKLUNG DER AUGMENTATIONSVERFAHREN UND -MATERIALIEN

Bereits 1985 wurden osteoplastische Maßnahmen zur Erweiterung des Kieferkamms von Osborn beschrieben und seitdem stetig weiterentwickelt, um ein belastungsfähiges Prothesen- oder Implantatlager zu bilden. Anfänglich wurden vor der Entwicklung dieser Verfahren ausgedehntere Implantatsysteme genutzt, um den vorhandenen Knochen auszunutzen. Jedoch wurde durch die Augmentation die Verwendung ästhetisch und funktionell befriedigender Implantate ermöglicht. Das Verfahren des Anhebens der Kieferhöhlenschleimhaut (Sinus-Lift) und Auffüllens mit autologem Knochen wurde bereits 1980 von Boyne beschrieben. Hierfür wurde vornehmlich autologes Knochenersatzmaterial genutzt, welches aufgrund der besonders guten Verläufe nach Operationen und seiner speziellen Eigenschaften heutzutage weiterhin als der sogenannte Goldstandard gilt. Wegen der begrenzten Menge an zu gewinnendem Material und der, von Patienten oft als störend empfundenen, zweiten Operationswunde wurden alternative Knochenersatzmaterialien verschiedener Herkunft entwickelt, um diese in nahezu unbegrenztem Maße zur Verfügung zu stellen. Jedes KEM hat Vor- und Nachteile für die Verwendung am Patienten und die Forschung ist weiterhin interessiert an der Entwicklung neuer und verbesserter KEM.

2.1.3 ANFORDERUNGEN AN KNOCHENERSATZMATERIALIEN

Da die Augmentation der Kieferkamms genaue Ziele verfolgt ist es wichtig, dass die verwendeten Materialien den gewünschten Nutzen mit einem möglichst geringen Risiko für Komplikationen erbringen. Daher müssen an die unterschiedlichen Materialien gewisse Anforderungen gestellt werden, um einen notwendigen Standard aufrecht erhalten zu können. Ein sehr wichtiges Kriterium ist die Biokompatibilität (Klein , et al., 2010), wobei auch darauf zu achten ist, dass das KEM steril ist und somit die Übertragung von Krankheiten verhindert werden kann. (Smeets, et al., 2016a) (Smeets , et al., 2018b) Die Krankheitsübertragung kann nur durch Transplantate von Individuen der gleichen oder einer fremden Spezies stattfinden, weshalb diese auf potentiell übertragbare Krankheiten getestet werden müssen.

Im weiteren Schritt ist die Osteoinduktion/ -konduktion und -promotion erforderlich, um ein gutes Ergebnis zu gewährleisten. (Smeets, et al., 2016) (Klein, et al., 2010) Bei der Osteokonduktion dient das KEM als Leitstruktur, in die das vorhandene Knochengewebe einwachsen kann, um das natürliche Knochenwachstum zu erleichtern. Unter der Osteoinduktion versteht man das durch das KEM aktivierte „Anlocken“ von Stammzellen, welche sich dem KEM auflagern, dort zu Osteoblasten differenzieren und die Neubildung von Knochen provozieren. Ähnlich der Osteoinduktion ist die Osteopromotion zu betrachten, welche bedeutet, dass ein Material nicht alleine osteoinduktiv wirkt, aber die Eigenschaften der Osteoinduktion besitzt und diese verstärken kann.

Da das Ziel der Augmentation die Neubildung körpereigenen Knochens ist, ist die Resorbierbarkeit der KEM bedeutsam. (Junqueira & Carneiro, 1996) Die Resorption sollte jedoch nicht zu schnell stattfinden, sondern im Idealfall mit gleicher Geschwindigkeit wie der Knochenaufbau stattfinden.

Zusätzlich zu den klinischen Anforderungen spielt der wirtschaftliche Aspekt zudem auch eine Rolle, da das Verhältnis zwischen Kosten und Nutzen effizient sein sollte. (Smeets, et al., 2018)

Die Einhaltung dieser Kriterien wird durch die unterschiedlichen KEM nicht immer vollständig erfüllt, wobei aber darauf geachtet werden sollte, dass der größtmögliche Zusammenhang gegeben ist. (Smeets, et al., 2016)

2.1.4 VARIANTEN DER KNOCHENERSATZMATERIALIEN

Allogenes KEM stammt von einem Individuum der gleichen Spezies. Das heißt, Patient 1 erhält Knochenmaterial von Patient 2. (Weber, 2017) Diese Spende kann sowohl von lebenden, als auch von verstorbenen Spendern gewonnen werden. Allerdings bleiben immunologische Risiken bestehen, da es nicht möglich ist sämtliche antigene Proteine zu entfernen, weil die Konsequenz der Verlust der Aktivität der Bone Morphogenetic Proteins (BMP) wäre. (Pak & Hess, 2011) Diese Proteine aktivieren Zellen im benachbarten Gewebe durch das Anbinden an deren Membranrezeptoren und veranlassen so eine Veränderung der Genaktivität, um zum Beispiel die Knochenbildung anzuregen.

Autologes KEM gilt heutzutage weiterhin als Goldstandard (Klein, et al., 2010) (Burg, et al., 2019) und wird von dem Individuum selbst, entweder durch eine extraorale Entnahme z.B. am Beckenkamm oder der Schädelkalotte oder intraoral z.B. am tuber maxillae oder an zahnlosen Kieferabschnitten gewonnen. Deshalb ist es pro Patient nur begrenzt verfügbar und kann somit für größere Eingriffe nicht ausreichend gewonnen werden. Allerdings wird durch die Verwendung eine Übertragung von Krankheiten und eine Abwehrreaktion des Körpers vermieden.

Zusätzlich hat dieses Material bezüglich der Anforderungen an den Effekt und die Beschaffenheit im Vergleich zu anderen KEM die meisten Vorteile. (Smeets , et al., 2014) Den Vorgang der Augmentation mit autologem Knochen nennt man isogene Knochentransplantation. (Jackowski, et al., 2017)

Xenogenes KEM wird von einer anderen Spezies gewonnen. Für dieses Material kann man die Quellen in tierische (Schweine (porcine), Pferde (equine) und Rinder (bovine)) und pflanzliche (v.a. Korallen und Algen) Herkunft unterteilen. Bovine Knochenersatzmaterialien werden am häufigsten verwendet, da ihr Knochen dem der Menschen am meisten ähnelt. Das Material wird nach der Gewinnung von allen organischen Bestandteilen befreit und aufbereitet, um es intraoperativ anwenden zu können.

Alloplastisches KEM ist synthetisch hergestelltes Material und steht somit uneingeschränkt zur Verfügung. Es kann in verschiedene Untergruppen aufgeteilt werden. Zunächst werden die Polymere betrachtet. Diese gibt es als Zwei- und Dreikomponentensystem. (Smeets, et al., 2016) Die Zweikomponentenvariante wird mittels einer Paste, die aus Calciumpulverkomponenten und Natriummonophosphat besteht, in den Defekt eingebracht. Ein neutrales Produkt erhält man hingegen bei der Dreikomponentenvariante, indem basisches und saures Calciumphosphat miteinander reagiert.

Keramiken setzen sich aus Hydroxylapatit (HA) und α - β -Tricalciumphosphat (α - β -TCP) zusammen. (Smeets , et al., 2014) Sie werden durch das sogenannte Sintern, also Erhitzen, hergestellt. Durch dieses Verfahren wird jedoch die Porenanzahl verringert und die Degradierungsgeschwindigkeit herabgesetzt, sodass die Temperatur einen elementaren Einfluss auf den Erfolg der Augmentation besitzt. (Rokkanen, 1991) Um die Biogläser zu erhalten müssen saure Oxide auf 1500°C erhitzt und geschmolzen werden. Dabei lagern sich basische Bestandteile an und bilden so eine bioaktive Oberfläche aus, durch die das Wachstum von Binde- und Knochengewebe entlang der Struktur ermöglicht wird. (Smeets & Kolk, 2010) Komposite sind ebenfalls Zusammensetzungen aus Einzelsubstanzen und sind rein organisch, anorganisch oder gemischt. (Heinemann, et al., 2011) Mit ihnen als Träger von Wachstumsfaktoren und -zellen werden in der Zahnmedizin osteoinduktive und -konduktive Wirkungen erzielt. (Smeets, et al., 2014) Die Gruppe der Zemente besteht aus einem Zweikomponentensystem, welches sich zum einen aus Calciumpulverkomponenten und zum anderen aus Natriummonophosphat zusammensetzt und aus einem Dreikomponentensystem, durch die Reaktion eines basischen mit einem sauren Calciumphosphat, entsteht. (Smeets, et al., 2016)

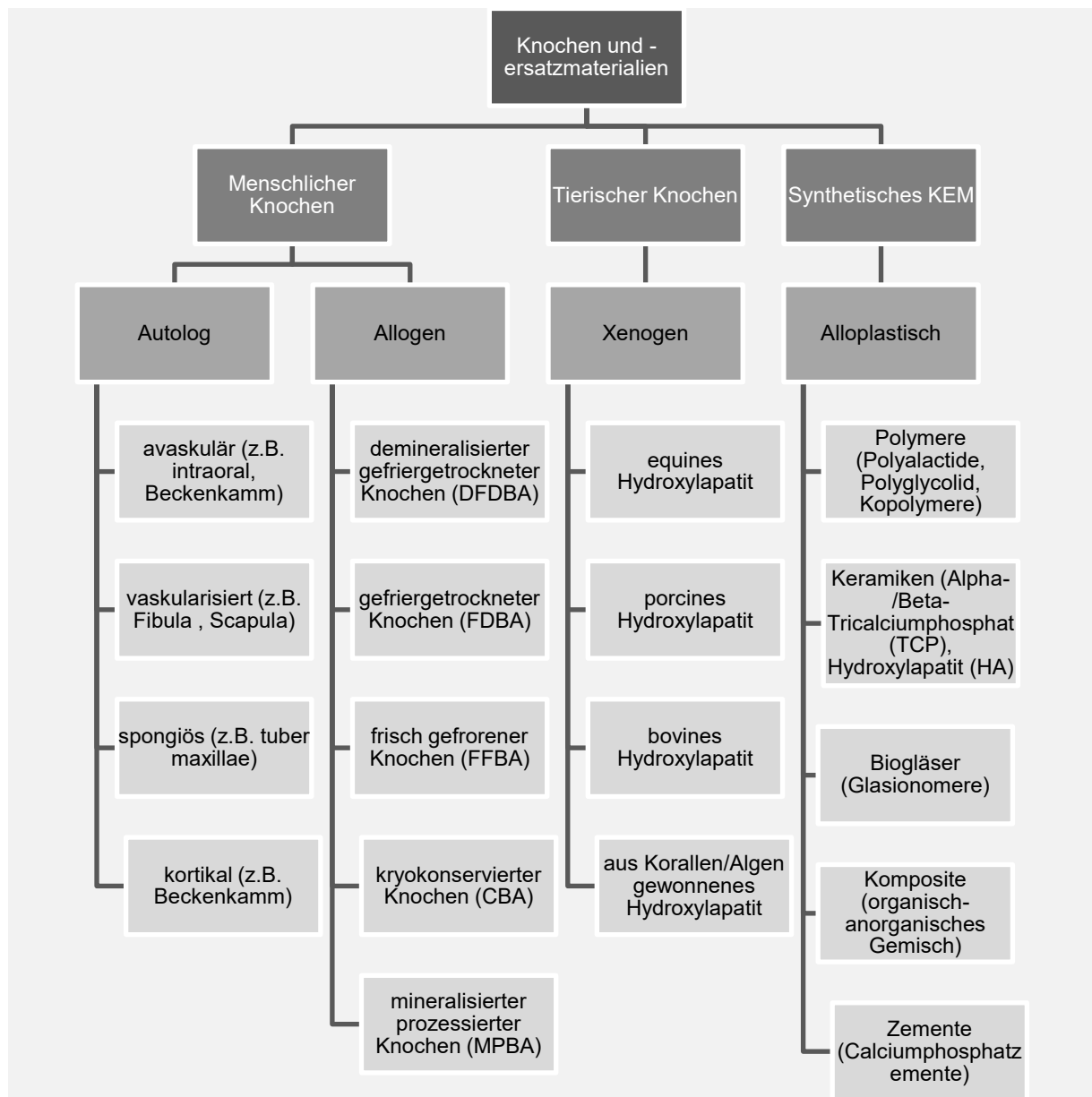


Abbildung 1: Einteilung der Knochenersatzmaterialien in Bezug auf die Herkunft und Darreichungsform

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Smeets, Hanken & Beck-Broichsitter, 2016, S. 7

2.1.5 DARREICHUNGSFORMEN VON KNOCHENERSATZMATERIALIEN

Knochenersatzmaterialien gibt es in verschiedenen Verarbeitungsformen, um das richtige Ergebnis für das jeweilige Operationsgebiet zu gewährleisten.

Bei großen Substanzverlusten, aufgrund von ausgedehnter Atrophie der Kieferknochen oder durch Operationen entstandene Defekte, werden Knochenblöcke benutzt, um das Material möglichst ortstabil zu befestigen und die Augmentation im großen Ausmaß durchführen zu können. Diese sind verwendbar als laterale oder vertikale Auflagerungsplastiken. Der Block

hat zumeist eine universelle Größe und wird intraoperativ durch den Chirurgen an den jeweiligen Defekt angepasst. Alternativ besteht die Möglichkeit darin, einen individualisierten Block anfertigen zu lassen, wodurch das Lager des Transplantates verbessert und die Operationsdauer verkürzt werden kann. Um diese Methode durchführen zu können, muss präoperativ ein dreidimensionales Röntgen angefertigt werden, um die Größe und das Lager des Blockes passgenau planen zu können. (ZIMMER BIOMET, kein Datum) Standardisierte und individualisierte Knochenblöcke müssen mittels Osteosyntheseschrauben am Defekt befestigt werden.

Allogene KEM werden tiefgefroren, mineralisiert mit osteokonduktiver Wirkung und demineralisiert gefriergetrocknet mit osteoinduktiver Wirkung angeboten. (Jackowski, et al., 2017) Für kleinere Defekte stehen sie als Splitter, Pulver oder Granulat mit unterschiedlichen Partikelgrößen zur Verfügung. Bei diesen KEM ist es ratsam, dass das Material nach Insertion per Membran stabilisiert wird, um eine Verlagerung des KEM zu vermeiden. Diese Membran kann zusätzlich mittels Titan-Pins befestigt werden, welche nach der Einheilung wieder zu entfernen sind. Für größere Defekte werden Knochenblöcke, entweder individuell angefertigt oder mit einer standardisierten Größe dargereicht. Zudem ist es möglich, Knochenringe zu nutzen, die eine zur Augmentation simultane Implantation ermöglichen.

Autologe KEM werden zumeist als Knochenblock gewonnen und ebenso verwendet. Sie werden allerdings auch durch die Stanzung des Beckenknochens gewonnen und anschließend als grobe Partikel in einen Defekt eingebracht. Während einer Implantation können Knochen-späne mittels spezieller Sauger oder aufgrund von Ansammlungen in den Bohrwindungen der rotierenden Instrumente durch die Bohrung gewonnen und nach erfolgter Implantation alleine oder in Kombination mit einem zusätzlichen KEM eingebracht werden. Bei Knochendefekten, die größer als 5 cm sind, oder wenn durch eine, aufgrund einer Tumorerkrankung notwendigen Teilresektion des Kiefers eine Kontinuitätsunterbrechung vorhanden ist, werden zumeist vaskularisierte Knochen-transplantate verwendet. Diese Transplantate werden z.B. aus der Scapula (Schulterblatt) gewonnen und intraoperativ durch den Operateur mittels einer gefrästen Schablone an den Kiefer und die spätere prothetische Versorgung angepasst.

Nicht körpereigene Transplantate werden getrocknet dargereicht und müssen deshalb vor der Einbringung mittels steriler Kochsalzlösung rehydratisiert werden. Die hierfür vorgesehene Dauer wird durch den Fabrikanten angegeben.

2.1.6 INDIKATIONEN FÜR AUGMENTATIONEN

Durch langjähriges Fehlen von Zähnen und verminderte Belastung des Kieferknochens kommt es zur Verminderung der Knochenhöhe und -breite sowohl im Unterkiefer als auch im Ober-

kiefer. (Jackowski, et al., 2017) Daraus folgt eine Verminderung der vertikalen und horizontalen Dimension des Kieferkammes. Dieser Effekt wird Atrophie genannt und erschwert sowohl den Halt von Prothesen als auch die Insertion von Implantaten. Die Atrophie findet aufgrund einer Remodellierung des Knochens nach Zahnverlust statt, die durch die Aktivität drei verschiedener Zellen durchgeführt wird. Die Osteoblasten befinden sich über dem Osteoid auf der Knochenoberfläche und sorgen hier für die Produktion der kollagenen und nichtkollagenen Bestandteile der Knochenmatrix. Für die Entstehung der Knochematrix sind stromale Stammzellen und Progenitorzellen verantwortlich, die sowohl perivaskulär als auch an Knochenoberflächen und im Knochenmark auftreten. (Schroeder, 2000) Die Osteozyten sorgen für die Proteinsynthese und regulieren zudem die Mineralisation der neugebildeten Knochenmatrix. (Aarden, et al., 1994) Diese Zellen entstehen aus Osteoblasten, die in ihre neugebildeten Produkte eingeschlossen werden. Für die Resorption innerhalb des Knochengewebes sind die Osteoklasten verantwortlich. (Kornak, et al., 2003)

Cawood und Howell haben den Effekt der Kieferkamatrophie, wie in Abb. 2 dargestellt, in sechs Klassen eingeteilt. (Cawood & Howell, 1988)

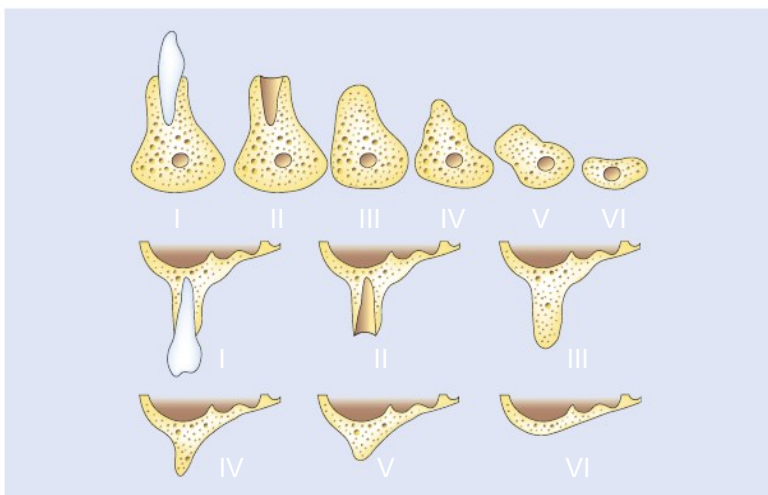


Abb. 2: Horizontale und vertikale Resorption des Unter- und Oberkiefers nach Cawood und Howell

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Tetsch, 2020

- Klasse I: Bezahnter Kiefer
- Klasse II: Direkt nach der Extraktion
- Klasse III: Kieferkamm abgerundet, in Höhe und Breite ausreichend
- Klasse IV: Kieferkamm ist bereits scharfkantiger, in der Höhe noch ausreichend, aber in der Breite ungenügend
- Klasse V: Höhe und Breite durch starke Abflachung unzureichend
- Klasse VI: Kieferkamm ist komplett atrophiert, basaler Kieferknochen nicht mehr vorhanden

Zunächst wurde das Problem der Kieferkammatrophy in der Zahnmedizin durch präprothetische Operationen, wie relative Kieferkammerhöhungen, gelöst, um den Halt der Prothesen zu verbessern. Bei diesem Eingriff wird der Mundvorhof, das sogenannte Vestibulum, durch die Verlagerung der sich in dem Bereich befindenden Schleimhaut erweitert und so die Auflagefläche für die Prothese vergrößert. Allerdings wird die Ursache für die Atrophie somit nicht behoben und findet fortlaufend statt. Daher wurde die Möglichkeit zur Augmentation und die Verankerungsmöglichkeit mit Implantaten entwickelt. Diese kommt sowohl bei einwandigen horizontalen Defekten, vertikalen Defekten als auch bei mehrwandigen horizontalen Defekten zum Einsatz.

Bei gewünschter Implantation im Oberkiefer zeigt sich die Atrophie häufig im Bereich der Nasennebenhöhlen (sinus maxillares) durch einen fortgeschrittenen Alveolarkammdefekt. Abhängig von der Restknochenhöhe wird vor oder simultan zu der Implantation eine Augmentation mittels eines internen bzw. eines externen Sinusliftes durchgeführt (s. 2.1).

Im Unterkiefer wird bei stark atrophierten Kieferkammern mittels Knochenblöcken augmentiert. Bei zu extrahierenden Zähnen und geplanten Implantationen ist es zum Teil notwendig postwendend nach der Extraktion die Extraktionsalveole durch KEM aufzufüllen. In diesem Fall wird, wie in 2.1 bei der „Socket Preservation“ bereits beschrieben, vorgegangen, um einem Knocheneinbruch im Bereich des extrahierten Zahnes vorzubeugen und somit das Vorhandensein von ausreichend Knochen für eine Implantation zu gewährleisten.

2.1.7 KOMPLIKATIONEN BEI AUGMENTATIONEN

Herkömmliche Folgen von Operationen, wie Schwellungen, Schmerzen oder Hämatome werden in diesem Kapitel nicht als Komplikationen aufgefasst. Es sollte nur erwähnt werden, dass Augmentationen mit autologem Knochen von den Patienten in der Regel als schmerzhafter empfunden werden, da hier zumeist ein zweites Operationsfeld entsteht. (Kübler, et al., 1999) Zunächst wird die Wunddehiszenz betrachtet, die zum Beispiel auftreten kann, wenn durch das eingebrachte KEM und eine eventuelle Membran eine Volumenvergrößerung unterhalb des Zahnfleisches und somit erhöhter Zug auf die Wundnaht entsteht, wodurch sich die Naht öffnen kann. Außerdem kommt es auch trotz einer ausführlichen Anamnese vor, dass der Patient/die Patientin nicht angibt, an einer, vom Patienten als unwichtig betrachteten, Vorerkrankung wie Diabetes oder ähnlichem zu leiden, wodurch das Immunsystem oder die Wundheilung herabgesetzt ist und dieses im Regelfall eine relative Kontraindikation darstellt. (Deutsche Gesellschaft für Zahn-, kein Datum) Nicht immer führt eine Dehiszenz gleichzeitig zum Misserfolg der Behandlung, aber da in solch einer Situation eine potentielle Infektion schwierig einzuschätzen ist und die Gabe eines Antibiotikums nicht wirksam wäre, weil dieses Medika-

ment das nicht durchblutete Augmentat nicht erreichen kann, ist durch jede ungewollte Freilegung des Operationsgebietes der Knochenaufbau potentiell gefährdet. (Bahat & Fontanesi, 2001) Zudem kann es durch eine entstandene Dehiszenz dazu kommen, dass das Knochenangebot nach der Ausheilung ein geringeres Volumen als zuvor aufweist. (Fugazzotto, et al., 2015)

Wie zuvor beschrieben ist die Biokompatibilität und Sterilität der Transplantate sehr wichtig. Nichtsdestotrotz kann es nach der Augmentation zu Infektionen durch das Transplantat ohne eine Eröffnung der Wunde kommen. (Kim, et al., 2013) Gerade allogene und xenogene Transplantate spielen hierbei eine Rolle, da sie entweder von einem Individuum gleicher Spezies (allogen) oder einem Individuum einer anderen Spezies (xenogen) stammen. Bei allogenen Transplantaten ist es nicht zu 100% zu gewährleisten, die Transplantate gänzlich von Infektionskrankheiten (z.B. Hepatitis B und C; HIV; Syphilis) zu befreien, um eine Übertragung auf den Patienten zu vermeiden. (Smeets, et al., 2017) Daher besteht das Risiko, dass bei der Augmentation mit Knochen von Leichen Krankheiten übertragen werden können. Durch Bluttests bei lebenden Spendern kann man die Übertragung im Vorfeld verhindern. Bei xenogenen Produkten ist ebenfalls ein geringes Restrisiko vorhanden, dass Krankheiten, wie die Creutzfeld-Jakob-Erkrankung, durch übertragene Erreger, sogenannte Prionen, ausgelöst werden können. (Smeets, et al., 2014)

Zusätzlich zu potentiell übertragbaren Krankheiten besteht die Möglichkeit, dass der Körper das Fremdmaterial nicht annimmt und somit eine Abwehrreaktion auslöst, die zu einer Wundheilungsstörung führt und verhindert, dass neuer Knochen gebildet wird oder dass Blutgefäße in das KEM einwachsen, wodurch das KEM wieder entfernt werden muss. Jedoch ist die genaue Ursache für solch eine Abwehrreaktion des Körpers nicht genau geklärt. (Smeets & Kolk, 2010)

Bei einem internen oder externen Sinuslift passiert es gelegentlich, dass die Schneider-Membran verletzt wird und somit KEM in die Kieferhöhle gelangen kann, wodurch wiederum Fremdkörperreaktionen und akute Kieferhöhlenentzündungen verursacht werden können. Ein ähnliches Krankheitsbild tritt nach einer intraoperativen Infektion des Augmentats auf. Deshalb muss, falls eine der Komplikationen auftritt, akribisch das gesamte KEM aus der Kieferhöhle entfernt werden. (Simunek, et al., 2011)

Eine für den Patienten nicht zu merkende, aber in der röntgenologischen und histologischen Kontrolle zu erkennende Komplikation ist das Verbleiben von Restmaterial im Operationsgebiet. Dies kommt vor, wenn das KEM vom Körper nicht vollständig resorbiert wird und der neugebildete Knochen das Material einschließt, ohne dass Blutgefäße in das KEM einwachsen. Somit wäre das Material von dem ständig stattfindenden Remodelling des umgebenden Knochens abgegrenzt und verhindert so einen adäquaten Aufbau der Knochenstruktur.

(Günther, et al., 1998) Durch diesen Prozess wird die Primärstabilität, also der mechanische Halt des Implantates bei Insertion, und somit auch die Langzeitprognose eines einzubringenden Implantates verringert, da dieses Material nicht zwangsläufig osseointegriert bzw. resorbiert und ersetzt wird oder dieses nur sehr langsam geschieht.

Falls das Material nun so verbleibt, ist es als nicht vitaler Knochen vom umliegenden Gewebe umschlossen oder liegt diesem an und muss in der Regel entfernt werden. Durch nicht vollständige Resorption des KEM oder nicht vollständiges Einheilen kann nach erfolgter Implantation ein Verlust des Implantats über die Zeit erfolgen, da das Implantat in nicht oder gering vitalem Knochen keine Osseointegration erfährt und somit nicht ausreichend stabil ist.

2.1.8 ZIELE DER AUGMENTATION

Um eine erfolgreiche Augmentation zu gewährleisten ist es intraoperativ enorm wichtig ein ortstabiles Einbringen des Transplantates zu gewährleisten, da es ansonsten zu einer Wunddehiszenz oder einer nicht ausreichenden Vergrößerung des Kieferkammes kommen kann. Das Augmentat dient dazu die Formgebung für die spätere anatomisch korrekte Neubildung des Kieferknochens, eine reizfreie Einheilung und die anschließende erfolgreiche Osteoinduktion/ -konduktion des Augmentats zu gewährleisten. Somit kann das Knochenvolumen in vertikaler und horizontaler Dimension ausgedehnt werden, um eine bessere Stabilität von Prothesen und Implantaten zu erhalten. Diese Ortstabilität wird zum Beispiel durch eine Membran oder Osteosyntheseschrauben und einen spannungsfreien und zugleich suffizienten Wundverschluss gewährleistet.

2.2 GEGENÜBERSTELLUNG DER AUGMENTATE

In Tabelle 1. Werden die herkömmlichen Knochenersatzmaterialien und deren Eigenschaften dargestellt.

	Autolog	Allogen	Xenogen	Alloplastisch
Osteoinduktivität	+	+	-	+ (Komposite)
Osteokonduktivität	+	+	+	+
Verfügbarkeit	Stark begrenzt	Nahezu unbegrenzt	Unbegrenzt	Unbegrenzt
Infektionsrisiko	-	Gering	Gering	-
Entnahmemorbidity	Kann auftreten	-	-	-
Resorbierbarkeit	+	+	Nicht alle Präparate	Nicht alle Präparate
Darreichung	Als Block oder Späne	Als konfektionierter/standardisierter Block, Granulat, Paste oder Pulver	Also standardisierter Block, Gel oder Granulat	Als Späne

Tab. 1: Vergleich der KEM in Bezug auf die Eigenschaften und Darreichung

Quelle: eigene Darstellung

Die Eigenschaft der Osteokonduktivität haben alle verwendeten Präparate gemein, allerdings bei der Osteoinduktivität unterscheiden sich die Transplantate. Xenogenen Transplantaten konnten bisher keine osteoinduktiven Eigenschaften nachgewiesen werden. (Bruder & Fox, 1999) Die autologen Transplantate weisen bei erfolgreicher Augmentation stets eine Osteoinduktion auf, bei allogenen Transplantaten ist dieses Vorgehen teilweise zu beobachten und auch den Kompositen, als Untergruppe der alloplastischen KEM, konnten in Studien eine osteoinduktive Wirkung nachgewiesen werden.

Autologer Knochen ist in seinem Angebot aufgrund der Herkunft als einziges KEM stark begrenzt und bringt zudem als Einziges der Transplantate eine Entnahmemorbidity mit sich. Die Entnahmestelle ist für kleine Defekte in der Regel intraoral, bei größeren Defekten hingegen wird eine Entnahme von Knochen aus dem Beckenkamm oder anderen extraoralen Regionen des Körpers durchgeführt.

Allogene und xenogene Knochensatzmaterialien besitzen trotz strikter Vorgaben und sehr genauer Aufbereitung je nach Prozess der Reinigung immer ein Restrisiko Krankheiten zu übertragen (Hinsenkamp, et al., 2012), was bei autologem und alloplastischem Material hingegen nicht vorkommen kann.

Bei der Resorbierbarkeit unterscheiden sich die menschlichen von KEM anderer Herkunft. Die menschlichen Materialien sind in der Regel gut resorbierbar, die xenogenen und alloplastischen Knochenersatzmaterialien hingegen sind durch ihre Verarbeitung zum Teil nur bedingt resorbierbar. (Heinemann, et al., 2011)

Die Darreichungsform der jeweiligen Materialien wird vom Behandler für die jeweilige Operation und den zu versorgenden Defekt individuell ausgesucht und verwendet.

2.3 BEDEUTUNG KLINISCHER ÜBERSICHTSARBEITEN FÜR DIE PRAKTISCHE ANWENDUNG

Aufgrund der Vielzahl an möglichen Präparaten, der Entwicklung neuer Materialien und des immer schnelleren Fortschrittes bei der Erforschung der Materialien, ist es wichtig, dass diese auf ihre Wirksamkeit und auf die für die Praxis notwendigen Parameter untersucht werden, da die Behandler individuell entscheiden müssen, welches Präparat für die jeweilige Behandlung den erwünschten Erfolg bringt.

Der praktizierende Zahnarzt steht seinen Patienten und dem Gesetz gegenüber in der Verantwortung, sich stetig fort- und weiterzubilden, damit eine Behandlung nach dem neuesten Stand der Forschung gewährleistet werden kann. Hierzu sind zahlreiche klinische Studien vorhanden, die anhand von Versuchen die einzelnen Knochenersatzmaterialien untersuchen und auf deren Wirksamkeit testen. Allerdings werden selbstverständlich nicht alle Knochenersatzmaterialien in jeder Studie inkludiert, die Patientenzahlen und die Auswahlkriterien der Patienten variieren stark, die Studien widersprechen sich zum Teil gegenseitig, zudem werden die Untersuchungen in unterschiedlichen zeitlichen Abständen durchgeführt, wodurch es für die Behandler sehr unübersichtlich und zeitaufwendig bei der Recherche für das jeweilige verwendete Material wird. Somit kann es schnell zur Überforderung des Behandlers kommen, weil neben der normalen Arbeitszeit in der Praxis zumeist nicht genügend Zeit bleibt, um sich durch das Angebot der Studien zu arbeiten und somit einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung zu verschaffen. Übersichtsarbeiten können hierbei Abhilfe schaffen. Sie bestehen darin, die vorhandenen einzelnen Studien unter Berücksichtigung bestimmter Parameter zusammenzufassen, um eine Übersicht über den aktuellen Stand der Forschung zu schaffen. Somit wird eine Informationsgrundlage geschaffen, die mit geringem Zeitaufwand zugänglich ist und zur ärztlichen Qualitätssicherung beiträgt. Außerdem wird dadurch zusätzlich angestrebt, studienimmanente Subjektivitäten zu eliminieren. Klinische Übersichtsarbeiten gewinnen heutzutage immer mehr an Zustimmung und sorgen für eine schnellere und gezieltere Durchführung bei der praktischen Anwendung von untersuchten Materialien. Nichtsdestotrotz muss bei einer Behandlung zusätzlich zu den aus den Übersichtsarbeiten gewonnenen Informationen das klinische Fachwissen miteingebracht und die individuellen Umstände der Patienten berücksichtigt werden.

2.4 STAND DER FORSCHUNG

Weiterhin wird autologes Knochenersatzmaterial als Goldstandard angesehen, doch wird ebenfalls weiterhin an neueren Methoden geforscht, da das Angebot des autologen Knochens immer begrenzt bleibt und auch die Akzeptanz der Patienten geringer ist, da es zwangsläufig zu einem zusätzlich Operationsgebiet kommt. Dem Behandler stehen mittlerweile mehrere Alternativen zu Eigenknochentransplantaten zur Verfügung, welche entweder von menschlichen (allogen) sowie tierischen (xenogen) Spendern stammen oder vollständig synthetisch (alloplastisch) hergestellt werden. (Finkemeier, 2002) Jedes dieser Materialien besitzt osteokonduktive Eigenschaften, jedoch gilt allogenes Material als dasjenige mit der höchsten regenerativen Wirkung, da es aufgrund des menschlichen Ursprungs dem Gewebe des Empfängers am meisten ähnelt. (Schmitt, et al., 2013)

2.5 HYPOTHESE

Ziel der Studie ist es eine Übersicht zu schaffen, die die Studienergebnisse der letzten 40 Jahre über die Erforschung von Augmentationen mit allogenem KEM im Vergleich zu anderen KEM inkludiert. Hieraus ergibt sich die Forschungsfrage:

Ist allogener Knochen als Augmentat für die Kieferkammerhöhung ein adäquates Substitut zu Knochenersatzmaterialien anderer Herkunft?

Die Alveolarkammerhöhung spielt in der Zahnmedizin eine immer größere Rolle, da viele Patienten den Wunsch einer Implantatversorgung hegen. Jedoch ist eine Vielzahl verschiedener Knochenersatzmaterialien unterschiedlichen Ursprungs auf dem Markt verfügbar, wodurch es dem Behandler schwerfällt das für seinen Patienten und die jeweilige durchzuführende Operation passende Material zu wählen. Von daher ist es im Interesse der Behandler, die Materialien auf ihre Eigenschaften zu untersuchen und diese zu vergleichen. Hierzu wurden die veröffentlichten Studien im Zeitraum von 1979 – 2018 herausgesucht und per Subgruppenanalyse ausgewertet, wobei allogenes Knochenersatzmaterial im Vordergrund der Untersuchung stand. Der Fokus lag hierbei besonders auf Infektionen/Wundheilungsstörungen, nicht vitalem Knochen, vorhandenem Restmaterial und, da die meisten Augmentationen aufgrund einer geplanten Implantation durchgeführt werden, auf dem Implantatverlust über die Zeit und die Primärstabilität des eingebrachten Implantates.

3. MATERIAL & METHODEN

Dieses Kapitel beinhaltet den Verlauf der Literaturrecherche und thematisiert die Entwicklung der Suchstrategie, die Suchstrategie für sich mitsamt den gewählten Suchbegriffen und die

Auswertung potentieller Fehler bei der Suche von Studien, die Auswirkungen auf das Endergebnis haben könnten, weil nicht alle relevanten Studien inkludiert oder nicht alle relevanten Inhalte mit in die Untersuchung aufgenommen wurden. Im Anschluss wird die Bearbeitung der Suchergebnisse erläutert, die Aufschluss darüber gibt, welche Ein- und Ausschlusskriterien festgelegt und wie die darauf angepassten Parameter ausgewählt wurden. Zusätzlich werden die Bewertungsmaßstäbe durchgeführter Studien und deren Bedeutung erklärt.

3.1 LITERATURERECHERCHE

Aus der Forschungsfrage ergibt sich eine Notwendigkeit der Beschaffung von Informationen aus sowohl klinisch durchgeführten Studien als auch bereits durchgeführte Zusammenfassungen der aktuellen Literatur. Durch eine auf den Inhalt der Frage fokussierte Suche sollen diese Information gewonnen werden. (Rose, et al., 2003) Die Herausforderung hierbei ist, dass man die Suchbegriffe so auswählen muss, dass keine relevanten Studien übersehen werden, um ein Ergebnis zu erhalten, das möglichst die gesamte aktuelle Literatur und somit den aktuellen Stand der Wissenschaft beinhaltet. Zusätzlich gilt es sogenannte „Bias“, also systematische Fehler, zu vermeiden bzw. möglichst gering zu halten, da es ansonsten zur Über- oder Unterschätzung einer Wirkung und zur Verzerrung des gesamten Ergebnisses kommen kann.

3.2 SUCHSTRATEGIE

Es wurde zunächst überprüft, ob bereits eine Übersichtsarbeit mit dem gleichen Thema vorhanden ist, anschließend wurde die Suchstrategie in Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Frerich entwickelt, indem Suchbegriffe festgelegt wurden, mit denen, soweit möglich, alle relevanten Veröffentlichungen erreicht werden sollten. Die Suche wurde ausschließlich über die Plattform Pubmed durchgeführt und während des Zeitraumes von ca. 10 Monaten ständig, durch in dieser Suchzeit neu erschienene Studien, ergänzt. Nach systematischer Literaturrecherche ergaben sich 3875 Studien als Ergebnis der ausgewählten Suchbegriffe. Diese Studien wurden nun durch festgelegte Ein- und Ausschlusskriterien anhand des Abstracts auf ihre Relevanz für die Untersuchung bewertet und selektiert. Die Beschaffung der Studien erfolgte zum größten Teil über die Fernleihe der Universität, oder bei frei zugänglichen Studien über die bei Pubmed beigefügten Verlinkungen zu den jeweiligen Studien. Nachfolgend sind die Suchbegriffe mit der (zum Zeitpunkt der Suche) dazu gefundenen Anzahl an Studien tabellarisch der verwendeten Reihenfolge nach aufgeführt.

1. Allogenic jaw (119)	8. Bone graft comparison dental (490)
2. Allogenic bone graft dental (103)	9. Bone augmentation comparison dental (263)
3. Allogenic bone dental (139)	10. Bone substitute jaw (1860)
4. Comparison bone substitute dental (238)	11. Jaw augmentation material comparison (61)
5. Allogenic augmentation (146)	12. Inflammation augmentation jaw (105)
6. Xenogenetic (6)	13. Jaw augmentation comparison (221)
7. Alloplastic bone graft jaw (124)	

Tab. 2: Suchbegriffe zur Erfassung sämtlicher relevanten Studien

Quelle: eigene Darstellung

3.3 FEHLER BEI DER SUCHE

Bei der Erstellung einer systematischen Übersichtsarbeit kann es durch Fehler zu Verzerrungen auf verschiedenen Ebenen kommen. (Schmucker, et al., 2017) Diese Fehler werden in der Literatur als Bias beschrieben, die jede Fehlerquelle inkludieren, die bei der Verarbeitung mehrerer Daten sowohl beim Sammeln, analysieren, interpretieren, publizieren und vergleichen auftreten können. Durch solche Bias kann es zur Veränderung des Ergebnisses kommen und so dazu führen, dass die Aussage der Übersichtsarbeit von dem tatsächlichen Stand der Wissenschaft abweicht.

David T. Felson hat die Bias wie in Tab. 3 zu sehen beschrieben. (Felson, 1992)

I. Bias bei der Suche der Studien (sampling bias)	
1.	Publication – publizierte und nicht publizierte Studien
2.	Finden publizierter Studien mittels computergesteuerter Suche in Literaturverzeichnissen
2.1	Index-Bias
2.2	Such-Bias
3.	Finden publizierter Studien über bibliographische Rezensionen oder Empfehlungen
3.1	Empfehlungs-Bias
3.2	Bias durch mehrfache Veröffentlichungen
3.3	Mehrfach-benutztes-Thema-Bias
II. Von der Identifikation bis zur Auswahl der Studien	
1.	Einschlusskriterien-Bias
2.	Sortierer-Bias
III. Bias beim Beziehen konkreter Daten aus den ausgewählten Studien	
1.	Bias durch den Analysten
1.1	Extraktor-Bias
1.2	Bias bei der Qualitätsbewertung der Studien
2.	Bias durch nicht korrekt veröffentlichte Daten der Studienergebnisse
2.1	Reporting Bias
2.2	Recording Bias

Tab. 3: Bias bei der Literatursuche und -analyse im Allgemeinen

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Felson, 1992, S. 886 ff.

Publication Bias (Antes, et al., 1999)

Unter diesem Begriff versteht man die Bias die dadurch entstehen, dass in der Regel nur Studien mit positiven und signifikanten Resultaten veröffentlicht werden und diese mit nicht signifikanten oder negativen Ergebnissen nicht publiziert werden. Auch andere Effekte können dazu führen, dass eine Studie publiziert wird. Für eine Studie mit möglichst allumfassendem Content müssten demnach auch die nicht publizierten Studien in die Suche inkludiert werden. Leider erweist sich die Beschaffung dieser Studien zumeist als sehr schwierig oder sogar unmöglich. I.1

Suchmaschinen-Bias

Heutzutage wird hauptsächlich bei einer Suche über vorgegebene Suchmaschinen mit selbst festgelegten Begriffen recherchiert. Da diese Suchmaschinen über bestimmte Algorithmen die möglicherweise zu dem Suchbegriff passenden Studien als Ergebnis darlegen, ist es zuweilen möglich, dass relevante Studien durch entweder das Suchverhalten der Suchmaschine oder die gewählten Suchbegriffe nicht erfasst werden. I.2

Hierbei gibt es das Index-Bias, wobei der Fehler darin zugrunde liegt, dass nicht genügend Studien von der Suchmaschine erfasst werden können. I.2.1

Allerdings kann es auch von dem Suchenden ausgehen, wenn die Suche nicht professionell genug ausgeführt wird, woraufhin kausal eine unvollständige Suche resultiert. I.2.2

Da die Suchmaschine nicht bei jeder Suche ein zufriedenstellendes Ergebnis für den Suchenden liefert, muss dieser gelegentlich auf Listen mit Empfehlungen zurückgreifen, wodurch die Suche nicht mehr objektiv ist und eventuell relevante Studien nicht mit einbezogen werden.

I.3.1

Einige Studien werden wiederholt in verschiedenen Artikeln publiziert. Hierbei kommt es auch vor, dass nicht derselbe Erstautor genannt wird, wodurch es bei der Suche zu dem Irrtum kommen kann, es handle sich um mehr als eine Studie. I.3.2

Ebenfalls beschrieb David T. Felson, dass die Ergebnisse einer Studie aufgeteilt und in zwei Studien publiziert wurden. I.3.3

Wurden die zu untersuchenden Studien ausgewählt, gilt es Einschlusskriterien zu finden. Anhand dieser Kriterien entsteht das Einschlusskriterien-Bias, da der Analyst zum Teil durch vorherige Studien beeinflusst wird. Wiederum kann es auch vorkommen, dass Studien trotz festgelegter Kriterien weder aus- noch eingeschlossen werden können. Nun muss der Analyst entscheiden und sorgt so für die Sortierer-Bias. II.1. Und 2.

Zuletzt können noch Fehler bei der Extraktion der Daten aus den Studien auftreten. Entweder geschieht dies durch denjenigen, der die Daten analysiert und hierbei nicht korrekt extrahiert (III.1.1), oder durch die nicht angemessene Qualitätsbewertung der einzelnen Studien (III.1.2). Zudem werden die Studienergebnisse zum Teil nicht richtig veröffentlicht, indem nur die signifikanten Daten verwendet (III.2.1) oder falsch übertragen (III.2.2) werden und so die veröffentlichten von den eigentlichen Ergebnissen abweichen.

3.4 BEARBEITUNG DER SUCHERGEBNISSE

Die Studien wurden pro Suchbegriff bearbeitet. Hierbei wurde zunächst darauf geachtet, dass die Studien bzw. deren Abstracts in deutscher oder englischer Sprache vorhanden waren. Anschließend wurden die Abstracts gelesen und anhand der zuvor festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien wurde entschieden, ob die jeweilige Studie in die weitere Untersuchung einbezogen werden soll oder ob der Inhalt der Studie nicht zu dem Thema der vorliegenden Studie passt. Hierbei wurde zunächst nicht auf die Parameter geachtet, da diese zumeist nicht aus den Abstracts ersichtlich waren. Die auf diese Weise ausgewählten Studien wurden vorläufig in die weitere Untersuchung mit aufgenommen und in Human- und Tierstudien unterteilt. Im Anschluss an die Analyse der Abstracts wurden die ausgewählten Studien im vollen Umfang beschafft und ausgewertet. Die Humanstudien und Tierstudien wurden nun im Hinblick auf die Parameter untersucht und entsprechend erneut selektiert sowie zur Extraktion der relevanten Inhalte ausgewertet.

3.5 EIN- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Englische und deutsche Studien	Studien in anderen Sprachen als Englisch und Deutsch
Intraorale Defekte (Kieferkamm, Extraktionsalveole, Sinus Lift, LKGS)	Parodontale Defekte
Vergleich versch. KEM	Nicht intraorale Augmentation
Klinische Studien	Allogenes KEM als alleiniges Augmentat
Tier- und Menschen-Studien	Doppelte Studien
	Weichgewebsaugmentate
	Stammzellaugmentate
	Nicht frei zugängliche Studien

Tab. 4: Ein- und Ausschlusskriterien zur Selektierung relevanter Studien

Quelle: eigene Darstellung

Gesucht wurden Studien mit intraoralen Defekten, die aufgrund von Atrophie, Operationen oder Fehlbildungen entstanden sind. Relevant hierbei war die Tatsache, dass ein beliebiges Knochenersatzmaterial mit allogenem Knochen verglichen wurde. Sowohl Studien mit menschlichen als auch mit tierischen Probanden wurden inkludiert.

Hingegen ausgeschlossen wurden Studien, die weder auf Englisch noch auf Deutsch zu finden waren, da der Nutzen durch die Übersetzung der Texte nicht im Verhältnis zu dem zeitlichen Aufwand stand. Des Weiteren wurden die Deckung parodontaler Defekte und extraorale Operationen ausgeschlossen, da die Studie zur Verwendung in der zahnmedizinischen Praxis gelten soll und die Deckung parodontaler Defekte zudem ein immens größeres Ausmaß der Studie erfordert hätte. Für verschiedene Suchbegriffe wurden zum Teil dieselben Studien doppelt aufgeführt, welche in der Untersuchung selbstverständlich nur einmalig inkludiert wurden und zudem wurden die Studien ausgeschlossen, die durch finanzielle Mittel hätten beschafft werden müssen. Dies betraf allerdings lediglich zwei Studien

Da in dieser Studie nur die Transplantation von KEM und nicht von Weichgewebsaugmentaten untersucht werden soll, mussten dementsprechende Studien ebenfalls ausgeschlossen werden.

3.6 DATENSELEKTION

Nach erfolgter Selektion der Studien anhand der Abstracts, wurden die nicht frei zugänglichen Studien mittels der Fernleihe der Universitätsbibliothek zur Verfügung gestellt, um diese im vollen Umfang zu lesen und zu analysieren. Durch das detaillierte Lesen und Interpretieren der Inhalte wurde festgestellt, ob die Studien für die Untersuchung geeignet sind und simultan bereits in Publikationen mit menschlichen und solche mit tierischen Probanden unterteilt. Die Studien mit unklarer Relevanz für die Untersuchung wurden nach Rücksprache mit Herrn Prof. Dr. Dr. Frerich entweder ein- oder ausgeschlossen.

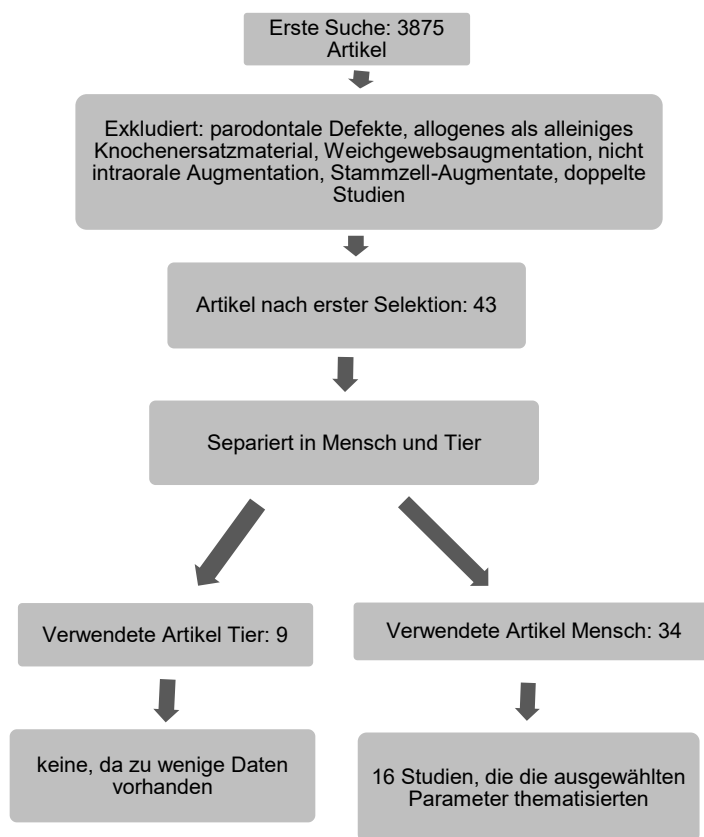


Abb. 3: Darstellung der Datenselektion von Beginn der Suche bis zur endgültigen Auswahl

Quelle: eigene Darstellung

3.7 AUSWAHL DER PARAMETER

Die Untersuchungsparameter wurden entsprechend der für die Praxis relevanten Faktoren ausgewählt. Die Parameter der Tier- und der Humanstudien sind nahezu identisch. Lediglich die Primärstabilität und der Implantatverlust über die Zeit ist bei den Humanstudien zusätzlich gewählt worden.

Die Infektion oder Wundheilungsstörung ist einer der wichtigsten Punkte für eine gelungene Augmentation. Der Behandler ist stets darauf aus, das beste Ergebnis für sich und seinen Patienten zu erzielen. Dazu gehört die Vermeidung von Schmerzen oder zeitaufwändiger Zweitoperationen. Somit ist es äußerst relevant zu wissen, ob bei der Verwendung eines Augmentats das Risiko einer Infektion bzw. das erhöhte Risiko einer Wundheilungsstörung besteht, um das Risiko-/Nutzen-Verhältnis entsprechend abzuwägen und den Patienten dahingehend aufzuklären und beraten zu können.

Da durch die Augmentation das Knochenvolumen vergrößert werden soll, ist das Ausmaß der Veränderung desselben von großem Interesse für den Behandler bei der Auswahl der Menge des Augmentats und bei der Auswahl des Implantates.

Während der Umwandlung des KEM in Knochen findet zumeist eine Resorption des eingebrachten Materials statt. Allerdings ist dies nicht bei jedem Material gegeben, somit kommt es vor, dass gewisse Mengen an Restmaterial im Operationsgebiet verbleiben, die zum Beispiel die Primärstabilität und Osseointegration eines Implantats beeinflussen können. Ähnlich verhält es sich mit nichtvitalen Knochen. Durch eine nicht ausreichend stattfindende Angiogenese, sprich einer Durchbauung des Knochens mit Blutgefäßen, kann ebenfalls die Lebensdauer eines Implantates verändert werden. Deshalb wurden auch die Parameter Primärstabilität, also die Festigkeit eines frisch inserierten Implantates ohne stattgefundene Osseointegration, und der Implantatverlust über die Zeit als relevant erachtet.

3.8 QUALITÄTBEWERTUNG DER STUDIEN

Die Aussagefähigkeit einer Studie wird in der Medizin durch sogenannte Evidenzgrade bestimmt. (Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V., Ärztliches Zentrum für Qualität in der Medizin, 2001) Man kann dabei verschiedene Evidenzgrade unterscheiden, die darüber Auskunft geben. Die Evidenz einer Studie gibt die Nachvollziehbarkeit von Zusammenhängen an. Somit wird der Nutzen einer diagnostischen oder therapeutischen Maßnahme nachgewiesen. (Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V., Ärztliches Zentrum für Qualität in der Medizin, 2001) In Tab. 5 sind die unterschiedlichen Evidenzgrade in absteigender Reihenfolge der Aussagekraft aufgelistet und anschließend erklärt.

Evidenzgrad	Art der Studie
Ia	Evidenz durch Meta-Analysen von mehreren randomisierten, kontrollierten Studien
Ib	Evidenz aufgrund von mindestens einer randomisierten, kontrollierten Studie
IIa	Evidenz aufgrund von mindestens einer gut angelegten, jedoch nicht randomisierten und kontrollierten Studie
IIb	Evidenz aufgrund von mindestens einer gut angelegten quasi-experimentellen Studie
III	Evidenz aufgrund gut angelegter, nicht-experimenteller deskriptiver Studien wie etwa Vergleichsstudien, Korrelationsstudien oder Fall-Kontroll-Studien
IV	Evidenz aufgrund von Berichten der Experten-Ausschüsse oder Expertenmeinungen bzw. klinischer Erfahrung anerkannter Autoritäten
V	Evidenz aufgrund von Fallserien oder mehrerer Expertenmeinungen

Tab. 5: Evidenzgrade zur Bewertung durchgeführter Studien

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V., Ärztliches Zentrum für Qualität in der Medizin, 2001, S. 41

Zu Ia: Bei einer Metaanalyse werden mittels statistischer Verfahren mehrere Studien zusammengefasst und zusätzlich bewertet. (Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V., Ärztliches Zentrum für Qualität in der Medizin, 2001) Hierbei ist es wichtig, dass die Studien dieselbe Fragestellung bearbeiten. Somit wird erreicht, dass man in der Summe mehr Studienteilnehmer als in den einzelnen Studien bekommt und demnach eine genauere statistische Aussagekraft erhält.

Zu Ib: Bei diesen Studien wird ein Medikament o.ä., welches im Fokus der Studie steht, mit einem anderen Medikament o.ä. (in der Regel der Goldstandard) oder nur einem Placebo verglichen. Randomisiert bedeutet, dass die Zuordnung der Probanden zur Experimental- oder Kontrollgruppe zufällig geschieht.

Zu IIa: Bei dieser Art von Studien gibt es keine Kontrollgruppe und die Aufteilung der Gruppen geschieht nicht zufällig.

Zu IIb: Bei einem Quasi-Experiment kann eine Zuordnung der Probanden in bestimmte Untersuchungsgruppen nicht durchgeführt werden und daher sind natürliche, nicht-randomisierte Gruppen vorgegeben.

Zu III: Es werden keine Experimente durchgeführt, sondern vorhandene Daten vorbestimmter Gruppen verglichen.

Zu IV: Die Meinung oder Erfahrung Anderer wird wiedergegeben ohne anwendbare klinische Studie aufweisen zu können.

Zu V: Im Rahmen der Studie wird eine Patientengruppe, die an einer bestimmten Krankheit leidet, nur beobachtet, aber nicht behandelt.

4. ERGEBNISSE

Die durchgeführte Recherche mit den in 3.2 dargestellten Suchbegriffen ergab 3875 Treffer. Diese Studien wurden analysiert und mittels der festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien selektiert. Somit kamen für die weitere Analyse 34 Studien mit menschlichen Probanden und 9 weitere mit tierischen Probanden in die engere Auswahl. Anschließend wurden die jeweiligen Studien mithilfe der Fernleihe der Universität Rostock oder über frei zugängliche Quellen im Internet beschafft und im Detail bearbeitet. Mithilfe der zuvor festgelegten Parameter, die zur Beantwortung der Forschungsfrage und für den anwendenden Behandler von Relevanz sind, wurden die Studien erneut selektiert. 16 der 34 ausgewählten Humanstudien konnten aufgrund dessen als relevant für das weitere Vorgehen der vorliegenden Arbeit angesehen werden.

Die Analyse der Tierstudien ergab, dass die relevanten Parameter in zu geringer Zahl durch die Untersuchenden thematisiert wurden und sich studienübergreifend in einem nicht ausreichenden Maß wiederholten. Somit wurden die Tierstudien von der weiteren Untersuchung ausgeschlossen und sind in dem nachfolgenden Punkt nicht beschrieben. Zudem wäre die Anwendung allogenen Knochens bei Tieren generell nicht direkt mit der Verwendung beim Menschen zu vergleichen, da das Material bei Tieren streng genommen nicht allogenum, sondern xenogenem Ursprungs ist.

4.1 EINGESCHLOSSENE STUDIEN

Mensch:

1. S.R. Motamedian, M. Khojaste und A. Khojasteh führten eine der inkludierten Literaturrecherchen durch. Der Titel ihrer Studie lautet „Success rate of implants placed in autogenous bone blocks versus allogenic bone blocks: A systematic literature review“ und wurde im Jahre 2016 im Annals of Maxillofacial Surgery veröffentlicht. Das Ziel der Studie war es, die Überlebens- und Erfolgsrate von dentalen Implantaten in Regionen zu untersuchen, die mit autologen oder allogenen Blöcken augmentiert wurden. (Motamedian, et al., 2016, p. 79) Die Suche wurde von Januar 1990 bis Juni 2014 per PubMed durchgeführt und es sollten nur englische und Humanstudien in die Untersuchung aufgenommen werden. Bei der Suche wurden insgesamt 635 Artikel gefunden, von denen 57 für die weitere Analyse verwendet wurden.

36 der Studien beinhalteten Fälle mit autologem und 23 solche, bei denen allogener Knochen als Augmentat genutzt wurde. Zwei Studien untersuchten demnach beide Materialien. Die Gruppen der Patienten, bei denen autologer Knochen verwendet wurde, betrug 872 Probanden, bei denen in die augmentierten Gebiete 2647 Implantate inseriert wurden. (Motamedian, et al., 2016, p. 81 f.) Die Anzahl der Patienten, die allogenes Material erhielten betrug 532 auf die wiederum 1395 Implantate anfielen. Die Suche und Auswahl der Studien wurden durch zwei Untersucher durchgeführt. Bei Unstimmigkeiten wurde ein Dritter hinzugezogen. Die Studien wurden mittels zuvor festgelegter Parameter untersucht und die Ergebnisse tabellarisch dargestellt. Sowohl die Patientenparameter (Anzahl, Raucher/Nichtraucher, Gesundheitszustand), als auch die Größe des Defekts (Höhe und Breite), das Augmentat mit Herkunft und Darreichung, die Anzahl der Implantate, der Untersuchungszeitraum, der Erfolg der Implantation und die Komplikationen wurden dargestellt. Ein genaues Ergebnis in Bezug auf den Vergleich der Überlebensrate der Implantate in Bereichen, die mit entweder autologen oder allogenen Material augmentiert wurden, konnte nicht erzielt werden, da die Ergebnisse nicht eindeutig waren und sich sehr unterschieden. (Motamedian, et al., 2016, p. 88) Bei ihrer Untersuchung zeigte sich, dass die größte Sorge für autologe Materialien Komplikationen an der Spenderregion sind und für allogene Materialien das Einwachsen des Augmentats Probleme bereitet. Somit kommen Sie zu dem Ergebnis, dass weitere Studien mit längeren Laufzeiten notwendig sind, um ein aussagekräftiges Fazit treffen zu können.

2. Die zweite inkludierte Metaanalyse trägt den Titel „A Meta-Analysis of Histomorphometric Results and Graft Healing Time of Various Biomaterials Compared to Autologous Bone Used as Sinus Floor Augmentation Material in Humans“ und wurde 2010 von R. J. Klijn, G. J. Meijer, E. M. Bronkhorst et al. veröffentlicht. Die Untersuchung wurde durchgeführt, um histologisch und histomorphometrisch eine möglichst große Anzahl an Patienten zu erfassen, bei denen mit verschiedenen Materialien Sinusbodenelevationen durchgeführt wurden und die Erforschung des totalen Knochenvolumens thematisiert wurde. (Klijn, et al., 2010, p. 494) Die Suche nach Studien wurde sowohl online als auch händisch durchgeführt und erfasste passende Studien mit menschlichen Probanden aus dem Zeitraum vom Januar 1993 bis April 2009, in denen Sinusbodenelevationen mit autogenem, allogenen, xenogenem oder alloplastischem Material alleine oder in Kombination durchgeführt wurden und das Hauptaugenmerk auf dem Knochenvolumen (total bone volume, TBV) lag. Nach der durchgeführten Suche standen 147 Studien zur Verfügung, von denen 64 den Einschlusskriterien der Untersucher entsprachen. Diese beinhalteten acht randomisierte klinische Studien, acht Fallserien und 48 prospektive Kontrollstudien. (Klijn, et al., 2010, p. 495) Somit kam eine Gesamtzahl von 1677 augmentierten Sinus in 172 Gruppen aus 64 Studien auf. Durch die Zusammenfassung der

Materialien konnten elf Hauptgruppen mit weiteren Untergruppen festgelegt werden. Hierzu zählten autologe Knochenaugmentate, Thrombozytenreiches Plasma (PRP), mineralisiertes gefriergetrocknetes Allograft (MFDBA), anorganischer deproteinierter Rinderknochen alleine, mit autologem Knochen oder mit demineralisiertem gefriergetrocknetem Allograft (DFDBA), synthetisches Hydroxylapatit, aus Korallen gewonnenes Hydroxylapatit, β -Trikalzium-Phosphat (β -TCP) alleine oder mit autologem Knochen und bioaktives Glas mit autologem Knochen. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass jedes der Augmentate oder Kombinationen zu einem signifikant geringerem Knochenvolumen als mit autologem Knochen führt (Klijn, et al., 2010, p. 497), MFDBA wie in Abbildung 4 zu sehen jedoch nur gering unter den Werten des autologen Knochens lag. (Klijn, et al., 2010, p. 499)

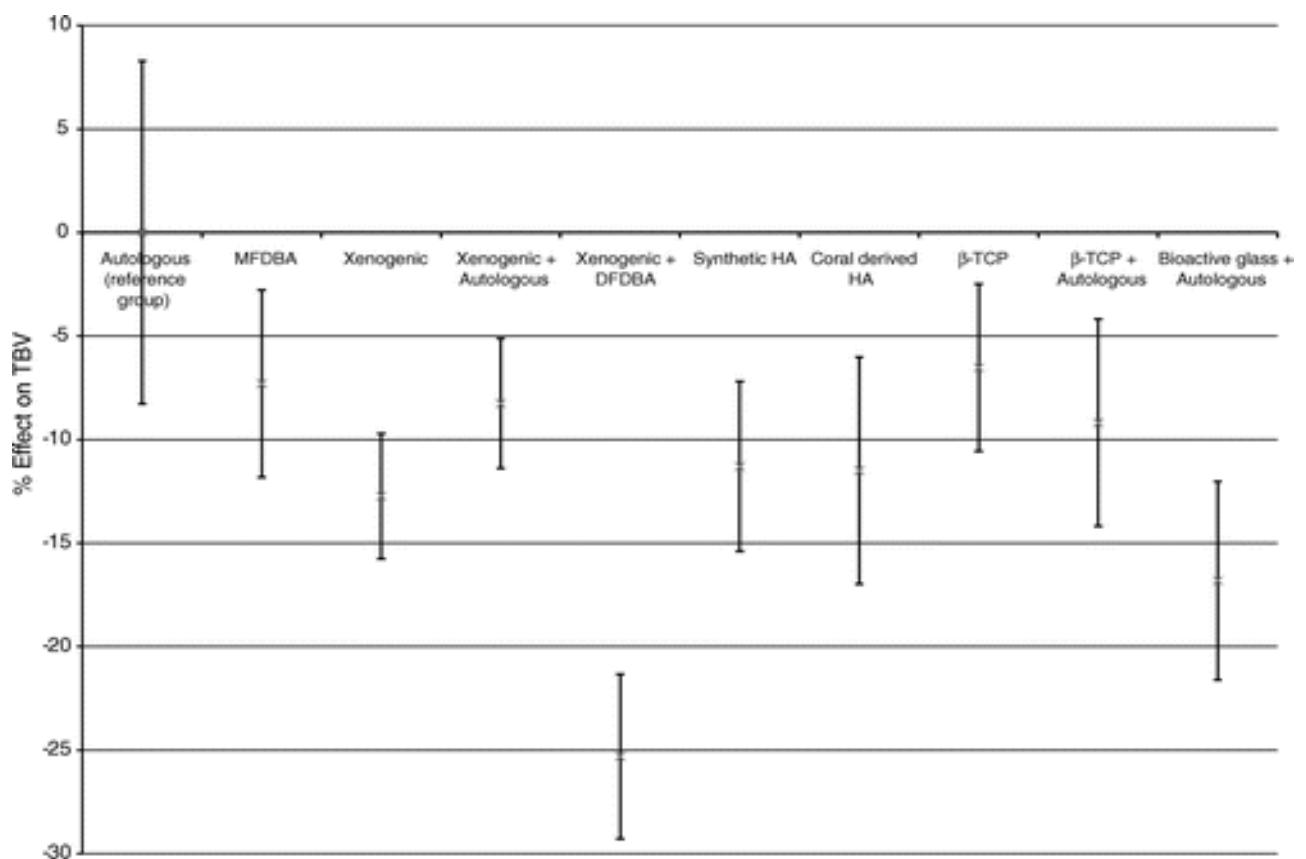


Abb. 4 Das Knochenvolumen (total bone volume) der Proben nach Materialien unterteilt

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Klijn, Meijer, & Bronkhorst et al., 2010, S. 501

3. S. Elakkiya, A. S. Ramesh und K. Prabhu haben die für sie relevanten Studien aus dem Zeitraum von September 2006 bis September 2016 anhand einer Literaturrecherche mit MEDLINE-PubMed ausgewertet, um zu untersuchen, wie effizient Knochentransplantate in Bezug auf die Erfolgsrate dentaler Implantate sind. (Elakkiya, et al., 2017, p. 220) Die durchgeführte

Studie trägt den Titel „Systematic analysis on the efficacy of bone enhancement methods used for success in dental implants“ und wurde 2017 im Journal of Indian Prosthodontic Society veröffentlicht. Es wurden nur Studien mit Augmentation und anschließender Implantatinsertion in Kombination mit einer mindestens 1 Jahr postoperativ stattfindenden Untersuchung, mit Patienten mit einem geringen Knochenvolumen, hervorgerufen durch Kieferkammresorption, paradontale Defekte und Traumata, Augmentationen mit autologem, allogenen oder xenogenem Knochen sowie Kompositen aufgenommen. Außerdem wurden nur englische Humanstudien aufgenommen. Ausgeschlossen wurden hingegen Studien mit Implantation ohne Augmentation, sowie mit vorerkrankten Patienten und Studien aus dem nicht zahnmedizinischen Bereich. Somit kamen sie auf eine Anzahl von 31 Studien, die ausgewertet wurden. (Elakkiya, et al., 2017, p. 220) Sie kamen zu dem Ergebnis, dass der autologe Knochen in Blockform eine Überlebensrate von 98,9% und eine Erfolgsrate von 99,05% erreicht (Elakkiya, et al., 2017, p. 221), wohingegen der allogene Knochen eine Überlebensrate von 90,9% und eine Erfolgsrate von 82,8% aufweist. (Elakkiya, et al., 2017, p. 224) Somit zeigt sich, dass autologer Knochen (Blöcke und Blutderivate) sowohl dem xenogenem als auch allogenen Knochen vorgezogen werden sollte, da dieser eine bessere Langzeitprognose gewährleistet.

4. In der Studie „Esthetic outcome of implant-based reconstructions in augmented bone: comparison of autologous and allogeneic bone block grafting with the pink esthetic score (PES)“ von M. Schlee et al. aus dem Jahre 2014 sollte das ästhetische Ergebnis einer Versorgung mittels Implantaten nach zuvor erfolgter Augmentation ermittelt werden. (Schlee, et al., 2014, p. 2) Hierbei wurden autologe und allogene Knochentransplantate verwendet und das Ergebnis mittels des pink esthetic scores (PES) ausgewertet.

Parameter	0	1	2
Mesiale Papille	Fehlend	Unvollständig	Vollständig
Distale Papille	Fehlend	Unvollständig	Vollständig
Weichgewebkontur	Unnatürlich	Annähernd natürlich	Natürlich
Rezession	>2 mm	1-2 mm	<1 mm
Kontur des processus alveolaris	Vollständig resorbiert	Geringfügig resorbiert	Kein Unterschied
Farbe	Starker Unterschied	Leichter Unterschied	Kein Unterschied
Textur	Starker Unterschied	Leichter Unterschied	Kein Unterschied

Tab. 6: Bewertungskriterien des Pink Esthetic Score

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an R. Furhauser, D. Florescu, T. Benesch, et al. ,2005, S.642

Der PES bewertet die Ästhetik eines Implantates anhand der in Tabelle 6 beschriebenen Parameter mit den Punktwerten 0-2. Somit werden durch 14 erreichte Punkte ein optimales Ergebnis bewertet.

Im Zeitraum von 2003 bis 2009 wurde bei 67 Probanden eine Augmentation des Kieferkamms durchgeführt. 41 der Probanden waren geeignet für die Studie und 31 gaben ihr Einverständnis für die Teilnahme an den Untersuchungen. (Schlee, et al., 2014, p. 2) Die Patienten befanden sich im Alter zwischen 18 und 69 Jahren. (Schlee, et al., 2014, p. 3) Bei 21 Patienten unter denen sich zwei Raucher und ein ehemaliger Raucher befand wurde mit autologem und bei 10 Patienten mit allogenen KEM augmentiert. In drei Fällen (alle mit autologem KEM) kam es zu Infektionen, die chirurgisches Eingreifen notwendig machten. (Schlee, et al., 2014, p. 5) Außerdem war es bei jeweils zwei Patienten jeder Gruppe notwendig einzugreifen, da es zu einer Denudation des augmentierten Knochens kam. Bei der Auswertung der Ergebnisse gab es in Bezug auf den PES und den Knochenverlust keinen signifikanten Unterschied zwischen den allogenen und autologen KEM. Aufgrund der persönlichen Meinung der Patienten ergaben sich hingegen statistisch signifikante Vorteile bei der Verwendung des Allografts, da viele Patienten den Vorgang der Augmentation aufgrund der fehlenden zusätzlichen Entnahmestelle als wesentlich weniger schmerzhaft empfunden haben.

5. B. Amoian, E. Moudi, M. S. Majidi et al. veröffentlichten 2016 die Studie mit dem Titel „A histologic, histomorphometric, and radiographic comparison between two complexes of CenoBone/CenoMembrane and Bio-Oss/Bio-Gide in lateral ridge augmentation: A clinical trial“. Sie wollten in lateralen Kieferkammaugmentationen die Materialien CenoBone/CenoMembrane (allogen) und Bio-OSS/Bio-Gide (xenogen) vergleichen. (Amoian, et al., 2016, p. 447) Hierzu wurden klinische, radiologische, histologische und histomorphometrische Untersuchungen durchgeführt, um den Nutzen der verschiedenen Materialien adäquat gegenüberstellen zu können. Bei der Auswahl der Probanden wurde darauf geachtet, dass sie im Alter zwischen 30 und 50 Jahren sind und an keiner Erkrankung wie einer nicht behandelten Diabetes oder Autoimmunerkrankung leiden. (Amoian, et al., 2016, pp. 447 - 448) Außerdem wurden Drogen- und Alkoholabhängige, Raucher, Schwangere und Patienten ausgeschlossen, die regelmäßig Immunsuppressiva oder Antikoagulantien einnehmen. Nachträglich wurden Patienten mit einer schlechten Compliance in Bezug auf die Mundhygiene ebenfalls ausgeschlossen. Sie kamen somit auf 10 Probanden, die operiert werden sollten. Die Operation wurde wie folgt durchgeführt: - Das Operationsgebiet wurde anästhesiert und mittels einer krestalen Inzision eröffnet. 3 mm dorsal und anterior des zu augmentierenden Gebietes wurde jeweils ein Entlastungsschnitt gesetzt. Der Knochen wurde angeraut und das Transplantat eingebracht. Anschließend wurde eine Membran eingebracht und die Wunde mit Vicryl 5-0 Fäden

verschlossen. - Als präoperative Medikation wurde jedem Patienten 30 Minuten zuvor 2 mg Amoxicillin verabreicht und die Probanden mussten ihren Mund mit 0,2% Chlorhexidin spülen. Postoperativ wurden zudem Amoxicillin und Metronidazol dreimal täglich für zehn Tage verschrieben und die Patienten wurden angewiesen für weitere vierzehn Tage dreimal täglich den Mund mit 0,12% Chlorhexidin zu reinigen. Die Augmentationswunde wurde über einen Zeitraum von sechs Monaten monatlich kontrolliert und im Anschluss eröffnet, um eine Probebiopsie durchzuführen. Die hierdurch entstandenen Defekte wurden abermals mittels KEM gefüllt und mit einer Membran gedeckt. Für die histologische Untersuchungen wurden 8 Parameter festgelegt, um die Präparate beurteilen zu können. (Amoian, et al., 2016, p. 449) Zuerst wurde auf den Grad der Entzündung geachtet und in fünf Grade unterteilt. Grad 0 beschreibt die Abwesenheit von Entzündungszellen und dies steigert sich in den Graden 1-4 von geringer Anzahl an Entzündungszellen, 5-10 Foci, 10-50 Foci bis zu mehr als 50 Foci an Entzündungszellen. Weitere Kriterien waren die An- bzw. Abwesenheit von Antikörperreaktionen, Knochenvitalität in Bezug auf die An- und Abwesenheit von Osteozyten, die Knochen/KEM Kontaktfläche mit Fokus auf das Einwachsen von Gewebe, die Anzahl der Blutgefäße, die in drei mikroskopischen Feldern (x10 vergrößert) gezählt werden und in drei Stadien aufgeteilt: 0 = < drei Blutgefäße, 1 = drei bis fünf Blutgefäße, 2 = mehr als fünf Blutgefäße. In der weiteren Untersuchung wurden Bilder mit x40 vergrößert und analysiert. Hier wurde auf den Prozentsatz neuen Knochens, die trabekuläre Dicke und verbliebenes Augmentat in Prozent geachtet. Diese Untersuchungen wurden durch einen unabhängigen Pathologen durchgeführt und es wurde aus der Auswertung von jeweils sieben Schnitten jeder Probe ein Mittelwert gebildet. Bei der radiologischen Analyse wurde jeweils ein Röntgenbild unmittelbar postoperativ und eines nach 6-monatiger Einheilungsphase angefertigt.

Die gewonnenen Daten wurden über die Software SPSS ausgewertet. Anhand des Kolmogorov-Smirnov Test wurden zunächst die Daten auf deren Verteilung überprüft. Mittels des Zweistichproben-t-Tests wurden die normalverteilten Daten der Gruppen verglichen. Für die nichtparametrischen Daten wurde der Mann-Whitney-U-Test (auch Wilcoxon-Mann-Whitney-Test) und für nominale Parameter der Chi-Quadrat-Test verwendet. Die statistische Signifikanz wurde mit $P \leq 0.05$ festgelegt.

Die histologischen Variablen wurden wie in Tabelle 20 dargestellt. Hierbei ist zu erkennen, dass sich, bis auf bei der Anzahl der Blutgefäße, die Werte der beiden Gruppen nicht unterscheiden.

Die histomorphometrischen Parameter führten in der Auswertung zu der Erkenntnis, dass der prozentuale Anteil des Augmentats in der Bio-Oss-Gruppe signifikant höher war. (Amoian, et al., 2016, p. 449) Die radiologische Auswertung hingegen ergab keine signifikanten Unterschiede.

Variablen	CenoBone (7)	Bio-Oss (6)	P	Statistische Analyse
Neugebildeter Knochen in %	48,45	38,66	0,748	T-Test Probe) (unabhängige Probe)
Trabekuläre Dichte	78,52	82,44	0,35	T-Test Probe) (unabhängige Probe)
Verbliebenes KEM in %	2,8	12,13	0,04	T-Test Probe) (unabhängige Probe)

Tab. 7: Vergleich histomorphometrischer Variablen

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Amoian, Moudi, & Majidi , 2016, S. 450

Variablen	CenoBone (7)	Bio-Oss (7)	P	Statistische Analyse
Initiale Höhe des Alveolarkamms	3,07	3,00	-	-
Finale Höhe des Alveolarkamms	6,00	6,37	0,44	T-Test Probe) (unabhängige Probe)
Initiale Knochendichte	1137	1063	-	-
Finale Knochendichte	454,57	860,33	0,77	T-Test Probe) (unabhängige Probe)

Tab. 8: Vergleich der radiologischen Variablen

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Amoian, Moudi, & Majidi , 2016, S. 450

Die Autoren kamen somit zu dem Ergebnis, dass CenoBone als Augmentat für laterale Kieferkammaugmentation ebenso geeignet und erfolgsversprechend ist wie Bio-Oss. (Amoian, et al., 2016, p. 451)

6. N. R. Kübler, C. Will, R. Depprich et al. haben in ihrer Studie „Vergleichende Untersuchungen zur Sinusbodenelevation mit autogenem oder allogenen Knochengewebe“ aus dem Jahre 1999 über vier Jahre lang bei 63 Studienteilnehmern 82 Sinuslifts mit entweder allogenen oder autologem KEM durchgeführt, um die Materialien in ihrer Funktion zu vergleichen. (Kübler, et al., 1999, p. 54) Autologer Knochen kam bei 39 Sinusbodenelevationen zum Einsatz. Die Transplantate der Wahl waren bei diesem Vorgehen spongiöse oder kortikospongiöse Blöcke des Beckenkamms. Bei 9 Patienten wurde zusätzlich mittels Beckenkamm eine absolute Alveolarkammerhöhung durchgeführt. Die restlichen 43 Sinuslifts wurden mit allogenen KEM durchgeführt. Hierbei wurde entweder autolysiertes, antigen-extrahiertes, allogenes- (AAA-) (Partikeldurchmesser <500 µm) oder demineralisiertes (DFDBA) (Partikeldurch-

messer: 420-850 µm und/oder Grafton™/osseous gel) Knochenpulver verwendet. Die Verteilung der beiden Materialien lag bei 8 (AAA) zu 35 (DFDBA). Jedoch wurden diese beiden Gruppen aufgrund desselben Wirkungsmechanismus und aus statistischen Gründen zu einer gemeinsamen Gruppe zusammengefasst. Die Auswahl des Materials für die jeweiligen Probanden fand einerseits durch die Patienten selbst statt, andererseits war die Art der Augmentation relevant. (Kübler, et al., 1999, p. 55) Für die bilaterale Sinusbodenelevation fiel die Wahl der Operateure vermehrt auf das autologe Material und bei der kombinierten Operation der Sinusbodenelevation mit zusätzlicher absoluter Alveolarkammerhöhung wurde ausschließlich autologes KEM gewählt. Bei allen Patienten wurden entweder simultan (42) zur Augmentation oder nach (27) einer Einheilungszeit Implantate inseriert. Als Medikation wurde den Patienten ab dem Operationstag bis 1 bzw. 4 Tage postoperativ ein Cephalosporin verabreicht. 28 Patienten wurden zur Durchführung der Operation stationär aufgenommen und nach 15 (±5; autolog) bzw. 9 (±1; allogene) Tagen aus dem Krankenhaus entlassen.

Herr Kübler et al. haben postoperativ Früh- und Spätkomplikationen unterteilt. Früh kam es ausschließlich bei der Augmentation mit autologem Knochen zu Komplikationen, hierzu zählte jeweils eine Wundinfektion der Kieferhöhle und des Beckens, sowie in einem Fall die Sensibilitätsstörung des Oberschenkels. Zu den Spätfolgen zählten der fehlende Knochenumbau und der Verlust des Implantates.

Komplikation	N (Gesamt)	Autogener Knochen	Allogener Knochen
Fehlender Knochenumbau	3	1	2
Implantatverlust	6	4	2

Tab. 9: Spätkomplikationen nach durchgeführter Sinusbodenelevation

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Kübler, Will, & Depprich et al., 1999, S. 55

Erst durch die radiologische Untersuchung kam es zu gravierenden Unterschieden. (Kübler, et al., 1999, p. 57) Durch die Augmentation mit allogenen Knochen kam es im Gegensatz zu autologem KEM zu keiner Verschattung im Röntgenbild. Die nach 4-6 Wochen zu beobachtende Verdichtung führte nun von deutlicheren Opazitäten bis hin zu nicht mehr erkennbaren radiologischen Unterscheidungen zwischen dem vorherigem Sinusboden und dem Augmentat. (Kübler, et al., 1999, p. 58) Die Differenzierung dieser beiden Strukturen ist nach erfolgter Augmentation mit kortikospongiösem, autologem Knochen auch noch mehrere Jahre in der postoperativen Untersuchung möglich.

Während der Insertion des Implantates bei der zweizeitigen Operationsmethode wurde mittels eines Trepanbohrers Knochen gewonnen. Die histologische Analyse dieser Biopsien ergab sowohl für autologen als auch allogenen Knochen, dass die Bildung vitalen, lamellären Kno-

chengewebes stattgefunden hat und keine Residuen des eingebrachten Knochens mehr nachgewiesen werden konnten. Da bei der Augmentation von autologen Beckenkammtransplantaten zwangsläufig ein sekundäres Operationsgebiet entsteht, war hier die postoperative Beschwerdedauer ($\bar{0}19 \pm 9$ Tage) deutlich höher als bei der Operation mit allogenen Knochen ($\bar{0}3 \pm 5$ Tage). Allerdings wurden bei der Beschwerdedauer der Patienten mit autologen Augmentaten zwei Patienten mit postoperativen Schmerzen im Zeitraum > 90 Tage nicht berücksichtigt. Die Untersuchenden kamen zu dem Ergebnis, dass allogenes Augmentat zur Sinusbodenelevation analog zu autologem Knochen genutzt werden kann. (Kübler, et al., 1999, p. 59) Es wurden keine signifikanten Unterschiede sowohl im Gewinn der Knochenhöhe als auch in der Umwandlung des Spenderknochens beobachtet. Unterschiede gab es in Hinsicht auf die verlorenen enossalen Implantate. Hier hatte das allogene KEM ein besseres Ergebnis aufzuweisen.

7. Am 01. April 1998 erschien die Studie „Histologic Findings After Implantation and Evaluation of Different Grafting Materials and Titanium Micro Screws Into Extraction Sockets: Case Reports“ von W. Becker, C. Clokie, L. Sennerby et al. im Journal of Periodontology. Das Ziel der Studie war es, die Bildung neuen Knochens nach erfolgter Insertion verschiedener KEM in Extraktionsalveolen zu vergleichen. (Becker, et al., 1998, p. 414) Die Wahl bei den Materialien fiel entweder auf demineralisierten, gefriergetrockneten kortikalen Knochen (DFDBA), anorganische Knochenmatrix vom Rind (Bio-Oss), autologen Knochen oder menschliche knochenmorphogenetische Proteine, die nichtkollagene Proteine enthielten (hBMP/NCP). Die Gründe des Zahnverlustes waren einheitlich parodontale Lockerungen und parodontaler Knochenverlust. Die Studie wurde in zwei Teile gespalten. In der ersten Gruppe wurde bei fünf der insgesamt acht Studienteilnehmer jeweils eines der zuvor erwähnten Augmentate in eine oder mehrere Extraktionsalveolen eingebracht, wohingegen die Extraktionsalveolen der drei Probanden der zweiten Gruppe wie folgt versorgt wurden: - die Operateure brachten Miniimplantate aus Titan in die Alveole ein und augmentierten um die Implantate herum anschließend mit DFDBA, Bio-Oss oder autologem Knochen aus der Mundhöhle.

Der DFDBA und das Bio-Oss wurden dreißig Minuten vor Einbringen des Materials in die Alveolen mittels einer sterilen Lösung rehydratisiert. hBMP/NCP und der autologe Knochen wurden unbehandelt eingebracht. Nach erfolgter Augmentation wurden die Wunden vernäht. - Für die Untersuchung wurden 3, 4, 5 und 6 Monate postoperativ, mithilfe eines Trepanbohrers und vorheriger Bildung eines Mukoperiostlappens zur Darstellung des vorherigen Operationsgebietes, Biopsien entnommen. (Becker, et al., 1998, p. 416) Diese Biopsien wurden histologisch untersucht und nach dem Bone score von Heiple et al. (Heiple, et al., 1963) bewertet.

Punktzahl	Kriterium
0	Ausschnitt besteht aus nichtvitalem, in Bindegewebe eingebundenem, Augmentat
1	Vitaler Knochen und nichtvitale Knochenpartikel eingekapselt in Bindegewebe, ohne Bezug zum Wirtsknochen
2	Nichtvitaler Knochen im Kontakt mit Wirtsknochen und nichtvitaler Knochen eingebunden in fibrösem Bindegewebe
3	Das ganze Feld besteht aus Geflecht- und Lamellenknochen

Tab. 10: Punktebewertung des Knochens nach Heiple et al.

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Heiple, Chase, & Herndon , 1963, S. 1602

Ergebnisse der Gruppe 1: Die Biopsien aus den Defekten, die mit DFDBA augmentiert wurden, haben die Untersucher in einem Zeitraum von drei bis sechs Monaten entnommen. (Becker , et al., 1998 , p. 417) Jede der Proben enthielt nichtvitales Augmentat. Vereinzelt waren DFDBA Fragmente in Kontakt zu dem Wirtsknochen, jedoch war hier keine Osteoblasten bzw. -klasten Aktivität zu beobachten. Für das DFDBA wurde einmal der Punktwert 0 und zweimal der Punktwert 2 festgelegt. Das Augmentat war in allen Proben von fibrösem Bindegewebe umgeben. Beim Bio-Oss war ebenfalls zu erkennen, dass das Augmentat von fibrösem Bindegewebe umgeben ist und keine Osteoklasten vorhanden sind. Diese Biopsien wurden mit den Punktwerten 0 (dreimal), 1 (einmal) und 2 (einmal) versehen. (Becker , et al., 1998 , p. 417) Die Biopsien mit autologem Knochen wiesen sowohl nichtvitalen als auch vitalen Knochen auf. Die Partikel des Augmentats waren ebenfalls in Bindegewebe eingebunden. Diese Biopsien wurden einmal mit 1 und zweimal mit 2 Punkten bewertet. Auch die Biopsien des autologen Knochens kamen nicht über den Punktwert 2 (zweimal) hinaus und in einem Fall ergab sich nur der Punktwert 1. In den Biopsien war neuer und nichtvitaler Knochen zu beobachten, außerdem waren Partikel des Augmentats in Bindegewebslakunen eingeschlossen. Die besten Ergebnisse ergaben sich mit nBMP/NCP. Hier wurde sowohl Lamellenknochen als auch neue Blutgefäße und Geflechtknochen mit sichtbarer Osteoblastenaktivität in großem Maße beobachtet. Demnach wurden die beiden Biopsien mit dem höchsten Punktwert (3) bewertet. Die Auswertung der Gruppe zwei wird nicht weiter ausgeführt, da sie, aufgrund der Verwendung der Miniimplantate zur Besserung Einheilung der Augmentate, für die Untersuchung nicht von Relevanz ist. Die Untersuchenden kamen zu dem Ergebnis, dass DFDBA und anorganisches KEM nicht nur die Heilung der Extraktionsalveolen nicht fördern, sondern diese in einigen Fällen beeinträchtigen können, wodurch die beiden Materialien von ihnen als gescheitert anzuse-

hen sind. (Becker , et al., 1998 , p. 420) Autologer Knochen bringt ebenfalls keinen signifikanten Vorteil, schadet der Heilung allerdings nicht. Nur hBMP/NCP führt zu einer verbesserten Heilung der Extraktionsalveolen.

8. R. Spin-Neto, A. Stavropoulos, F. L. Coletti et al. verglichen in ihrer Studie kortikalen (AL-C) und Kortikospongiösen (AL-CC) allogenen Knochen mit kortikalen autologen Knochenblöcken (AT). (Spin-Neto, et al., 2015, p. 748) Die entsprechende Studie trägt den Titel „Remodeling of cortical and corticocancellous fresh-frozen allogeneic block bone grafts – a radiographic and histomorphometric comparison to autologous bone grafts“ und wurde erstmals im Jahre 2014 veröffentlicht, bevor sie 2015 in der Zeitschrift „Clinical Oral Implants Research“ erschien. Das Ziel der Studie war es, die drei Materialien in Bezug auf die laterale Kieferkammaugmentation im Oberkiefer, unter radiologischen und histomorphometrischen Gesichtspunkten, zu vergleichen. (Spin-Neto, et al., 2015, p. 748) Im Zeitraum von Mai 2009 bis Mai 2012 wurden 40 Patienten behandelt, die mindestens einen Bereich des Kieferkamms mit einer Breite <4 mm besaßen und somit, vor einer Implantation mit herkömmlichen dentalen Implantaten, eine Augmentation des Kieferkamms benötigten. Die Breiten der Kieferkämme wurden mittels Computertomographischer Untersuchungsmethoden bestimmt und vermessen. Er wurde darauf geachtet, dass die Patienten an keinerlei Erkrankungen mit Einfluss auf den Knochenumbau litten, schwanger waren, stillten oder an Abhängigkeiten, wie regelmäßigem Tabak-, Alkohol- oder Drogenkonsum gebunden waren. (Spin-Neto, et al., 2015, p. 748) Dreizehn Patienten bekamen autologen Knochen, neunzehn Patienten erhielten AL-CC und 8 Patienten bekamen AL-C als Augmentat.

Präoperativ mussten die Patienten für eine Minute mit 0,12% Chlorhexidin spülen, zudem wurde das periorale Feld mit einer 10%igen Iod-Lösung desinfiziert. Die Operationsgebiete wurden mittels einer Lokalanästhesie betäubt und es wurde ein Mukoperiostlappen gebildet. Den autologen Knochen gewannen die Operateure aus dem Kieferwinkel und die allogenen Knochenblöcke wurden einen Tag präoperativ geliefert und im Kühlschrank aufbewahrt. Vor Verwendung der allogenen Knochenblöcke, wurden diese mittels einer sterilen Kochsalzlösung für mindestens zehn Minuten rehydratisiert und auf die Raumtemperatur gebracht. Die Knochenblöcke wurden dem jeweilig Defekt angepasst, mit Osteosyntheseschrauben fixiert und mit einer Kollagenmembran stabilisiert. (Spin-Neto, et al., 2015, p. 749) Die Nahtentfernung war für 14 Tage postoperativ angesetzt. Als postoperative Medikation wurde den Probanden die Einnahme von Amoxicillin 500mg dreimal täglich für sieben Tage, Nimesulid 100mg zweimal täglich für fünf Tage und Paracetamol 750mg bei Bedarf verschrieben. Zusätzlich sollte der Mund für sieben Tage nach der Operation mit Chlorhexidin ausgespült werden.

Die radiologische Untersuchung fand 14 Tage sowie 6 und 8 Monate postoperativ statt. Hierbei waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Gruppen in Bezug auf das totale Knochenangebot am Ende der Untersuchung zu erkennen. Jedoch war der Knochenverlust bei Operationen mit AL-CC signifikant höher als bei den anderen beiden Gruppen. Die Biopsien für die histomorphometrischen Untersuchungen wurden simultan zur Setzung der Implantate sechs (AT und AL-CC) bzw. acht (AL-C) Monate postoperativ genommen. In jeder der Proben war nekrotischer Knochen verschiedener Größen ohne Osteozyten und Kapillaren zu beobachten. Jedoch war bereits bei AT und AL-CC im Gegensatz zu AL-C keine Abgrenzung zwischen Spender- und Wirtsknochen mehr zu erkennen. Den höheren Anteil an Weichgewebe wiesen die Schnitte mit AL-CC auf, wohingegen der signifikant höhere Anteil vitalen Knochens in der AT Gruppe zu finden war. Bei keiner der drei Gruppe wurden Anzeichen für Entzündungsreaktionen gefunden. Die Untersucher kamen somit zu dem Ergebnis, dass AL-C und AL-CC nur dann als Ersatz zum AT gewählt werden können, wenn der Defekt gering ist. (Spin-Neto, et al., 2015, p. 752)

9. S. Froum, S.-C. Cho, E. Rosenberg et al. untersuchten ebenfalls die Heilung von Extraktionsalveolen mithilfe von KEM. (Froum, et al., 2002, p. 95) Ihre Studie wurde im Januar 2002 veröffentlicht und trägt den Titel „Histological Comparison of Healing Extraction Sockets Implanted With Bioactive Glass or Demineralized Freeze-Dried Bone Allograft: A Pilot Study“. Sie untersuchten histologisch die Heilung von Extraktionsalveolen unter Zuhilfenahme von KEM mit ungefüllten Extraktionsalveolen. (Froum, et al., 2002, p. 95) Insgesamt nahmen 19 Probanden an der Studie teil, bei denen zusammen dreißig Zähne extrahiert werden sollten. Es wurde darauf geachtet, dass die Patienten keine Medikamente einnahmen die das Knochenwachstum einschränken, dass es Nichtraucher waren bzw. vor mindestens sechs Monaten aufgehört hatten zu rauchen. Intraoperativ wurden Mukoperiostlappen gebildet, der Zahn wurde extrahiert und die Alveole kurettiert. Die Auswahl der Alveolen für die jeweiligen Materialien wurden zufällig gewählt. (Froum, et al., 2002, p. 96) Somit wurden zehn Alveolen mit bioaktivem Glas (BG) und zehn mit demineralisiertem, gefriergetrocknetem Allograft (DFDBA) gefüllt, sowie zehn weitere Alveolen als Kontrollgruppe (C) ungefüllt belassen. Bei den Probanden wurde ebenfalls simultan zur Implantatsetzung die Biopsie in der Größe 2,0 mm x 7,0 mm für die histologische Untersuchung genommen. Dies fand 6 bzw. 8 Monate postoperativ statt. Die histologischen Schnitte wurden auf vitalen Knochen, Bindegewebe und verbliebenes Material in Prozent untersucht.

Parameter	Gruppe	Mittelwert (%)	Konfidenzintervall (%)	P
Bindegewebe (%)	BG	35,3	21,2; 49,5	
	C	97,0	60,9; 73,2	
	DFDBA	51,6	43,5; 59,6	0,006
Restmaterial (%)	BG	5,5	4,3; 6,7	
	C	0,0	0,0	
	DFDBA	13,5	9,9; 17,2	0,001
Vitaler Knochen (%)	BG	59,5	45,2; 73,7	
	C	32,4	26,3; 38,4	
	DFDBA	34,7	26,8; 42,5	0,0074

Tab. 11: Mittelwerte für die Untersuchungsparameter der Gruppen

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Froum, Cho, & Rosenberg, 2002, S. 99

Aus den Ergebnissen wird deutlich, dass es nur bei dem Verbleib des Restmaterials eine statistisch signifikante Relevanz gibt. Die Untersuchenden kamen zu dem Ergebnis, dass weitere Studien mit größeren Anzahlen von Extraktionsalveolen durchgeführt werden müssten, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten. (Froum, et al., 2002, p. 101) Allerdings heben sie hervor, dass, trotz nicht vorhandener statistisch signifikanter Unterschiede im Bezug auf den vitalen Knochen, BG einen positiven Effekt auf die Heilung der Extraktionsalveolen hat.

10. P. Mattout und C. Mattout haben für ihre retrospektiven Studie „Conditions for Success in Guided Bone Regeneration: Retrospective Study on 376 Implant Sites“ die Patientendaten von 135 Patienten, bei denen sie in ihrer privaten Praxis zwischen 1990 und 1998 bei 376 Implantate gesetzt und diese mit nicht resorbierbaren Membranen stabilisiert haben, analysiert und ausgewertet. (Mattout & Mattout, 2000, p. 1904) Um die Einheilung mit verschiedenen Materialien zu beobachten, wurden die Membranen entweder nur auf Blut befestigt (n=109), mit autologem (n=213) oder allogenen, demineralisiertem gefriergetrocknetem (n=54) Knochen kombiniert. Es sollte untersucht werden, welche Methode das beste Ergebnis erzielt. Die Membranen wurden nach erfolgter Implantation angebracht und das Material unter den Membranen fixiert. (Mattout & Mattout, 2000, p. 1905) Der Defekt wurde anschließend gedeckt und die Probanden bekamen 0,1% Chlorhexidin, 4-mal Amoxicillin 500mg täglich für 10 Tage

und 3-mal täglich Ibuprofen 600mg für 5 Tage. Außerdem wurde eine strikte Prothesenkarenz für die ersten zwei Monate und ein Rauchverbot für den ersten postoperativen Monat angeordnet. Die Membranen wurden nach einer Einheilungsphase von sechs bis fünfzehn Monaten entfernt. Gleichzeitig wurde mittels einer herkömmlichen PA-Sonde die Dichte des neugebildeten Gewebes gemessen und bewertet. Hierfür wurde ein leichter Druck von ungefähr 25 g auf das Gewebe ausgeübt und das Ergebnis mit einem Wert von 1 bis 5 beurteilt. 1 wurde bei sehr weichem, entzündlichem Gewebe vergeben; 2 bei weichem, Gingiva ähnlichem Gewebe; 3 bei dichtem, weniger als 3 mm nachgebendem Gewebe; 4 sehr dichtem, dem Druck nicht nachgebenden Gewebe und 5 bei Knochendichte ähnlichem Gewebe. Bei Proben mit den Werten 1 oder 2 sowie bei einer nicht bestehenden Verbindung zum angrenzenden Knochen bzw. Implantat, sind die Untersucher von einem Scheitern ausgegangen. P. und C. Mattout kamen zu dem Ergebnis, dass die Defekte, welche mit autologem Knochen augmentiert wurden, die besten Erfolge lieferten. (Mattout & Mattout, 2000, p. 1906) Zwischen allogenen und keinem Augmentat wurden keine Unterschiede festgestellt.

	Messstellen	Index 5	Index 4	Index 3	Index2
Membran alleine	109	0	80 (73%)	23	6
Mit DFDBA	54	0	42 (78%)	11	3
Mit autologem Knochen	213	141 (66%)	58 (27%)	8	6

Tab. 12: Indizes für die Dichte des neugebildeten Gewebes zum Zeitpunkt der Entfernung der Membranen
Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Mattout & Mattout, 2000, S. 1908

11. C. M. Schmitt, H. Doering, T. Schmidt et al. haben in ihrer Studie „Histological results after maxillary sinus augmentation with Straumann® BoneCeramic, Bio-Oss®, Puros®, and autologous bone. A randomized controlled clinical trial“ aus dem Jahre 2012, klinisch und histologisch die Osseointegration drei bekannter KEM Im Vergleich zu der Osseointegration von autologem Knochen bei Sinusbodenelevationen untersucht. (Schmitt, et al., 2013, p. 577) Als Materialien wurden BoneCeramic® (BCP) der Firma Straumann AG (alloplastisch), Bio-Oss® (ABB) der Firma Geistlich GmbH (xenogen) und Puros® (MCBA) der Firma Zimmer Dental GmbH (allogen) gewählt und auf die Parameter neugebildeter Knochen, Restmaterial, mineralisierte Komponenten und intertrabekuläre Anteile geachtet. Zudem wurden die Sinuslufte der Probanden einer Kontrollgruppe mit autologem Knochen durchgeführt. In die Studie wurden ausschließlich volljährige Patienten einbezogen, die eine einseitige oder zweiseitige Freisituation im Oberkiefer mit einer Restknochenhöhe >4mm aufwiesen. Die Patienten wurden auf Knochenheilungsstörungen untersucht und, falls sie rauchten, durften es nicht mehr als 5

Zigaretten am Tag sein. Präoperativ wurden bei allen Patienten Panoramaschichtaufnahmen angefertigt, um die Knochenhöhe adäquat bewerten zu können. (Schmitt, et al., 2013, p. 578) Die Patienten wurden, im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Studien, eine Stunde präoperativ mit einem Antibiotikum (Augmentan® 875/125 mg oder Clindamycin 600 mg) medikamentös behandelt. Der externe Sinuslift wurde, wie im Punkt 2.1.1 beschrieben, durchgeführt. Die Patienten bekamen nach der Operation für 10 Tage Nasentropfen (Otriven®) und ein Schnäuzverbot für zwei Wochen. Die für die Untersuchung notwendige Biopsie wurde simultan zur Implantation mittels eines Trepanbohrers gewonnen und histologisch untersucht. Einige Proben enthielten sowohl augmentierten, als auch Wirtsknochen und wurden histologisch untersucht, um die beiden Strukturen differenziert betrachten zu können. Somit wurden, wie in Abb. 3 dargestellt, der augmentierte Bereich im Sinus (ROI2) und der maxilläre Knochen (ROI1) getrennt betrachtet und für jeden der Bereiche Bewertungsparameter festgelegt. (Schmitt, et al., 2013, p. 579)

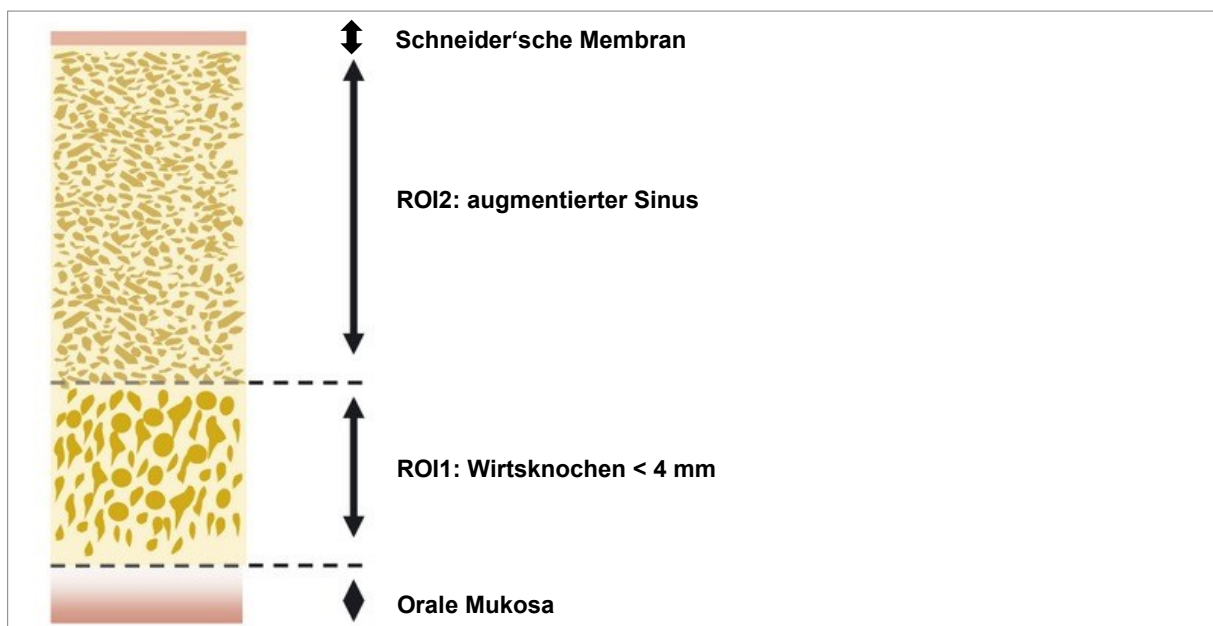


Abb. 5: Beispiel für den Umfang des entnommenen Gewebes einer Probebiopsie nach der Augmentation eines Sinus

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Schmitt, Doering, & Schmidt, 2013, S. 578

Bei den Schnitten mit ROI1 wurde einerseits auf das Knochen- sowie das Gewebevolumen (BV/TV) in Bezug auf die mineralisierten Anteile und andererseits auf das intertrabekuläre sowie das Gewebevolumen (ITV/TV) in Bezug auf die Weichgewebsanteile geachtet. Für die Schnitte mit ROI2 wurde weitere Parameter festgelegt: 1. Neugebildetes Knochen-/ Gewebevolumen (BV/TV); 2. Restmaterial in Knochen- /Gewebevolumen (BSMV/TV); 3. Knochen- und Volumen des Knochenersatzmaterials (mineralisierte Anteile)/ Gewebevolumen (BVBSMV/TV); 4. Intertrabekuläres Volumen/ Gewebsvolumen (Weichgewebsanteile)

(ITV/TV); 5. Volumen des Restmaterials/ Volumen des KEM und Knochenvolumen (mineralisierte Anteile) (BSMV/ BSMVBV); 6. Knochenvolumen/ Volumen des KEM und Knochenvolumen (mineralisierte Anteile) (BV/BSMVBV). Insgesamt wurden dreißig Patienten behandelt, bei denen insgesamt 45 Sinus augmentiert wurden. Bei der radiologischen Ausgangsmessung des Knochens wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt. Insgesamt wurden 94 Biopsien entnommen, von denen allerdings nur 53 verwendet werden konnten, da die anderen 41 Proben entweder verloren gingen oder, aufgrund einer dezentralen Lage des Implantates im Augmentat, die Probe nicht aussagekräftig war. (Schmitt, et al., 2013, p. 580) Bei der mikroradiologischen und histomorphometrischen Untersuchung wurde einerseits auf den Wirtsknochen (ROI1) geachtet, bei dem keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf das mineralisierte Gewebe und das Weichgewebe festgestellt werden konnten und andererseits wurde das augmentierte Gebiet differenziert betrachtet und ebenfalls auf das Volumens des mineralisierten Gewebes und des Weichgewebes untersucht. (Schmitt, et al., 2013, p. 580) Die Untersuchung der BVBSMV/TV und der ITV/TV Parameter ergab statistische Relevanzen im Vergleich von MCBA zu BCP und ABB, da MCBA prozentual deutlich weniger mineralisiertes Gewebe und wiederum prozentual signifikant mehr Weichgewebe aufwies. In Bezug auf das Restmaterial ergab sich dadurch, dass in der ABB Gruppe im Vergleich zur BCP wesentlich mehr Restmaterial vorhanden war, eine statistische Relevanz. In den Gruppen MCBA und AB war der Wert nicht zu messen, weil sich die Transplantate und der Wirtsknochen zu sehr gleichen. Diese Problematik gab es außerdem bei Verhältnissen BSMV/BSMVBV und BV/BSMVBV und diese waren somit nicht zu verwenden für die vorliegende Arbeit. Bei der Auswertung des neugebildeten Knochens wurde das BV/TV Verhältnis betrachtet und ergab Signifikanzen zwischen BCP (<) und AB, ABB (<) und MCBA sowie ABB (<) und AB. Die histologische Untersuchung ergab einen klar abzugrenzenden Übergang bei allen drei Materialien, außerdem eine Möglichkeit zur Differenzierung zwischen nichtvitalem und vitalem Knochen in der MCBA Gruppe. Die Untersuchenden kamen zu dem Ergebnis, dass AB weiterhin als Goldstandard angesehen werden kann, die drei Ersatzprodukte allerdings einen ähnlichen Effekt brachten und somit alternativ eingesetzt werden können.

12. Eine weitere Studie, die sich mit dem Thema der Sinusbodenelevation beschäftigt, trägt den Titel „Maxillary Sinus Augmentation With Different Biomaterials: A Comparative Histologic and Histomorphometric Study in Man“ und wurde von A. Scarano, M. Degidi, G. Iezzi et al. durchgeführt. Sie führten bei Menschen die Operationen durch und nutzten neun verschiedene Materialien zur Augmentation, um diese anschließend histologisch und histomorphometrisch auf deren Eigenschaften zu untersuchen. (Scarano, et al., 2006, p. 198) Die hierfür verwendete-

ten Materialien waren autologer Knochen, demineralisierter gefriergetrockneter allogener Knochen (DFDBA), Biocoral® (xenogen), Bioglass® (alloplastisch), Fisiograft® (alloplastisch), PepGen P-15™ (xenogen), Kalzium-Sulfat (alloplastisch), Bio-Oss® (xenogen), Fingranule® (alloplastisch) und Hydroxylapatit (alloplastisch). Allerdings gibt es keine Angaben zur Häufigkeit der Verwendung der einzelnen Präparate. Für die Untersuchung wurden Patienten gesucht, die weder rauchten, an systemischen Erkrankungen oder pathologischen Veränderungen der Kieferhöhlen litten, noch solche, bei denen die Extraktion in dem Operationsgebiet weniger als ein Jahr zurücklag. Insgesamt wurden 144 Sinus bei 94 Patienten augmentiert. Hierfür wurden die bekannten Operationstechniken angewendet, zusätzlich wurde in diesem Fall die Implantation simultan zur Augmentation durchgeführt. (Scarano, et al., 2006, p. 199) Nach einer sechsmonatigen Einheilungszeit wurden die Operationsgebiete erneut dargestellt, um eine Probebiopsie mithilfe eines Trepanbohrers zu entnehmen. Die Patienten wurden über weitere Jahre betreut und fortlaufend untersucht. (Scarano, et al., 2006, p. 200) In diesem, im Durchschnitt vier Jahre betragenen, Untersuchungszeitraum gingen sechs der insgesamt 362 inserierten Implantate verloren. (Scarano, et al., 2006, p. 200) Darunter war 1 aus der Biocoral®, 1 aus der autologen, 1 aus der DFDBA, 1 aus der Hydroxylapatit und 2 aus der Bioglass® Gruppe. Die histologische Untersuchung ergab, dass die DFDBA Bestandteile, welche nahe am Wirtsknochen waren, zwar von neuem Knochen umgeben waren, jedoch weiter entfernte Partikel keine Remineralisierung oder neugebildeten Knochen aufwiesen. Nur in wenigen Gebieten des Augmentats waren mineralisierte Bereiche zu finden. In Tab. 13 sind die weiteren Ergebnisse der histologischen Untersuchung zu sehen.

Augmentat	Neugebildeter Knochen	Markräume	Restmaterial
Autologer Knochen	40,1% ± 3,2%	40% ± 2,1%	18% ± 2,3%
DFDBA	29% ± 2,3%	37% ± 1,6%	34% ± 1,2%
Biocoral®	39% ± 3,1%	40% ± 1,5%	22% ± 2,8%
Bioglass®	31% ± 1,9%	49% ± 1,8%	18% ± 2,4%
Fisiograft®	33% ± 2,1%	59% ± 2,3%	3% ± 2,1%
PepGen P-15™	37% ± 2,3%	23% ± 1,6%	37% ± 3,2%
Kalzium-Sulfat	38% ± 3,2%	45% ± 1,3%	13% ± 2,1%
Bio-Oss®	39% ± 1,6%	34% ± 1,6%	31% ± 1,4%
Hydroxylapatit	32% ± 2,5%	40% ± 1,6%	34% ± 1,6%

Tab. 13: Angaben der histomorphometrischen Untersuchungen in den verschiedenen Gruppen
 Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Scarano, Degidi, & Iezzi, 2006, S. 200

In keiner der Proben wurde die Anwesenheit von Entzündungszellen nachgewiesen. (Scarano, et al., 2006, p. 201) Scarano et al. kamen zu dem Ergebnis, dass alle der verwendeten Materialien für den Sinus Lift verwendet werden können, der jeweilige Behandler jedoch individuell für die Bedürfnisse der Behandlung das passende Augmentat auswählen muss. (Scarano, et al., 2006, p. 201)

13. R. J. Boëck-Neto, L. Artese, A. Pieattelli et al. untersuchten ebenfalls Sinusaugmentationen und verwendeten hierfür autologes Material als Kontrollgruppe (n=13) und verschiedene Knochenersatzmaterialien, wie Hydroxydapatit (HA) (n=6), demineralisierten gefriergetrockneten allogenen Knochen (DFDBA) (n=5), Calcium Phosphat (CP) (n=5) und ein Polymer (n = 5) in Verbindung mit autologem Knochen als Versuchsgruppen. (Boëck-Neto, et al., 2009, p. 149) Ihre Studie aus dem Jahre 2009 trägt den Titel „VEGF and MVD expression in sinus augmentation with autologous bone and several graft materials“ und untersucht den vascular endothelial growth factor (VEGF) und die microvessel density (MVD). Der VEGF beinhaltet eine bestimmte Art von Proteinen, die unter anderem für die Bildung neuer Gefäße relevant sind. Die MVD – mikrovaskuläre Dichte - gibt die Anzahl neugebildeter Gefäße in einem bestimmten Bereich an. Bei 34 Patienten wurden zur Vorbereitung für eine folgende Implantation Sinuslifte mittels der oben genannten Operationstechniken durchgeführt und mit verschiedenen Materialien augmentiert. Nach der Augmentation bekamen die Patienten Amoxicillin 2 x 1g/Tag für eine Woche und Analgetika bei Bedarf. Die Probebiopsien wurden 10 Monate postoperativ mithilfe eines Trepanbohrers entnommen. Bei der histologischen und histomorphometrischen Analyse stellte sich heraus, dass die Kontrollgruppe und die Gruppe mit DFDBA im Vergleich zu den anderen Gruppen mehr neuen Knochen aufwiesen und untereinander keine signifikanten Differenzen aufzeigen konnte. (Boëck-Neto, et al., 2009, p. 150) Ebenso verhielt es sich zwischen den Gruppen mit HA, CP und Polymeren. Im Hinblick auf die MVD zeigten sich signifikante Differenzen zwischen der Kontrollgruppe und der DFDBA-Gruppe. Bei der Anzahl an Restmaterial waren die Werte für die HA und die Polymer Gruppe statistisch signifikant höher als bei den drei anderen Gruppen. (Boëck-Neto, et al., 2009, p. 151) Sie vermuteten aufgrund ihrer Ergebnisse, dass die Angiogenese ausschlaggebend für den Erfolg einer Augmentation ist. Die Sinus, die mit HA, Kalziumphosphat und autologem Knochen augmentiert wurden, wiesen die höchste Revaskularisation auf und ebenfalls die besten Ergebnisse in Hinblick auf den Erfolg der Sinusbodenelevation. (Boëck-Neto, et al., 2009, p. 153) Sie kamen zu dem Ergebnis, dass mehrere Materialien für die Sinus Augmentation genutzt werden können und zudem weitere Studien zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Angiogenese und Knochenneubildung notwendig sind, um die Vermutung zu belegen. (Boëck-Neto, et al., 2009, p. 154)

14. T. R. R. N. de Castilho, P. Tortamano, J. Marotti et al. haben in ihrer Studie „Clinical and Histomorphometric Evaluation of Fresh Frozen Bone Allograft in Sinus Lift Surgery“ aus dem Jahre 2014 klinisch und histomorphometrisch untersucht, welchen Nutzen allogene Augmentate bei Sinusbodenelevationen haben. (Nantes de Castilho, et al., 2016, p. 41) Insgesamt wurden 20 Patienten mit zu geringer Knochenhöhe für eine Implantation im Oberkiefer bei der Studie inkludiert. Bei der Kontrollgruppe wurde die Augmentation mit autologem Knochen durchgeführt. Sobald die Patienten nicht genügend intraoralen Knochen für eine Entnahme hatten oder nicht bereit waren, eine zweite, extraorale, Operationswunde zu erhalten, wurden sie der Testgruppe zugewiesen. Patienten mit Vorerkrankungen, Dauermedikation, Raucher, mit chronischen Erkrankungen der Kieferhöhle, Patienten mit zuvor durchgeführter Augmentation und Patienten mit einer schlechten Compliance wurden von der Untersuchung ausgeschlossen. Mittels einer zuvor durchgeführten, dreidimensionalen Röntgenaufnahme wurden die Operationen für jeden Patienten individuell geplant. Die Entnahmestelle für den autologen Knochen war der ramus mandibulae, wohingegen die allogenen Knochenblöcken aus dem Oberschenkelknochen (femur) der Spender stammten. (Nantes de Castilho, et al., 2016, p. 42) Der Kontrollgruppe wurden acht und der Testgruppe 12 Patienten zufällig zugeordnet und mit Nummer versehen, um eine blinde Auswertung zu gewährleisten. Die Sinusbodenelevationen wurden mit der bereits bekannten Operationsmethode durchgeführt und im Anschluss vernäht. Auch in dieser Studie wurden die Patienten antibiotisch mit Amoxicillin in Kombination mit Clavulansäure eine Stunde präoperativ mit 2 g und für sechs weitere Tage postoperativ mit 800 mg alle acht Stunden versorgt. Zusätzlich erhielten die Patienten Diclofenac Natrium 50 mg alle acht Stunden für drei Tage sowie Metamizol 500 mg alle sechs Stunden für zwei Tage und die Anweisung den Mund mit 0,2% Chlorhexidin zu spülen. Nach einer ausreichend langen Einheilungsphase wurden dentale Implantate in den Knochen inseriert. Sowohl die Erfolgsquote der dentalen Implantate (Nantes de Castilho, et al., 2016, p. 44) als auch das Knochenvolumen und die Menge an Restmaterial ergaben keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen der Test- und der Kontrollgruppe. (Nantes de Castilho, et al., 2016, p. 45) Alleine die Anzahl der aktiven Osteoblasten und die Menge des vitalen Knochens (Nantes de Castilho, et al., 2016, p. 49), waren bei der Kontrollgruppe signifikant höher als in der Testgruppe. Ein Proband der Kontrollgruppe erlitt postoperativ eine Infektion der Kieferhöhle, weswegen das Augmentat wieder entfernt werden musste. (Nantes de Castilho, et al., 2016, p. 46) Die Autoren kamen zu dem zusammenfassenden Ergebnis, dass allogene Augmentate für die Sinusbodenelevation genutzt werden können, eine zeitlich ausgedehntere Untersuchungsphase jedoch notwendig wäre, um aussagekräftige Langzeitergebnisse zu erhalten. (Nantes de Castilho, et al., 2016, p. 49)

15. G. La Monaca, G. Iezzi, M. P. Cristalli et al. veröffentlichten 2018 ihre Studie „Comparative Histological and Histomorphometric Results of Six Biomaterials Used in Two-Stage Maxillary Sinus Augmentation Model after 6-Month Healing“ im Journal BioMed Research International, in der sie sechs verschiedene Materialien zur Sinusbodenelevationen nutzten und diese mittels Biopsien histologisch und histomorphometrisch nach einer sechsmonatigen Einheilungsphase auf deren Erfolg zu untersuchen. (La Monaca, et al., 2018, p. 2) Bei sechs gesunden, nichtrauchenden Patienten mit einer guten Mundhygiene wurden Sinuslifts mit jeweils einem der folgenden Materialien durchgeführt: mineralisierter, mit Lösungsmitteln dehydratisierter, allogener Knochen (MCBA; Puros®; Zimmer Dental); gefriergetrockneter mineralisierter allogener Knochen (FDBA; Organizzazione Toscana Trapianti); anorganischer Rinderknochen (ABB; Bio-Oss®, Geistlich Biomaterials); Pferdeknöchel (EB; osteOXenon® - Bioteck S.p.A.); synthetischer mikro-/makroporiger, zweiphasiger Kalzium-Phosphat-Block aus β -Trikalzium-Phosphat (70%) und Hydroxylapatit (30%) (HA- β -TCP 30/70; BioCer Entwicklungs GmbH) und Hydroxylapatit-Kollagen (BC, Biostite™, GABA Vebas San Giuliano Milanese). (La Monaca, et al., 2018, p. 3) Präoperativ wurde den Patienten ein Antibiotikum aus Amoxicillin 875 mg und Clavulansäure 125 mg (Augmentin) sowie 200 mg Ketoprofen zur Schmerzprophylaxe verabreicht. (La Monaca, et al., 2018, p. 2) Die Operationen wurden mit der bekannten Methode zur Sinusbodenelevation durchgeführt und die Patienten wurden angewiesen, das Antibiotikum für weitere sieben Tage einzunehmen. (La Monaca, et al., 2018, p. 3) Sechs Monate postoperativ wurde mittels eines Trepanbohrers, simultan zur Insertion der dentalen Implantate, eine Probebiopsie entnommen, um die histologische Untersuchung durchführen zu können. Die Resultate der klinischen Untersuchungen nach erfolgter Einheilungsphase waren bei jeder der sechs Gruppen unauffällig und auch die Primärstabilität der eingebrachten Implantate wies in allen Sinus einen ausreichend hohen Wert auf (>35Ncm). (La Monaca, et al., 2018, p. 4) Die histomorphometrischen Ergebnisse wurden in folgender Tabelle zusammengefasst.

	MCBA (%)	FDBA (%)	ABB (%)	EB (%)	HA- β -TCP 30/70(%)	BC (%)
Neugebildeter Knochen	20,1	32,1	16,1	22,8	20,3	21,4
Markräume	57,5	47,8	46,7	47,1	41,8	53,3
Restmaterial	22,4	20,1	37,2	30,1	37,9	25,3

Tab. 14: Ergebnisse der histomorphometrischen Untersuchung der Probebiopsien
 Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an La Monaca, Iezzi, & Cristalli, 2018, S. 8

Bei der histologischen Untersuchung der Schnitte kamen die Untersucher zu den Resultaten, dass MCBA die höchste Biokompatibilität aufweist, da dort keine Entzündungszeichen nachweisbar waren und das Material zusätzlich die Eigenschaft zur Einbindung neugebildeten Knochens in den Großteil der Augmentatoberfläche aufwies. (La Monaca, et al., 2018, p. 8) Zum Ende wird angegeben, dass alle der sechs untersuchten Materialien sehr ähnliche Ergebnisse in Bezug auf die Sinusbodenelevation liefern, FDBA allerdings bei den histomorphometrischen Untersuchungen die besten Ergebnisse lieferte. (La Monaca, et al., 2018, p. 9)

16. Die Studie „A Clinical and Histomorphometric Study of Calcium Sulfate Compared With Freeze-Dried Bone Allograft for Alveolar Ridge Preservation“ von S. M. Toloue, I. Chesniou-Matei und S. B. Blanchard von Juli 2012 beinhaltet die Untersuchung von Kalzium-Sulfat (CS) als KEM bei der Socket-Preservation im Vergleich zu gefriergetrocknetem Allograft (FDBA), sowohl im Hinblick auf den Erhalt des Knochendimension, als auch auf die Menge an neuem Knochen und Restmaterial der Augmentate nach einer dreimonatigen Einheilungsphase. (Toloue, et al., 2012, p. 848) Bei den Probanden wurde darauf geachtet, dass keine Raucher, die mehr als 20 Zigaretten am Tag rauchen, schwangere oder stillende Frauen, Patienten mit einer schlechter Mundhygiene oder mit einer Vorerkrankung in die Studie aufgenommen wurden. Die 21 inkludierten Patienten wurden eine Stunde präoperativ und eine Woche postoperativ mit entweder 500 mg Amoxicillin oder 150 mg Clindamycin antibiotisch versorgt. Die zu extrahierenden Zähne wurden minimalinvasiv entfernt und die Extraktionsalveolen entweder mit CS (Testgruppe) oder FDBA (Kontrollgruppe) gefüllt, jedoch ohne eine Membran verschlossen. Einige Extraktionsalveolen wurden nicht zur Augmentation verwendet, da unter anderem die bukkale Knochenlamelle frakturierte und somit wurden insgesamt 28 Alveolen versorgt. (Toloue, et al., 2012, p. 850) Die Operationswunden wurden nun in einem Abstand von zwei Wochen bis zum vollständigen Verschluss der Schleimhaut kontrolliert und nach einer dreimonatigen Einheilungsphase fand die Messung der Kieferkammverhältnisse und die Entnahme einer Biopsie statt. (Toloue, et al., 2012, p. 849) Die prä- und postoperativen intraoralen Messungen der vertikalen und horizontalen Ausdehnungen der Kieferkämme ergaben keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. (Toloue, et al., 2012, p. 851) Die histologische Untersuchung zeigte, dass die Menge an neugebildetem Knochen bei CS mit $31,74 \pm 8,75\%$ im Gegensatz zu $16,66 \pm 11,14\%$ bei FDBA signifikant höher und wiederum die Menge an Restmaterial bei CS mit $2,54\%$ zu $21,37\%$ bei FDBA signifikant geringer war. Zudem war in neun Proben mit CS kein Restmaterial zu entdecken. Die Autoren kamen somit zu dem Ergebnis, dass CS zur Erhaltung der Kieferkammdimensionen nach einer Extraktion kongruent zu FDBA genutzt werden kann. (Toloue, et al., 2012, p. 854)

4.2 EINGESCHLOSSENE STUDIEN MIT EVIDENZGRAD

Die Studien 1. – 4. Sind allesamt Literaturrecherchen und fassen diverse randomisierte und nicht randomisierte klinische Studien aus einem bestimmten Zeitraum mit einem gemeinsamen Thema zusammen. Somit ist die Aussagekraft der Studien sehr valide und können somit dem Evidenzgrad Ia zugeordnet werden. Studien, bei denen die Gruppenteilnehmer zufällig zugeteilt werden, nennt man randomisierte Studien. Diese Studien haben in der Medizin den höchsten Aussagewert bei klinischen Studien und werden mit dem Evidenzgrad Ib beschrieben. In dieser Zusammenfassung können diesem Grad die Studien 7., 11. 13., 15., 17. und 18. zugeordnet werden. Hingegen nicht randomisierte klinische Studien sind weniger aussagekräftig, da die Studienteilnehmer bewusst den Gruppen zugeordnet werden und die Ergebnisse somit verfälscht werden können. Die Nummern 5., 8., 9., 10. und 16. können somit dem Evidenzgrad IIa zugeteilt werden. Retrospektive Arbeiten, wie die Nummern 12. und 16., sammeln im Studienverlauf keine eigenen Daten anhand durchgeführter Experimente, sondern verwenden bereits vorhandene Patientendaten, die zu ihrem Untersuchungsschema passen. Aufgrund der vorgegebenen Gruppen ist dieses Studiendesign ebenfalls nicht randomisiert und mit dem Evidenzgrad III versehen. Aus der 14. Studie war nicht klar ersichtlich, ob es sich um eine randomisierte oder nicht randomisierte klinische Studie, also Evidenzgrad Ib oder IIa, handelt. Jedoch wird hier das Studiendesign so beschrieben, dass es eine Kontrollgruppe und mehrere Experimentalgruppen gab, somit wäre diese Studie dem Evidenzgrad Ib zuzuordnen.

4.3 ANALYSE DER INKLUDIERTEN STUDIEN ANHAND DER PARAMETER (UND DER EVIDENZGRADE)

Im Folgenden werden die einzelnen Parameter thematisiert und die Studien anhand dessen analysiert. Hierbei wird jeweils das zugehörige Odds-Ratio errechnet. Das Odds-Ratio gibt an, wie hoch die Wahrscheinlichkeit für eine Gruppe ist, die Merkmale für einen der Parameter aufzuweisen. Zudem wird der allogene Knochen primär betrachtet und ist deshalb in jeder der Studien vorhanden. Dem allogenen Knochen werden Materialien anderer Herkunft gegenübergestellt.

Das Odds-Ratio wird wie folgt errechnet. Als Beispiel dienen die in Tab.16 verwendeten Zahlen:

Odds-Ratio für AL (allogen) – AU (autolog):

$$(19/(660-19))/(45/(988-45)) = 0,460$$

Infektionen/Wundheilungsstörungen

Die in Tabelle 22 aufgeführten acht Studien beschäftigen sich mit dem Thema der Infektionen und Wundheilungsstörungen bei Kieferkammaugmentationen. Es wurden für die jeweiligen Studien die absoluten Zahlen der Studienteilnehmer, die Anzahl der betroffenen Probanden und der Evidenzgrad der jeweiligen Studien aufgeführt. Es handelt sich hierbei um zwei Studien der Evidenzklasse Ia, drei aus Ib, zwei aus IIa und eine aus III. Außerdem variiert die Anzahl der Probanden in der allogenen Gruppe von 2 bis zu 532 Probanden. Auffällig hierbei ist, dass die Studien mit deutlicher weniger Probanden und einem Evidenzgrad von IIa und III, von Amoian et al. und La Monaca et al. mit 50% und 66,76% Wahrscheinlichkeit eine Infektion oder Wundheilungsstörung nach der Augmentation mit allogenen KEM zu erleiden, deutlich von den anderen Studien abweichen. Bei den weiteren Studien liegt der prozentuale Anteil für allogene Augmentationen bei 0% (n=5) bis 2,63% (n=1), wobei die Studien ohne Infektionen überwiegen. Es ist anzumerken, dass die Studien mit einer Gruppengröße von 15-43 für allogenes Material keine Infektionen nachweisen konnten, hingegen die Studie von Motamedian et al. mit einer Anzahl von 532 Probanden in der allogenen Gruppe, einen Anteil von 2,63% an Infektionen postoperativ beobachteten. Diese Studie hat zudem eine hohe Validität. Die Studien von Amoian et al. und La Monaca et al. weisen mit 13 und 6 Probanden jeweils nur eine geringe Anzahl an Probanden auf und weichen zudem in ihren Ergebnissen stark von den anderen Studien ab. Außerdem besitzen sie zusätzlich mit der Einstufung in die Evidenzgrade III und IIa nicht die höchste Aussagekraft. Jedoch werden sie trotzdem erwähnt, da so eine vollständige Transparenz gewährleistet werden soll und die Selektor-Bias möglichst minimiert wird. Beide Studien haben allogenen Knochen mit xenogenem KEM verglichen. Amoian et al. konnten hierbei für den allogenen Knochen eine Infektionsrate von 66,67% (4 von 6) und für den xenogenen Knochen von 57,14% (4 von 7) beobachten. La Monaca et al. kamen bei ihren Beobachtungen auf 50% (1 von 2) für allogenen Knochen und 0% (0 von 2) bei xenogenem sowie 0% (0 von 2) bei alloplastischem Knochen. Für die Gruppe mit autologem KEM ergaben sich Werte im Bereich von 0 bis 41 Fällen (0%-6,25%), bei denen Infektionen und/oder Wundheilungsstörungen aufgetreten sind. Vier der fünf Studien können nur eine geringe Probandenzahl (<50) aufweisen. Einzig die Studie von Motamedian et al. beinhaltet mit 872 Probanden eine wesentlich höhere und aussagekräftigere Anzahl. Der Mittelwert für allogenes Knochenersatzmaterial auf die Gesamtzahl der Studien bezogen, liegt bei 0,149, der Mittelwert für autologes Material hingegen bei 0,027. Hieraus zeigt sich, dass der Mittelwert für allogenes Material ca. 5,5-mal größer ist als der für autologes Material und die Probanden, bei denen die Augmentationen mit autologem Knochen durchgeführt wurden, eine wesentlich höhere Anfälligkeit für Infektionen und/oder Wundheilungsstörungen aufwiesen. Die Mehrzahl der Studien, die sich mit der Untersuchung des Parameters beschäftigen, besitzen eine höhere bis hohe

wissenschaftliche Aussagekraft, da sie in den Evidenzgruppen von Ia bis Ib angeordnet sind. Einzig die Arbeiten von Spin-Neto et al. und La Monaca et al. werden mit IIa und die Studie von Amoian et al. mit der Evidenz III beschrieben. Zudem ist auffällig, dass die Ergebnisse der Studien von La Monaca und Amoian stark von dem Mittel abweichen. Die Arbeit von Spin-Neto et al. hingegen kann mit einer relativ hohen Anzahl an Probanden und keiner Abweichung zu den weiteren Studien als valider angesehen werden. Der Vergleich von allogenem KEM zu anderen, nicht autologen KEM wird in Dreien der untersuchten Studien thematisiert. Scarano et al. untersuchten neben allogenem und autologem Knochen ebenfalls noch xenogenen und alloplastischen Knochen. In keiner der Gruppen konnten Probleme bei der Wundheilung oder Infektionen beobachtet werden. La Monaca et al. verglichen allogenen Knochen mit xenogenem und alloplastischem KEM. Bei der Untersuchung kam es in einem Fall nach Augmentation mit allogenem Knochen zu Problemen bei der Wundheilung. Amoian et al. verglichen allogenen Knochen lediglich mit xenogenem Knochen, stellten jedoch die meisten Komplikationen fest. Da diese Werte nicht aussagekräftig und in zu geringer Anzahl vorhanden sind, wird für den vorliegenden Parameter ausschließlich die Gegenüberstellung von allogenem zu autologem Knochen aufgeführt. Die Anzahl der Infektionen war somit bei allen relevanten Studien gering bis nicht vorhanden. Jedoch sind Unterschiede zwischen den Materialien zu erkennen. Das Odds-Ratio zwischen allogenem und autologem Knochen liegt in der Studie von Motamedian et al. bei 0,5478. Somit zeigt sich, dass die Chancen, eine Infektion oder Wundheilungsstörung zu bekommen, für das autologe Material im Gegensatz zu dem allogenen KEM deutlich höher sind. Die Analyse der anderen Studie zeigt das gleiche Ergebnis. Nur bei der Studie von Spin-Neto et al. liegt das Odds-Ratio bei 1, was bedeutet, dass das Chancenverhältnis beider Gruppen gleich ist. In absoluten Zahlen stellt sich das Ergebnis der Auswertung, wie in Tab. 15 aufgeführt, dar.

	Infektionen/Wundheilungsstörungen	Probanden	Odds-Ratio
Allogen	19	660	AL-AU 0,460
Autolog	45	988	AU-AL 2,175

Tab. 15: Gesamtzahl der Probanden und Erkrankten aller Studien des Parameters „Infektionen/Wundheilungsstörungen“ mit dem zusätzlich errechneten Odds-Ratio
Quelle: eigene Darstellung

Die inkludierten Studien werden zum Großteil mit den Evidenzgraden Ia und Ib bewertet. Nur die Arbeit von Spin-Neto et al. wird aufgrund der fehlenden Randomisierung mit dem Evidenzgrad IIa bewertet. Hierzu ist allerdings zu sagen, dass die Studie aufgrund der Inklusion einer höheren Anzahl an Probanden ebenfalls als valide anzusehen ist.

Nichtvitaler Knochen

Motamedian et al. beschrieben in ihrer Studie das Auftreten nichtvitalen Knochens sowohl bei allogenen als auch bei autologem Knochen. Die Studie fasst mehrere randomisierte Studien zusammen und wird aufgrund ihrer hohen wissenschaftlichen Aussagekraft dem Evidenzgrad Ia zugeteilt. Sie beinhaltet insgesamt 4042 Probanden und wird somit als valide angesehen. Allerdings ist die Verteilung der Probanden auf die jeweiligen Gruppen, mit einem Verhältnis von ca. 2:1 zugunsten des autologen Knochens, nicht gleichmäßig aufgeteilt. Das Odds-Ratio beträgt 5,713 und zeigt somit, dass die Wahrscheinlichkeit des Auftretens nichtvitalen Knochens bei mit allogenen Material augmentierten Defekten höher ausfällt. In der von S. Froum et al. durchgeführten Studie kam es ebenfalls bei den allogenen Augmentaten zum Auftreten von nichtvitalen Knochen. In diesem Fall ist der Anteil mit 30% wesentlich höher. Allerdings betrug die Anzahl der Probanden lediglich 10 und ist daher in geringerem Maße aussagekräftig. Die Studie von C.M. Schmitt konnte ebenfalls für allogene Augmentate als einziges die Anwesenheit nicht vitalen Knochens nachweisen. Hier wird keine genaue Anzahl genannt, jedoch wird geschrieben, dass man bei den allogenen Augmentaten zwischen nicht vitalem und vitalem Knochen differenzieren konnte. Daher wird davon ausgegangen, dass es bei jeder der Proben der Fall war.

Restmaterial

Fünf der inkludierten Studien untersuchten das Vorhandensein von Restmaterial sowohl bei allogenen als auch bei autologem Knochen. W. Becker et al., C. M. Schmitt et al. und A. Scarano et al. kamen zu dem Ergebnis, dass die Wahrscheinlichkeit des Auffindens von Restmaterial bei allogenen Knochen höher ist als bei autologem Knochen. Bei W. Becker et al. war dies bei allen der fünf Probanden, die mit allogenen Knochen behandelt wurden, der Fall. Die Augmentationsorte, die mit autologem Knochen aufgebaut wurden, wiesen in drei von vier Fällen Restmaterial auf. C. M. Schmitt et al. konnten bei 21,36% der untersuchten Proben mit allogenen Knochen Restmaterial nachweisen. Dadurch ist hier der Anteil deutlich geringer, jedoch weiterhin höher als bei autologem Knochen. Dort wurde in keiner der Proben Restmaterial nachgewiesen. A. Scarano et al. konnten mit 34% Restmaterial bei allogenen Proben zu 18% bei autologen Proben ebenfalls eine höhere Wahrscheinlichkeit für allogenen Knochen

nachweisen. R.J. Boëck-Neto et al. kamen in ihrer Untersuchung zu dem Ergebnis, dass sowohl bei allogenen, als auch bei autologem Knochen Restmaterial verbleibt, dies jedoch im gleichen Maße stattfindet. Die prozentualen Anteile waren für beide Gruppen exakt gleich, jedoch waren die Gruppengrößen mit 5 Probanden bei allogenen und 13 bei autologem Knochen recht unterschiedlich. Die Studie von C. M. Schmitt et al. zeigte ebenfalls einen höheren Anteil an Restmaterial in der allogenen Gruppe auf. In der autologen Gruppe konnte keinerlei Restmaterial nachgewiesen, in der allogenen hingegen war dies bei 21,36% der Proben nachweisbar. Die Studien für sich hatten zumeist recht unterschiedliche Gruppengrößen. Nimmt man die fünf Studien jedoch zusammen ergeben sich 50 Probanden für die allogene und 53 für die autologe Gruppe. Bezogen auf die Zahl des Auftretens von Restmaterial ergibt sich hieraus ein Odds-Ratio im Vergleich AL-AU von 1,90 (Tab. 16). Das bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Restmaterial in Proben bei der Verwendung allogenen Knochens höher ist als bei der Verwendung von autologem Knochen.

	Restmaterial	Probanden	Odds-Ratio
Allogen	14,3532	50	AL-AU 1,90
Autolog	9,254	53	AU-AL 0,53

Tab. 16: Gesamtzahl der Probanden und Fällen mit Restmaterial im Vergleich von allogenem zu autologem Knochen mit dem dazugehörigen Odds-Ratio

Quelle: eigene Darstellung

Die Gegenüberstellung von allogenen Knochen zu xenogenem KEM ist ebenfalls in fünf Studien aufgeführt. C. M. Schmitt et al. konnten die größten Unterschiede zwischen den beiden Materialien nachweisen. In der Gruppe mit xenogenem KEM wurde in keiner Probe Restmaterial nachgewiesen, dagegen kam die allogene Gruppe auf einen Wert über 20%. In der Studie von A. Scarano et al. kam die allogene Gruppe mit 34% zu den 30% in der xenogenen Gruppe ebenfalls zu einer höheren Anzahl an Restmaterial. W. Becker et al. kamen als einzige bei ihrer Studie auf einem gemeinsamen Wert der Gruppen. Sie wählten recht kleine Gruppengrößen und wiesen in 100% der Fälle Restmaterial nach. Wiederum zwei der fünf Studien beobachteten, dass die allogenen Gruppen weniger Restmaterial aufweisen. Bei B. Amoian et al. schnitt die allogene Gruppe mit 2,8% im Vergleich zu den weiteren Studien am besten ab. Die xenogene Gruppe kam auf 12,13%. G. La Monaca et al. beobachteten eine ähnliche Differenz der Gruppen, jedoch bei insgesamt höheren Werten. Die allogene Gruppe kam auf 21,3% und die xenogene auf 33,6% an Restmaterial in den entnommenen Biopsien.

Das Odds-Ratio liegt in diesem Vergleich bei 1,574 für allogenen Knochen. Demnach ist in diesem Vergleich ebenfalls die Wahrscheinlichkeit für vorhandenes Restmaterial in der mit allogenen Knochen augmentierten Gruppe höher.

	Restmaterial	Probanden	Odds-Ratio
Allogen	13,4292	35	AL-X 1,574
xenogen	13,3211	47	X-AL 0,635

Tab. 17: Gesamtzahl der Probanden mit der Anzahl an Restmaterial und dem dazugehörigen Odds-Ratio für den Vergleich von allogenen zu xenogenen Augmentaten

Quelle: eigene Darstellung

Sechs der neun Studien, die den Parameter Restmaterial untersuchten, nutzten sowohl allogenes als auch alloplastisches KEM zur Augmentation und somit sind für diesen Vergleich auch die höchsten Probandenzahlen vorhanden. S. Froum et al. fanden bei allogenem Material 13,5% Restmaterial und für alloplastisches Material 5,5% an verbleibendem Material. Höhere Prozentzahlen für Restmaterial bei Augmentationen mit allogenem Knochen kamen außerdem in den Studien von C. M. Schmitt et al. (21,36% zu 15,82%), S. M. Touloue et al. (21,37% zu 2,54%) und A. Scarano et al. (34% zu 30%) vor. Im Gegensatz dazu zeigten die Studien von R. J. Boëck-Neto et al. und G. La Monaca et al. gegenteilige Ergebnisse. Bei beiden Studien zeigten sich ähnliche Ergebnisse für die jeweiligen Gruppen; - trotz unterschiedlicher Gruppengrößen. –

Boëck-Neto et al. beschrieben 19,8% Restmaterial bei allogenen und 28,7% bei alloplastischen Transplantaten. La Monaca et al. kamen auf 21,3% (allogen) und 31,6% (alloplastisch). Trotz dessen zeigt das Odds-Ratio mit 1,65 eine ebenfalls höhere Wahrscheinlichkeit für Restmaterial bei der Verwendung allogenen Knochens.

	Restmaterial	Probanden	Odds-Ratio
Allogen	13,9747	60	AL-ALLO 1,65
Alloplastisch	11,039	71	AU-ALLO 0,61

Tab. 18: Gesamtzahl der Probanden mit der Anzahl an Restmaterial und dem dazugehörigen Odds-Ratio für den Vergleich von allogenen zu alloplastischen Transplantaten

Quelle: eigene Darstellung

Implantatverlust über die Zeit

Der Vergleich von allogenen und autologen Transplantaten erzielte in den Studien unterschiedliche Ergebnisse. S. Elakkiya et al. beobachteten als Einzige eine höhere Anzahl an Implantaten, die in der Gruppe mit allogenen Transplantaten verloren gingen. Die Verlustrate der mit autologem Knochen inserierten Implantate lag hier bei unter einem Prozent, die Anzahl der Verluste bei allogenem Knochen hingegen bei über 17%. Keine der weiteren Studien zeigte einen ähnlichen Verlauf. M. Schlee et al. beschrieben keinerlei Verluste beider Gruppen.

G. La Monaca et al. kamen zu dem gleichen Ergebnis, allerdings war die Gruppengröße mit zwei Teilnehmer sehr gering. Sowohl S. R. Motamedian et al. als auch N. R. Kübler et al. kamen zu dem Ergebnis, dass die Implantatverluste in den allogenen Gruppen geringer ausfallen als in den autologen Gruppen. Dieses Ergebnis zeigt sich in Tabelle 19 ebenfalls im Odds-Ratio aller Studien. Somit ist anhand der vorliegenden Zahlen die Wahrscheinlichkeit des Verlustes eines Implantats bei der Verwendung von allogenen Knochen höher als bei der Verwendung von autologem Knochen.

	Implantatverlust über die Zeit	Probanden	Odds-Ratio
Allogen	43,0	1594	AL-AU 0,331
Autolog	234,46	3031	AU-AL 3,022

Tab. 19: Gesamtzahl der Probanden mit der Anzahl an verlorenen Implantaten und dem dazugehörigen Odds-Ratio für den Vergleich von allogenem zu autologem Knochen

Quelle: eigene Darstellung

Die Gegenüberstellung von allogenem Knochen zu xenogenem und alloplastischem KEM erfolgte in zwei Studien. La Monaca et al. konnten weder für den allogenen Knochen, noch das xenogene oder alloplastische KEM Verluste der Implantate beobachten. Elakkiya et al. hingegen berichteten den Verlust eines der drei Implantate (1/3) bei xenogenem KEM. Für den allogenen Knochen waren es 23 von 135. Dies entspricht 17% der gesetzten Implantate. Das alloplastische Material schnitt bei der Studie mit rund 34% bei 115 gesetzten Implantaten am schlechtesten ab.

Primärstabilität

Die Primärstabilität eines inserierten Implantats in ein augmentiertes Gebiet untersuchten drei der Humanstudien. Hierbei wurden bei zwei der Studien allogenes und autologes Material miteinander verglichen. Beide Studien wurden randomisiert durchgeführt und sind als aussagekräftig anzusehen. Sowohl bei P. und C. Mattout, als auch bei T. R. R. Nantes de Castilho et al. wurde bei jeder der durchgeführten Implantationen eine ausreichende Primärstabilität festgestellt. Die Anzahl der Implantate, die in mit allogenem Knochen augmentierte Gebiete eingebracht wurden betrug 87. Für die Bereiche mit autologem Knochen waren es hingegen 232 Implantate. Demnach wäre hier eine ausgeglichene Gruppengröße wünschenswert. G. La Monaca et al. verglichen das allogene mit xenogenem und alloplastischem Material. Die Größe der Gruppen war mit jeweils zwei Teilnehmern sehr gering. Sie kamen ebenfalls zu dem Ergebnis, dass, unabhängig von der Wahl des Augmentats, das Implantat eine ausreichende Primärstabilität erreicht.

Knochenvolumen

Die Veränderung des Knochenvolumens durch die Augmentationen wird lediglich in zwei der inkludierten Studien untersucht. T. R. R. Nantes de Castilho beobachteten einen durchschnittlichen Zuwachs des Volumens nach Augmentation mit allogenen Material um 56,09% bei insgesamt 12 Probanden. Der Gewinn an Volumen für die Regionen, welche mit autologem Knochen augmentiert wurden betrug im Mittel 65,97%. Diese Gruppe bestand aus 6 Probanden. R. J. Klijn et al. haben xenogene, allogene und alloplastische Materialien mit autologem Knochen verglichen und die Veränderung des Knochenvolumens beobachtet. Absolute Zahlen werden hierbei nicht angegeben. Die Untersuchenden kamen zu dem Ergebnis, dass autologer Knochen bei Augmentationen den positivsten Einfluss auf das gesamte Knochenvolumen hat und dieses am ehesten steigert. Die restlichen Materialien führten zu einer Abnahme des Knochenvolumens, wobei allogener Knochen und β -Trikalziumphosphat diesen Wert lediglich in geringem Maße negativ beeinflussen. Autologes Material wird in der Studie weiterhin als Goldstandard angegeben und zur Verwendung bei Sinuslift-Operationen empfohlen.

5. DISKUSSION

Das folgende Kapitel fasst erneut die zuvor beschriebenen Arbeiten zusammen, um rückwirkend einen Überblick über die Durchführung der Untersuchung zu gewährleisten. Die aufgeführten Ergebnisse werden nun kritisch in einen Zusammenhang gesetzt und zur Beantwortung der Hypothese zusammengefasst. Zusätzlich wird untersucht, ob die Methode zur Untersuchung der Ergebnisse optimal für die aktuelle Studienlage gewählt wurde, oder ob veränderte Vorgehensweisen die Untersuchung effizienter hätten gestalten können. Außerdem wird das Studiendesign einer systematischen Übersichtsarbeit als solche analysiert und mit anderen Studiendesigns bezüglich medizinischer Untersuchungen verglichen. Abschließend wird die Durchführung der vorliegenden Studie analysiert. Zudem werden eventuelle Verbesserungen sowie vermeintliche Fehler dargelegt und diskutiert.

5.1 ZUSAMMENFASSUNG

Mit der Studie zur Untersuchung der Kieferkammaugmentation mit Hilfe verschiedener Transplantate mit besonderem Augenmerk auf allogenen Knochen als Augmentat wurden sämtliche Studien mit dem Thema der Kieferkammaugmentation der Jahre 1979 bis 2018 analysiert und zusammengefasst. Da das Hauptaugenmerk auf dem Vergleich allogenen Knochens mit anderen KEM lag, blieben aus den 3875 Studien der ersten Suche nach einer ausgiebigen Analyse 17 Humanstudien für die weitere Untersuchung übrig, um diese anhand der ausgewählten Parameter zu betrachten und auszuwerten. Tierstudien wurden aufgrund der zu geringen An-

zahl an zu verwendenden Studien nicht in die weitere Beobachtung und Analyse mit einbezogen. Die Verwendung allogenen Knochens wird in einigen Studien als ebenbürtig den anderen Materialien gegenüber erwähnt und weicht in mehreren Fällen, auch wenn autologes Material als am sichersten beschrieben wird, nur in geringem Maße von den Ergebnissen der Augmentationen mit autologem Knochen ab. In Bezug auf die Infektionen und Wundheilungsstörungen zeigte das allogene Material bessere Ergebnisse als autologer Knochen und im Vergleich zum alloplastischen Material hatte das allogene einen signifikanten Vorteil in Bezug auf die Haltbarkeit von Implantaten in dem augmentierten Bereich. Jedoch zeigt das Material in weiteren Bereichen auch Schwächen. Es scheint trotzdem so, als wäre allogenes Material ein adäquates Substitut zu anderen KEM.

5.2 AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE

In der vorliegenden Arbeit wurden 16 Studien aus dem Zeitraum 1979 bis 2018 analysiert, die das Thema der Kieferkammaugmentation beim Menschen beinhalten. Dieses Kollektiv erfasste somit 3947 Patienten bei denen Kieferkammaugmentationen durchgeführt wurden.

Nach durchgeführter Augmentation konnten bei der Verwendung von allogenen Knochen kaum Probleme mit Infektionen oder Wundheilungsstörungen festgestellt werden. Im direkten Vergleich zu autologem Knochen waren die Ergebnisse für die Verwendung allogenen Knochens im Schnitt besser. Während bei den Augmentationen mit allogenen Knochen in 19 von 660 Fällen (3,17%) Infektionen oder Wundheilungsstörungen aufgetreten sind, so waren es bei denen mit autologem Knochen 45 von 988 Fälle (4,555%). Aus diesem Ergebnis wurde das Odds-Ratio ermittelt. Es ergibt sich ein Wert von 0,460, der aussagt, dass die Wahrscheinlichkeit eine Infektion/Wundheilungsstörung zu bekommen, für die Augmentationen mit autologem Knochen höher ist. Jedoch unterscheiden sich diese Werte kaum voneinander und sind aufgrund der unterschiedlichen Probandenzahl vermutlich in dem Maße unterschiedlich. Daher ist dort kein signifikanter Unterschied zu verzeichnen.

Im Vergleich von allogenen (20,83%) zu xenogenen (16%) und allogenen (3,03%) zu alloplastischen (0%) Transplantaten war das Ergebnis für die Augmentationen mit allogenen Material in der Summe der Studien jeweils schlechter. Jedoch sind zwei der hierbei inkludierten Studien wie bereits in der Analyse der Studien beschrieben, als nicht repräsentativ zu betrachten.

Im Hinblick auf nicht vitalen Knochen nach der Einheilungsphase, hat der allogene Knochen bei den drei Studien, die sich mit dem Thema befassten, jedes Mal am schlechtesten abgeschnitten. Im direkten Vergleich zu autologem Knochen beträgt die Rate an nicht vitalem Knochen bei allogenen Transplantaten 0,71%, bei der Verwendung autologen Knochens lediglich 0,075%.

Im Vergleich von allogenem (68%) zu alloplastischem (0%) Material wird dies noch deutlicher klar. Jedoch ist bei diesem Vergleich die Anzahl der Probanden mit 22 (allogen) zu 24 (alloplastisch) sehr gering und daher das Ergebnis als kritisch zu betrachten. Zudem haben die Studien von Froum und Schmitt mit den Evidenzgraden IIa und III, sowie einer sehr geringen Probandenzahl eine geringe Aussagekraft.

Trotz der nicht eindeutigen Ergebnisse ist eine Tendenz deutlich zu erkennen. Das allogene Material zeigte in jeder der Studien nicht vitalen Knochen nach der Einheilungsphase, jedoch ist dies immer nur die Abbildung der Verhältnisse innerhalb eines bestimmten Zeitraumes. Wie die Qualität nach länger andauernden Phasen aussieht ist daher nicht zu beurteilen.

Im Bezug auf das Restmaterial nach der Einheilphase schneidet das allogene Material im direkten Vergleich zu dem autologen Knochen etwas schlechter ab. Die Größen der jeweiligen Gruppen waren in Summe recht gleich, jedoch wurde bei den Proben der allogenen Augmentate in über 28% der Fälle Restmaterial entdeckt, bei den Proben des autologen Knochens kam dies in 17% der Fälle vor. Dies spricht für eine verminderte bzw. verlangsamte Resorbierbarkeit des allogenen Materials und somit für eine längere Einheilungsphase.

Im Vergleich von allogenem zu xenogenem fällt die Differenz sehr ähnlich aus. Mit ca. 37% zu 27% erzielt das allogene Material erneut schlechtere Ergebnisse im direkten Vergleich zu einem anderen Augmentationsmaterial.

Im Direktvergleich zwischen allogenem und alloplastischem Material ist der Unterschied geringer als bei den anderen beiden Materialien, allerdings schneidet das allogene Material mit ca. 23,3% Restmaterial im Vergleich zu dem alloplastischem mit 15,5% ebenfalls schlechter ab.

Da keine weiteren Untersuchungen durchgeführt wurden ist unklar, ob die Materialien nach längerer Einheilphase stärker resorbiert werden, auffällig ist jedoch, dass das allogene Material jedes Mal schlechter abschneidet. Einerseits wird so gezeigt, dass der allogene Knochen länger als Restmaterial im Knochen verbleibt, andererseits wird keine Verbindung zu möglichen Substanzverlusten im Augmentationsgebiet aufgrund vorzeitiger Resorption der anderen Materialien geprüft. Soost beschrieb hierbei mögliche Beeinträchtigungen aufgrund unkontrollierter Resorptionen. (Soost, 2000) Somit ist nicht eindeutig, ob das Auffinden des Restmaterials in den Studien nur im Hinblick auf die Augmentation als Nachteil gewertet werden kann. In Anbetracht einer geplanten Implantation hingegen kann das Restmaterial als ungünstig betrachtet werden.

Einige der Studien beschäftigten sich mit dem Thema des Implantatverlustes in den augmentierten Bereichen. Hierbei wurden auch allogene und autologe Materialien verglichen, jedoch war die Anzahl der Probanden, die autologen Knochen erhielten mit 3031 Teilnehmer annähernd doppelt so hoch wie die 1594 Probanden, die den allogenen Knochen zur Augmentation

erhielten. Somit ist nicht klar, ob die Ergebnisse bei ähnlicher Gruppengröße gleich ausfallen würden. Bei den Implantationen in Gebiete, die mit allogenen Knochen augmentiert wurden, kam es in 2,7% der Fälle zu einem späteren Verlust des Implantates, bei den Implantationen in Bereiche mit autologem Knochen hingegen in 7,7% der Fälle. Jedoch ist hierzu zu sagen, dass die Werte in den Studien untereinander stark variieren und somit bei allogenen Knochen eine Spanne von 0% bis zu 17,2% und bei autologem Knochen von 0% bis zu 10,25% zustande kommt. Bei einer der Studien ist das Ergebnis für das allogene Material schlechter als für das autologe, bei den weiteren Studien hingegen zeigt das allogene Material Vorteile.

Anders verhält es sich im Vergleich mit dem xenogenen Material. Hier sind die Ergebnisse mit 16,7% bei dem allogenen Material und 16% bei dem xenogenen Material sehr dicht beieinander. Allerdings ist dazu zu sagen, dass die Probandenzahlen mit 137 zu 5 sehr stark auseinander gehen.

Am meisten Verluste nach der Implantation gab es bei der Verwendung alloplastischer Materialien. Die Untersuchung zeigte, dass es im Mittel bei 33,3% der Fälle es zu dem Verlust des Implantates kam. Hingegen kam es bei den Implantaten im allogenen Knochen in denselben Studien bei 16,7% im Mittel zum Verlust. Die Daten stammen aus zwei verschiedenen Studien, die sich in ihren Ergebnissen stark differenzieren. Auffällig ist hierbei, dass die Anzahl der Implantatverluste mit der Anzahl an Probanden exponentiell zu steigen scheint.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass das allogene Material in zweien der Vergleiche besser als das jeweilige Substitut abgeschnitten hat und in einem Fall zu dem gleichen Ergebnis kam. Jedoch ist in den Studien nicht vermerkt, was genau die Kausalität für den Verlust des Implantates war. Daher ist nicht genau zu sagen, ob es an dem ausgewählten Augmentat oder an anderen Faktoren gelegen hat.

Keine Unterschiede zwischen den Materialien waren bei der Primärstabilität der in augmentierte Bereiche inserierten Implantate zu erkennen. In jeder der erfolgten Implantationen konnte eine ausreichende Primärstabilität erreicht werden.

Für die Veränderung des Knochenvolumens sind in den untersuchten Studien keine ausreichenden Daten vorhanden. In der Studie von Klijn wird lediglich angegeben, dass das autologe Material den größten Zuwachs an Knochenvolumen erzielen konnte, zudem wird angegeben, dass der allogene Knochen zwar schlechtere Werte erzielte, diese allerdings in einem nicht signifikanten Rahmen waren. De Castilho kam ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die Augmentation mit autologem Knochen einen größeren Zuwachs des Knochenvolumens erzielt. Aufgrund der geringen Datenlage in Bezug auf die Veränderung des Knochenvolumens kann keine genaue Aussage diesbezüglich getroffen werden. Aus den vorliegenden Ergebnissen lässt sich trotzdem erkennen, dass das allogene Material dem autologen im Erfolg weiterhin unterliegt.

5.3 METHODENKRITIK

Die vorliegende Arbeit ist ein systematisches Review, das zum Großteil aus zusammengetragenen Informationen durch von Dritten durchgeführten Studien entstanden ist. Nicht dokumentierte Daten konnten somit nicht erfasst werden.

Die ausgewählten Ein- und Ausschlusskriterien sind auf die Untersuchung der Forschungsfrage abgestimmt und decken die Informationslage zur Augmentation mit verschiedenen Materialien ab. Zudem wurden die Parameter so ausgewählt, dass sie die wichtigsten Kriterien zur Auswahl eines Augmentats in der Praxis abdecken. Hierzu wurde keine Befragung von praktizierenden Zahnärzten durchgeführt, sondern aufgrund eigener Interessen und der standardmäßigen Anforderungen an KEM entschieden. Somit wurden allerdings auch die weiteren Parameter der Studien außer Acht gelassen und werden nicht mit abgebildet.

Die Darreichungsformen der einzelnen Knochenersatzmaterialien wurden im Literaturteil beschrieben, aber in der Ergebnisanalyse nicht differenziert. Ansonsten wäre keine ausreichende Datenlage vorhanden. Deshalb werden die jeweiligen Materialien unter den Oberbegriffen der Herkunft zusammengefasst. Zudem werden auch die Regionen der Augmentationen in der Ergebnisse Auswertung nicht explizit differenziert.

5.4 MÖGLICHE LIMITATIONEN DER SYSTEMATISCHEN ÜBERSICHTSARBEIT

Die Akkuratessse bei der Durchführung einer Studie zur Erlangung eines möglichst aussagekräftigen und validen Ergebnisses steht an erster Stelle einer Übersichtsarbeit. Jedoch ist die Durchführung zum Teil durch nicht beeinflussbare Faktoren limitiert. Der Untersuchende ist auf die Studien beschränkt, die auf Plattformen oder in Literatursammlungen zur Verfügung stehen und hat keinen Zugriff auf nicht veröffentlichte Studien. Somit kann zum Teil nicht der gesamte Umfang des aktuellen Standes der Wissenschaft inkludiert werden. Zudem kommt es vor, dass bei publizierten Studien nicht alle erhobenen Daten transparent dargestellt werden, da zum Teil interessenorientiert selektiert wird, um ein Ergebnis in eine Richtung zu beeinflussen bzw. eindeutiger herauszustellen. Zum Teil werden Studienergebnisse der Probanden, die nicht im direkten Zusammenhang mit dem Ergebnis, aber mit der Operationstechnik (starke postoperative Schmerzen) o.ä. stehen nicht aufgeführt, da dies nicht zur Beurteilung des Operationserfolgs beiträgt, aber trotzdem die Wahl des Materials beeinflussen könnte. Diese Limitation wird als Publikationsbias beschrieben.

Die Grundlagen für eine systematische Übersichtsarbeit sind von Dritten durchgeführte Studien, die bereits abgeschlossen sind. Somit ist es für den Untersuchenden nicht möglich die betrachteten Parameter der Studien zu beeinflussen und für die Übersichtsarbeit zu verwenden.

den. Daher fallen zu Teil einige Studien heraus, obwohl die gleiche Durchführung stattgefunden hat, jedoch nicht auf die relevanten Parameter geachtet wurde. Zudem gibt es, wie in Abbildung 1 angedeutet, eine große Vielfalt an Materialien, die zur Verfügung stehen, um eine Untersuchung durchzuführen. Hierbei sind sowohl die Darreichungs- als auch die Aufbereitungsformen zum Teil ausschlaggebend für den Erfolg eines Versuches. Daher ist es äußerst schwierig Studien zu finden, die sowohl die gleichen Materialien verwenden als auch den Verlauf der Behandlung in Betracht auf die gleichen Parameter untersuchen.

Die korrekte Durchführung der Studien ist immer ein Faktor, der nicht beeinflusst werden kann, jedoch auch nicht zu erkennen ist. Bei mangelhaft durchgeführter Operationstechnik oder Einhaltung der Hygienemaßnahmen kann es zur Veränderung des Verlaufes einer Operation und der damit verbundenen Heilungsphase kommen, wodurch das endgültige Ergebnis verfälscht werden kann, wodurch die Aussage zwar in eine bestimmte Richtung geht, aber nicht realitätsgetreu ist. Diese Veränderungen können sowohl durch das Fehlverhalten der Untersuchenden als auch der Probanden hervorgerufen werden. Wenn sich die Probanden nicht strikt an die Vorgaben des Studiendesigns halten, dies zudem nicht angeben und dadurch das Ergebnis verändert wird, kann das Endergebnis einer Übersichtsarbeit in die falsche Richtung verändert werden.

Zuletzt werden systematische Übersichtsarbeiten durch die Sprachbarrieren hervorgerufen. Viele Studien werden in Englisch publiziert. Jedoch kommt es tendenziell vor, dass nur signifikante Studienergebnisse international und englischsprachig in Fachzeitschriften veröffentlicht, hingegen die negativen Ergebnisse dort nicht mit einbezogen werden. Manche Studien werden zum Teil nicht einmal im Englischen veröffentlicht und sind so für den Verfasser einer systematischen Übersichtsarbeit nicht bzw. nur durch einen unverhältnismäßig hohen Aufwand zu verwenden.

5.5 FEHLER BEI DER LITERATURSUCHE, AUSWERTUNG UND INTERPRETATION DER STUDIEN

Bei der Suche nach geeigneten Studien für die Untersuchung können, wie in Tabelle 3 dargestellt, gelegentlich Fehler auftreten, die eventuell das Ergebnis nicht vollständig oder sogar verzerrt darstellen. Wenn bei der Auswahl der Suchbegriffe nicht die passende Wahl getroffen wird und somit nicht alle Studien in der Treffersuche angegeben werden wird nicht der gesamte Umfang der Literatur einbezogen. Um diesen Fehler möglichst gering zu halten wurden die Suchbegriffe entsprechend gewählt, um einen möglichst hohen Recall zu erhalten und die Mehrheit der relevanten Studien abzugreifen. Somit kam es allerdings auch zu einem hohen Anteil irrelevanter Studien, die vor der Analyse selektiert werden mussten. Es kommt zu dem Index-Bias, wenn nicht alle Studien bei Pubmed hinterlegt oder nicht richtig kategorisiert werden und daher über diese Plattform nicht zu erreichen sind. Aufgrund dessen wäre es möglich

die Suche nach geeigneten Studien auf weitere Plattformen und offline Sammlungen auszuweiten, obwohl Pubmed bereits eine qualitativ sehr hochwertige Suchmaschine in Bezug auf zahn- und allgemeinmedizinische Studien ist. Diese Limitation wäre auf die Suchmaschine selbst zurückzuführen. Jedoch kann es durch das Such-Bias auch zu Beschränkungen durch den Suchenden selbst kommen, da hierbei durch nicht ausreichende Erfahrung eine unvollständige Suche resultiert.

Auch bei der vorliegenden Untersuchung kam es zwischenzeitlich zu einem Bias durch mehrfache Veröffentlichung mit verändertem Erstautor, so wurde eine Studie doppelt inkludiert. Jedoch ist dieser Fehler rechtzeitig aufgefallen und ein Exemplar der Studie wurde wieder aus der Untersuchung herausgenommen.

Nach erfolgreicher Suche werden die Studien in erster Instanz mittels des Abstracts analysiert und es wird überprüft, ob die Studien für die weitere Untersuchung verwendet werden können. Dieses Selektieren wird mittels, durch den Untersuchenden festgelegten, Begriffen durchgeführt. Da die Auswahl der Ein- und Ausschlusskriterien nicht zufällig stattfindet, sondern durch eigene Interessen bzw. vorherige Studien beeinflusst sein kann, kommt es so zu dem Einschlusskriterien-Bias.

Die Analyse der Studien wird ohne Rücksprache mit den Untersuchenden durchgeführt, daher kann es durch das Extraktor-Bias dazu kommen, dass die Ergebnisse oder bestimmte Aussagen falsch interpretiert oder in ihrer Gewichtung falsch eingeschätzt werden. Zuletzt ist die Qualität einer Studie nicht immer eindeutig und zudem von dem Betrachtenden abhängig. Hierdurch kann es zur Fehleinschätzung der Qualität und somit der Aussagekraft einer Studie kommen.

6. FAZIT

Zusammenfassend zeigt das vorliegende systematische Review, dass allogene Materialien zur Augmentation in der Zahnmedizin durchaus ihre Berechtigung haben und den gewinnbringenden Nutzen erzielen. Die negativen Aspekte der allogenen Materialien, wie zum Beispiel die Übertragung bestimmter Krankheiten, konnten in der Untersuchung nicht belegt werden. Zudem ist der Langzeiterfolg der Implantate, die in den allogenen Knochen inseriert wurden, mit dem Erfolg anderer Materialien vergleichbar. Aufgrund der höheren Anzahl an nicht vitalem Knochen, sowie an Restmaterial, kann angenommen werden, dass der allogene Knochen im Vergleich zu anderen Materialien langsamer resorbiert wird. Es wäre notwendig diesen Aspekt in weiteren Langzeitstudien zu untersuchen.

Die Nutzung allogenen Knochens als adäquates Substitut zu anderen Knochenersatzmaterialien ist durchaus plausibel. Im Vergleich zu autologem Knochen sind bei der Untersuchung

FAZIT

des Öfteren schlechtere Ergebnisse aufgefallen. Jedoch besitzt die Akzeptanz einer zusätzlichen Operationswunde bei der Entnahme autologen Knochens eine abnehmende Tendenz, weshalb allogener Knochen durchaus auch hierfür als geeignetes Substitut angesehen werden kann. Nichtsdestotrotz sollten vor der uneingeschränkten Empfehlung allogenen Materials weitere Studien durchgeführt werden, um die Wirkung über einen längeren Zeitraum zu untersuchen. Somit ist keine eindeutige Aussage auf die Verwendung des allogenen Materials zu treffen und auch keine Empfehlung zu Verwendung solcher Materialien auszusprechen.

7. LITERATURVERZEICHNIS

- Aarden, E. M., Nijweide, P. J. & Burger, E. H., 1994. Function of osteocytes in bone. *Journal of Cellular Biochemistry*, 07, 55(3).
- Amoian, B., Moudi, E. & Majidi, M. S., 2016. A histologic, histomorphometric, and radiographic comparison between two complexes of CenoBone/CenoMembrane and Bio-OSS/Bio-Gide in lateral ridge augmentation: A clinical trial. *Dental Research Journal*, Issue 5.
- Antes, G., Bassler, D. & Galandi, D., 1999. Systematische Übersichtsarbeiten: Ihre Rolle in einer Evidenz-basierten Gesundheitsversorgung. *Deutsches Ärzteblatt*, 12 03, 96(10).
- Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V., Ärztliches Zentrum für Qualität in der Medizin, 2001. *Programm für Nationale Versorgungsleitlinien*. [Online] Available at: <https://www.leitlinien.de/leitlinien-grundlagen/mdb/edocs/pdf/leitlinien-manual/kapitel5.pdf> [Zugriff am 29 05 2020].
- Bahat, O. & Fontanesi, F. V., 2001. Complications of Grafting in the Atrophic Edentulous or Partially Edentulous Jaw. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*, 11, 21(5).
- Becker, W., Clokie, C. & Sennerby, L., 1998. Histologic Findings After Implantation and Evaluation of Different Grafting Materials and Titanium Micro Screws Into Extraction Sockets: Case Reports. *Journal of Periodontology*, 01 04, 69(4).
- Boëck-Neto, R. J., Artese, L. & Piattelli, A., 2009. VEGF and MVD expression in sinus augmentation with autologous bone and several graft materials. *Oral Diseases*, 05 02, 15(2).
- Bruder, S. P. & Fox, B. S., 1999. Tissue engineering of bone. Cell based strategies. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 10, Band 367.
- Burg, S., Smeets, R. & Gosau, M., 2019. Knochenersatzmaterialien - ENTSCHEIDUNGSFINDUNG IM KLINISCHEN ALLTAG. *Der Freie Zahnarzt*, 13 04.
- Cawood, J. I. & Howell, R. A., 1988. A classification of the edentulous jaws. *International journal of oral and maxillofacial surgery*, 08, 17(4).
- Deutsche Gesellschaft für Zahn-, M.- u. K., kein Datum www.kzbv.de. [Online] Available at: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewiAiY34j9DuAhVNCuwKHdyACagQFjAAeqQIAhAC&url=https%3A%2F%2Fwww.kzbv.de%2F083-009-anwendung-knochenersatzmaterialien-01-2011.download.78b4c905de9db7a5152105ac225f7af0.pdf> [Zugriff am 08 2020].
-

-
- Elakkiya, S., Ramesh, A. S. & Prabhu, K., 2017. Systematic analysis on the efficacy of bone enhancement methos used for success in dental implants. *The Journal of Indian Prosthodontic Society* , Band 17.
- Felson, D. T., 1992. Bias in meta-analytic research. *Journal of Clinical Epidomology* , 08, 45(8).
- Finkemeier, C. G., 2002. Bone-grafting and bone-graft substitutes. *The journal of Bone and Joint surgery* , 01 03, 84(3).
- Froum, S., Cho, S.-C. & Rosenberg, E., 2002. Histological Comparison of Healing Extraction Sockets Implanted With Bioactive Glass or Demineralized Freeze-Dried Bone Allograft: A Pilot Study. *Journal of Periodontology* , 01 01, 73(1).
- Fugazzotto, P., Melnick, P. R. & Al-Sabbagh, M., 2015. Complications when augmenting the posterior maxilla. *Dental Clinics of Norther America*, 01, 59(1).
- Günther, K. P., Scharf, H.-P. & Puhl, W., 1998. Osteointegration of different bone substitute materials in an experimental model. *Der Orthopäde*, 01 02, 27(2).
- Hausamen, J.-E., Machtens, E. & Reuther, J., 2012. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*. Heidelberg: Springer.
- Heinemann, S., Gelinsky, M. & Worch, H. e. a., 2011. Resorbierbare Knochenersatzmaterialien. *Der Orthopäde* , 09, Issue Volume 40 / 9.
- Heiple, K. G., Chase, S. W. & Herndon , C. H., 1963. A comparative study of the healing process following different types of bone transplantation. *The Journal on Bone & Joint Surgery*, 12, 45(8).
- Hinsenkamp, M., Muylle, L. & Eastlund, T., 2012. Adverse reactions and events related to musculoskeletal allografts: reviewed by the World Health Organisation Project NOTIFY. *International orthopaedics*, 03, 36(3).
- Hollay , H.-C. C., 2014. www.zmk-aktuell.de. [Online] Available at: https://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/implantologie/story/wege-zu-einer-sicheren-socket-preservation_1091.html [Zugriff am 26 04 2020].
- Hollay, H.-C. C., 2014. www.zmk-aktuell.de. [Online] Available at: https://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/implantologie/story/wege-zu-einer-sicheren-socket-preservation_1091.html [Zugriff am 12 2019].
- Institut der Deutschen Zahnärzte, 2016. www.bzaek.de. [Online] Available at: https://www.bzaek.de/fileadmin/PDFs/dms/Zusammenfassung_DMS_V.pdf [Zugriff am 09 2020].
- Jackowski, J., Peters, H. & Hölzle, F., 2017. *Zahnärztliche Chirurgie*. Heidelberg: Springer.
-

-
- Junqueira, L. C. & Carneiro, J., 1996. *Histologie - Zytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. Unter Berücksichtigung der Histophysiologie*. Berlin: Springer.
- Kim, Y., Nowzari, H. & Rich, S. K., 2013. Risk of prion disease transmission through bovine-derived bone substitutes: a systematic review. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 10, 15(5).
- Klein, M. O., Götz, H. & Duschner, H., 2010. Anforderungen an moderne Knochenersatzmaterialien. *MKG-Chirurg*, 01 11, Issue 4.
- Klijn, R. J., Meijer, G. J. & Bronkhorst, E. M., 2010. A Meta-Analysis of Histomorphometric Results and Graft Healing Time of Various Biomaterials Compared to Autologous Bone Use das Sinus Floor Augmentation Material in Humans. *Tissue Engineering Part B: Reviews*, Oktober, 5(16).
- Knöfler, W., Barth, T. & Gaul, R., 2016. Retrospective analysis of 10000 implants from insertion up to 20 years-analysis of implantation using augmentative procedures. *International Journal of Implant Dentistry*, 01 12, Issue 1/2016.
- Kornak, U., Dellling, G. & Mundlos, S., 2003. Molekulare Mechanismen der Regulation der Knochendichte durch Osteoklasten. *Deutsches Ärzteblatt*, 09 05, 100(19).
- Kruse Gujer, A., Jacobsen, C. & Grätz, K. W., 2013. *Facharztwissen Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*. Heidelberg: Springer.
- Kübler, N. R., Will, C. & Depprich, R., 1999. Vergleichende Untersuchungen zur Sinusbodenelevation mit autogenem oder allogenen Knochengewebe. *Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie*, 01 05, Issue 1.
- La Monaca, G., Iezzi, G. & Cristalli, M. P., 2018. Comparative Histological and Histomorphometric Results of Six Biomaterials Used in Two-Stage Maxillary Sinus Augmentation Model after 6-Month Healing. *BioMed Research International*, 27 06, 2018(1).
- Mattout, P. & Mattout, C., 2000. Conditions for Success in Guided Bone Regeneration: Retrospective Study on 376 Implant Sites. *Journal of Periodontology*, 01 12, 71(12).
- Motamedian, S. R., Khojaste, M. & Khojasteh, A., 2016. Success rate of implants placed in autogenous bone blocks versus allogenic bone blocks: A systematic literature review. *Annals of Maxillofacial Surgery*, 01, 6(1).
- Mustermann, M., 2019. *Mustertitel - Muster Untertitel*. 4. Hrsg. Harvard: Springer.
- Nantes de Castilho, T. R., Tortamano, P. & Marotti, J., 2016. Clinical and Histomorphometric Evaluation of Fresh Frozen Bone Allograft in Sinus Lift Surgery. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 02, 18(1).
- Nedjat, A., 2019. www.zmk-aktuell.de. [Online] Available at: <https://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/implantologie/story/der-interne->
-

- [direkte-sinuslift-ids_7828.html](#)
[Zugriff am 23 04 2020].
- Pak, B. & Hess, P., 2011. *www.zwp-online.info*. [Online]
Available at: <https://www.zwp-online.info/fachgebiete/implantologie/gtr-und-gbr/knochenersatzmaterialien-der-oralen-implantologie>
[Zugriff am 29 04 2020].
- Rokkanen, P. U., 1991. Absorbable materials in orthopaedic surgery. *Annals of Medicine*, Issue 23.
- Rose, E., Zeiger, R. & Corley, S., 2003. Development methodology for a "next generation" medical informatics curriculum for clinicians. *AMIA ... Annual Symposium proceedings*, Band 2003.
- Scarano, A., Degidi, M. & Iezzi, G., 2006. Maxillary Sinus Augmentation With Different Biomaterials: A Comparative Histologic and His-tomorphometric Study in Man. *Clinical Implant Dentistry*, 15(2).
- Schlee, M., Dehner, J.-F. & Baukohl, K., 2014. Esthetic outcome of implant-based reconstructions in augmented bone: comparison of autologous and allogeneic bone block grafting with the pink esthetic score (PES). *Head & Face Medicine*, Issue 10.
- Schmitt, C. M., Doering, H. & Schmidt, T., 2013. Histological results after maxillary sinus augmentation with Straumann® BoneCeramic, Bio-Oss®, Puros®, and autologous bone. A randomized controlled clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, Mai, 24(5).
- Schmucker, C., Nothacker, M. & Möhler, R., 2017. *Cochrane Deutschland*. [Online]
Available at: <http://www.cochrane.de/de/review-bewertung-manual>
[Zugriff am 05 2020].
- Schroeder, H. E., 2000. *Orale Strukturbiologie*. Stuttgart: Thieme.
- Schwenzer, N. & Ehrenfeld, M., 2000. *Zahnärztliche Chirurgie*. Stuttgart: Thieme.
- Schwenzer, N. & Ehrenfeld, D., 2012. *Augmentation in der Zahnmedizin*. 3. Auflage Hrsg. Hamburg: Elsevier.
- Simunek, A., Kopecká, D. & Brázda, T., 2011. *www.zwp-online.info*. [Online]
Available at: <https://www.zwp-online.info/fachgebiete/implantologie/gtr-und-gbr/der-laterale-sinuslift-eine-gefahrlose-methode#Seitenanfang>
[Zugriff am 26 08 2020].
- Smeets, R., Arnhold, S. & Henningsen, A., 2018. Knochenersatzmaterialien. *Wissen Kompakt*, 10 04.
- Smeets, R., Jung, O. & Hanken, H., 2014. Was können regenerative Materialien in der Zahnmedizin leisten - und wo sind ihre Grenzen?. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*, 01 12.
-

-
- Smeets , R. & Kolk, A., 2010. Osteokonduktive und -induktive Knochenersatzmaterialien. *ZMK - Zahnheilkunde Management Kultur* , Dezember.
- Smeets, R., Hanken , H. & Beck-Broichsitter, B., 2016. Knochenersatzmaterialien - Übersicht und aktuelle Empfehlungen. *Der MKG-Chirurg*, 01 02.
- Smeets, R., Hanken, H. & Jung , O., 2014. Knochenersatzmaterialien - Aktueller Stand und ein Ausblick in die Zukunft. *Der MKG-Chirurg* , 01 02.
- Smeets, R., Henningsen, A. & Grubeanu, D., 2017. Allogene Knochenersatzmaterialien - Konkurrenz für den autologen Knochen?. *Der Freie Zahnarzt*, 09, 61(9).
- Soost, F., 2000. www.hu.berlin.de. [Online]
Available at: <https://edoc.hu-berlin.de/handle/18452/14393>
[Zugriff am 10 2020].
- Spin-Neto, R., Stavropoulos, A. & Coletti , F. L., 2015. Remodeling of cortical and corticocancellous fresh-frozen allogeneic block bone grafts - a radiographic and histomorphometric comparison to autologous bone grafts. *Clinical Oral Implants Research* , Juli, 26(7).
- Tallgren, A., 2003. The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: a mixed-longitudinal study covering 25 years. *The Journal of Prosthetic Dentistry* , 01 05, 89(5).
- Tetsch, J., 2020. www.zmk-aktuell.de. [Online]
Available at: https://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/implantologie/story/implantate-im-wachsenden-kiefer-nach-traumatischem-zahnverlust-oder-bei-nichtanlagen---teil-2_8546.html
[Zugriff am 01 2021].
- Tetsch, J., 2020. *ZMK - Zahnheilkunde, Management, Kultur*. [Online]
Available at: https://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/implantologie/story/implantate-im-wachsenden-kiefer-nach-traumatischem-zahnverlust-oder-bei-nichtanlagen---teil-1_8545.html
[Zugriff am 27 06 2020].
- Toloue, S. M., Chesnoiu-Matei, I. & Blanchard, S. B., 2012. A Clinical and Histomorphometric Study of Calcium Sulfate Compared With Freeze-Dried Bone Allograft for Alveolar Ridge Preservation. *Journal of Periodontology* , 01 07, 83(7).
- Weber , T., 2017. *Memorix Zahnmedizin*. 5. Auflage Hrsg. Stuttgart: Thieme .
- ZIMMER BIOMET, kein Datum *Zimmer Biomet Dental*. [Online]
Available at:
<https://www.zimmerbiometdental.com/es/wps/wcm/connect/dental/acb70018-d142-4e6d-b0de->
-

13308d434dfc/ZBINST0018DE_REV+A+Puros+Customized+Block_final_SECURED.p
df?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE.Z18_10041002L8PAF0A9JPR
UH520H7acb70018-d142-4e6d-b0de-13308d434

[Zugriff am 16 04 2020].

8. EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG

Ich versichere eidesstattlich durch eigenhändige Unterschrift, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit ist noch nicht veröffentlicht und ist in gleicher oder ähnlicher Weise noch nicht als Studienleistung zur Anerkennung oder Bewertung vorgelegt worden. Ich weiß, dass bei Abgabe einer falschen Versicherung die Prüfung als nicht bestanden zu gelten hat.

Malente

(Abgabedatum)

(Vollständige Unterschrift)

9. THESEN

1. Allogener Knochen ist ein adäquates Substitut für andere Knochenersatzmaterialien. Präparate allogenen Ursprungs sind in der Funktion und Anwendbarkeit vergleichbar zu anderen KEM.
2. Die Infektionsgefahr durch allogene Knochenersatzmaterialien ist zu vernachlässigen. Somit ist bei der Augmentation das Risiko der Übertragung von Infektionskrankheiten nicht gegeben.
3. Durch die gute Resorbierbarkeit ist das Vorhandensein von Restmaterial bei Augmentationen mit allogenem KEM gering.
4. Die Anwendung allogener Augmentate hat keinen negativen Einfluss auf die Langzeitprognose dentaler Implantate.
Das Risiko nichtvitalen Knochens nach erfolgter Ausheilungsphase ist bei allogenem KEM nicht erhöht.

10. LEBENSLAUF

Zahnärztliche Tätigkeit

Seit August 2021 selbständig in eigener Praxis in Plön

17.09.2019 – 30.06.2021 Anstellung in Vollzeit bei Herrn ZA Martin Mrowka in Kaltenkirchen

18.02.2019 – 12.07.2019 Anstellung in Vollzeit bei Frau ZÄ Christiane Merkel in Bad Doberan

STUDIUM

04/2016 – 10/2018 Studium der Zahnmedizin I Universität Rostock
Abschlussnote „gut“

04/2013 – 03/2016 Studium der Zahnmedizin I Eberhard Karls Universität Tübingen

12/2015 Zahnärztliche Vorprüfung I Eberhard Karls Universität Tübingen
Abschlussnote „gut“

SCHULBILDUNG

05/2012 Erlangen der Allgemeinen Hochschulreife an der César-Klein-Schule Ratekau

WEITERBILDUNG

seit 01/2020 Teilnahme am Curriculum Implantologie der DGI

05/2018 Teilnahme am CEREC 3D Curriculum

01/2018 Fortbildungsveranstaltung zum Thema “regenerative Materialien” von Zimmer Biomet Dental”

01/ 2018 Fortbildungsveranstaltung “Problem Periimplantitis- vom Implantatdesign bis zur Therapie”

11. ANHANG

Variablen	CenoBone (7)	Bio-Oss (6)	P	Statistischer Test
Grad der Entzündung				
Grad 0	3	2	0.735	Mann-Whitney
Grad 1	4	4		
Grad 2	0	0		
Grad 3	0	0		
Grad 4	0	0		
Fremdkörperreaktion				
Positiv	0	0	1.00	Mann-Whitney
Negativ	7	6		
Vitalität des Knochens				
Vital	7	6	1.00	Chi-Quadrat
Avital	0	0		
Knochen/KEM Kontaktfläche				
Direkt	7	6	1	Chi-Quadrat
Indirekt	0	0		
Anzahl der Blutgefäße				
Grad 0	5	0	0.004	Mann-Whitney
Grad 1	2	2		
Grad 2	0	4		

Tab. 20: Vergleich der histopathologischen Ergebnisse

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Amoian, Moudi, & Majidi , 2016, S. 450

Evidenz	Studie	Allogen			Odds-Ratio AL-AU	relatives Risiko AL-AU	Odds-Ratio AL-X	relatives Risiko AL-X	Odds-Ratio AL-ALLO	relatives Risiko AL-ALLO	Autolog			Xenogen			Alloplastisch		
		Effekt_I	Total_AL	absolute Zahlen							Effekt_I	Total_AU	absolute Zahlen	Effekt_I	Total_X	absolute Zahlen	Effekt_I	Total_ALLO	absolute Zahlen
III	B. Amoian et al.	2,80%	6	0,168			0,209						12,13%	7	0,8491				
Ila	W. Becker et al.	100%	5	5	AU-AL = 0	1,333	X-AL= 0	1,000			75%	4	3	100%	7	7			
Ila	S. Froum et al.	13,50%	10	1,35					2,682	2,455							5,50%	10	0,55
III	C. M. Schmitt et al.	21,36%	12	2,5632	AU-AL = 0		X-AL= 0		1,445	1,350	0%	12	0	0%	15	0	15,82%	14	2,2148
Ib	R. J. Boeck-Neto et al.	19,80%	5	0,99	1,000	1,000			0,613	0,690	19,80%	13	2,574				28,70%	16	4,592
Ib	T. R. R. Nantes de Castilho et al.	3%	12	0,36	0,278	0,300					10%	8	0,8						
Ib	S. M. Toulouse et al.	21,37%	15	3,2055					10,428	8,413							2,54%	13	0,3302
Ila	G. La Monaca et al.	21,30%	2	0,426			0,535	0,634	0,586	0,674				33,60%	2	0,672	31,60%	2	0,632
Ib	A. Scarano et al.	34%	16	5,44	2,347	1,889	1,202	1,133	2,515	2,000	18%	16	2,88	30%	16	4,8	17%	16	2,72
Summe AL - AU			50	14,3532								53	9,254						
Summe AL - X			35	13,4292										47	13,3211				
Summe AL - ALLO			60	13,9747														71	11,039

TAB. 21: VERGLEICH DES VORKOMMENS VON RESTMATERIAL NACH AUSHEILUNG

Quelle: eigene Darstellung

Evidenz	Studie	Allogen			Odds_Ratio AL-AU	relatives Risiko AL-AU	Odds-Ratio AL-X	relatives Risiko AL-X	Autolog			Xenogen		Alloplastisch			
		Effekt_I	Total_AL	relativ					Effekt_I	Total_AU	relativ	Effekt_I	Total_X	relativ	Effekt_I	Total_ALLO	relativ
Ia	S. R. Motamedian et al.	14	532	2,63%	0,5478	0,560			41	872	4,70%						
Ia	M. Schlee et al.	0	19	0,00%	0,0000	0,000			3	48	6,25%						
III	B. Amoian et al.	4	6	66,67%			1,500	1,167				4	7	57,14%			
Ib	N. R. Kübler et al.	0	43	0,00%	0,0000	0,000			1	39	2,56%						
Ila	R. Spineto et al.	0	27	0,00%	1,0000	0,000			0	13	0,00%						
Ib	S. M. Toloue et al.	0	15	0,00%											0	13	0,00%
Ila	G. La Monaca et al.	1	2	50,00%			0,000					0	2	0,00%	0	2	0,00%
Ib	A. Scarano et al.	0	16	0,00%	1,0000	0,000	1,000		0	16	0,00%	0	16	0,00%	0	16	0,00%

TAB. 22: VERGLEICH DES VORKOMMENS VON INFEKTIONEN NACH AUGMENTATIONEN

Quelle: eigene Darstellung

Evidenz	Studie	Allogen		relativ	Odds-Ratio AL-AU	relatives Risiko AL-AU	relatives Risiko AL-X	Autolog		relativ	Odds-Ratio	Xenogen		Alloplastisch		relativ	Ohne KEM		Gewichtung	
		Ef-fekt_I	To-tal_AL					Ef-fekt_I	To-tal_AU			Ef-fekt_I	To-tal_X	Ef-fekt_I	To-tal_ALLO		Ef-fekt_I	To-tal		
Ia	S. R. Motamedian et al.	6	1395	0,43%	5,713	5,692		2	2647	0,08%	0,0008									
Ila	S. Froum et al.	3	10	30,00%										0	10	0,00%	0	10		
III	C. M. Schmitt	12	12					0	12	0,00%	0,0000	0	15	0	14	0,00%				

TAB. 23 : DAS VORHANDENSEIN NICHTVITALEN KNOCHENS

Quelle: eigene Darstellung

ANHANG

Evidenz	Studie	Allogen									Auto-log			Xenogen			Alloplastisch		
		Ef-fekt_I	To-tal_AL	absolute Zahlen	Odds-Ratio AL-AU	relatives Risiko AL-AU	Odds-Ratio AL-X	relatives Risiko AL-X	Odds-Ratio AL-ALLO	relatives Risiko AL-ALLO	Ef-fekt_I	To-tal_AU	absolute Zahlen	Ef-fekt_I	To-tal_X	absolute Zahlen	Ef-fekt_I	To-tal_ALLO	absolute Zahlen
Ia	S. R. Motamedian et al.	1,28%	1395	17,81415	0,13747391	0,14848837					8,60%	2647	227,642						
Ia	M Schlee et al.	0%	19	0	0	0					0%	48	0						
Ib	N. R. Kübler et al.	4,65%	43	1,9995	0,42701472	0,45365854					10,25%	39	3,9975						
Ia	S. Elakkiya et al.	17,20%	135	23,22	21,6585304	18,1052632	0,56738049	0,64179104	0,40431964	0,50677666	0,95%	297	2,8215	26,80%	3	0,804	33,94%	115	39,031
Ila	G. La Monaca et al.	0%	2	0			0	0	0	0				0%	2	0	0%	2	0

TAB. 24: IMPLANTATVERLUST IN AUGMENTIERTEN BEREICHEN

Quelle: eigene Darstellung

ANHANG

Evi- denz	Studie	Allogen		Odds- Ratio AL- AU	re- lati- ves Ri- siko AL- AU	Odds- Ratio AL-X	re- lati- ves Ri- siko AL- X	Odds- Ratio AL- ALLO	rela- tives Ri- siko AL- ALLO	Odds- Ratio AL- OKEM	relati- ves Risiko AL- OKEM	relativ	Autolog			Xenogen			Alloplastisch			Ohne KEM		
		Ef- fekt_I	To- tal_AL										Ef- fekt_I	To- tal_AU	relativ	Ef- fekt_I	To- tal_X	relativ	Ef- fekt_I	To- tal_ALLO	relativ	Ef- fekt_I	To- tal_OKEM	relativ
lb	P. und C. Mat- tout	54	54	0	1					0	1	100,00%	213	213	100,00%						109	109	100,00%	
Un- klar	T. R. R. Nantes de Cas- tilho et al.	33	33	0	1							100,00%	19	19	100,00%									
Ila	G. La Mo- naca et al.	2	2	0		0	1	0	1			100,00%				2	2	100,00%	2	2	100,00%			

TAB. 25: PRIMÄRSTABILITÄT DER IMPLANTATE IM AUGMENTIERTEN BEREICH

Quelle: eigene Darstellung

