

**Entnahmemorbidität
des genormten Knochentransfers
aus dem Kieferwinkel**

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
des Fachbereichs Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Meier, Mathias Karl
aus Koblenz

Gießen (2018)

**Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie,
unter der Leitung von Prof. Dr. Dr. Hans-Peter Howaldt,
des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen**

1. Gutachter: PD Dr. Dr. Philipp Streckbein
2. Gutachter: Prof. Dr. Christian Heiß

Tag der Disputation: 04.06.2019

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Theoretische Grundlagen	3
2.1	Aufbau und Struktur von Knochen.....	3
2.2	Knochenarten	5
2.3	Knochenentwicklung.....	7
2.4	Umbauprozesse und Frakturheilung	8
2.5	Terminologie zur Augmentation und Rekonstruktion.....	11
2.6	Geschichtliche Entwicklung der Knochentransplantation	14
2.7	Anatomie der Mandibula.....	17
2.8	Knochenaufbau ausgedehnter Defekte am Beispiel der Mandibula.....	19
3	Der genormte Knochentransfer	21
3.1	Chirurgisches Instrumentarium.....	21
3.2	Präoperative Diagnostik	22
3.3	Operatives Vorgehen.....	23
3.4	Postoperative Nachsorge und präimplantologische Diagnostik	27
4	Fragestellung und Ziele der Untersuchung	29
5	Patienten und Methoden	30
5.1	Studiendesign.....	30
5.2	Hauptzielparameter	30
5.3	Nebenzielparameter	30
5.4	Patientenkollektiv.....	30
5.5	Rekrutierung der Patienten.....	31
5.6	Datenerhebung.....	31
5.7	Datenanalyse.....	34
6	Ergebnisse	35
6.1	Basisinformationen	35
6.2	Ergebnisse der klinischen Nachuntersuchung	44
6.3	Ergebnisse der Fragebogenauswertung	47
6.4	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	54
7	Diskussion	55
7.1	Betrachtung der Ergebnisse	55
7.2	Methodendiskussion.....	64

7.3 Vorteile und Nachteile des genormten Knochentransfers	69
7.4 Mögliche Komplikationen.....	71
7.5 Einordnung in die bisherige Forschung	74
7.6 Schlussfolgerung	77
7.7 Ausblick	78
8 Zusammenfassung	80
9 Summary.....	82
10 Fallbericht.....	84
Abkürzungsverzeichnis	90
Abbildungsverzeichnis	91
Tabellenverzeichnis	93
Literaturverzeichnis	94
Anhang	106
Publikationsverzeichnis	127
Ehrenwörtliche Erklärung.....	128
Danksagung	129
Curriculum Vitae.....	130

Für meine Eltern und Großeltern

1 Einleitung

Dem Zahnverlust gehen laut GLOCKMANN et al. häufig Karies (29,7 %), Parodontitis (28,5 %), kieferorthopädische Behandlungen (4,7 %), Traumata (2,9 %) oder prothetische Behandlungsplanungen (2,7 %) als Ursache voraus (Glockmann et al., 2007). Aber auch kongenitale¹ Fehlbildungen sind ein möglicher Grund für das Fehlen von Zähnen. Seitens der Patienten ist der Wunsch nach einer kaufunktionellen und ästhetischen Rehabilitation der Zähne groß (Joshi & Kostakis, 2004). So fällt es den Betroffenen häufig schwer sich im sozialen Umfeld ungehemmt zu bewegen. Krankhafte oder fehlende Zähne im ästhetisch sichtbaren Bereich lassen sich oft nur schwer verstecken und stellen für die Patienten, neben der funktionellen Beeinträchtigung, eine hohe emotionale Belastung dar (Zitzmann, 2004). Die Verbesserung ihres körperlichen und seelischen Wohlbefindens steht für die Betroffenen im Vordergrund und stellt hohe Anforderungen an eine erfolgreiche prothetische Versorgung (Zöller et al., 2007). Herausnehmbare Prothesen werden von den Patienten oft nicht gewollt oder akzeptiert (Felice et al., 2008; Terheyden, 2013). Als Alternative bietet sich das Einbringen dentaler Implantate als eine sichere und etablierte Methode zum Ersatz fehlender Zähne und als Basis für herausnehmbaren oder festsitzenden Zahnersatz an (Heberer et al., 2008).

Dem Einbringen von Implantaten sind jedoch aus verschiedenen Gründen Grenzen gesetzt. Wenn beispielsweise durch Zahnverlust keine Beanspruchung des Kieferknochens stattfindet, beginnt dieser sich nach relativ kurzer Zeit abzubauen. Dieser Vorgang wird als Alveolarkammatrophy bezeichnet (Debrunner, 2002; Joshi & Kostakis, 2004; Zitzmann, 2004). Aber auch entzündliche Prozesse, Traumata, Missbildungen und Neoplasien sowie insuffiziente prothetische Versorgungen können zu ästhetisch und funktionell störenden Alveolarkammdefekten führen (Farmer & Darby, 2014; v. Arx & Kurt, 1998).

Den Patienten mit der Indikation zum Aufbau des Kieferknochens stehen derzeit, abhängig von der Art, Größe und Lokalisation des Defekts, dem Angebot an autologen Knochen, den speziellen Anforderungen an den Knochen und seine Funktion sowie den Vorlieben und Erfahrungen des Operateurs, eine Vielzahl an Augmentationsmöglichkeiten (z. B. Sinuslift, Guided Bone Regeneration, Distraktionsosteogenese, Interpositionssosteoplastik und Auflagerungsosteoplastik) zur Verfügung (Aghaloo & Moy, 2007; Coulthard et al., 2003; Felice et al., 2008; Rocchietta et al., 2008). Für gewöhnlich wird der zu transplantierende Knochen durch den Einsatz unterschiedlicher

¹ Kongenital: angeboren, bereits bei der Geburt vorhanden

Bohrer, Sägen, Fräsen, Meißel oder auch durch Piezochirurgie gewonnen (Streckbein et al., 2014).

Seit einiger Zeit hat sich ein neues Augmentationsverfahren auf dem Markt etabliert, der *genormte Knochentransfer*. Der Knochenaufbau lokal begrenzter, kleiner bis mittelgroßer Defekte, z. B. im Einzelzahnbereich, geschieht hier mithilfe eines speziell dafür hergestellten Instrumentariums, um autologes Knochenmaterial aus einer Region des Kiefers *passgenau* in die jeweilige Empfängerregion zu transplantieren. Dabei werden exakt aufeinander abgestimmte Instrumente verwendet, um ein formkongruentes Einbetten des gewonnenen teil- oder vollzylindrischen Knochentransplantats in der Empfängerregion zu ermöglichen. Die Besonderheit des Verfahrens besteht darin, dass die Empfängerregion dem Transplantat angepasst wird und nicht, wie bisher, umgekehrt (Streckbein et al., 2014).

Der genormte Knochentransfer als modernes chirurgisches Operationsverfahren wird seit 2006 im Rahmen der chirurgischen Routine an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen eingesetzt. Eine aussagekräftige Datenlage zu Komplikationen und zum Transplantationserfolg bei der Anwendung des Verfahrens liegt derzeit nicht vor.

Ziel dieser Studie ist es, dieses Verfahren auf etwaige Komplikationen bei der Knochenentnahme im Rahmen einer Nachuntersuchung von bereits transplantierten Patienten zu analysieren. Die gewonnenen Daten sollen den Erfolg der Gewinnung von teil- oder vollzylindrischen Knochentransplantaten aus dem Kieferwinkel durch genormten Knochentransfer aufzeigen. Weiterhin soll die Entnahmemorbidität des Verfahrens untersucht werden, was, nach Analyse, zukünftig zu einem veränderten Therapiekonzept mit einer verringerten Komplikationshäufigkeit führen könnte. Für die Patienten würde dies eine kürzere Krankheitsdauer und einen erheblichen Gewinn an Lebensqualität bedeuten.

Nachdem im ersten Schritt ein Überblick über die theoretischen Grundlagen und die Geschichte der Knochentransplantation gegeben wurde, folgt in Kapitel 3 eine Vorstellung des genormten Knochentransfers. Kapitel 4 befasst sich mit der Fragestellung und den Zielen der Untersuchung. Ein Überblick über das Patientenkollektiv und die Methoden der Studie wird in Kapitel 5 gegeben. Anschließend werden in Kapitel 6 die zentralen Studienergebnisse vorgestellt. Daran schließen sich in Kapitel 7 die Diskussion der Ergebnisse, ihre Gegenüberstellung mit vergleichbaren Studien und ein Ausblick auf zukünftige Anwendungen an. Zum Abschluss soll das Operationsverfahren anhand einer realen Fallbeschreibung veranschaulicht werden.

2 Theoretische Grundlagen

Knochengewebe gehört zu den härtesten Geweben des menschlichen Organismus. Trotz ihrer Härte können sich alle Knochen in Struktur und Form den verschiedenen Belastungen entsprechend anpassen (Plastizität) (Junqueira & Carneiro, 2005). Neben seiner stützenden und schützenden Funktion dient der stoffwechselaktive Knochen auch als Hauptkalziumspeicher des Körpers. 99 % des Kalziums sind im Knochengewebe gebunden.

Das menschliche Skelett besteht aus ca. 220 Knochen. Die genaue Anzahl variiert geringfügig, weil viele Kleinknochen, z. B. in Wirbelsäule und Fuß, miteinander verwachsen sind. Unterteilt werden Knochen nach ihrer äußeren Form in (Aumüller et al., 2010):

- Röhrenknochen (Syn.: lange Knochen)
- kurze Knochen
- platte Knochen
- luftgefüllte Knochen
- Sesambeine
- unregelmäßige Knochen

Betrachtet man die Kieferknochen, wird die Maxilla, wie die übrigen Schädelknochen auch, osteologisch zu den platten Knochen gezählt. Die Mandibula, die ähnlich wie Wirbelkörper nicht den anderen Formen untergeordnet werden kann, wird aufgrund ihrer hohen Stütz- und Schutzfunktion bei gleichzeitig hoher Beweglichkeit unter den unregelmäßigen Knochenformen eingeordnet.

2.1 Aufbau und Struktur von Knochen

Histologisch betrachtet setzt sich Knochen grundsätzlich aus zwei Bestandteilen zusammen: der Knochengrundsubstanz und den Knochenzellen.

Die **Knochengrundsubstanz** (Syn.: extrazelluläre Matrix, Interzellulärsbstanz) besteht zu 65 % aus anorganischer Matrix. Den überwiegenden Anteil macht, neben anderen Mineralien, Hydroxylapatit aus. Dieses Komplexsalz beinhaltet überwiegend Phosphat, Calcium und Carbonat. Daneben kommen Calciumphosphat, Bikarbonat, Citrat sowie Magnesium-, Kalium- und Natriumsalze in der Matrix vor (Junqueira & Carneiro, 2005). Die organischen Bestandteile (35 %) setzen sich aus ungeformten Komponenten wie Proteoglycanen und Glycoproteinen sowie aus geformten Komponenten zusammen.

Den Hauptanteil bilden bei letztgenannten Komponenten Fasern vom Kollagen Typ I mit 95 % (Aumüller et al., 2010; Junqueira & Carneiro, 2005).

Bei den **Knochenzellen** werden vier verschiedene Typen unterschieden:

- Progenitorzellen
- Osteoblasten
- Osteozyten
- Osteoklasten

Progenitorzellen (Syn.: Stamm-, Vorläuferzellen) verkörpern wenig differenzierte Mesenchymzellen mit hoher Proliferationsbereitschaft, aus denen die verschiedenen Knochenzellen hervorgehen. Zu finden sind sie im Periost und im Endost.

Osteoblasten sind die entscheidenden Zellen für die Knochenbildung. Sie entwickeln sich aus den Vorläuferzellen und übernehmen Auf- und Umbaureaktionen sowie Reparationsvorgänge in der Knochensubstanz. Sie synthetisieren Kollagen, regulieren die Mineralisation und den Osteoklastenhaushalt. Zu finden sind sie auf der knöchernen Oberfläche sowohl im Inneren als auch direkt unter dem Periost, wo sie als einschichtige Lage sitzen und zunächst Osteoid produzieren. Osteoid stellt die noch nicht mineralisierte Grundsubstanz (Matrix) des Knochengewebes dar, wie z. B. Kollagen Typ I. Die eigentliche Mineralisation geschieht anschließend durch Abschnürung von Matrixvesikeln aus den Osteoblasten, die Hydroxylapatitkristalle enthalten (Junqueira & Carneiro, 2005).

Osteoblasten, die vollständig von mineralisierter Knochengrundsubstanz eingemauert werden, nennt man **Osteozyten**. Diese liegen in Höhlen (Lacunae osseae) und formen mit ihren Ausläufern zahlreiche Knochenkanälchen (Canaliculi osseae), an deren Enden sie mit benachbarten Osteozyten über Gap Junctions gekoppelt sind. Dadurch sind alle Osteozyten durch Diffusion erreichbar, ernähren sich und tauschen Informationen über Zustand und Reparaturbedürftigkeit der Knochenmatrix aus. Ihre Aufgabe besteht in gleicher Weise im Erhalt der Knochengrundsubstanz. Sie sind ebenfalls, wenn auch im geringeren Maße, an Auf- und Umbaureaktionen beteiligt, reagieren auf mechanische Beanspruchung und halten die extrazelluläre Matrix aufrecht (Aumüller et al., 2010; Junqueira & Carneiro, 2005; Lüllmann-Rauch, 2003).

Osteoklasten sind sehr große, mehrkernige Zellen und gehen ebenfalls aus den Vorläuferzellen hervor. Ihre Hauptaufgabe liegt in der Resorption der Matrix, dem Knochenabbau und in Umbaureaktionen. Da ein Osteoklast die zehnfache Menge an Grundsubstanz abbaut, als von einem Osteoblasten gebildet werden kann, muss die Gesamtzahl der Osteoblasten im gesunden Organismus um ein Vielfaches

überwiegen, um ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Knochenaufbau und -abbau zu gewährleisten (Aumüller et al., 2010). Gesteuert wird die Interaktion zwischen Osteoblasten und Osteoklasten durch verschiedene Mechanismen. So regen Wachstumsfaktoren und Zytokine, die von Osteoblasten sezerniert werden, die Proliferation von Osteoklastenvorläufern an. Diese Vorläuferzellen fusionieren und reifen zu einem funktionsfähigen Osteoklasten. Osteoblasten sind allerdings auch in der Lage, die Fusion von Osteoklasten durch ein Protein (Osteoprotegerin) zu verhindern. Ein weiterer Hemmmechanismus wird durch das Schilddrüsenhormon Calcitonin herbeigeführt. Nach Bindung des Hormons an die Membranrezeptoren der Osteoklasten wird eine Signalkaskade aktiviert und die Zellen gehen in einen funktionsarmen Ruhezustand über (Lüllmann-Rauch, 2003).

2.2 Knochenarten

Histologisch gilt es zwei verschiedene Arten von Knochen zu unterscheiden, den Geflecht- und den Lamellenknochen.

Geflechtknochen (Syn.: Faserknochen, primärer Knochen) ist die zuerst gebildete Knochenart im embryonalen Zustand. In ihm liegen die Kollagenfibrillen in unorganisierten, miteinander verflochtenen Bündeln ohne höhere Organisationsstruktur vor (Kugler & Drenckhahn, 2008). An Stellen, in denen Knochengewebe sehr schnell gebildet wird, wie z. B. in der Entwicklungsphase oder der Frakturheilung, entsteht zunächst Geflechtknochen (Junqueira & Carneiro, 2005). Dieser besitzt eine geringe Festigkeit und erfährt bis zum Ende des ersten Lebensjahres einen weitgehenden Umbau in den biomechanisch hochwertigeren und stabileren Lamellenknochen. Nur im knöchernen Labyrinth des Innenohrs, den Gehörknöchelchen, den Alveolen der Zähne, den Ansatzstellen mancher Sehnen und im Bereich der Schädelnähte unterbleibt die Umwandlung in Lamellenknochen (Aumüller et al., 2010; Junqueira & Carneiro, 2005; Lüllmann-Rauch, 2003).

Der **Lamellenknochen** (Syn.: sekundärer Knochen) erhielt seinen Namen durch die lamelläre Schichtung seiner Extrazellulärmatrix. Eine Knochenlamelle beinhaltet gleichsinnig parallel ausgerichtete, mineralisierte Kollagenfibrillen. Der grundsätzliche Aufbau von Lamellenknochen ist identisch. Am deutlichsten erkennbar ist dies auf einem Querschnitt durch einen Röhrenknochen. Die äußerste Schicht des Knochens wird von Periost bedeckt. Periost ist stark vaskularisiert und neural innerviert. Dies erklärt seine hohe Schmerzempfindlichkeit. Vom Periost gehen Bündel von Kollagenfibrillen in das Kollagensystem der Kortikalis über und verbinden das Periost fest mit dem Knochen (Kugler & Drenckhahn, 2008). Direkt unter dem Periost liegt die

makroskopisch gut sichtbare, im Mittel 0,5 bis 3 mm dicke Substantia corticalis (Syn.: Kortikalis, Substantia compacta). Dieser schließt sich in Richtung Knochenmitte die schwammartig anmutende Substantia spongiosa (kurz: Spongiosa) an. Die Substantia compacta macht 80 % des Knochengewebes aus, 20 % werden durch die Substantia spongiosa gebildet. Zwischen den Trabekeln der Spongiosa liegt das Knochenmark (Aumüller et al., 2010; Kugler & Drenckhahn, 2008; Lüllmann-Rauch, 2003). Die Hauptaufgaben von Periost und Endost sind die Ernährung sowie Wachstums- und Reparaturvorgänge von Knochengewebe (Junqueira & Carneiro, 2005).

Grundbaustein des Lamellenknochens ist das zylindrisch gebaute Osteon (Syn.: Havers-System) in dessen Zentrum ein Havers-Kanal mit Gefäßen liegt. Um den Havers-Kanal eines Osteons liegen ca. 4 bis 20 *Speziallamellen*, die konzentrisch zueinander angeordnet sind und aus Kollagenfasern Typ I bestehen. Der Verlauf benachbarter Kollagenfasern ist mit einem rechten Winkel gegenläufig zueinander und erhöht so die Festigkeit der Fasern. Die äußere Osteonbegrenzung bildet eine Kittlinie. Zwischen den Osteonen liegen *Schaltlamellen*. Sie sind Reste von alten Osteonen und zeugen vom stetigen Knochenumbau (Junqueira & Carneiro, 2005).

Eine weitere Art von Lamellen sind die äußeren und inneren *Generallamellen*. Sie begrenzen die Substantia compacta mit ihren Osteonen nach außen in Richtung Periost und nach innen in Richtung Substantia spongiosa. Dabei ist zu beachten, dass es in der Diaphyse von Röhrenknochen mehr äußere als innere Generallamellen gibt (Lüllmann-Rauch, 2003; Niethard et al., 2009). Der histologische Aufbau der Kompakta ist in Abbildung 1 grafisch dargestellt.

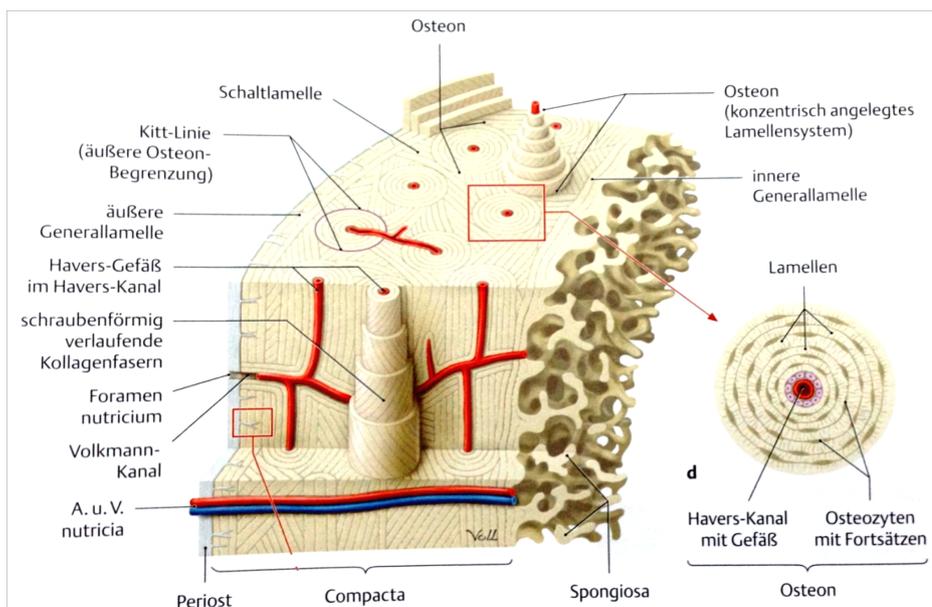


Abbildung 1 Räumliche Darstellung der Kompakta

Quelle: Schünke et al. (2005). Prometheus – Lernatlas der Anatomie, 1. Auflage, Thieme, Stuttgart, S. 35.

Die Blutversorgung in Lamellenknochen ist ebenfalls klar strukturiert und wird durch zwei verschiedene Systeme sichergestellt. In vertikaler Verlaufsrichtung liegen die Havers-Gefäße im Zentrum der Osteone, die mit dem Gefäßplexus des Periosts in Verbindung stehen und miteinander anastomosieren. Volkmann-Gefäße hingegen verlaufen als Querverbindung in der Kortikalis horizontal. Durch diese Anordnung wird sichergestellt, dass jede Knochenzelle mit ausreichend Blut und Nährstoffen versorgt wird (Aumüller et al., 2010; Lüllmann-Rauch, 2003).

2.3 Knochenentwicklung

Knochen kann auf zwei verschiedene Arten entstehen: entweder durch desmale oder durch chondrale Osteogenese (Junqueira & Carneiro, 2005).

Bei der **desmalen Osteogenese** (Syn.: direkte Ossifikation) kommt es während der Embryonalzeit zu einer inselartigen Verdichtung von Mesenchymzellen in Knochenanlagen. Diese Vorläuferzellen entwickeln sich ohne Umwege zu Osteoblasten, die dann direkt mit der Produktion von Osteoid beginnen. Es entstehen kleine Knochenteilchen. Mehrere dieser Knochenteilchen fusionieren mit der Zeit und es entwickelt sich ein aus Bälkchen bestehendes Knochengerüst. Durch Einsprossung von Blutgefäßen gelangen pluripotente Stammzellen in die Zwischenräume des Knochengerüsts und nach Differenzierung der Progenitorzellen zu Osteoblasten kommt es durch weitere Osteoidproduktion zu einem appositionellen Wachstum (Aumüller et al., 2010; Junqueira & Carneiro, 2005). Durch fortwährendes Wachstum entsteht zunächst Spongiosa und im Anschluss daran aus Geflechtknochen bestehende Kompakta (Lüllmann-Rauch, 2003). Die Entwicklung der Ober- und Unterkieferknochen findet überwiegend durch desmale Ossifikation statt (Chai et al., 2000; Kang & Svoboda, 2005).

Die meisten Knochen des menschlichen Körpers entstehen allerdings durch **chondrale Osteogenese** (Syn.: indirekte Ossifikation). Im *diaphysären Abschnitt* zukünftiger Röhrenknochen gliedert sich der Ablauf in zwei Phasen:

Phase 1

Die **perichondrale Ossifikation** zeichnet sich dadurch aus, dass die Wand des bis zur fünften bzw. sechsten Embryonalwoche gebildeten Knorpelmodells zu Periost wird, indem sich die perichondrale Knochenmanschette durch Ossifikation zu einem primären Knochenkern entwickelt. Im Knorpelinneren degenerieren daraufhin die Zellen und in der Extrazellulärmatrix werden Kalksalze eingelagert. Durch Hypoxie beginnt die zweite Phase (Aumüller et al., 2010; Lüllmann-Rauch, 2003).

Phase 2

Die **enchondrale Ossifikation** ist dadurch gekennzeichnet, dass durch Vaskularisierung Vorläuferzellen ins Innere des Knorpelgewebes einwandern. Chondroklasten beginnen nun die knorpelige Extrazellulärmatrix abzubauen, wobei die entstehenden Knorpelhöhlen im Anschluss daran Osteoblasten als Matrize für den Knochenaufbau dienen. Innerhalb weniger Tage wird so die gesamte Diaphysenanlage durch primäre Spongiosa aus Geflechtknochen ersetzt (Aumüller et al., 2010; Kugler & Drenckhahn, 2008). Im Gegensatz zum appositionellen Wachstum bei der desmalen Ossifikation handelt es sich bei der Längenzunahme der chondralen Ossifikation um interstitielles Wachstum (Lüllmann-Rauch, 2003).

Im Bereich der *Epiphysen* ist das Wachstum ausschließlich als enchondrale Ossifikation zu beobachten. In den fetal vaskularisierten Epiphysenanlagen entstehen sekundäre Knochenkerne, von denen aus die spätere Ossifikation zentrifugal fortschreitet. Dies geschieht, je nach Knochen, kurz vor oder sogar Monate bis Jahre nach der Geburt (Aumüller et al., 2010; Lüllmann-Rauch, 2003).

2.4 Umbauprozesse und Frakturheilung

Wie in Kapitel 2.1 beschrieben, ist menschlicher Knochen lebenslang ständigen Auf-, Um- und Abbauprozessen unterworfen (Schenk, 1991). Der kontinuierliche Umbau von Osteonen (Remodelling) erfolgt, aufgrund der sich ständig wechselnden Belastungen, der Vorbeugung gegen Materialermüdung, der Reparatur von Mikroläsionen und zur Bereitstellung von Calcium, fortwährend (Kugler & Drenckhahn, 2008). Die Anpassung der Knochensubstanz an mechanische Belastungen zeigt sich bereits im makroskopischen Aufbau. So findet sich in mechanisch besonders beanspruchten Bereichen des Knochens überwiegend dicke Kompakta und in weniger belasteten Bereichen hauptsächlich Spongiosa. Der Knochen passt sich somit durch kontinuierliche Umbauprozesse seiner tatsächlichen Belastung immer wieder neu an (Kugler & Drenckhahn, 2008; Turner et al., 2002). Dabei wird die Knochensubstanz, basierend auf der Theorie der Leichtbauweise nach Pauwels, so angeordnet, dass sie mit dem geringsten Materialaufwand die auftretenden Kräfte bestmöglich auffangen und übertragen kann (Debrunner, 2002).

In der Literatur wird davon ausgegangen, dass jährlich 10 % des Knochengewebes umgebaut werden, wobei der Umbau von Spongiosa im Vergleich zur Kompakta wesentlich überwiegt. Im Umkehrschluss würde das bedeuten, dass innerhalb von zehn Jahren das komplette Skelett eines Erwachsenen einmal erneuert wird (Aumüller et al., 2010; Lüllmann-Rauch, 2003).

Kommt es bei Belastungen des Knochens über seine Elastizitätsgrenze hinaus zu einer vollständigen Kontinuitätsunterbrechung, wird von einer Fraktur gesprochen. Bei einer unvollständigen Unterbrechung heißt die Verletzung Fissur (Niethard et al., 2009). Ist es zu einer Knochenunterbrechung im Sinne einer Fraktur gekommen, lautet das oberste Ziel die vollständige anatomische und funktionale Wiederherstellung der Knochensubstanz und Gewährleistung einer mechanischen Stabilität. Dabei laufen die auch im Gesunden ständig zu beobachtenden Umbauprozesse nun im verstärkten Maße ab. Prinzipiell ist Knochen ein sehr regenerationsfähiges Gewebe und besitzt die einzigartige Fähigkeit, nach einer Beschädigung die ursprüngliche Ausgangssituation ohne Narbenbildung zu erreichen (Unger et al., 2009). Ist der Heilungsprozess abgeschlossen und wurde der vorherige morphologische und funktionelle Zustand wiedererlangt, wird dies als *Restitutio ad Integrum* bezeichnet. Die Zeitdauer variiert dabei je nach Art der Knochenheilung (Niethard et al., 2009).

Die Reossifikation erfolgt über die noch intakten Knochenflächen, wobei eingebrachte Transplantate oder Knochenersatzmaterialien als Leitschiene dienen können. Sie überbrücken größere Defektsituationen und werden anschließend im Rahmen des Heilungsprozesses osseointegriert (Howaldt & Schmelzeisen, 2015a). Entscheidend für eine ungestörte Frakturheilung sind allerdings drei wesentliche Voraussetzungen (Biberthaler & Oestern, 2012):

- intakte Durchblutung aller Fragmente
- Ruhigstellung
- ausreichender, enger Knochenkontakt der Fragmente

Wie bereits beschrieben, besitzt Knochen die Fähigkeit, nach einer Verletzung narbenlos zu heilen. Unterschieden werden dabei zwei verschiedene Arten der Knochenheilung: die primäre und die sekundäre Knochenheilung (Rüger et al., 2010a).

2.4.1 Primäre Knochenheilung

Die primäre Knochenheilung (Syn.: direkte Knochenheilung) ist genau betrachtet eine Kunstform der Knochenheilung. Sind die einzelnen Fragmente stabil zueinander fixiert, kommt es ohne Kallusbildung zu einer *Kontaktheilung*. Erreicht werden kann dies z. B. über interfragmentäre Kompression durch eine operative Osteosynthese mittels Platten und Schrauben (Stürmer, 1996). Osteone können den Frakturspalt daraufhin direkt durchwandern und nach Aussprossung neuer Blutgefäße aus der Markhöhle und dem Periost mit den Reparaturprozessen beginnen. Es wird direkt und ohne Umwege, zunächst parallel zum Frakturspalt, Lamellenknochen produziert. Im zweiten Schritt durchbohren Osteoklasten die querverlaufenden Lamellen und verbinden über den

Frakturspalt hinweg beide Enden durch Bildung neuer Knochenkanäle. Es kommt durch Einsprossung neuer Osteone zu einem direkten Wiederaufbau von Lamellenknochen (Howaldt & Schmelzeisen, 2015a; Lüllmann-Rauch, 2003). Die Funktionsfähigkeit des Knochens ist nach drei Wochen wiederhergestellt (Kugler & Drenckhahn, 2008).

Verbleiben kleinste Spalten (< 1 mm) zwischen den Fragmenten, was sich selbst bei optimaler Reposition der Fraktarenden nie komplett verhindern lässt, heilen diese unter Kallusbildung (*Spalthheilung*, vgl. indirekte Knochenheilung) aus. Zunächst entsteht hier ungeordneter Geflechtknochen, der dann im weiteren Heilungsverlauf in Lamellenknochen umgewandelt wird (Howaldt & Schmelzeisen, 2015a).

Die durchschnittliche Konsolidationszeit mit anschließender bewegungsstabiler Belastbarkeit ist je nach Knochen unterschiedlich, beträgt aber selten länger als sechs Wochen (Laer, 2010). BIBERTHALER UND OESTERN nennen eine Dauer von eineinhalb bis zwei Jahren, bis der definitive Umbauprozess mit Erreichen der Restitutio ad Integrum und der vollständigen Wiederherstellung der ehemaligen Form und Funktion abgeschlossen ist (Biberthaler & Oestern, 2012).

2.4.2 Sekundäre Knochenheilung

Die meisten Knochenbrüche rufen eine Dislokation mit Bildung von (mehreren) Frakturspalten (> 1 mm) zwischen den Fraktarenden hervor (Kugler & Drenckhahn, 2008). Diese Form der Knochenheilung entspricht dem natürlichen Heilungsprozess ohne operativen Eingriff (sekundäre Knochenheilung, Syn.: indirekte Knochenheilung) und läuft in folgenden physiologischen Phasen ab (Niethard et al., 2009):

1. Bildung eines Frakturhämatoms (*Dauer: 1 bis 3 Tage*)
2. Entzündungsphase und Organisation des Hämatoms mit einwachsenden Fibroblasten (bindegewebiger Kallus) (*Dauer: 3 bis 14 Tage*)
3. Kallushärtung mit Differenzierung zu Geflechtknochen (knöcherner Kallus) (*Dauer: Wochen bis Monate*)
4. Remodelling zu Lamellenknochen mit Rekonstruktion des medullären Gefäßsystems und Abbau überschüssigen Kallus (*Dauer: 1 bis 2 Jahre*)

Induktoren der Knochenheilung sind verschiedene Wachstumsfaktoren, Proteine und Interleukine. Eine besondere Bedeutung fällt den Bone Morphogenetic Proteins (BMP) zu. Diese Proteine sorgen durch Kommunikation der Zellen untereinander für eine Steuerung und Regulierung des Knochenwachstums (Chen et al., 2004).

Die Gesamtdauer des Verknöcherungsprozesses wird in der Literatur mit ca. zwei bis drei Jahren angegeben (Biberthaler & Oestern, 2012). Die notwendige Stabilität für eine mechanische Belastung hat Knochengewebe allerdings bereits nach einer Zeit von ca. sechs bis sieben Wochen wieder erreicht. Das Remodelling zieht sich noch Monate nach der Verletzung hin und ist in dieser Zeit auch mikroskopisch nachweisbar (Howaldt & Schmelzeisen, 2015a; Rüger et al., 2010a).

2.4.3 Störung der Knochenheilung – Pseudarthrose

Eine abgeschlossene Frakturheilung ist in der Regel innerhalb von 4 bis 6 Monaten nach dem Trauma zu erwarten. Liegen keine optimalen Voraussetzungen vor, so kann die Knochenheilung entweder verzögert („delayed union“) oder im ungünstigsten Fall ganz verhindert werden („non union“). Gründe dafür sind laut verschiedenen Autoren z. B. Dislokation der Frakturrenden, eine unzureichende Ruhigstellung, zu frühe Mobilisierung, eine mangelhafte Vaskularisierung (pAVK), Nikotin- und Alkoholabusus oder Infektionen (Fritz, 1997; Stürmer, 1996). Besteht sechs Monate nach einem Trauma noch keine Knochenheilung, wird von einer Pseudarthrose gesprochen. Im Bereich des ehemaligen Frakturspalts findet sich dabei narbiges Bindegewebe. Eine knöcherne Konsolidierung ist ausgeblieben (Fritz, 1997; Howaldt & Schmelzeisen, 2015a).

2.5 Terminologie zur Augmentation und Rekonstruktion

In dem nachfolgenden Abschnitt werden die im Zusammenhang mit der Knochen-
transplantation, -augmentation und -rekonstruktion häufig verwendeten Begriffe und ihre Synonyme genauer erläutert.

2.5.1 Autologe Knochen-Transplantate

Bei dieser Form der Transplantation wird körpereigenen Knochen von einem Ort an einen anatomisch anderen Ort desselben Individuums transplantiert. In der Literatur werden des Öfteren die bedeutungsgleichen Ausdrücke *Autograft* oder *Autoplastik* verwendet. Sie stellen die biologisch geeignetsten Transplantate dar, weil Histokompatibilitätsunterschiede² mit Abstoßungsreaktionen ebenso entfallen wie die Gefahr der Übertragung von Infektionskrankheiten (Katthagen, 1986).

Allerdings sollten trotz dieser positiven Aspekte mögliche Komplikationen, wie längere Operationszeiten, größere intra- und postoperative Belastungen, Schmerzen,

² Histokompatibilität: Gewebeverträglichkeit

Hämatome, Wundheilungsstörungen oder Nervenläsionen eines Zweiteingriffs, den die autologe Transplantation verfahrensbedingt mit sich bringt, nicht vergessen werden (Joshi & Kostakis, 2004; Lendeckel, 2009; Moore et al., 2001; Stützle et al., 1998). Der am häufigsten favorisierte Entnahmeort ist nach CHEN et al. sowie SCHENK aufgrund seiner anatomisch gut zugänglichen Position und seines großen Knochenangebots der Beckenkamm (Chen et al., 1994; Schenk, 1991).

2.5.2 Allogene Knochentransplantate

Die Transplantation allogenen Knochens erfolgt von Mitgliedern derselben Spezies ohne genetische Identität auf ein anderes Individuum derselben Spezies (Mensch-zu-Mensch-Übertragung) (Katthagen, 1986). Hierbei entfällt der Ersteingriff für den Empfänger, allerdings ist mit einer Reihe anderer Komplikationen zu rechnen. So besteht das Risiko einer Krankheitsübertragung vom Spender auf den Empfänger. Durch ständig weiterentwickelte serologische Screeningverfahren und Leitlinien zum Führen einer Knochenbank konnte das Infektionsrisiko zwar sehr stark minimiert werden, letztlich ausgeschlossen werden kann es aber nicht (Stützle et al., 1998; Tomford, 2000). Des Weiteren wurde beobachtet, dass es bei Allografts – wie die allogenen Transplantate auch genannt werden – im Vergleich zu Autografts zu einer langsameren Einsprossung neuer Blutgefäße kommt und eine größere Resorption zu beobachten ist (Burchardt, 1983). Ebenfalls zu bedenken ist, dass vom tiefgefrorenen allogenen Knochen keine osteogenetische Potenz ausgeht, da mit der Kryokonservierung ein nahezu vollständiger Zelltod einhergeht (v. Garrel & Gotzen, 1998). Erschwerend kommt hinzu, dass das Führen einer Knochenbank mit der Vorbehandlung und Lagerung sehr aufwendig und kostenintensiv ist (Schnettler et al., 1998). Neben dem Fehlen eines zweiten Operationsgebiets liegt ein weiterer Vorteil der allogenen Transplantate darin, dass sie in großer Menge zur Verfügung stehen, insbesondere dann, wenn größere Strukturdefekte überbrückt werden müssen oder autogenes Material nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung steht (Moore et al., 2001). Die Gewinnung des allogenen Knochenmaterials erfolgt in der Regel von osteotomierten Femurköpfen, die im Rahmen des endoprothetischen Hüftgelenkersatzes entnommen und danach entsprechend aufbereitet werden.

2.5.3 Xenogene Knochentransplantate

Beim xenogenen Knochenersatz wird Gewebe von Individuen unterschiedlicher Spezies übertragen (Tier-zu-Mensch-Übertragung) (Katthagen, 1986). Aufgrund der großen genetischen Unterschiede und Histoinkompatibilitäten ist die Verwendung von

Xenografts nur eingeschränkt möglich und das klinische Indikationsfeld sehr stark limitiert (Rüger et al., 2010b). Als Beispiel sei hier die in der kardiovaskulären Chirurgie stattfindende Transplantation von Schweineherzklappen auf den Menschen genannt. Damit xenogene Knochentransplantate überhaupt verwendet werden können, bedarf es einer aufwendigen Aufbereitung. Dies geht in der Regel mit einer Zerstörung von Zellen und dem Verlust osteoinduktiver Potenz einher. In der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie werden solche Transplantate daher so gut wie überhaupt nicht eingesetzt (Howaldt & Schmelzeisen, 2015a). Einzig vorteilhaft ist die vergleichsweise gute Verfügbarkeit.

2.5.4 Alloplastische Transplantate / Knochenersatzmaterialien

Knochenersatzmaterialien sind laut RÜGER entweder „synthetische, anorganische oder biologische, organische Verbindungen, d. h. ‚Biomaterialien‘, die bei der Behandlung eines Knochendefekts [...] anstelle des autogenen bzw. allogenen Knochens in den Defekt implantiert werden sollen“ (Rüger, 1992). Dort sollen sie die Knochenheilung beschleunigen und für einen sicheren Durchbau der Kontinuitätsunterbrechung sorgen. Das Ziel ist die Entstehung eines neuen, vitalen und belastbaren Knochens (ebd.). Alloplastische Transplantate sind nicht-biologischer Herkunft und müssen daher genau genommen als *Implantate* bezeichnet werden. Sie stellen künstlich entwickelte Ersatzmaterialien dar. Zum Einsatz kommen vor allem Werkstoffe aus Keramik, Metall und Kunststoff (Schwenzer & Ehrenfeld, 2011).

Eingeteilt werden Knochenersatzmittel in verschiedene Klassen (Rüger, 1998):

- Klasse I: biologisch, organische Substanzen
- Klasse II: synthetische, anorganische Materialien
- Klasse III: synthetisch, organische Verbindungen
- Klasse IV: Komposite

Knochenersatzmaterialien sollten nicht nur gute mechanische Eigenschaften besitzen, sondern sich auch biologisch gut in den körpereigenen Knochen integrieren (Schenk, 1991). Außerdem sollte das „ideale“ Knochenersatzmaterial neben den genannten Eigenschaften resorbierbar, strukturgleich zu Knochen, in ausreichenden Mengen zur Verfügung stehen, einfach in der Handhabung und kostengünstig sein (Greenwald et al., 2001; Rüger, 1992).

Das Einwachsen von Knochenersatzmaterialien wird durch folgende drei biologische Mechanismen bestimmt:

Osteogenese beschreibt die Fähigkeit von im Transplantat mit verpflanzten Zellen Knochen zu bilden. Naturgemäß können das nur lebende Zellen. Selbst in autologen Transplantaten überleben 95 % der Zellen die Verpflanzung nicht. Andere Materialien sind avital und besitzen deshalb keine osteogenetischen Eigenschaften (Debrunner, 2002).

Osteoinduktion veranlasst lebende Zellen sich in Osteoblasten zu verwandeln, um mit der Knochenbildung zu starten. Diese Zellen müssen im Transplantatbett vorhanden sein und in das Transplantat einwandern, was eine gute Vaskularisierung und Infektionsfreiheit voraussetzt. Die Anregung erfolgt durch spezifische Proteine. Die wesentlichsten Substanzen kommen aus der Gruppe der BMP (Greenwald et al., 2001; Howaldt & Schmelzeisen, 2015a; Schenk, 1991).

Bei der **Osteokonduktion** fungiert das transplantierte biologisch inaktive Gewebe als Gerüst, das den aus dem angrenzenden Transplantatlager einsprießenden osteogenetischen Zellen als Leitschiene dient, um neuen Knochen anzulagern (Schenk, 1991). Das Gerüst wird nach einiger Zeit abgebaut und durch neuen autochthonen³ Knochen ersetzt (Debrunner, 2002). Eine in diesem Zusammenhang wichtige Substanz stellt das Hydroxylapatit dar, das Strukturähnlichkeiten mit der menschlichen Knochenmatrix aufweist (Howaldt & Schmelzeisen, 2015a).

Wie in Kapitel 7.2 näher beschrieben wird, beschäftigen sich weltweit Wissenschaftler auch mit artifizierter Gewebeanzüchtung unter kontrollierten Laborbedingungen. Dabei ist es aber bis heute noch nicht gelungen einen vollwertigen Ersatz für autologen Knochen herzustellen (Stützle et al., 1998). Es gilt allerdings als sicher, dass künstliche Knochenersatzmaterialien in der Zukunft eine entscheidende Rolle in der Behandlung von Knochendefekten spielen werden (Howaldt & Schmelzeisen, 2015a; Moore et al., 2001).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass für Knochenersatzstoffe das Erreichen all der gewünschten Eigenschaften schwierig ist und die Anforderungen bisher nur von Eigenspongiosa erfüllt wurden (Debrunner, 2002).

2.6 Geschichtliche Entwicklung der Knochentransplantation

Die Therapie größerer knöcherner Defekte und das Ersetzen von Knochen, wenn körpereigene Reparaturmechanismen versagen, stellen Ärzte aller beteiligten Fachrichtungen heute wie damals vor eine große Herausforderung (Moore et al., 2001; Yaszemski et al., 1996). Die erste historisch belegte erfolgreiche (**xenogene**)

³ Autochthon: ortsständig, ursprünglich, einheimisch

Knochen transplantation wird auf das 17. Jahrhundert datiert. Der niederländische Chirurg JOB VAN MEEKEREN operierte 1668 einen verwundeten Soldaten am Kopf, indem er ihm zur Deckung seiner Schädelverletzung das Kalottenstück eines Hundes transplantierte (de Boer, 1989). Die Operation glückte und der Mann überlebte. Allerdings hatte die Behandlung insofern Konsequenzen für den Patienten, als dieser anschließend von der Kirche exkommuniziert wurde mit der Begründung, dass unreines tierisches Gewebe in einen Christen transplantiert wurde. Als der Soldat sich mit der Bitte der Entfernung des Knochen transplantats wieder an den Mediziner wandte, scheiterte der Versuch, da der Knochen zu diesem Zeitpunkt bereits vollständig osseointegriert war (Donati et al., 2007).

Die erste **autologe** Knochen transplantation gelang dem deutschen Arzt PHILIPP FRANZ VON WALTHER im Jahr 1821. Er setzte ein zuvor entnommenes Knochenstück der Schädelkalotte nach Trepanation dem Patienten erfolgreich wieder ein.

Der Franzose LOUIS OLLIER forschte über das Heilungsverhalten von Knochen und formulierte im Jahr 1861 in seinem Buch eine erste Methodik der Knochen transplantation. Er fand heraus, dass autologer Knochen überlebensfähig war und Knochenfragmente in einer geeigneten Umgebung auch ohne Periost leben und einwachsen können (de Boer, 1988). In ihm wird der Begründer der sogenannten *Osteoblastenlehre* gesehen. Diese besagt, dass das Überleben von Transplantatanteilen den Einheilprozess fördert (Faupel, 1988). Ebenfalls prägte er den Begriff „Knochen transplantat“ und definierte die Herkunft als autogen, allogenen oder xenogen (vgl. Kapitel 2.5) (Donati et al., 2007).

Das Einwachsen von Knochen transplantaten beschrieb BARTH, der als Schöpfer der reinen *Metaplasielehre* gilt, 1893 als „schleichenden Ersatz“. Gemeint sind damit die zunehmende Absorption des durch die Transplantation abgestorbenen Knochenmaterials und die Entstehung neuen, lebenden Knochens ausgehend vom vitalen Transplantatbett des umgebenden Knochens (de Boer, 1988; Faupel, 1988).

Da im 19. Jahrhundert noch keine Antibiotikatherapie existierte, war die einzige Möglichkeit der Heilung die Resektion von bakteriellen Infekten (insbesondere Osteomyelitis) zerstörten Knochens. 1881 wagte der Schotte WILLIAM MAC EWEN einen Heilungsversuch und transplantierte das Stück einer kindlichen Tibia in den durch Osteomyelitis zerstörten Humerus eines anderen Kindes (Tomford, 2000). Er beschritt damit einen neuen Weg – den des **allogenen** Knochenersatzes. Einige Jahre später augmentierte er den knöchernen Defekt in einer Mandibula mit Rippenknochen (Donati et al., 2007).

Nach der Einführung der Antibiotikabehandlung in den 1950ern wandelte sich die Infektionsbekämpfung in der Chirurgie von einer überwiegend resezierenden zu einer pharmakologischen Therapie. Die Nutzung größerer Knochentransplantate in der Defektheilung fand jetzt vor allem in der Tumorchirurgie Anwendung. Vorreiter war der US-amerikanische Arzt FRANK PARRISH, der in Houston hochgradig maligne Knochentumore mit Knochenstücken der proximalen Tibia oder des distalen Femur behandelte (Tomford, 2000).

Zu Beginn der 1970er führte MANKIN in Massachusetts eine große klinische Studie zur allogenen Knochentransplantation in der Knochentumorresektionschirurgie durch. Die Spenderknochen wurden von kürzlich verstorbenen Patienten entnommen und zeitnah in den segmentresezierten Empfängerknochen transplantiert. Seine Ergebnisse beschrieb er mit 73,8 % als sehr gut oder gut (Mankin et al., 1982).

Das große Problem in den ersten einhundert Jahren der Knochentransplantation lag sicherlich in der Lagerbarkeit. Resultierend daraus gab es nur eine sehr geringe Verfügbarkeit von Spendermaterial. So wurde bis dahin Knochen aus amputierten Gliedmaßen entnommen und im Rahmen der allogenen Transplantation mehr oder weniger zeitnah verpflanzt. Eine Langzeitkonservierung für Gewebe gab es nicht. Das war der Grund, warum die meisten Chirurgen den autologen Knochenersatz vorzogen (Tomford, 2000).

Den entscheidenden Vorstoß in der Lagerbarkeit von Gewebe gelang der Navy Tissue Bank in Bethesda, Maryland, dem medizinischen Forschungsstandort der United States Navy. Dort wurde unter der Leitung des damaligen Direktors GEORGE HYATT die Gefriertrocknung von Knochen zur längeren Haltbarkeit entwickelt. War nun die Schwierigkeit der Verfügbarkeit gelöst, kam es in den 1980er Jahren durch mehrmalige Übertragung von HIV und Hepatitis C nach allogener Knochentransplantation zu einem weitaus größeren Problem (CDC, 1988; Simonds et al., 1992; Tomford, 2000).

Sensibilisiert durch diese Fälle der Krankheitsübertragung ersetzte nun die Frage nach der Sicherheit für den Empfänger den Wunsch nach Verfügbarkeit. Untersuchungen und Forschungen belegten, dass alle bisher bekannt gewordenen Übertragungen von Infektionen mit der Übertragung von Blut und Knochenmarkresten im Spendergewebe einhergingen. Das amerikanische Center of Disease Control and Prevention (CDC) veröffentlichte daraufhin Leitlinien für den Umgang und die Testung von allogenen Spendermaterial. Knochenbanken reagierten mit der Waschung von Spenderknochen und genaueren serologischen Bluttests der Spenderpersonen als Screeningmaßnahme, um das Infektionsrisiko zu minimieren. All diese Maßnahmen können

natürlich keine absolute Sicherheit gegen das Risiko bieten, an einer durch Knochen übertragenen Infektion zu erkranken, aber sie können es stark reduzieren (Jerosch et al., 1990). Wie erfolgversprechend solche ständig weiterentwickelten Screenings und Leitlinien sind, zeigt sich am Beispiel Nordamerika. So wurden in der Zeit zwischen 1990 und 2000 über eine Million allogene Knochentransplantate in den USA verwendet ohne einen einzigen Nachweis einer dadurch übertragenen HIV- oder Hepatitisinfektion (Tomford, 2000). Die Infektionsgefahr scheint heutzutage, nicht zuletzt wegen strenger Richtlinien bei der Verwendung von Transplantaten, weitestgehend gebannt und eine Anwendung allogener Transplantate gilt als sicher (Bundesärztekammer, 2001; Eastlund & Strong, 2004; Knaepler et al., 1992).

2.7 Anatomie der Mandibula

Um die Anwendung des genormten Knochentransfers aus dem Kieferwinkel besser zu veranschaulichen, sollen im Folgenden eine kurze anatomische Beschreibung sowie die grafische Darstellung der wichtigsten Strukturen der Mandibula folgen.

Der Unterkiefer besteht makroskopisch gesehen aus zwei symmetrischen Hälften, die ursprünglich voneinander getrennt waren und im Laufe der Entwicklung miteinander verschmolzen. Wie Abbildung 2 zeigt, wird das größte Stück des Unterkiefers durch das hufeisenförmige *Corpus mandibulae* gebildet. Dessen beiden hinteren Enden steigen nach oben auf und bilden die *Ramus mandibulae*. Die Stelle, an der beide Knochenanteile ineinander übergehen, nennt sich Kieferwinkel (*Angulus mandibulae*). In der Retromolarregion liegt die *Fossa retromolaris*, deren innere Begrenzung die *Crista temporalis* und äußere Begrenzung die *Linea obliqua* bilden. An der Innenseite des *Ramus mandibulae* bildet das *Foramen mandibulae* den Eingang zum *Canalis mandibulae*. Hier verläuft, wie in Abbildung 3 sichtbar, der **N. alveolaris inferior** (Ast des N. mandibularis [Ast des N. trigeminus]) zusammen mit der A. und V. *alveolaris inferior*. Im Mandibularkanal verläuft der Nerv unter den Wurzelspitzen und versorgt die einzelnen Zahnfächer und Zähne, die Wangenschleimhaut, Anteile der extraoralen Wange sowie die vestibuläre und bukkale Gingiva der ipsilateralen⁴ Seite sensibel. Die Austrittsstelle des Nervs befindet sich am *Foramen mentale*, das unterhalb des zweiten Prämolaren im *Corpus mandibulae* liegt (Schmidt, 2008). Die Endstrecke des *N. alveolaris inferior* nennt sich ab der Austrittsstelle *N. mentalis* und innerviert die Haut und Schleimhaut von Unterlippe und Kinnregion sensibel (Neuhuber, 2004).

⁴ Ipsilateral: auf der gleichen Seite gelegen

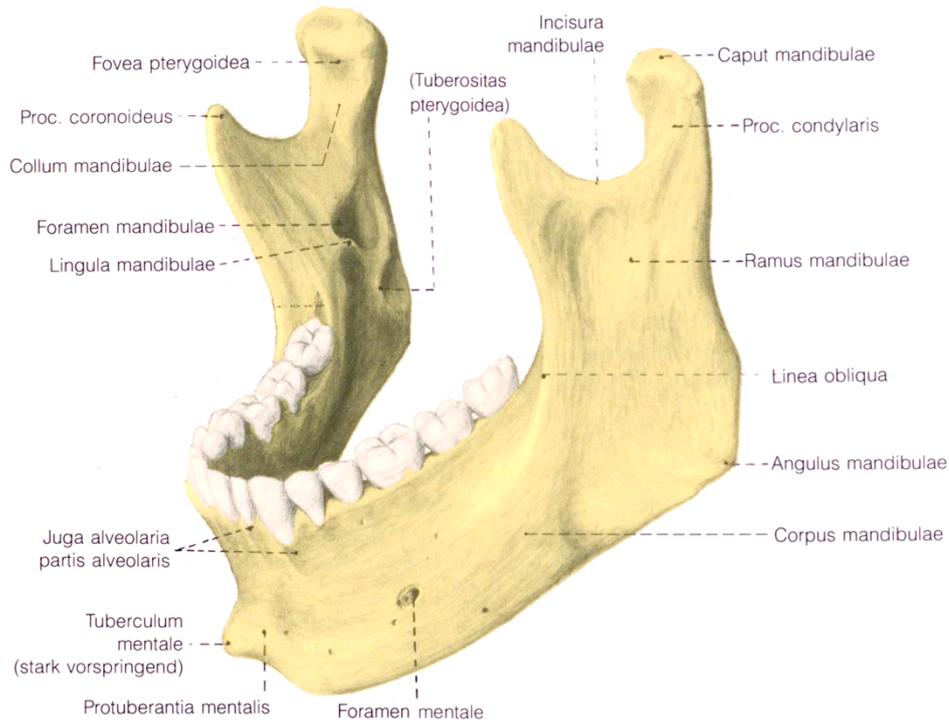


Abbildung 2 Mandibula

Quelle: Benninghoff, A. (1985). Anatomie, Bd. 1, 14. Auflage, Urban & Schwarzenberg, München, S. 524.

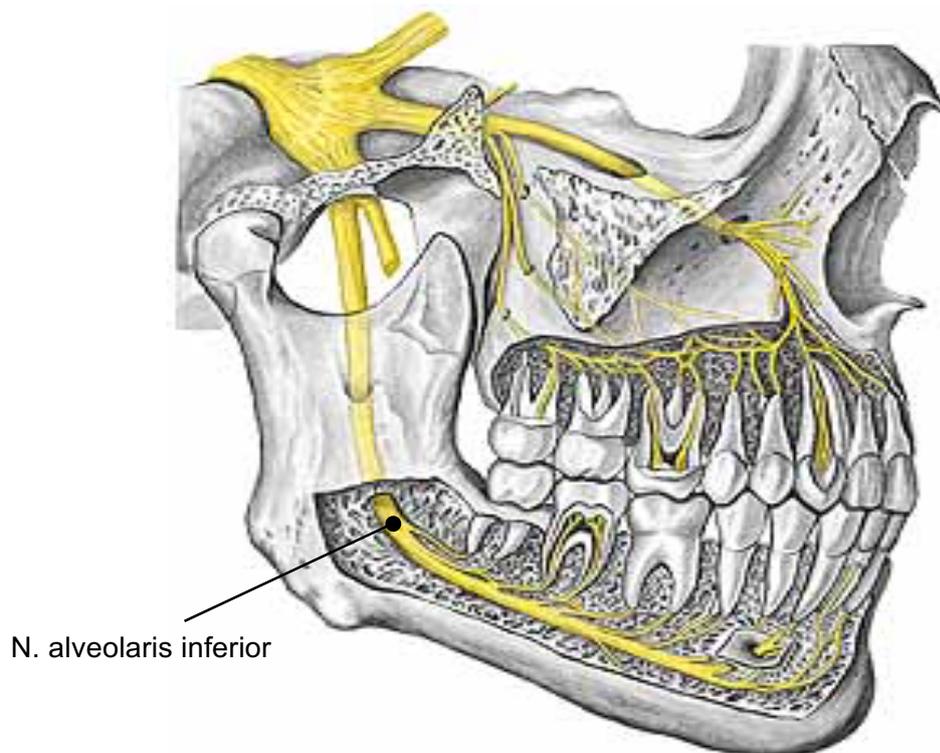


Abbildung 3 Verlauf des N. alveolaris inferior im Canalis mandibulae

Quelle: Putz, R. & Pabst, R. (2006). Sobotta – Atlas der Anatomie des Menschen, 22. Auflage, Elsevier GmbH, Urban & Fischer, München, S. 101.

2.8 Knochenaufbau ausgedehnter Defekte am Beispiel der Mandibula

Die mandibuläre Rekonstruktion *größerer* knöcherner Substanzverluste geschieht sowohl aus funktionellen als auch ästhetischen Gründen. Bei der Behandlung von ausgedehnten Knochendefekten, zum Beispiel in der Mandibula, können verschiedene Augmentationsverfahren zum Einsatz kommen (Schliephake et al., 1999). Große Mandibuladefekte entstehen z. B. nach Unfällen, Infektionen, Fehlbildungen, Zystenbildung oder häufig im Rahmen von Tumorsektionsoperationen (Chen et al., 1994; Schwenger & Ehrenfeld, 2011). Die Defektgröße variiert dabei erheblich, was mitunter den Erfolg der Augmentation beeinflusst. So beobachteten POGREL et al. in ihrer Studie einen positiven Zusammenhang zwischen der Größe des eingesetzten *freien* Knochentransplantats und der Misserfolgsrate. Bei Transplantatgrößen über zwölf Zentimeter berichten sie von einem Integrationsversagen von 75 %. Sie empfehlen bei Defekten größer neun Zentimeter den Einsatz von freien Transplantaten genau zu überlegen und lieber auf *vaskularisierten* Knochenersatz zurückzugreifen (Pogrel et al., 1997). Kleinere Defekte der Mandibula mit einer Größe unter fünf Zentimeter sind gut mit freien Transplantaten zu überbrücken (Goh et al., 2008). Zu dem gleichen Schluss kommen auch POGREL et al. und geben ebenfalls zu bedenken, dass besonders im Rahmen von Tumorsektionen der Patient häufig zuvor radiotherapiert wurde, was den Einsatz gefäßgestielter Transplantate der höheren Erfolgsquote wegen indiziert. Freie Transplantate haben nach ihrer Auffassung in kleineren, nicht radiotherapierten Defekten ihren Stellenwert (Pogrel et al., 1997).

Wie daraus erkennbar ist, stellt die Wiederherstellung ausgedehnter Knochendefekte im Unterkieferbereich den Chirurgen vor eine Herausforderung, insbesondere wenn es darum geht umfangreiche knöcherner Kontinuitätsunterbrechungen der Mandibula erfolgreich zu behandeln (Carlson & Marx, 1996; Wells, 1996). Beckenkammtransplantate sind hier aufgrund des großen zur Verfügung stehenden Volumens das Mittel der Wahl (Howaldt & Schmelzeisen, 2015a; Soost et al., 2001). Gilt es längerstreckige Kieferanteile zu überbrücken, besteht auch die Möglichkeit der Fibulatransplantation, bei der bis zu 25 bis 30 Zentimeter lange Knochenteile gewonnen werden können (Wolff, 2007). All diese Transplantate werden nach Möglichkeit gefäßgestielt entnommen und in der Empfängerregion mit ortsständigen Blutgefäßen anastomosiert. Dadurch bleibt die Blutversorgung des Transplantats erhalten und ermöglicht so ein erfolversprechenderes Einheilen. Komplikationen wie Infektionen oder Resorptionen sind im Vergleich zu anderen Operationsverfahren deutlich vermindert (Goh et al., 2008; Wolff, 2007). In den späten 1970er Jahren wurde mit der gefäßgestielten Transplantation von Metatarsalknochen des Fußes oder von Rippen begonnen.

Jedoch wurde schnell festgestellt, dass die gehobenen Transplantate durchaus Nachteile hatten. So war der Knochen dünn, was es dem Operateur erschwerte ihn weiter zu bearbeiten, in die gewünschte Form zu modulieren und später im Rahmen der kaufunktionellen Rehabilitation enossale Implantate einzubringen. Auch die Entnahmemorbidity war nicht zu verachten. In der heutigen Rekonstruktionschirurgie der Mandibula hat diese Art der Augmentation ihren Stellenwert verloren. Der Gebrauch von gefäßgestielten Radius- und Scapulatransplantaten ist zwar denkbar, als heutige Spenderregionen haben sich allerdings der Beckenkamm und die Fibula durchgesetzt (Schliephake et al., 1999).

Kein anderer Knochen bietet ein so großes Angebot an Knochen wie der Beckenkamm, lässt sich ästhetisch gut integrieren und gewährt nach erfolgreicher Transplantation die Möglichkeit der Implantation enossaler Implantate (Goh et al., 2008). Allerdings darf die Entnahmemorbidity mit dem Auftreten von Schmerzen, Nervenschädigungen, Bewegungseinschränkungen, Infektionen und Frakturen nicht vergessen werden (Joshi & Kostakis, 2004; Lendeckel, 2009; Zöller et al., 2007). Aus diesem Grund stellen Fibulatransplantate heutzutage für viele Operateure die bevorzugten Transplantate dar. Wegen ihrer sehr guten Blutversorgung können mehrere Osteotomien gemacht und so bis zu 30 cm Knochen entnommen werden, was die Augmentation auch ausgedehnter intraoraler Defekte ermöglicht (Goh et al., 2008). Demgegenüber nennen CHEN et al. einige negative Aspekte bei der Wahl von Fibulatransplantaten. Sie stellten in ihrer Studie eine fast doppelt so lange Einheilzeit (4 bis 6 Monate) im Vergleich zu Beckenknochen fest (2 Monate) und begründeten dies in den mehrfach erforderlichen Osteotomien, um den starren Fibulaknochen an die Rundungen der Mandibula anzupassen und in ästhetisch akzeptable Formen zu bringen. Dies wiederum beeinflusst die Blutversorgung negativ, was eine verzögerte Einheilung bis hin zum möglichen Versagen und zu notwendigen Folgeeingriffen begünstigt. Aus diesem Grund und weil iliakaler Knochen eine gute kortikospongiöse Struktur und Höhe aufweist, favorisieren sie den Gebrauch von Beckenkammtransplantaten (Chen et al., 1994).

Wie die Betrachtung der mandibulären Rekonstruktionsmöglichkeiten bei ausgedehnten Defekten, mit Hilfe unterschiedlicher Spenderknochen, verdeutlicht, gibt es das „ideale“ Augmentationsverfahren nicht. Die verschiedenen Möglichkeiten mit allen Vor- und Nachteilen bedürfen in jedem Einzelfall einer sorgfältigen Prüfung, bevor die Entscheidung für ein Verfahren fällt (Carlson & Marx, 1996). Nicht zuletzt entscheiden auch die Ausbildung, Erfahrung und Präferenz des Operateurs über die Wahl des Rekonstruktionsverfahrens und des jeweiligen Spenderknochens (Streckbein et al., 2014).

3 Der genormte Knochentransfer

Bei *kleineren* und lokal umschriebenen Defekten des Alveolarkamms ist oftmals die knöcherne Augmentation im Einzelzahnbereich vor der Insertion dentaler Implantate notwendig. Aufgrund der in der Regel nur geringen benötigten Transplantatmenge und um einen zweiten Operationssitus zu vermeiden, bietet sich die intraorale Entnahme autologen Knochens aus der Retromolarregion an (Friedrich et al., 1987; Misch, 2000). Zur minimalinvasiven Rekonstruktion kleiner und mittlerer Alveolarfortsatzdefekte wurde ein neues Instrumentarium entwickelt. Dieses Verfahren arbeitet auf Grundlage des *genormten Knochentransfers* und ist sowohl für den horizontalen und den vertikalen Knochenaufbau des Alveolarkamms als auch für die Sinusbodenelevation nutzbar (Streckbein et al., 2014).

Nachfolgend wird zunächst das spezielle Instrumentarium vorgestellt und im Anschluss das operative Vorgehen beschrieben. Abschließend wird auf die Vor- und Nachteile des Verfahrens eingegangen.

3.1 Chirurgisches Instrumentarium

Das Instrumentarium, das in übersichtlichen Sets von verschiedenen Herstellern angeboten wird und sich problemlos in bereits vorhandenes chirurgisches Operationsbesteck integrieren lässt, ist genau aufeinander abgestimmt und besteht aus Trepanfräsen und kreuzverzahnten Lagerfräsen. Die Besonderheit dieses Sets ist die Tatsache, dass die Innendurchmesser der Hohlfräsen exakt den Außendurchmessern der Lagerfräsen entsprechen (Fräsendurchmesser 5,5 mm, 6,5 mm bzw. 7,5 mm). Das bedeutet, die entnommenen Knochenzylinder passen formkongruent in das präparierte Transplantatbett. Bereits SCHENK sah im Formschluss, der Passgenauigkeit und der Primärstabilität zwischen gewonnenem Transplantat und Empfängerlager die entscheidenden Kriterien beim erfolgreichen Prozess der Inkorporierung (Schenk, 1991).

Mit Hilfe der hier vorgestellten aufeinander abgestimmten Instrumente können eine große Kontaktfläche und die wichtige anhaltende mechanische Ruhe im Transplantatbett erreicht werden. Es treten keine Relativbewegungen auf, die die direkten Ossifikationsvorgänge in Frage stellen. Restspalten, die das Ergebnis der Augmentation gefährden könnten, sind beim Einhalten des OP-Protokolls ausgeschlossen.

Die Anwendung des genormten Knochentransfers beschränkt sich nicht nur auf die Entnahme von Knochenzylindern aus dem Kieferwinkel. Selbstverständlich kann das Instrumentarium auch in anderen Regionen des Kiefers bzw. auch extraoral zum

Einsatz kommen. So wurden in der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen bereits genormte Knochenzylinder aus der Kinnregion oder auch dem Beckenkamm gewonnen und erfolgreich transplantiert.

Das Instrumentarium, das an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen seit 2010 verwendet wird, stammt von der Firma Bego Implant Systems GmbH & Co. KG aus Bremen und nennt sich Osseo^{Plus} Transfer.

In den Jahren von 2006 bis 2010 wurde das Transfer-Control-Set zum genormten Knochentransfer von der Firma Hager & Meisinger GmbH aus Neuss verwendet.



Abbildung 4 Osseo^{Plus} Transfer-Set der Fa. Bego

Quelle: Internetauftritt der Firma Bego Implant Systems GmbH & Co. KG, www.bego.com (zuletzt abgerufen am 09.01.2017, 11.30 Uhr MEZ)

3.2 Präoperative Diagnostik

Wurde zusammen mit dem Patienten der Entschluss für einen Knochenaufbau im Kieferbereich gefasst und steht die Operation kurz bevor, gilt es eine Reihe an präoperativen Untersuchungen durchzuführen. Zunächst einmal müssen mit einer allgemeinen Anamnese und einer klinischen Untersuchung sowohl der aktuelle allgemeinmedizinische Befund als auch der spezielle orale Status des Patienten bestimmt werden. Dazu gehören die Erfassung des allgemeinen Operationsrisikos für den Patienten – gemäß den aktuellen Empfehlungen der Fachgesellschaften – und die Einschätzung des vorhandenen Knochenangebots. Es erfolgt eine genaue Betrachtung

der Mundschleimhaut, der Alveolarfortsätze, des Restgebisses und der Mundhygiene. Danach schließt sich die Anfertigung von dentalen Röntgenaufnahmen an. Standardmäßig wird dafür eine Panoramaschichtaufnahme (PSA; Syn.: Orthopantomogramm, OPG) gemacht (Geldner et al., 2010; Goch, 2008; Spitzer & Müller-Richter, 2007). Die Bestimmung des vorhandenen vertikalen Knochenangebots erfolgt mit dem intraoralen Anbringen von Messkugeln als Referenz vor der Röntgenaufnahme. Durch diese Methode kann der Operateur die vorhandene Knochenhöhe an der Entnahmestelle, die benötigte Höhe in der Empfängerregion und den Abstand zum Mandibularkanal auf dem Röntgenbild genau vermessen. Sind aufgrund des klinischen Erscheinungsbildes und des erhobenen oralen Status komplizierte anatomische Verhältnisse zu erwarten, kann präoperativ zusätzlich eine Schnittbilddiagnostik in Form von digitaler Volumetomographie (DVT) oder Computertomographie (CT) zur besseren Beurteilung angefertigt werden (Heurich et al., 2002; Widlitzek et al., 1996). Der Vorteil dieser Verfahren besteht darin, dass mit den gewonnenen Rohdaten am Computer eine dreidimensionale Rekonstruktion und Darstellung der vorliegenden Situation erfolgen kann. So ist es ebenfalls möglich die laut EUFINGER et al. oftmals vernachlässigte transversale Alveolarkambbreite, die mit einem OPG nicht dargestellt werden kann, exakt zu vermessen (Eufinger et al., 1999). Das alles erlaubt dem Operateur eine sehr genaue Beurteilung des vorhandenen Knochenangebots und der Lage anatomisch relevanter Strukturen (z. B. Canalis mandibularis, Sinus maxillaris) (Solar & Gahleitner, 1999). Der Nachteil der tomographischen Bildgebung liegt, neben den höheren Kosten und dem apparativen Aufwand, in der im Vergleich zum OPG größeren Strahlenbelastung des Patienten. Deshalb sollte dieses Verfahren nur bei ausgedehnten Defektsituationen und anatomisch schwierigen Gegebenheiten Anwendung finden (Fuhrmann et al., 2003; Haßfeld et al., 1998; Prokop, 2002; Spitzer & Müller-Richter, 2007).

3.3 Operatives Vorgehen

3.3.1 Darstellung der Defektregion

Nach dem sterilen Abwaschen und Abdecken erfolgt – wenn der Patient nicht in Allgemeinanästhesie operiert wird – die Lokalanästhesie im OP-Gebiet. Nach Wirkungseintritt folgt zunächst die Darstellung der Defektsituation. Mit crestaler und marginaler Schnittführung wird schonend der Knochen freigelegt und ein Mukoperiostlappen gebildet, der nach vestibulär und palatinal im Oberkiefer (OK) bzw. lingual im Unterkiefer (UK) entlastet wird. Dann erst kann der Operateur den tatsächlich vorhandenen Restknochen in situ beurteilen.

3.3.2 Präparation der Empfängerregion

Ist das Knochenlager für eine Sofortimplantation unzureichend, erfolgt nun die Aufbereitung des Akzeptorgebiets. Dafür wird, wie in den nachfolgenden Abbildungen zu erkennen ist, mit einer Lagerfräse der entsprechenden Größe ein Knochenbett für den im nächsten Arbeitsschritt gehobenen Knochenzylinder präpariert und angefrischt. Das Transplantatbett ist absolut entscheidend für ein komplikationsloses Einheilen des Transplantats (Eitel & Schweiberer, 1987; Schenk, 1991). Es muss frisch und ausreichend vaskularisiert sein und gleichzeitig mechanische Stabilität ermöglichen (Goh et al., 2008; Howaldt & Schmelzeisen, 2015a; Schellmann & Mockwitz, 1980). Dies ist durch Verwendung des genormten Instrumentariums gewährleistet.

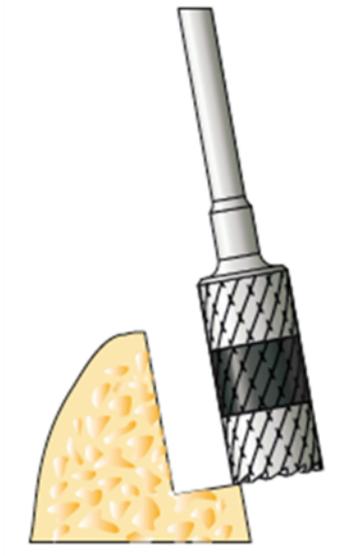


Abbildung 5 Lageraufbereitung bei horizontaler Augmentation⁵

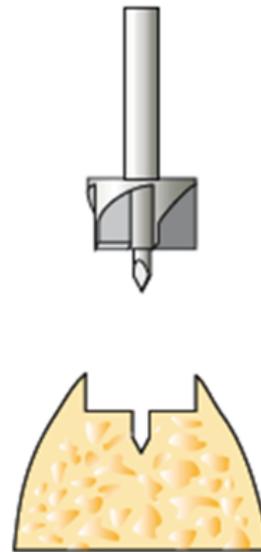


Abbildung 6 Lageraufbereitung bei vertikaler Augmentation⁶

3.3.3 Darstellung der Entnahmeregion

Im Anschluss an die klinische Beurteilung und die präoperativ durchgeführte radiologische Diagnostik wird die Seite mit dem besten Knochenangebot und dem größten Abstand zum N. alveolaris inferior als Entnahmeregion gewählt.

Nach dem Wechsel in die Retromolarregion erfolgt hier zunächst die Darstellung der Knochenentnahmestelle im Bereich der Linea obliqua durch Bildung eines Muko-

⁵ Quelle: http://www.bego.com/fileadmin/user_downloads/Mediathek/Implants/Produkte/Biomaterialien/84170_0006_KEM-Broschuere_scr.pdf (zuletzt abgerufen am 09.01.2017, 11.55 Uhr MEZ)

⁶ Ebd.

periostlappens. Die in unmittelbarer Nachbarschaft verlaufenden Weichteile und Nerven (N. lingualis und N. buccalis) werden durch Positionierung eines Raspatoriums vor mechanischer Irritation geschützt.

3.3.4 Entnahme des Knochentransplantats

Nun wird mit der Trepanfräse, mit dem identischen Durchmesser der zuvor verwendeten Lagerfräse (*genormtes* Instrumentarium), ein Stück Knochen aus der Retromolarregion gewonnen. Je nach Ansetzpunkt der Hohlfräse im Bereich der Linea obliqua kann der Operateur verschieden voluminöse (teil-)zylindrische Knochentransplantate gewinnen. Die zu gewinnenden Zylindervolumen sind dadurch variabel zwischen $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ oder einem Vollzylinder in Bezug zum Fräsendurchmesser wählbar. Die maximal mögliche Bohrtiefe wurde zuvor durch die präoperativ angefertigten Röntgenbilder bestimmt. Der Knochenzylinder wird basal mit einer Trennscheibe abgetrennt, vorsichtig mit einem Raspatorium mobilisiert und gehoben. Die Entnahme des Knochentransplantats ist schematisch in Abbildung 7 und Abbildung 8 dargestellt.

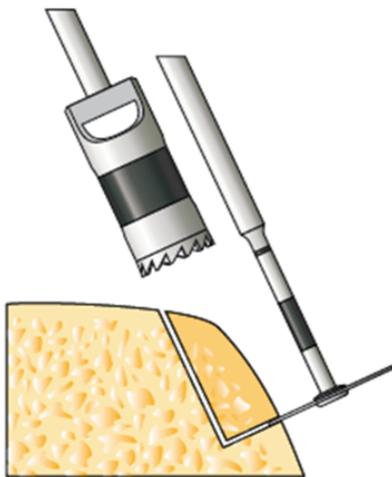


Abbildung 7 Gewinnung eines horizontalen Transplantats⁷

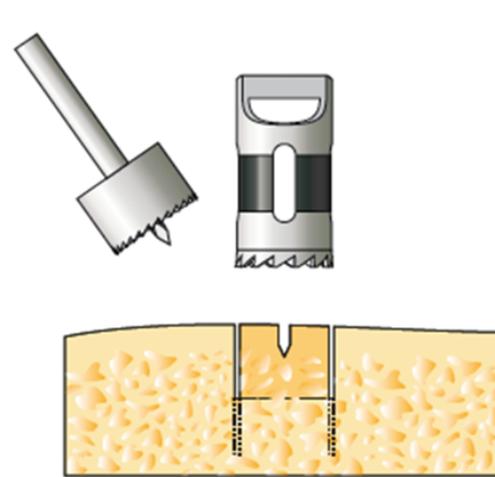


Abbildung 8 Gewinnung eines vertikalen Transplantats⁸

3.3.5 Augmentation der Empfängerregion

Der gewonnene Knochenzylinder passt durch das genau aufeinander abgestimmte Instrumentarium exakt in die zuvor präparierte Empfängerregion. Vor dem Einsetzen des Transplantats wird zunächst noch eine Gleitlochbohrung für die Zugschraube in den Zylinder gebohrt. Im nächsten Schritt erfolgt das Einbringen des formkongruenten

⁷ Quelle: http://www.bego.com/fileadmin/user_downloads/Mediathek/Implants/Produkte/Biomaterialien/84170_0006_KEM-Broschuere_scr.pdf (zuletzt abgerufen am 09.01.2017, 11.55 Uhr MEZ)

⁸ Ebd.

Zylinders in die Empfängerregion. Wie in Abbildung 9 und Abbildung 10 zu erkennen ist, wird das Transplantat durch eine Zugschraube mit dem ortsständigen Knochen unter Kompression immobil fixiert. Scharfe Kanten werden mittels Diamantkugelfräse geglättet.

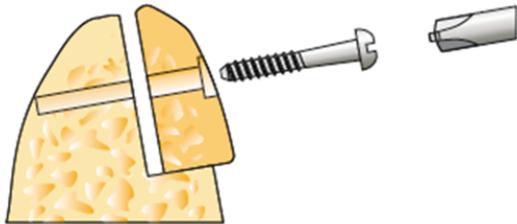


Abbildung 9 Fixierung des horizontalen Augmentats⁹



Abbildung 10 Fixierung des vertikalen Augmentats¹⁰

3.3.6 Wundverschluss

Zum Schluss erfolgen an Entnahmestelle und Empfängerregion speicheldichte, spannungsfreie Wundverschlüsse. In der Retromolarregion können bei Bedarf ein Betaisodonastreifen oder ein Kollagenvlies als Defektfüllung und Drainage eingelegt werden. Nach Kontrolle des OP-Gebiets auf Bluttrockenheit ist die Operation beendet. Um das Infektionsrisiko bei intraoraler Knochenentnahme zu verringern, erhalten die Patienten intraoperativ in der Regel eine intravenöse „Single Shot“-Antibiotikaprophylaxe.

Die einzelnen Arbeitsschritte des genormten Knochentransfers werden in Abbildung 11 noch einmal zusammengefasst dargestellt.

⁹ Quelle: http://www.bego.com/fileadmin/user_downloads/Mediathek/Implants/Produkte/Biomaterialien/84170_0006_KEM-Broschuere_scr.pdf (zuletzt abgerufen am 09.01.2017, 11.55 Uhr MEZ)

¹⁰ Ebd.

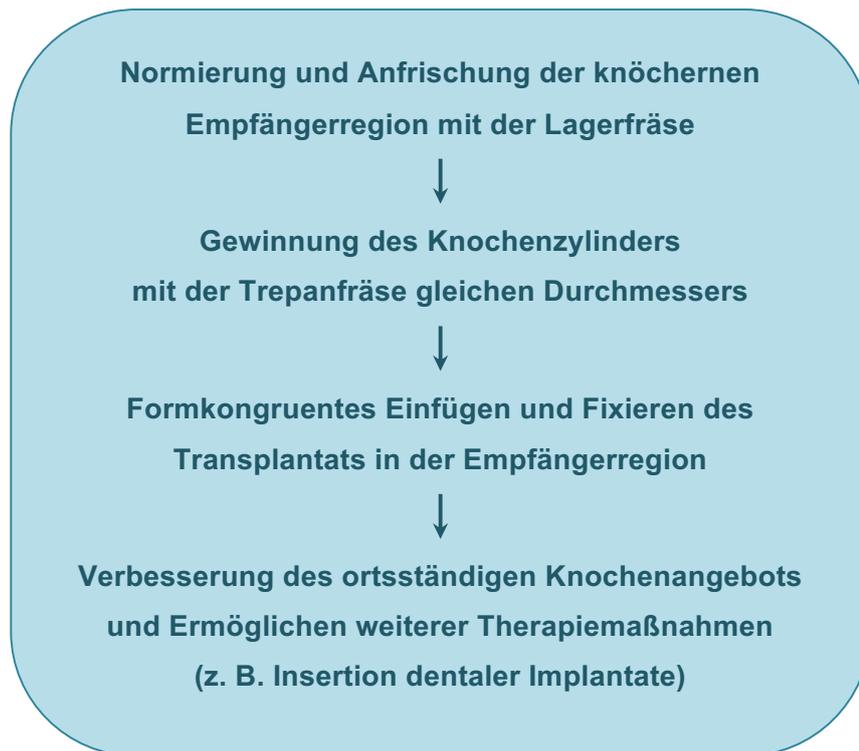


Abbildung 11 Arbeitsschritte des genormten Knochentransfers

Quelle: Eigene Darstellung

3.4 Postoperative Nachsorge und präimplantologische Diagnostik

Nach der Operation erfolgt eine OPG-Röntgenkontrolle. Die Patienten bekommen als Vorsichtsmaßnahme eine fünftägige orale Antibiotikatherapie verordnet. Zur Analgesie erhalten sie Medikamente aus der Wirkstoffklasse der nichtsteroidalen Antirheumatika (NSAR). Die Schmerztherapie mit z. B. Ibuprofen erweist sich der Erfahrung nach als ausreichend, einige Patienten sind nach der Operation sogar schmerzfrei und benötigen keine Medikation.

Die Patienten werden aufgefordert ihre herausnehmbare Interimsprothese (Provisorium), falls vorhanden, während der ersten postoperativen Tage nicht zu verwenden. Sollte es aus ästhetischen Gründen unumgänglich sein sie zu tragen, ist unbedingt darauf zu achten, dass die Prothese keinen Druck auf das umgebende Gewebe und den transplantierten Knochen ausübt. Dies könnte die Wundheilung, das Anwachsen des Knochens und damit das Operationsergebnis gefährden. Gegebenenfalls ist eine Anpassung der Prothese erforderlich.

Die ambulanten Wiedervorstellungen erfolgen in der Regel am ersten postoperativen Tag, zum Zeitpunkt des Fädenziehens (ca. zehnter Tag post-OP) und selbstverständlich jederzeit bei Beschwerden der Patienten.

Die überwiegende Anzahl der Patienten erhält im Rahmen der Gesamtbehandlung ihre prothetische Weiterversorgung an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Universitätsklinikums Gießen.

Die präimplantologische Diagnostik beginnt nach einer etwa dreimonatigen Einheilphase des Knochentransplantats. Wenn es post transplantationem zu keinen Komplikationen kam, ist der verpflanzte Knochen erfahrungsgemäß zu diesem Zeitpunkt eingewachsen und bietet somit eine gute Basis für dentale Implantate.

4 Fragestellung und Ziele der Untersuchung

Der genormte Knochentransfer als modernes chirurgisches Operationsverfahren wird seit 2006 im Rahmen der chirurgischen Routine an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen eingesetzt. Eine aussagekräftige Datenlage zu Komplikationen und zum Transplantationserfolg bei der Anwendung des Verfahrens liegt derzeit nicht vor.

Ziel dieser Studie ist es, dieses Verfahren auf etwaige Komplikationen bei der Knochenentnahme (z. B. Nervenläsionen) im Rahmen einer Nachuntersuchung von bereits transplantierten Patienten zu analysieren. Es werden Daten über postoperativ aufgetretene Komplikationen (Wundinfektionen, Nachblutungen, Hämatome, Dehiscenzen) und die Parameter postoperativer Schmerz (Dauer und Intensität), Gefühlsstörungen sowie mögliche funktionelle Beeinträchtigung nach der enoralen Entnahme von genormten Knochentransplantaten aus dem Kieferwinkel erhoben. Weiterhin wird die Erfolgsquote der Knochentransplantation bestimmt. Die Zufriedenheit der Patienten nach der operativen Versorgung mit dem genormten Knochentransfer wird mit einem Fragebogen ebenfalls erfasst und beurteilt.

5 Patienten und Methoden

5.1 Studiendesign

Es handelt sich um eine retrospektive, klinische Beobachtungsstudie in der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen. Es werden bereits vorhandene Daten retrospektiv analysiert sowie neue Daten, welche mittels eines Fragebogens und einer klinischen Nachuntersuchung akquiriert werden, in die Studie eingebracht. Die zuständige Ethik-Kommission am Fachbereich Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen prüfte das Vorhaben und genehmigte die Studie (AZ 201/11). Die Studie wurde ebenfalls vom Promotionsausschuss des Fachbereichs Medizin geprüft und zugelassen.

5.2 Hauptzielparameter

Als wesentliche Determinante für Komplikationen ist die Frage nach postoperativ ipsilateral aufgetretenen Gefühlsstörungen im Versorgungsgebiet des N. mandibularis nach der Gewinnung von teil- oder vollzylindrischen Knochentransplantaten aus dem Kieferwinkel durch genormten Knochentransfer maßgeblich.

5.3 Nebenzielparameter

Entsprechend der Fragestellung werden zur Überprüfung der Entnahmemorbidity postoperative Komplikationen wie Wundinfektionen, Dehiszenzen, Nachblutungen, Hämatome, Schmerzen und Funktionseinschränkungen als Nebenzielparameter nach der Entnahme von teil- oder vollzylindrischen Knochentransplantaten aus dem Kieferwinkel erfasst. Insbesondere die Dauer und Intensität der Beschwerden sollen erhoben werden.

Weiterhin wird die Erfolgsquote der Knochentransplantation bestimmt, wobei die nach der Augmentation tatsächlich mögliche sekundäre Implantatinsertion maßgeblich ist. Die Zufriedenheit der Patienten nach der operativen Versorgung mit dem genormten Knochentransfer wird mit einem Fragebogen ebenfalls erfasst und beurteilt.

5.4 Patientenkollektiv

Beobachtungsobjekte sind Patienten der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen, bei denen zwischen April 2006 (Zeitpunkt der Einführung der Operationsmethode in der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie) und Februar 2013 ein genormter Knochentransfer aus dem

Kieferwinkel durchgeführt wurde. Insgesamt wurden 54 Patienten nach diesem Verfahren operiert. Alle 54 Patienten konnten nach Überprüfung der Einschlusskriterien (Diagnose Knochendefizit im OK/UK; Indikation zur Osteoplastik; Alter zwischen 16 und 85 Jahren; Bereitschaft des Patienten zur Teilnahme an der Untersuchung) in die Studie eingeschlossen werden.

5.5 Rekrutierung der Patienten

Die Rekrutierung der Patienten erfolgte durch Recherche der Operationspläne zurückgehend bis zur Einführung des Verfahrens. Dabei wurde jeder einzelne Kalendertag im Operationsplan der Abteilung im angegebenen Zeitraum aufgerufen und die stattgefundenen Eingriffe analysiert. Es wurde nach Fällen gesucht, bei denen das Verfahren des genormten Knochentransfers angewendet wurde. Infrage kamen Therapiemaßnahmen von unter anderem traumatisch-, entzündlich- oder altersbedingten Knochenverlusten, Alveolarkammatrophen, Rekonstruktionen von Knochenstrukturen nach Tumorsektion sowie Defektauffüllungen nach Zystenentfernung. Insbesondere sei hier die Augmentationstherapie vor geplanter Implantatinsertion genannt, bei der das Verfahren mit Abstand am häufigsten angewendet wurde. Um keine Operation zu übersehen, wurden zusätzlich alle Patienten, bei denen dentale Implantate inseriert wurden, ein weiteres Mal auf eine vorangegangene Anwendung des genormten Knochentransfers hin überprüft.

Die infrage kommenden Patienten wurden mit der Bitte um Teilnahme an einer wissenschaftlichen Untersuchung angeschrieben und erhielten zeitgleich einen Fragebogen, den sie ausgefüllt zurücksenden sollten.

In die Studie aufgenommen wurden Patienten, bei denen das Operationsverfahren des genormten Knochentransfers aus dem Kieferwinkel angewendet wurde, die den Fragebogen beantworteten und bei denen die Bereitschaft zur Teilnahme an der Studie vorlag. Die Patienten, bei denen alle Kriterien vorlagen, bildeten das Untersuchungskollektiv.

5.6 Datenerhebung

Alle Parameter wurden postoperativ gewonnen. Zunächst erfolgte die Datenerfassung aus den vorhandenen Krankenakten der Abteilung. Die Gewinnung weiterer Daten geschah durch die Versendung eines Fragebogens und durch eine in der Klinik stattgefundenene Nachuntersuchung, welche mittels eines Prüfbogens dokumentiert wurde (siehe Anhang).

5.6.1 Basisdaten

Ermittelt wurden zunächst Basisinformationen zum erfolgten Eingriff. So wurden neben der Indikation für einen Knochenaufbau (z. B. horizontaler oder vertikaler Aufbau, Sinuslift, Frakturbehandlung, Zystektomie) auch die Anzahl, Länge und Volumen der entnommenen Knochenzylinder sowie die Entnahmestelle, die Empfängerregion, die Operateure und die Größe des verwendeten Instrumentariums erfasst. Verabreichte Antibiosen und gegebenenfalls aufgetretene intraoperative Komplikationen ergänzten die Basisinformationen. Eventuell bereits frühzeitig aufgetretene Entnahmemorbiditäten zu bestimmten Zeitpunkten der postoperativen Nachkontrollen (Tag 1 post OP; Fäden ziehen; Vorbesprechung Implantation) ließen sich anhand der Patientenakten erfahren und vervollständigen.

Der für die Studie ebenfalls interessante zeitliche Abstand zwischen dem Knochen-transfer und der Implantation enossaler Implantate ließ sich durch die Analyse der Patientenakten und Operationspläne berechnen.

5.6.2 Patientenfragebogen

Die Erhebung weiterer Messgrößen erfolgte durch einen Fragebogen, den die Patienten, mit der Bitte diesen auszufüllen und an die Klinik zurückzusenden, zugeschickt bekamen. Darin sollten Fragen zum Auftreten von Schmerzen, Gefühlsstörungen und Funktionseinschränkungen sowie zur jeweiligen Dauer der Beeinträchtigungen beantwortet werden. Erfasst wurden ebenfalls die Gesamtzufriedenheit der Patienten zum erfolgten Eingriff sowie die Bereitschaft den Eingriff zukünftigen Patienten mit ähnlicher Indikationsstellung, auf Basis der selbst gemachten Erfahrungen, weiterzuempfehlen.

Zur Bestimmung der Zielparameter „Stärke des Schmerzes“ und „Stärke der Gefühlsstörung“ wurden visuelle Analogskalen (VAS) verwendet. Auf einer Linie konnten die Patienten so zwischen zwei Extrempunkten („keine Schmerzen“ bis „maximal vorstellbarer Schmerz“ bzw. „keine Gefühlsstörung“ bis „absolute Taubheit“) ihre subjektiven Empfindungen markieren. Nach Umrechnung in einen entsprechenden Zahlenwert konnte ein Rückschluss auf die subjektiv empfundene und nur schwer objektivierbare Stärke des Ausmaßes der Störungen gezogen werden.

Der Patientenfragebogen wurde zusammen mit der Arbeitsgruppe Medizinische Statistik am Institut für Medizinische Informatik der Justus-Liebig-Universität Gießen erstellt. Es wurde darauf geachtet, den Fragebogen einfach, kurz und für die Patienten leicht verständlich zu konzipieren.

5.6.3 Klinische Nachuntersuchung

Anschließend fand eine Terminvereinbarung mit den Patienten für eine klinische Nachuntersuchung statt. Diese Untersuchung beinhaltete die Herstellung eines OPG, eines Zahnfilms (ZF) sowie Fotos zur Dokumentation und Analyse von Auffälligkeiten. Erfasst wurden zusätzlich postoperativ aufgetretene Komplikationen wie Wundinfektionen, Dehiszenzen, Nachblutungen, Hämatome, Frakturen, Schmerzen und sonstige Beschwerden. Des Weiteren wurden verschiedene Sensibilitätstests am Patienten durchgeführt, um Auffälligkeiten zu erkennen. In den topographischen Regionen des Versorgungsgebiets des N. alveolaris inferior wurden die Berührungsempfindung, die Spitz-Stumpf-Diskriminierung, die Temperaturdifferenzierung, die Schmerzempfindung und die Zahnvitalität getestet.

Zusammen mit der Arbeitsgruppe Medizinische Statistik am Institut für Medizinische Informatik der Justus-Liebig-Universität Gießen wurde zur Dokumentation der Nachuntersuchung ein Prüfbogen erstellt.

5.6.4 Arbeitsschritte

Die Basisdaten ließen sich durch Einsicht in die Unterlagen erheben. Hierfür wurden sowohl die handschriftlichen Patientenakten als auch die im klinikinternen Computersystem in digitaler Form vorliegenden Informationen (z. B. OP-Berichte, Röntgenbilder, Fotos, Behandlungstermine etc.) durchgesehen. Anhand der dokumentierten Informationen ließ sich der genaue Ablauf der Therapie gut rekonstruieren.

Im nächsten Arbeitsschritt wurde während der klinischen Nachuntersuchung – nach zuvor erfolgter Aufklärung über das genaue Forschungsvorhaben und Einwilligung der Patienten – der Fragebogen nochmals mit den Probanden durchgesprochen. Dabei wurden eventuell aufgetretene Fragen der Patienten bei der Beantwortung der einzelnen Punkte geklärt. Zusammen mit dem zuvor stattgefundenen Aktenstudium und der persönlichen Anamnese konnte damit ein guter Einblick in jeden einzelnen Fall erreicht werden.

Es folgte die Untersuchung. Durch Befragung und Inspektion ließen sich Komplikationen an der Entnahmestelle und der Empfängerregion der Knochentransplantate erfassen. Im Anschluss wurden diverse neurosensible Untersuchungen (Sensibilitätstests) im Versorgungsbereich des N. alveolaris inferior durchgeführt.

Wie bereits erwähnt, wurden im Anschluss an die klinische Untersuchung von allen Patienten ein OPG, ein Zahnfilm sowie Fotos zur Dokumentation und Analyse angefertigt. Mithilfe des OPG wurde bestimmt, ob und inwieweit sich die

Entnahmestelle im Vergleich zu den an verschiedenen postoperativen Zeitpunkten angefertigten Röntgenbildern radiologisch veränderte und am Tag der klinischen Nachuntersuchung noch erkennbar war.

Anzumerken ist, dass die klinische Untersuchung aller in die Studie eingeschlossener Patienten standardisiert nach dem erstellten Prüfbogen, immer in der gleichen Reihenfolge, mit den gleichen Instrumenten sowie durch denselben Untersucher erfolgte. Mit dieser Vorgehensweise konnte eine Verzerrung der Ergebnisse während der Befunderhebung minimiert werden.

5.7 Datenanalyse

Die in dieser Studie gewonnenen Daten aus den Fragebögen und der klinischen Nachuntersuchung wurden anonymisiert und codiert in einer Excel-Tabelle (Excel 2007, Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) erfasst. Es folgte die Auswertung der Daten mithilfe des Statistikprogramms SPSS (IBM SPSS Statistics, Version 22.0.0.0, IBM Corporation, Armonk, NY, USA). Die Daten wurden unter deskriptiven Gesichtspunkten ausgewertet und analysiert.

6 Ergebnisse

Im Beobachtungszeitraum wurde bei insgesamt 54 Patienten in der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen ein genormter Knochentransfer aus dem Kieferwinkel durchgeführt. Von diesen 54 operierten und angeschriebenen Patienten schickten 52 den Fragebogen ausgefüllt zurück. Die Rücklaufquote beläuft sich damit auf 96,3 %. Von den 52 Patienten, die den Fragebogen beantworteten, erklärten sich 48 Patienten für eine klinische Nachuntersuchung bereit (92,3 %).

Bei einem Patienten der Studie wurde ein genormter Knochentransfer aus beiden Kieferwinkeln vorgenommen. Da somit unabhängig vom einzelnen Patienten 49 Knochenentnahmen durchgeführt wurden, wird im Folgenden die Bezeichnung „Patient“ durch die Begriffe „Fälle“, „Operationen“ oder „Eingriffe“ ersetzt. Das soll eine präzisere Darstellung der Ergebnisse ermöglichen.

6.1 Basisinformationen

Geschlechterverteilung und Patientenalter

Bei 49 durchgeführten Operationen erfolgten 26 Eingriffe (53,1 %) bei Frauen und 23 (46,9 %) bei Männern.

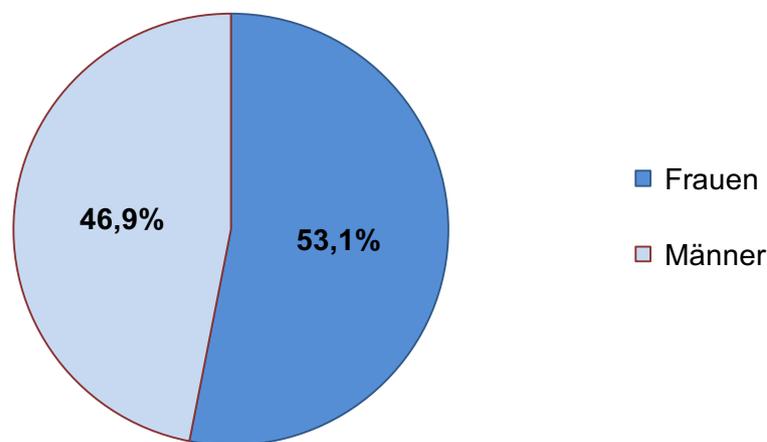


Abbildung 12 Geschlechterverteilung

Quelle: Eigene Erhebung

Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Knochentransplantation betrug 35,18 (\pm 16,45) Jahre. Der jüngste operierte Patient war 15 Jahre alt (Minimum), der älteste 75 Jahre (Maximum).

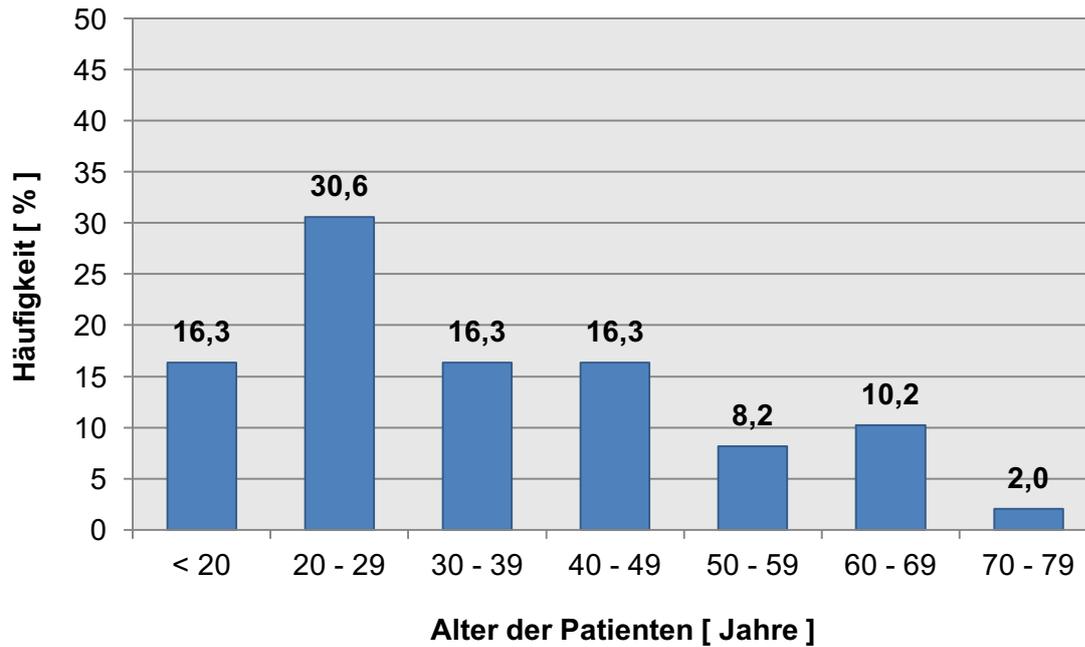


Abbildung 13 Patientenalter zum Zeitpunkt der Operation

Quelle: Eigene Erhebung

Behandlungsform

46 Eingriffe (93,9 %) geschahen ambulant, 3 Eingriffe (6,1 %) stationär. Die stationären Aufnahmen erfolgten aufgrund anderer Eingriffe, die gleichzeitig mit der Knochentransplantation durchgeführt wurden. Einmal wurde der genormte Knochen-transfer in Kombination mit einer Metallentfernung nach bimaxillärer Umstellungsosteotomie vorgenommen. Ein Patient hatte eine Metallentfernung nach bimaxillärer Umstellungsosteotomie, zusammen mit der Entfernung von drei Weisheitszähnen. Im dritten Fall wurden eine Zahnextraktion, eine Wurzelfragmententfernung, eine Zystektomie und ein genormter Knochen-transfer in einem Eingriff vorgenommen. Die Dauer der stationären Aufenthalte belief sich in einem Fall auf einen Tag und zweimal auf drei Tage.

Indikationen zur Knochentransplantation

Hauptziel des genormten Knochen-transfers war bei allen Patienten das Einbringen dentaler Implantate. Die mit Abstand häufigste Indikationsstellung war die Kieferkamm-augmentation im Einzelzahnbereich (n = 46; 93,9 %). Bei zwei Patienten (4,1 %) wurde eine Sinusbodenelevation durchgeführt, ein Patient (2,0 %) erfuhr eine Defektauffüllung nach Zystektomie (vgl. Abb. 14).

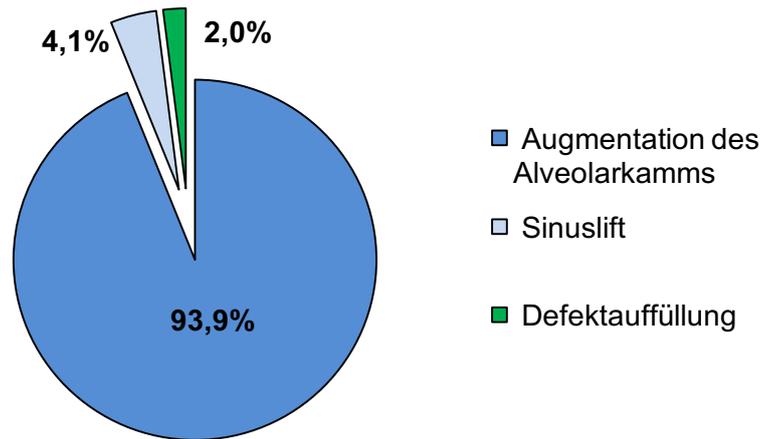


Abbildung 14 Indikationen zur Knochentransplantation

Quelle: Eigene Erhebung

Eingriffsdauer

Die Operationsdauer betrug im Mittel 83,7 ($\pm 27,06$) Minuten. Der kürzeste Eingriff dauerte 46 Minuten, der längste 153 Minuten. Knapp zwei Drittel der Eingriffe (65,4 %) dauerten weniger als 90 Minuten. Bei annähernd einem Viertel der Fälle (24,5 %) betrug die Operationszeit maximal 60 Minuten. Abbildung 15 zeigt die Eingriffsdauer in 15-Minuten-Schritte klassiert.

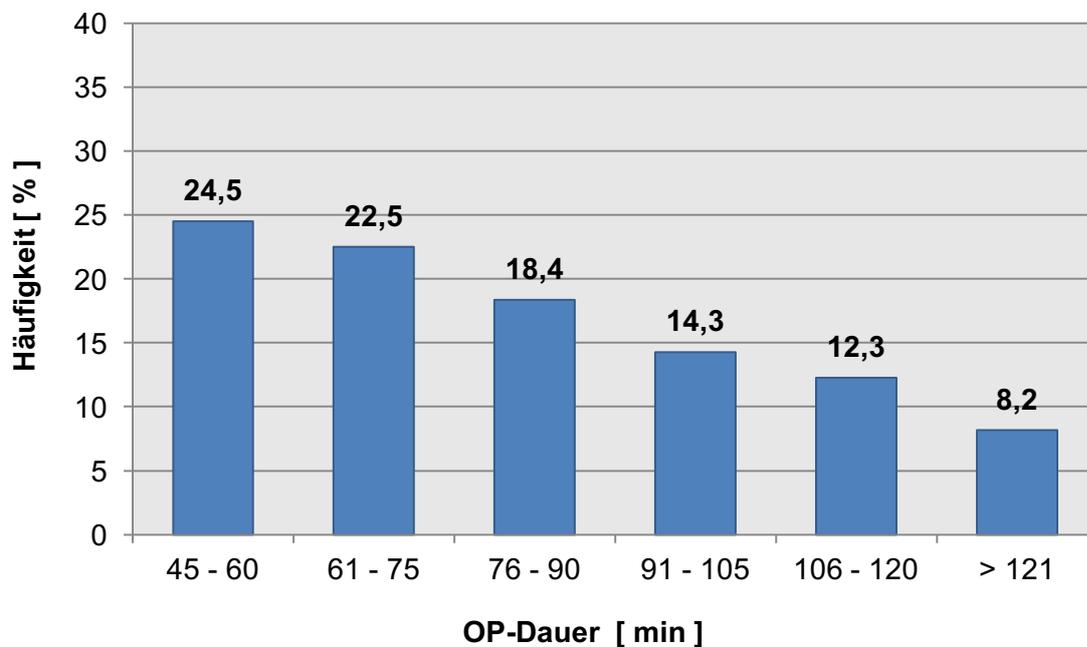


Abbildung 15 Eingriffsdauer

Quelle: Eigene Erhebung

Operateure

Die Eingriffe wurden von insgesamt zehn verschiedenen Operateuren durchgeführt, wobei drei Operateure 71,4 % aller Eingriffe vornahmen.

Entnahmeregion

Die Knochenentnahme erfolgte überwiegend aus dem rechten Kieferwinkel (n = 31; 63,3 %). In 18 Fällen (36,7 %) wurde der linke Kieferwinkel als Spenderregion gewählt.

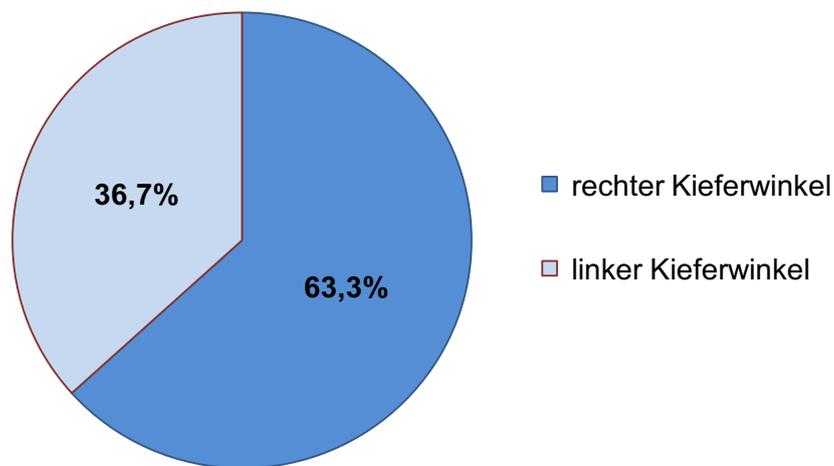


Abbildung 16 Entnahmeregion

Quelle: Eigene Erhebung

Anzahl der gehobenen Knochenzylinder

Insgesamt wurden 64 Knochenzylinder aus dem Kieferwinkel gewonnen. In 34 Fällen (69,4 %) wurde ein Zylinder gehoben, in 15 Fällen (30,6 %) zwei.

Fräsen

In den meisten Fällen wurde die horizontale Lagerfräse für die Augmentation verwendet (n = 44; 89,8 %). In 3 Fällen (6,1 %) wurde die vertikale Lagerfräse und in zwei Spezialfällen (4,1 %) keine Lagerfräse verwendet (vgl. Abb. 17). Stattdessen wurde in einem der Sonderfälle der gewonnene Knochenzylinder mit einer Knochenmühle zermahlen und wurden die Späne als Füllmaterial für einen Sinuslift verwendet. Im zweiten Sonderfall war der Einsatz der Lagerfräse aufgrund der anatomischen Verhältnisse am Alveolarkamm nicht möglich. Das zylindrische Transplantat wurde mit der flachen Seite des Teilzylinders – und damit nicht wie üblich

mit der konvexen Rundung – am ortständigen Knochen fixiert. In beiden Fällen war die Augmentation erfolgreich und dentale Implantate konnten inseriert werden.

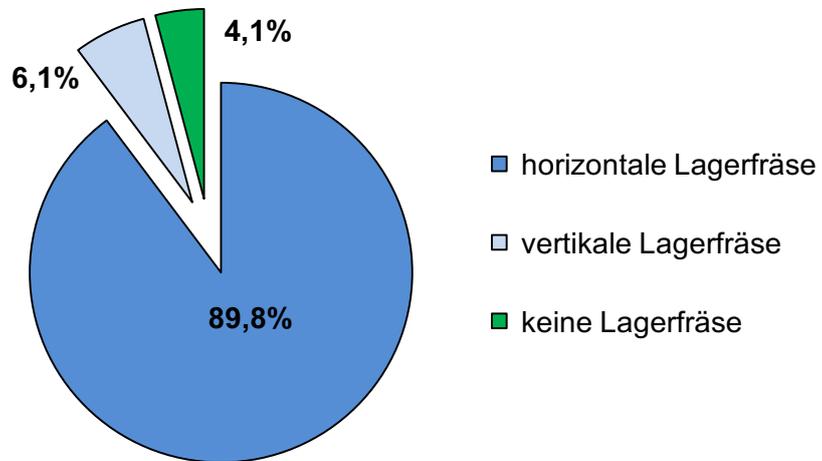


Abbildung 17 Verwendete Lagerfräsen

Quelle: Eigene Erhebung

In 5 Fällen wurde die kleinste Fräsengröße (5,0 bzw. 5,5 mm Durchmesser) gewählt, in 21 Fällen die mittlere Größe (6,0 bzw. 6,5 mm Durchmesser). Die größten Fräsen (7,0 bzw. 7,5 mm Durchmesser) kamen 38-mal zum Einsatz (vgl. Abb. 18).¹¹

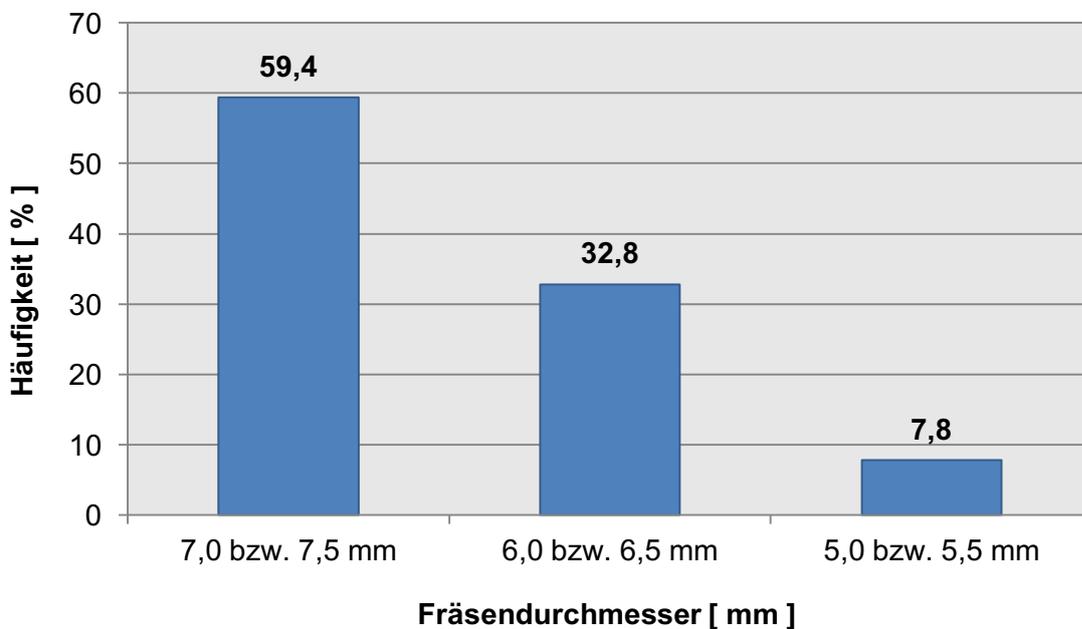


Abbildung 18 Fräsengröße

Quelle: Eigene Erhebung

¹¹ Die Variation der Fräsendurchmesser (z. B. 7,0/7,5 mm oder 6,0/6,5 mm) erklärt sich durch einen Wechsel des Instrumentarium-Herstellers ab dem Jahr 2010.

Zylindervolumen

Wie in Abbildung 19 ersichtlich ist, variieren die Zylindervolumen, gemessen in Relation zum Fräsendurchmesser, je nach Ansetzposition der Trepanfräse an der Entnahmestelle. 1/4 Volumen wurden in einem Fall (1,6 %) gehoben, 1/2 Volumen in 26 Fällen (40,6 %), 3/4 Volumen in 36 Fällen (56,6 %) und in einem Fall (1,6 %) wurde ein Vollzylinder gewonnen.

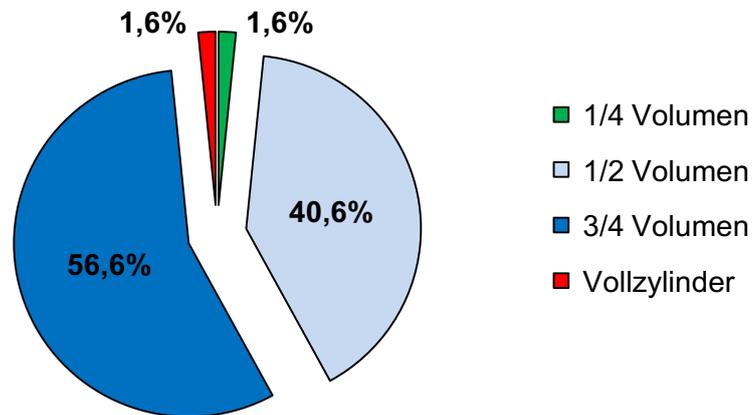


Abbildung 19 Zylindervolumen

Quelle: Eigene Erhebung

Zylinderlänge

Die durchschnittliche Länge der entnommenen Knochenzylinder betrug 8,69 (\pm 1,86) mm. Der kleinste Zylinder hatte eine Länge von 5 mm, der längste maß 15 mm. Bei 81,2 % der Eingriffe lag eine Zylinderlänge zwischen 7 und 10 mm vor. Die detaillierte Auswertung der Zylinderlänge ist in Abbildung 20 dargestellt.

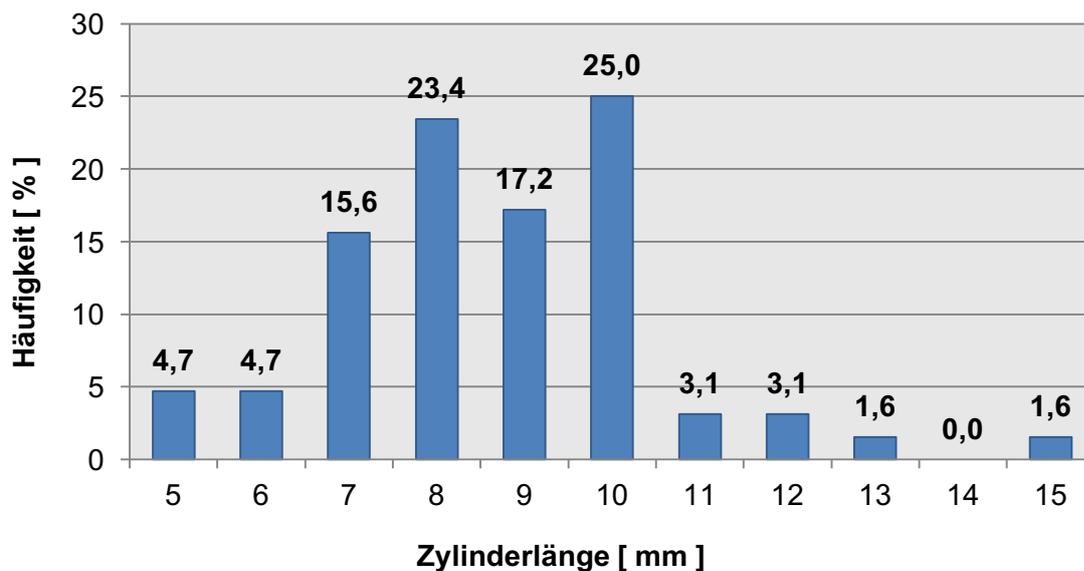


Abbildung 20 Zylinderlänge

Quelle: Eigene Erhebung

Empfängerregionen

39 Knochentransplantate (60,9 %) wurden für eine Augmentation im Oberkiefer verwendet, 25 (39,1 %) wurden im Unterkiefer fixiert. Hervorzuheben ist, dass die Hälfte aller gewonnenen Knochenzylinder (49,9 %) in den Frontzahnbereich des Oberkiefers transplantiert wurde.

Die genaue prozentuale Verteilung der Transplantationen in die unterschiedlichen Empfängerregionen der einzelnen Quadranten ist in einem Zahnschema in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1 Empfängerregionen der Knochentransplantate (Häufigkeiten in %)

-	-	1,6	-	-	1,6	7,8	18,6	17,2	3,1	1,6	6,3	1,6	1,6	-	-
18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38
-	-	7,8	12,5	-	3,1	1,6	3,1	3,1	-	-	1,6	4,7	1,6	-	-

Quelle: Eigene Erhebung

Intraoperative Antibiose

Bei 37 Eingriffen (75,5 %) erhielten die Patienten intraoperativ eine antibiotische Kurzinfusion. Hierbei wurde in den meisten Fällen (n=30; 81,1 %) Sultamicillin (Unacid®) verwendet. In 5 Fällen (13,5 %) wurde Clindamycin verabreicht. Bei 2 Eingriffen (5,4 %) ließ sich das verwendete Präparat nicht mehr ermitteln. In den übrigen 12 Fällen (24,5 %) wurde auf eine intraoperative Antibiose verzichtet.

Intraoperative Komplikationen

Intraoperative Komplikationen wurden in 2 Fällen (4,1 %) beschrieben. Bei beiden Eingriffen wurde der Mandibularkanal aufgrund einer zu großen Bohrtiefe eröffnet.

Postoperative Untersuchungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten

Bei keinem Patienten wurden bei der **ersten postoperativen Nachkontrolle** Wundinfektionen, Dehiszenzen, Frakturen oder Nachblutungen festgestellt. Allerdings ließen sich nach 48 Eingriffen (98,0 %) Hämatome im Wangenbereich nachweisen. Lediglich nach einem Eingriff (2,0 %) kam es zu keiner Schwellung im Operationsgebiet. Schmerzen gab die überwiegende Anzahl der operierten Patienten an (n = 32;

65,3 %). Gefühlsstörungen auf der operierten Seite wurden nach 12 Eingriffen (24,5 %) bemerkt. Orale Antibiotika nahmen 29 Patienten (59,2 %) zu diesem Zeitpunkt ein.

In einem Fall (2,0 %) wurde **zum Zeitpunkt des Fädenziehens** eine Wundinfektion beobachtet, eine Wunddehiszenz in 4 Fällen (8,2 %). Hämatome lagen in 15 Fällen (30,6 %) vor. Gefühlsstörungen auf der operierten Seite wurden in 11 Fällen (22,4 %) angegeben, Schmerzen zu diesem Zeitpunkt in 6 Fällen (12,2 %). Antibiotika nahmen noch 3 Patienten (6,1 %) ein.

Zum Zeitpunkt der Implantatvorbesprechung wurde noch in 3 Fällen (6,1 %) eine Wunddehiszenz gefunden. Gefühlsstörungen gaben noch 9 Patienten (18,4 %) an. Es wurden keine Wundinfektionen, Nachblutungen, Hämatome, Frakturen, Schmerzen oder sonstige Beschwerden der Patienten festgestellt.

Auffälligkeiten auf der Entnahmeseite der Knochentransplantate wurden **zum Zeitpunkt der Studie** bei 9 Patienten (18,4 %) in Form von kleinflächigen, lokal begrenzten Sensibilitätsstörungen gefunden. Sonstige Komplikationen (Wunddehiszenzen, Schmerzen, Frakturen etc.) ließen sich nicht feststellen. Zusammengefasst sind die Auffälligkeiten zu den unterschiedlichen postoperativen Zeitpunkten in Abbildung 21 und Abbildung 22 dargestellt.

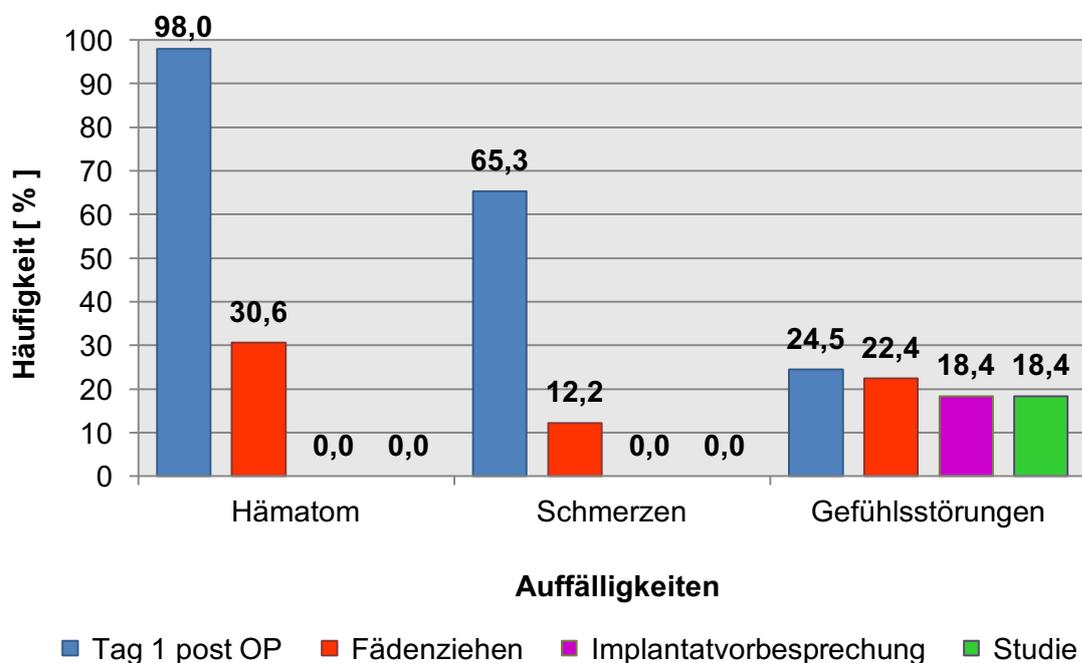


Abbildung 21 Postoperative Auffälligkeiten (1)

Quelle: Eigene Erhebung

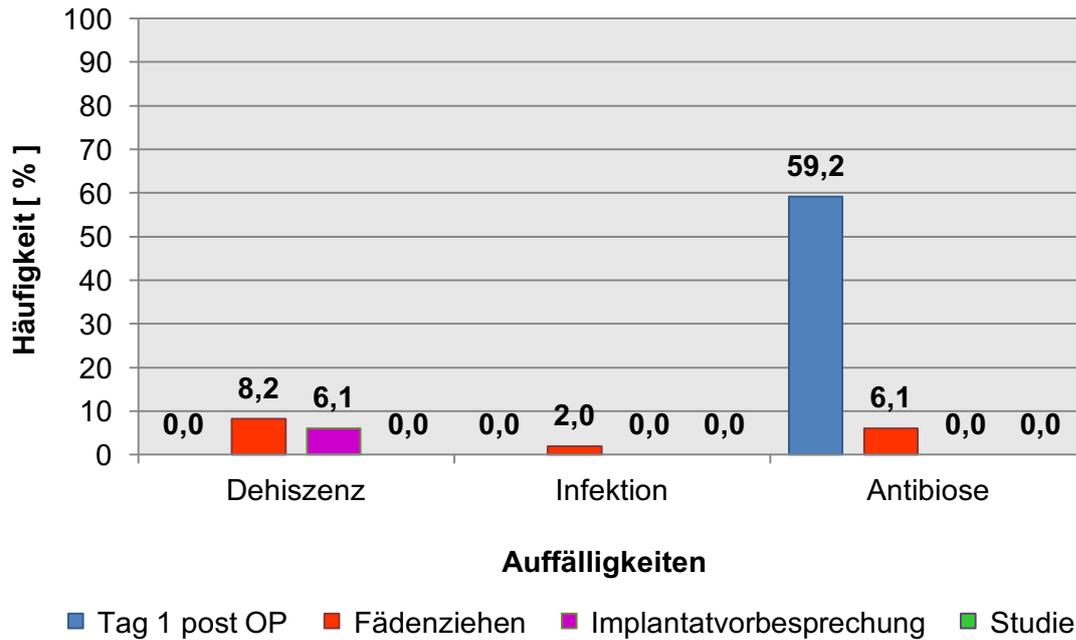


Abbildung 22 Postoperative Auffälligkeiten (2)

Quelle: Eigene Erhebung

Implantatinsertion

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung war in 46 Fällen (93,9 %) die Insertion eines dentalen Implantats bereits erfolgt, in 3 Fällen (6,1 %) stand die Implantation unmittelbar bevor. In einem Fall (2,2 %) war das Einheilen des gesetzten Zahnimplantats nicht erfolgreich. Es kam zu einem Verlust des Implantats gemeinsam mit dem Knochenaugmentat. In den übrigen 45 Fällen (97,8 %) wurde eine erfolgreiche Osseointegration beobachtet.

Zeitlicher Abstand Knochentransfer-Implantation und Knochentransfer-Studie

In einem Fall (2,0 %) wurde das Implantat simultan mit dem Sinuslift inseriert (einzeitiges Vorgehen). In den übrigen Fällen (98,0 %) wurde zweizeitig vorgegangen. Die durchschnittliche Einheilzeit des Knochentransplantats betrug 124,5 (\pm 31,8) Tage. Die kürzeste Einheilphase dauerte 91 Tage, die längste 250 Tage.

Der Abstand zwischen Knochentransfer und Studie betrug im Durchschnitt 3,23 (\pm 2,18) Jahre. Der kleinste Beobachtungsabstand umfasste 75 Tage nach der Knochenverpflanzung, der größte Abstand lag bei 7,1 Jahren.

6.2 Ergebnisse der klinischen Nachuntersuchung

Radiologischer und klinischer Befund an den Entnahmestellen

Bei einem Patienten (2,0 %) waren die zwei Entnahmestellen im Kieferwinkel zweieinhalb Jahre nach der Operation noch radiologisch erkennbar. In der Retro-molarregion zeigte sich anhand einer verminderten Knochendichte eine verzögerte Reossifikation. Diese ist ohne klinische Relevanz, der Patient ist beschwerdefrei. Bei den übrigen Patienten (98,0 %) wurden keine radiologischen Auffälligkeiten festgestellt. Die Entnahmestellen waren im Vergleich zur präoperativen Situation weder erhoben noch eingesunken oder dichtegemindert. Die intraoralen Schleimhautnarben im Bereich der Entnahmestellen waren bei allen Patienten reizfrei.

Sensibilitätstests

Die Ergebnisse der einzelnen neurosensorischen Tests sind in den nachfolgenden Tabellen 2 bis 5 dargestellt. Die einzelnen Tabellen stellen jeweils eine Empfindungstestung (z. B. Berührungsempfindung, Spitz-Stumpf-Diskriminierung, Temperaturdifferenzierung etc.) dar. Am Beispiel von Tabelle 2 bedeutet dies, dass in 91,8 % der Operationen im Bereich der Wange eine Normästhesie gefunden wurde und in 8,2 % der Fälle eine Dysästhesie vorlag. Leere Zellen, in denen keine Angaben gemacht werden, bedeuten, dass es im entsprechenden Innervationsgebiet zu keinen neurosensiblen Auffälligkeiten gekommen ist. Anzumerken ist, dass sich die angegebenen Abweichungen immer nur auf kleinflächige und lokal begrenzte Areale beziehen. In keinem Fall kam es zu einem Durchtrennen des N. alveolaris inferior und einem daraus resultierenden kompletten Sensibilitätsverlust auf der ipsilateralen Seite.

Tabelle 2 Berührungsempfindung (Häufigkeiten in %)

	Normästhesie	Dysästhesie	Hypästhesie	Hyperästhesie	Anästhesie
Wange	91,8	8,2	-	-	-
Kinn	91,8	2,0	-	6,1	-
Unterlippe	93,9	4,1	-	2,0	-
SH¹² Wange	91,8	6,1	2,0	-	-
SH vestibulär	93,9	2,0	4,1	-	-
SH lingual	100	-	-	-	-

Quelle: Eigene Erhebung

¹² SH: Abkürzung für die Bezeichnung „Schleimhaut“

Tabelle 3 Spitz-Stumpf-Diskriminierung (Häufigkeiten in %)

	Normästhesie	Dysästhesie	Hypästhesie	Hyperästhesie	Anästhesie
Wange	95,9	4,1	-	-	-
Kinn	98,0	-	2,0	-	-
Unterlippe	98,0	-	2,0	-	-
SH Wange	93,9	4,1	-	-	2,0
SH vestibulär	98,0	-	2,0	-	-
SH lingual	100	-	-	-	-

Quelle: Eigene Erhebung

Tabelle 4 Temperaturdifferenzierung (Häufigkeiten in %)

	Normästhesie	Dysästhesie	Hypästhesie	Hyperästhesie	Anästhesie
Wange	95,9	2,0	2,0	-	-
Kinn	93,9	-	4,1	2,0	-
Unterlippe	98,0	-	2,0	-	-
SH Wange	93,9	2,0	4,1	-	-
SH vestibulär	95,9	-	2,0	-	2,0
SH lingual	98,0	-	2,0	-	-

Quelle: Eigene Erhebung

Tabelle 5 Schmerzempfindung (Häufigkeiten in %)

	Normalgesie	Dysalgesie	Hypalgesie	Hyperalgesie	Analgesie
Wange	95,9	2,0	2,0	-	-
Kinn	95,9	-	2,0	2,0	-
Unterlippe	98,0	-	2,0	-	-
SH Wange	95,9	-	4,1	-	-
SH vestibulär	98,0	-	2,0	-	-
SH lingual	100	-	-	-	-

Quelle: Eigene Erhebung

Vitalitätsprüfung

Von den 31 durchgeführten Knochenentnahmen aus dem rechten Kieferwinkel fiel die Vitalitätsprüfung der Zähne im rechten Unterkiefer in 30 Fällen (96,8 %) positiv aus. In einem Fall (3,2 %) war die Vitalitätsprüfung negativ. Diese Auffälligkeit ist jedoch nicht auf eine Nervenläsion zurückzuführen, sondern wahrscheinlich auf die bei dieser

Testung teils widersprüchlichen Angaben des untersuchten, geistig behinderten Patienten. Die während der Untersuchung mit anwesende Mutter bestätigte den Verdacht der Verständigungsprobleme in diesem besonderen Fall.

Im linken Unterkiefer zeigten sich nach allen 18 Eingriffen keine Sensibilitätsauffälligkeiten der Zähne.

Zusammenfassung der klinischen Nachuntersuchung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es bei den 49 durchgeführten Knochentransplantationen aus dem Kieferwinkel in 31 Fällen (63,3 %) zu keinen postoperativen Auffälligkeiten kam. In den übrigen 18 Fällen (36,7 %) müssen die festgestellten Komplikationen (insbesondere neurologische Auffälligkeiten) genau unterschieden werden: in Probleme, die als Folge des genormten Knochentransfers entstanden, und solche, die unabhängig davon entstanden. Diese Probleme können bereits *vor* dem Eingriff bestanden haben oder *nach* dem Knochenaufbau aufgrund anderer Einflüsse entstanden sein. Als Beispiele seien hier Traumata oder operative Eingriffe vor oder nach der Knochentransplantation genannt, die als Ursache der Auffälligkeiten eindeutig bestimmt werden konnten. So gibt es in 3 Fällen (6,1 %) Schädigungen, die unabhängig von der durchgeführten Knochenverpflanzung bestehen (je einmal Z. n. Polytrauma, Umstellungsosteotomie, Implantatinsertion). Nach 15 Eingriffen (30,6 %) kam es zu Auffälligkeiten, die direkt mit der Operation des genormten Knochentransfers zusammenhängen. Davon waren 7 Störungen (14,3 %) von temporärer Dauer und voll reversibel, in 8 Fällen (16,3 %) kam es zu einer bleibenden Ausprägung. Dabei handelt es sich bei 6 Patienten (12,2 %) um eine lokal begrenzte Sensibilitätsauffälligkeit. Bei einer Patientin (2,0 %) kam es zu einem Verlust des Knochentransplantats im Rahmen der Implantatinsertion. Dies ist als schwerwiegende, eingriffsabhängige Komplikation zu werten. Ein Patient (2,0 %) weist auch zweieinhalb Jahre nach dem Eingriff eine nachweisbare Dichteminderung in der Entnahmeregion auf, die jedoch ohne klinische Relevanz ist und den Patienten nicht beeinträchtigt.

Tabelle 6 zeigt noch einmal übersichtlich dargestellt die erfassten Auffälligkeiten und deren kausalen Zusammenhang zur durchgeführten Operation des genormten Knochentransfers.

Tabelle 6 Zusammenhang zwischen Auffälligkeiten und durchgeführter OP

	Häufigkeit (n)	Häufigkeit (in %)
keine Auffälligkeit	31	63,3
temporäre Auffälligkeit, genormter Knochentransfer ursächlich	7	14,3
bleibende Auffälligkeit, genormter Knochentransfer ursächlich	8	16,3
Auffälligkeit, genormter Knochentransfer nicht ursächlich	3	6,1

Quelle: Eigene Erhebung

6.3 Ergebnisse der Fragebogenauswertung

Die Ergebnisse aus der Auswertung der Patientenakten sowie der Protokolle der klinischen Nachuntersuchung von 49 Eingriffen werden im Folgenden durch die Analyse der 52 Fragebögen ergänzt. Die Rücklaufquote belief sich auf 96,3 % (siehe Einleitung Kapitel 6).

Angaben zu Schmerzen nach dem Eingriff

Postoperative Schmerzen an der Entnahmestelle wurden in 37 Fällen (69,8 %) bejaht und in 16 Fällen (30,2 %) verneint.

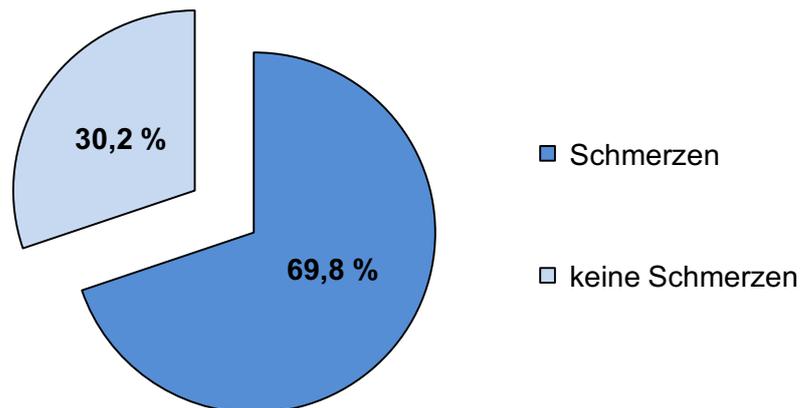


Abbildung 23 Schmerzhäufigkeit

Quelle: Eigene Erhebung

Schmerzstärke

Die Patienten, die von Schmerzen nach dem Eingriff berichteten, gaben eine Schmerzstärke im Mittel von 4,67 ($\pm 2,17$) von 10 Punkten auf einer visuellen Analogskala (VAS) an. Das Minimum lag bei 1,2 Punkten, das Maximum bei 8,4. Detailliert sind die Ergebnisse in Abbildung 24 abzulesen, wobei ein Wert von 0 „keine Schmerzen“ und ein Wert von 10 „maximal vorstellbarer Schmerz“ bedeutet.

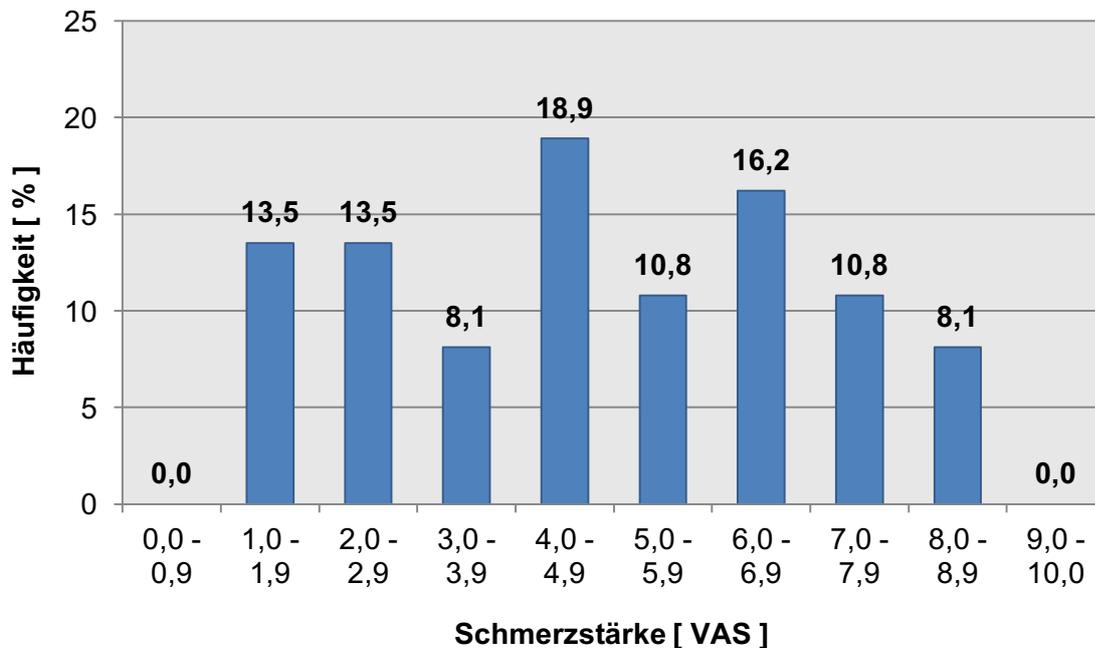


Abbildung 24 Schmerzstärke

Quelle: Eigene Erhebung

Schmerzdauer

Von den Patienten, die postoperative Schmerzen angaben, waren 80,0 % innerhalb einer Woche schmerzfrei. In jeweils 8,6 % der Fälle wurden Schmerzen beschrieben, die maximal zwei bzw. bis zu drei Wochen andauerten. Innerhalb dieses Zeitraums kam es zu einer stetigen Schmerzreduktion bis hin zur kompletten Schmerzfreiheit. Bei einem anderen Patienten (2,9 %) dauerte es 28 Tage, bis dieser komplett schmerzfrei war. Auch in diesem Fall wurde eine merkliche, wenn auch verlangsamte Schmerzreduktion beschrieben, je länger der zeitliche Abstand zum Eingriff wurde. Die genaue Häufigkeitsverteilung der Schmerzdauer ist in der nachfolgenden Abbildung 25 zu erkennen.

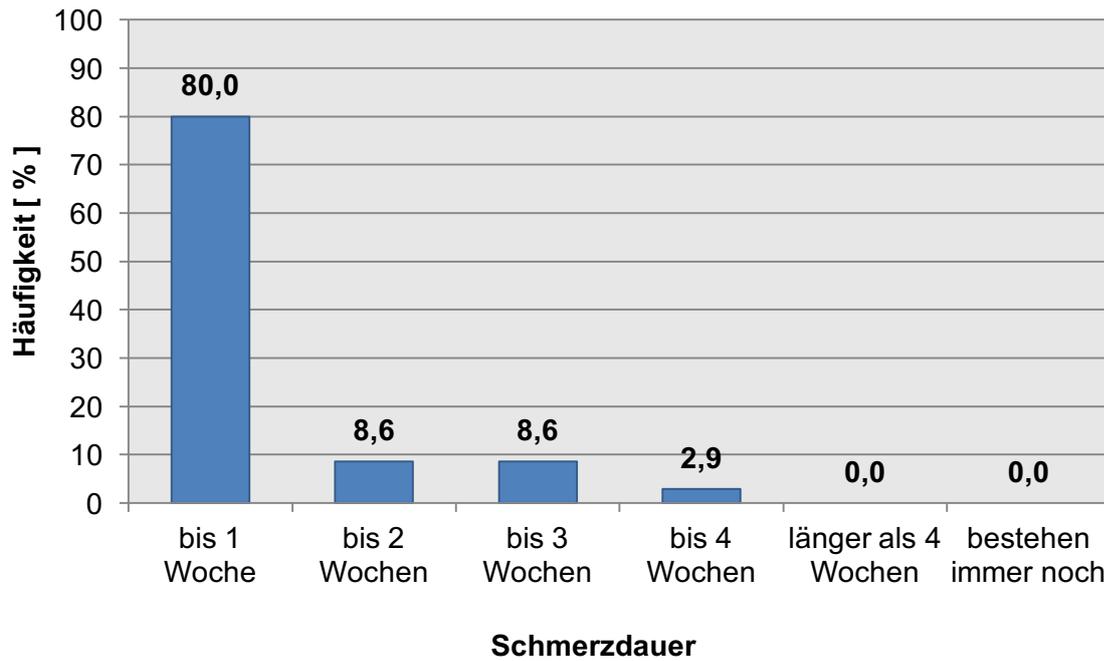


Abbildung 25 Schmerzdauer

Quelle: Eigene Erhebung

Sensibilitätsstörungen

In 6 Fällen (11,3 %) wurden **postoperative Sensibilitätsstörungen an der Unterlippe** angegeben. Die Stärke der Störungen variierte, auf einer Skala von 0 (keine Störungen) bis 10 (maximal vorstellbare Störungen), zwischen 2,1 (Minimum) und 8,9 (Maximum) und lag im Mittel bei 5,7 ($\pm 2,5$). Die Beschwerden waren in 5 Fällen von temporärer Dauer (< 3 Monaten), nach einem Eingriff (1,9 %) bestehen die Störungen in Form von Hypästhesie und Hypalgesie immer noch.

Sensibilitätsstörungen am Kinn wurden in 6 Fällen (11,3 %) angegeben. Die Stärke divergierte zwischen 2,1 (Minimum) und 8,9 (Maximum) mit einem Mittelwert von 5,7 ($\pm 2,6$). Die Beschwerden waren in 4 Fällen von temporärer Dauer (< 3 Monaten). In 2 Fällen bestehen die Störungen am Kinn immer noch. Bei einer Patientin ist die Sensibilitätsstörung (Hypästhesie) zwar rückläufig, aber immer noch vorhanden. Bei einer anderen Patientin handelt es sich bei der Gefühlsstörung ebenfalls, wie bei der zuerst genannten Patientin, um eine scharf begrenzte leichte Hypästhesie. Abbildung 26 zeigt einen Fotoausschnitt der Kinnregion der Patientin. Die Markierung kennzeichnet den Bereich, der von der Patientin als hypästhetisch angegeben wurde.



Abbildung 26 Patientin mit Sensibilitätsstörung am Kinn

Quelle: Eigenes Foto

Nach 9 Operationen (17,0 %) beschrieben die Patienten **Sensibilitätsstörungen am Zahnfleisch**. Die Stärke der Störungen wurde mit minimal 2,1 und maximal 8,5 angegeben. Der Mittelwert lag bei 5,1 ($\pm 2,1$). In acht Fällen (15,1 %) verschwanden die Beschwerden innerhalb von 3 Monaten, in einem Fall (1,9 %) bestanden die Störungen zum Zeitpunkt der Untersuchung und Befragung immer noch.

Sensibilitätsstörungen an den Zähnen wurden in 3 Fällen (5,7 %) angegeben. Die mittlere Stärke der Störungen lag bei 5,0 ($\pm 1,8$), mit Minimum 4,0 und Maximum 7,1. Die Beschwerden waren alle temporär, in keinem Fall kam es zu bleibenden Irritationen.

9 Patienten (17,0 %) erwähnten postoperativ aufgetretene **Gefühlsstörungen in anderen Bereichen**. Angegeben wurden hier die extraorale Wangenregion, die vestibuläre Schleimhaut, die Region um die Entnahmestelle, die Wangenschleimhaut und die Zunge. In 4 Fällen (7,5 %) handelte es sich um eine temporäre Beeinträchtigung, in 5 Fällen (9,4 %) um eine bleibende Störung. Ein Patient berichtete über ein ca. 2 x 1 cm großes Areal mit einem leichten Kribbeln bei Berührung im Übergangsbereich vom linken Mundwinkel zur Wange. Dieses Gebiet ist in Abbildung 27 durch den ovalen Kreis gekennzeichnet. Eine Beeinträchtigung wurde vom Patienten verneint.



Abbildung 27 Patient mit Gefühlsstörung in Mundwinkel- und Wangenregion

Quelle: Eigenes Foto

Funktionseinschränkungen

Nach dem Eingriff traten bei den Patienten innerhalb der ersten Tage häufig Funktionseinschränkungen bei der Mundöffnung ($n = 33$; 62,3 %) und beim Kauen ($n = 34$; 64,2 %) auf. Probleme beim Sprechen, beim Schlucken oder gar Geschmacksstörungen gab es selten. Traten Beeinträchtigungen auf, wurden diese von den Patienten mit der postoperativen Schwellung in Verbindung gebracht. Die genauen Ergebnisse nach Art und Häufigkeit sind in Tabelle 7 dargestellt.

Die Funktionseinschränkungen waren fast ausnahmslos (zwischen 97 % und 100 %) zeitlich begrenzt. In der Regel dauerten die Probleme ein paar Tage an, waren aber nicht länger als 3 Monate vorhanden. Eine Patientin (1,9 %) hatte bis zu 6 Monate nach dem Eingriff Probleme bei der Mundöffnung. Danach war die Patientin beschwerdefrei. In einem anderen Fall (1,9 %) bestehen Probleme beim Kauen, beschrieben als ein „Knacken“ im Kiefergelenk, immer noch. Allerdings leidet diese Patientin an den Folgen eines Traumas im Kieferbereich, welches sie für die Symptomatik verantwortlich macht. Es besteht ein eindeutig zeitlicher Zusammenhang zwischen Trauma und der erst im Anschluss daran neu aufgetretenen Funktionsstörung im Kiefergelenk. Ein Zusammenhang zum genormten Knochen-transfer existiert daher nicht.

Die Ergebnisse der einzelnen Funktionseinschränkungen sind ebenfalls in Tabelle 7 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 7 Funktionseinschränkungen (Häufigkeiten in %)

	NEIN	JA, (gesamt)	JA, temporär (< 3 Monate)	JA, bleibend
beim Kauen	35,8	64,2	62,3	1,9 *
beim Sprechen	90,6	9,4	9,4	-
beim Schlucken	96,2	3,8	3,8	-
Geschmacksstörungen	98,1	1,9	1,9	-
bei der Mundöffnung	37,7	62,3 **	60,4	-

* Folgen eines Traumas; unabhängig vom genormten Knochentransfer

** Eine Patientin gab an, dass die Funktionseinschränkung bei der Mundöffnung sechs Monate dauerte

Quelle: Eigene Erhebung

Feedback der Patienten

Über 94,0 % der Patienten sind sehr zufrieden oder zufrieden mit dem Gesamtergebnis der Knochentransplantation aus dem Kieferwinkel durch genormten Knochentransfer. Der Mittelwert lag bei 1,58 Punkten (1 = „sehr zufrieden“ bis 5 = „völlig unzufrieden“). Eine Patientin, die nur „einigermaßen zufrieden“ war, erklärte ihre Bewertung mit einer bei ihr postoperativ aufgetretenen Hypästhesie an der Wangenschleimhaut. In einem zweiten Fall war eine genaue Analyse der Bewertung nicht möglich, da der Patient nicht an einer Nachuntersuchung teilnehmen wollte. Die Patientenangabe „völlig unzufrieden“ wurde mit dem Herausfallen des enossalen Implantats zusammen mit dem transplantierten Knochenzylinder begründet. Die genaue Verteilung der Patientenangaben ist in Abbildung 28 ersichtlich.

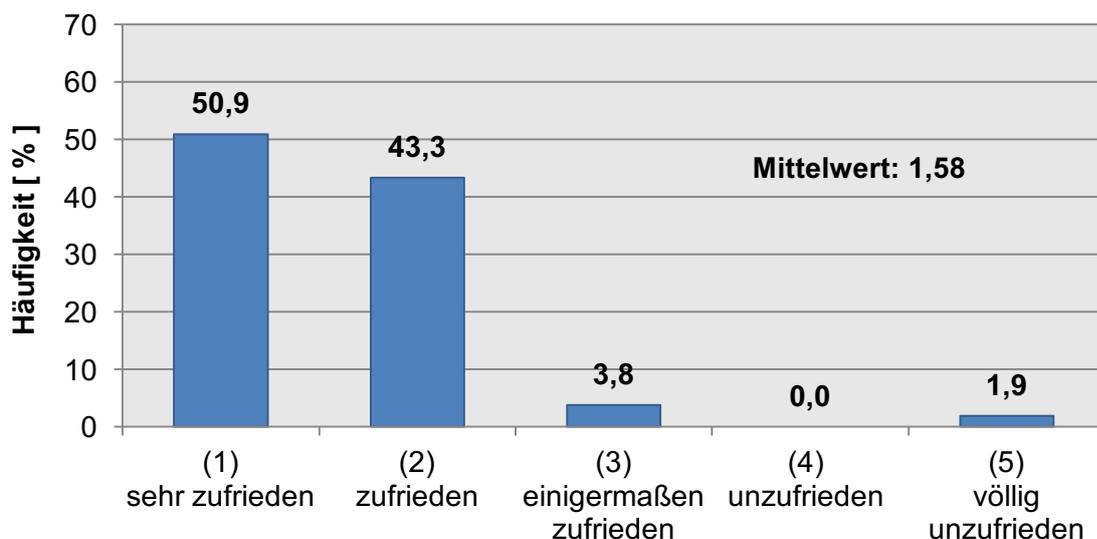


Abbildung 28 Patientenzufriedenheit

Quelle: Eigene Erhebung

Weiterempfehlung des Operationsverfahrens

Die meisten Patienten (94,2 %) würden den Eingriff Patienten mit ähnlicher Indikation uneingeschränkt bzw. eingeschränkt weiterempfehlen. In welchem Maße genau, zeigt Abbildung 29. Auch hier wurde eine Skala von 1 = „uneingeschränkt weiterempfehlen“ bis 4 = „nicht weiterempfehlen“ zu Grunde gelegt. Der Mittelwert lag bei 1,42 Punkten.

Die Angabe „bedingt weiterempfehlen“ wurde mit den Empfindungen und Erlebnissen während des Eingriffs (erfolgte in Lokalanästhesie) begründet. Auch wenn die Patientin mit dem Gesamtergebnis der Knochen transplantation zufrieden ist, würde sie einen solchen Eingriff nur noch in Allgemeinanästhesie durchführen lassen.

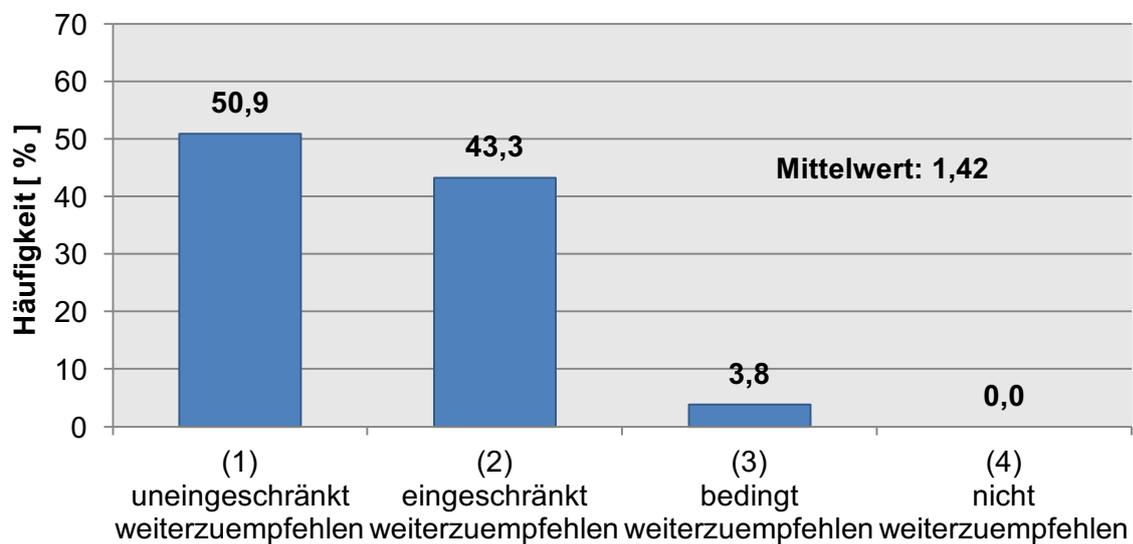


Abbildung 29 Weiterempfehlung des Operationsverfahrens

Quelle: Eigene Erhebung

6.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Eine Auswahl der wichtigsten Studienergebnisse wird nachfolgend noch einmal stichpunktartig zusammengefasst:

- Die Operation wurde in allen Altersklassen durchgeführt. Ein Häufigkeitsgipfel zeigt sich in der Gruppe der 20- bis 29-Jährigen.
- Die Geschlechterverteilung war ungefähr gleich (♀: 53,1 %; ♂: 46,9 %).
- Häufigste Indikation für die Knochentransplantation war die Augmentation des horizontal atrophierten Alveolarkamms für eine nachfolgend geplante Insertion dentaler Implantate (89,8 %).
- Die Hälfte aller Knochenzylinder (49,9 %) wurde im Frontzahnbereich des Oberkiefers eingesetzt.
- In 59,4 % der Fälle wurde für die Augmentation der größte Fräsendurchmesser gewählt (7 mm bzw. 7,5 mm).
- Halbzylinder wurden in 40,6 % der Eingriffe, 3/4-Zylinder in 56,6 % entnommen.
- In zwei Fällen (4,1 %) kam es intraoperativ zur Eröffnung des Mandibularkanal.
- Bei einem Patienten waren die zwei Entnahmestellen im Kieferwinkel zweieinhalb Jahre nach der Operation noch radiologisch erkennbar.
- In einem Fall war das Einheilen des Knochentransplantats nicht erfolgreich.
- Sensibilitätsauffälligkeiten zeigten sich bei sechs Patienten (12,2 %) in lokal begrenzten Arealen.
- 80 % der Patienten waren innerhalb einer Woche nach dem Eingriff schmerzfrei.
- In der Regel dauerten die Funktionseinschränkungen bei der Mundöffnung und beim Kauen nur wenige Tage an. Alle eingriffsabhängigen Einschränkungen waren vorübergehend.
- Über 94 % der Patienten sind „sehr zufrieden“ oder „zufrieden“ mit dem Gesamtergebnis der Knochentransplantation und würden den Eingriff „uneingeschränkt“ bzw. „eingeschränkt“ weiterempfehlen.

7 Diskussion

7.1 Betrachtung der Ergebnisse

Der genormte Knochentransfer als modernes chirurgisches Operationsverfahren wird seit 2006 im Rahmen der chirurgischen Routine an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen eingesetzt. Eine aussagekräftige Datenlage über Komplikationen und Transplantationserfolg bei der Anwendung des Verfahrens lag bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht vor.

Ziel dieser Studie war es, das Operationsverfahren des genormten Knochentransfers aus dem Kieferwinkel auf etwaige Komplikationen bei der Knochenentnahme zu analysieren. Es sollten im Rahmen einer Nachuntersuchung Daten von bereits behandelten Patienten über intra- bzw. postoperativ aufgetretene Komplikationen (Nervenläsionen, Wundinfektionen, Nachblutungen, Hämatome, Dehiszenzen) und die Parameter Schmerz (Dauer und Intensität), Gefühlsstörungen sowie mögliche funktionelle Beeinträchtigung nach der enoralen Entnahme von genormten Knochentransplantaten aus dem Kieferwinkel erhoben werden. Weiterhin sollte die Erfolgsquote der Knochentransplantation bestimmt werden, wobei die tatsächlich mögliche erfolgreiche sekundäre Implantatinsertion maßgeblich war. Die Zufriedenheit der Patienten nach der operativen Versorgung mit dem genormten Knochentransfer wurde ebenfalls erfasst und beurteilt.

Zu Beginn ist anzumerken, dass die Knochentransplantationen in allen Altersklassen durchgeführt wurden. Ein Häufigkeitsgipfel zeigt sich in der Klasse der 20- bis 29-Jährigen (30,6 % aller Eingriffe). Dies kann auf verschiedene Gründe zurückzuführen sein. Ein denkbarer Grund dafür liegt im Lebensstil und in der Risikobereitschaft junger Menschen. So kommt es immer wieder zu Einzelzahnverlusten als Folgen von Traumata (z. B. Arbeitsunfälle, körperliche Auseinandersetzungen, Verkehrsunfälle etc.). Der Wunsch nach kaufunktioneller und ästhetischer Rehabilitation im betroffenen Einzelzahnbereich ohne die therapeutische Mitbeanspruchung von im jungen Alter oft noch gesunder, unversehrter Nachbarzähne ist nachvollziehbar. Bei älteren Patienten kommt es bisweilen durch mehrere sanierungsbedürftige Zähne bzw. Zahnreihen zu ausgeprägten Defektsituationen (Schattlücken, Freirandsituationen). In vielen Fällen ist hier bereits im Vorfeld eine (teil-)prothetische Versorgung älterer Defekte erfolgt. Dann besteht die Möglichkeit, die Versorgung neuer Defekte durch Erweiterung bereits vorhandener Prothesen vorzunehmen (z. B. Anpassung von Brückenkonstruktionen). Zusätzlich spielen bei vielen Patienten finanzielle Aspekte eine entscheidende Rolle. Durch ein ausgedehnteres Areal, das es

zu versorgen gilt, steigen folglich auch die Behandlungskosten. Nicht zuletzt könnte die Tatsache, dass das retromolare Knochenangebot im höheren Patientenalter begrenzt ist und häufig nur ein überschaubares Volumen an entnahmefähigem Knochen bietet, eine weitere Ursache für den Häufigkeitsgipfel bei jüngeren Patienten für die Versorgung mittels genormten Knochentransfers darstellen. Orientiert sich der Operateur an den Empfehlungen einen ausreichenden Sicherheitsabstand von mindestens 2 mm zum Mandibularkanal einzuhalten, kommt es bei steigendem Patientenalter aufgrund der physiologischen Verringerung der Knochenhöhe des Alveolarkamms konsekutiv zu einem geringeren retromolaren Knochenangebot. Dabei gilt es die gleichzeitig wachsende Gefahr einer Läsion des N. alveolaris inferior in der Behandlungsplanung zu berücksichtigen und gegebenenfalls auf andere Augmentationsverfahren zurückzugreifen (Bartling et al., 1999; Nkenke et al., 2002).

Die Knochengewinnung aus dem Kieferwinkel lässt sich laut MISCH ebenfalls gut mit anderen Eingriffen, wie beispielsweise einer zeitgleich durchgeführten Entfernung von Weisheitszähnen oder Metallentfernungen, kombinieren (Misch, 2000). Diese Möglichkeit wurde auch von einigen Patienten der Studie wahrgenommen. Die jeweiligen postoperativen Schmerzen und Beeinträchtigungen konnten so auf eine einzige Operation reduziert werden.

In den meisten Fällen (89,8 %) wurde der Alveolarkamm horizontal in vestibulo-oraler bzw. vestibulo-palataler Richtung aufgebaut. Die Häufigkeitsverteilung bei Männern und Frauen präsentierte sich ungefähr gleich groß (♀: 53,1 %; ♂: 46,9 %). Die allermeisten Eingriffe (93,9 %) erfolgten ambulant. Da der Eingriff problemlos ambulant und in Lokalanästhesie durchführbar ist, wurde dadurch die von den Patienten oft nicht gewünschte Hospitalisierung vermieden (Cordaro et al., 2002). Bei einer Knochenentnahme vom Beckenkamm ist das laut LUNDGREN et al. nur schwer möglich (Lundgren et al., 1996). Als einen weiteren positiven Nebeneffekt verursacht eine ambulante Versorgung, neben einem gesteigerten Patientenkomfort, auch geringere Behandlungskosten (Weibull et al., 2009).

Die Eingriffsdauer betrug im Mittel 83,7 Minuten. Weil die Operation im Regelfall in Lokalanästhesie und ohne Allgemeinanästhesie erfolgte, äußerten sich einige Patienten kritisch über die von ihnen empfundenen intraoperativen Belastungen. So wurden unter anderem die Länge des Eingriffs, die miterlebten Geräusche und Gespräche sowie übertragene Vibrationen, Druck- und Hebelbewegungen als belastend und in manchen Fällen auch als grenzwertig beschrieben. Als Folge dessen würden einige Patienten einen gleichen Eingriff nur noch in Allgemeinanästhesie durchführen lassen. Dieser Aspekt verdeutlicht die Wichtigkeit der subjektiven

Bewertung durch die Patienten und sollte bei der Planung zukünftiger Eingriffe vermehrt berücksichtigt werden. Diese Vorgehensweise fordern auch WEIBULL et al. in ihrer Studie, in der sie der Patientenmeinung eine hohe Bedeutung zukommen lassen (Weibull et al., 2009).

Wie bereits beschrieben, wurde in den meisten Fällen (n = 44, 89,8 %) die horizontale Lagerfräse für die Augmentation genutzt. In drei Fällen fand die vertikale Lagerfräse Verwendung und bei zwei Patienten wurden keine Lagerfräsen benutzt. Stattdessen wurde in einem dieser Sonderfälle der gewonnene Knochenzylinder mit einer Knochenmühle zermahlen und die Späne als Füllmaterial für einen Sinuslift verwendet. Im zweiten Sonderfall war der Einsatz der Lagerfräse in der Empfängerregion aufgrund der engen anatomischen Verhältnisse am Alveolarkamm nicht möglich. Das zylindrische Transplantat wurde hier mit der flachen Seite des Teilzylinders – und damit nicht wie üblich mit der konvexen Rundung – am ortsständigen Restknochen der Empfängerregion fixiert. In beiden Fällen war die Augmentation erfolgreich und dentale Implantate konnten in einem weiteren Eingriff inseriert werden. Diese Vorgehensweise zeigt, dass, obwohl das Instrumentarium speziell für einen normierten Knochentransfer entwickelt wurde, in begründeten Einzelfällen auf die passgenaue Formung des Transplantatbetts in der Empfängerregion verzichtet werden kann, ohne dadurch den Augmentationserfolg zu gefährden. Allerdings sollte der Operateur in solchen Fällen immer bedenken, dass eine Augmentation grundsätzlich am erfolgversprechendsten ist, wenn Knochen in eine gut durchblutete, angefrischte und passgenaue Empfängerregion transplantiert wird. Sind diese Bedingungen erfüllt, entspricht die Augmentationstechnik der primären Knochenheilung, die einen engen und direkten Kontakt zwischen Transplantat und Knochen sowie eine absolute Ruhigstellung und stabile Fixierung voraussetzt (Stürmer, 1996). Ebenfalls sollte die Entnahme aller Knochentransplantate laut FRIEDRICH et al. prinzipiell erst unmittelbar vor der Anwendung am Empfängerort erfolgen, um eine höchstmögliche Wertigkeit zu gewährleisten (Friedrich et al., 1987). Diesen Erfahrungen wurde insofern Rechnung getragen, als zunächst die Empfängerregion mittels Lagerfräse präpariert wurde. Im nächsten Schritt wurde der Knochenzylinder gehoben, um dann sofort in die Empfängerregion transplantiert zu werden. Auf Grundlage der oben genannten Erkenntnisse wurde das System des genormten Knochentransfers erfunden und ein entsprechendes Operationsprotokoll erstellt. Die Empfängerregion wird dabei dem Transplantat in Form und Größe angepasst und nicht wie bisher umgekehrt (Streckbein et al., 2014).

Die Zylinderlänge lag in 65,6 % der Fälle zwischen 8 und 10 mm und in 59,4 % der Operationen wurde der größte Fräsendurchmesser verwendet. Die Tatsache, dass in 30,6 % der Fälle zwei Zylinder aus dem gleichen Kieferwinkel entnommen wurden, unterstreicht die Möglichkeiten der Knochengewinnung durch das spezielle Instrumentarium. Aufgrund der knochensparenden Entnahmetechnik ist, falls das Volumen in der Spenderregion ausreicht, die Entnahme von mehr als einem Zylinder möglich, ohne die Knochenstruktur zu schwächen. Postoperativ aufgetretene Frakturen im Kieferwinkel wurden nicht beobachtet. Dies beweist, dass das Knochenangebot im Bereich des Kieferwinkels für einen Aufbau im Einzelzahnbereich in der Regel ausreichend ist. Der Eingriff konzentriert sich durch die gezielte Wahl dieser intraoralen Entnahmeregion damit auf nur ein Operationsgebiet. Bereits MISCH et al. und CORDARO et al. sahen darin einen Vorteil (Cordaro et al., 2002; Misch, 1997; Misch et al., 1992). Der Alveolarkamm kann so mit nur einer einzelnen knochensparenden Entnahme für eine zukünftig geplante Implantation künstlicher Zahnwurzeln vorbereitet werden.

Des Weiteren waren die Funktionseinschränkungen, bei Einfach- wie auch bei Mehrfachentnahmen, fast ausnahmslos (zwischen 97,0 % und 100 %) zeitlich begrenzt. In der Regel dauerten die Probleme ein paar Tage an, waren aber nicht länger als drei Monate vorhanden. Eine Patientin hatte bis zu sechs Monate nach dem Eingriff Probleme bei der Mundöffnung. Danach war auch diese Patientin beschwerdefrei. In einem anderen Fall beklagte sich eine Patientin über noch andauernde Probleme beim Kauen. Die Beeinträchtigungen wurden als ein „Knacken“ im Kiefergelenk beschrieben. Die Symptomatik stellte sich bei genauerer Betrachtung allerdings als die Folgen eines Traumas im Kieferbereich heraus. Ein Zusammenhang zum genormten Knochentransfer aus dem Kieferwinkel konnte nicht festgestellt werden.

Die postoperativen Schmerzen blieben in 54,0 % der Fälle im leichten bis moderaten Bereich (VAS < 5/10) und nur in 8,1 % der Fälle wurden sie als stark bis sehr stark (VAS > 8/10) bezeichnet. Zur postoperativen Analgesie reichten in allen Fällen Medikamente aus der Wirkstoffklasse der nichtsteroidalen Antirheumatika (NSAR) aus. Das am häufigsten verordnete und eingenommene Medikament war Ibuprofen, welches für die Patienten gut verträglich war und die Schmerzen ausreichend linderte. Die Schmerzen dauerten in 80,0 % der Fälle weniger als eine Woche an und die Beeinträchtigungen wurden von den Patienten als vergleichbar mit anderen oralchirurgischen Eingriffen im dentoalveolären Gebiet (z. B. Extraktion der Weisheitszähne) beschrieben. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Erkenntnissen von CORDARO et al. (Cordaro et al., 2002).

Unterzieht man die erfolgten Eingriffe einer genaueren Untersuchung, so zeigt sich, dass es bei den insgesamt 49 durchgeführten Knochentransplantationen aus dem Kieferwinkel in 31 Fällen (63,3 %) zu keinen besonderen Auffälligkeiten kam. In den übrigen 18 Fällen (36,7 %) müssen die festgestellten Komplikationen (insbesondere neurologische Auffälligkeiten) genau unterschieden werden: in Probleme, die sich als Folge des genormten Knochentransfers entwickelten, und solche, die unabhängig davon entstanden. Sie können bereits *vor* dem Eingriff existiert haben oder *nach* dem Knochenaufbau entstanden sein. Als Beispiele seien hier operative Eingriffe oder Traumata vor der Knochentransplantation genannt, die als Ursache der Auffälligkeiten klar bestimmt werden konnten und oft erst der Grund für eine Augmentationsmaßnahme waren. So gibt es in 3 Fällen (6,1 %) dokumentierte Schädigungen, die unabhängig von der durchgeführten Knochenverpflanzung bestehen (je einmal Z. n. Polytrauma, Umstellungsosteotomie, Implantatinsertion). Nach 15 Eingriffen (30,6 %) kam es zu Auffälligkeiten, die direkt mit der Operation des genormten Knochentransfers zusammenhängen. Davon waren 7 Störungen (14,3 %) von temporärer Dauer und voll reversibel, in 8 Fällen (16,3 %) kam es zu einer bleibenden Ausprägung. Dabei handelt es sich bei 6 Patienten (12,2 %) um kleine, lokal begrenzte Sensibilitätsauffälligkeiten. Eine schwerwiegende Komplikation wurde bei einer Patientin verzeichnet. Bei ihr kam es zu einem Verlust des Knochentransplantats gemeinsam mit dem nachfolgend eingebrachten enossalen Implantat. Auf diesen speziellen Fall wird im weiteren Verlauf noch näher eingegangen.

Dass es in zwei Fällen intraoperativ zu einer Eröffnung des Mandibularkanals kam, unterstreicht die Wichtigkeit der präoperativen Planung und Bildgebung sowie der genauen Beachtung der Bohrtiefe in der Retromolarregion. Bei den meisten Patienten reicht eine Bildgebung durch Panoramaschichtaufnahme erfahrungsgemäß aus, in kritischen Grenzfällen sollten die Basisuntersuchungen aber durch Schnittbilddiagnostik (DVT, gegebenenfalls CT) ergänzt werden. Zu dem gleichen Schluss kommt auch GOCH in seiner Untersuchung (Goch, 2008).

In einem Fall wurde ein Implantat simultan zur Knochenentnahme inseriert. Dabei wurde ein aus dem Kieferwinkel gewonnener Zylinder mit einer Knochenmühle zermahlen und die Knochenspäne wurden bei diesem einzeitigen Vorgehen als Füllmaterial für einen Sinuslift verwendet. In den übrigen Fällen wurde zweizeitig vorgegangen. Dies wird in der Literatur nach Knochenaufbaumaßnahmen als erfolgversprechender angesehen und daher favorisiert (Lundgren et al., 1999; Triplett & Schow, 1996). Bei den untersuchten Patienten betrug die durchschnittliche Konsolidierungsphase der Knochentransplantate 124,5 Tage. Damit deckt sich die hier

ermittelte Einheilzeit mit Stellungnahmen in der Literatur, deren Autoren eine viermonatige Konsolidierungszeit nach Knochentransplantation empfehlen (Misch et al., 1992; Williamson, 1996).

Während der klinischen Nachuntersuchung wurde bei einem 70-jährigen Patienten eine radiologische Auffälligkeit beobachtet. In diesem speziellen Fall waren die beiden Entnahmestellen im Kieferwinkel zweieinhalb Jahre nach der Knochenentnahme immer noch radiologisch erkennbar. In der Retromolarregion zeigte sich anhand einer verminderten Knochendichte eine verzögerte Reossifikation der entnommenen Knochenzylinder. Weil der Patient jedoch jederzeit beschwerdefrei war und auch immer noch ist, wird dieser Tatsache keine klinische Relevanz zugesprochen. Eine ähnliche Beobachtung machten auch JENSEN & SINDET-PEDERSEN in ihren Untersuchungen über mandibuläre Knochentransplantate. Sie stellten bei über 60-Jährigen eine verzögerte knöcherne Regeneration an den Entnahmestellen ein Jahr nach der Knochenentnahme fest, bewerteten diese Tatsache, bei Beschwerdefreiheit, aber ebenfalls als klinisch nicht relevant (Jensen & Sindet-Pedersen, 1991). Bei den übrigen Patienten dieser Studie wurden keine radiologischen Auffälligkeiten festgestellt. Die Entnahmestellen waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Vergleich zur präoperativen Situation weder erhoben noch eingesunken oder dichte-gemindert. Das deckt sich sowohl mit den Ergebnissen von MISCH als auch mit den Befunden von NKENKE et al., die in ihren Studien eine vollständige Regeneration der knöchernen retromolaren Entnahmestellen nach bereits sechs Monaten feststellten (Misch, 2000; Nkenke et al., 2002). Ein Auffüllen der durch die Knochenentnahme entstandenen Kavitäten mit Knochenersatzmitteln oder Ähnlichem wurde nicht vorgenommen, obwohl diese Vorgehensweise von einigen Autoren vorgeschlagen wird (Khoury, 1999).

Da sich die Spenderregion in der hier vorgestellten Studie ausschließlich intraoral befand, existieren auch keine funktionell oder kosmetisch beeinträchtigenden Narben in sichtbaren Hautbezirken, was den Patientenkomfort zusätzlich erhöht. Diesen Vorteil der intraoralen Knochengewinnung sehen auch andere Autoren (Misch, 2000; Weibull et al., 2009).

Wie aus den präsentierten Ergebnissen hervorgeht, gab es aber durchaus einige wenige Entnahmemorbiditäten im Zusammenhang mit der Gewinnung von Knochentransplantaten aus dem Kieferwinkel durch den genormten Knochentransfer. Zunächst sei erwähnt, dass, wie bereits von diversen Autoren folgerichtig festgestellt wurde, Eingriffe im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich immer mit einem hohen Risiko für Nervenläsionen einhergehen und zu den typischen Komplikationen in der

dentoalveolären Chirurgie gehören (Cornelius, 2002; Cornelius et al., 1997; Howaldt & Schmelzeisen, 2015b; Ziccardi et al., 2009). Während der Nachkontrollen am ersten postoperativen Tag gaben 24,5 % der Patienten an unter Gefühlsstörungen auf der operierten Seite zu leiden. Allerdings betonten die meisten, dass sie das in Verbindung mit der aufgetretenen Schwellung bringen: 98,0 % der Patienten gaben zu diesem Zeitpunkt auch eine Hämatombildung an. Die Nachuntersuchungen zum Zeitpunkt der Nahtentfernung zeigten eine deutliche Reduktion der Schwellungen (auf 30,6 %), aber nur einen leichten Rückgang der Gefühlsstörungen (22,4 %). In einem Fall wurde eine Wundinfektion beobachtet, eine Wunddehiszenz in vier Fällen (8,2 %). Die Dehiszenzen wurden bei einer Patientin auf mangelnde körperliche Schonung nach der Operation und bei zwei anderen Patienten auf Zigarettenkonsum zurückgeführt. Diese Beobachtung lässt sich mit den Ergebnissen anderer Studien vergleichen (El-Zawawy et al., 2006; Sanchez-Perez et al., 2007).

Sowohl zum Zeitpunkt der Implantatvorbesprechung als auch bei der klinischen Nachuntersuchung dieser Studie gaben noch neun Patienten (18,4 %) Gefühlsstörungen an. Diese Anzahl erscheint auf den ersten Blick recht hoch. Allerdings muss hier genau differenziert werden. Zum einen wurden alle Arten von Sensibilitätsstörungen bei der Untersuchung erfasst, unabhängig davon, ob diese durch die Knochenentnahme oder aufgrund anderer Ereignisse entstanden. Zum anderen sagt diese Zahl nichts über das tatsächliche Ausmaß, die Größe und das auffällige Areal aus. Werden diese Punkte differenzierter betrachtet, so wird schnell deutlich, dass es in keinem einzigen Fall zu einem vollständigen Durchtrennen des N. alveolaris inferior und einem daraus resultierenden kompletten Verlust der neurologischen Funktionen auf der ipsilateralen Seite distal der Schädigung kam. Vielmehr zeigen die Ergebnisse der Sensibilitätstests in deutlich über 90,0 % der Fälle eine Normästhesie im Versorgungsgebiet des N. mandibularis. Bezogen auf die unterschiedlichen Untersuchungsareale liegt die Spanne zwischen 91,8 und 100 %. Die Normabweichungen auf der operierten Seite wurden bei allen Patienten nur in Form von kleinflächigen, lokal begrenzten Sensibilitätsstörungen gefunden. Nach Analyse der einzelnen Fälle steht letztendlich fest, dass es bei sechs Patienten (12,2 %) zu persistierenden, operationsabhängigen, kleinen lokalen Sensibilitätsauffälligkeiten gekommen ist.

In einem dieser Fälle wurde der Mandibularkanal intraoperativ durch eine zu große Bohrtiefe eröffnet. Die Patientin berichtete über eine seit der Operation vorherrschende Dysästhesie am Kinn und an der Unterlippe (vgl. Kapitel 6.3, Abb. 26). Allerdings gibt

sie keinen Leidensdruck an und ist im Gesamten mit dem Ergebnis der Operation und der im Anschluss erfolgten implantologischen Versorgung zufrieden.

Eine weitere Patientin gab ein ca. 2 x 2 cm messendes hypästhetisches Areal an der vestibulären Schleimhaut an. Es zeigte sich zwar eine seit dem Eingriff rückläufige Tendenz der Beschwerden, leicht vorhanden waren sie aber immer noch. Denkbar ist hier eine mechanische Läsion einzelner akzessorischer Nervenfasern des N. mandibularis, wie sie auch schon von ANIL et al. oder CARTER & KEEN beschrieben wurde (Anil et al., 2003; Carter & Keen, 1971). Solch eine Schädigung könnte die partiellen Areale der Gefühlsstörungen erklären.

Bei einem weiteren Patienten äußerte sich eine Dysästhesie im Mundwinkelbereich (Größe ca. 2 x 1 cm) nur bei Berührung durch ein minimales Kribbelgefühl (vgl. Kapitel 6.3, Abb. 27). Im Alltag verspürt der Patient keine Beeinträchtigung.

Eine andere Patientin gab als Ursache für ihre Empfindungsstörung (Dysästhesie im Bereich des Foramen mentale) die schmerzbedingte intraoperative Nachinjektion eines Lokalanästhetikums an. Ihre Probleme seien erst durch die wiederholte Punktion entstanden, berichtete die Patientin. Auch wenn diese These nur schwer überprüft werden kann, so werden in der Literatur durchaus Nervenpunktionen (z. B. mit Kanülen) und die intraneurale Injektion von Medikamenten als Gründe für Nervenschädigungen aufgeführt (Hegedus & Diecidue, 2006; Hillerup & Jensen, 2006; Hillerup et al., 2011; Pogrel, 2007, 2012).

Nicht in allen Fällen haben die Gefühlsstörungen die gleiche Intensität wie unmittelbar nach der Knochenentnahme. Nach 15 Eingriffen (30,6 %), bei denen es zu Sensibilitätsauffälligkeiten im Versorgungsgebiet des N. alveolaris inferior kam und die direkt mit der Operation des genormten Knochentransfers zusammenhängen, waren 7 Störungen (14,3 %) von temporärer Dauer und besserten sich im Laufe der Zeit bis hin zur vollständigen Rehabilitation. Das deckt sich mit früheren Beobachtungen von ROBINSON, bei denen sich die Symptome von Gefühlsstörungen im Laufe der Zeit verbesserten, bis hin zum vollständigen Verschwinden der Beeinträchtigungen (Robinson, 1988). Auch HEGEDUS & DIECIDUE und ZICCARDI et al. bemerkten in ihren Studien, dass Nervenverletzungen in der dentoalveolären Chirurgie keine ungewöhnlichen Ereignisse darstellen und in der Regel nicht von dauerhafter Natur sind (Hegedus & Diecidue, 2006; Ziccardi et al., 2009).

Diskrepanzen zwischen den Angaben im Fragebogen (weniger Auffälligkeiten) und bei der klinischen Nachuntersuchung (mehr Auffälligkeiten) zeigen, dass die Patienten eventuelle Normabweichungen im Alltag nicht wahrnehmen oder es sie nicht stört. Oft

wird ihnen die Störung nicht direkt bewusst, weil es sich, wie in dieser Studie festgestellt wurde, im Regelfall nur um sehr kleine Bereiche handelt. Die sehr präzise durchgeführte klinische Untersuchung zeigte verhältnismäßig mehr Auffälligkeiten, weil die Patienten während der Studie ihre volle Aufmerksamkeit auf eventuell vorhandene Störungen legen konnten. Diese Konzentration macht sich im Umkehrschluss durch eine Abweichung der Ergebnisse zwischen der Fragebogenauswertung und der Nachuntersuchung bemerkbar.

Zum Zeitpunkt der Studie war in 93,9 % der Fälle die Insertion eines dentalen Implantats bereits erfolgt, bei 6,1 % der Eingriffe stand die Implantation unmittelbar bevor. In einem Fall war das Einheilen des gesetzten Zahnimplantats nicht erfolgreich. Wie bereits in Kapitel 6.2 erwähnt, kam es sowohl zu einem Verlust des Implantats als auch des Knochenaugmentats. Bei der betroffenen Patientin wurde zuvor ein genormter Knochentransfer zur Rekonstruktion des Alveolarfortsatzes bei horizontaler Kieferkammatrophy durchgeführt. Nach einer komplikationslosen Einheilzeit von 104 Tagen wurde ein dentales Implantat inseriert. Nach initial ereignisfreier Wundheilung stellte sich die Patientin 14 Tage später in der Klinik mit herausgefallenem Implantat vor. Eine anschließende operative Wundrevision zeigte zusätzlich ein mobiles Knochentransplantat im Sinne eines Sequesters. Der Knochenzylinder wurde entfernt und die Wunde ausgiebig gereinigt und verschlossen. Bis zum Zeitpunkt der Datenerhebung hatte die Patientin keine weitere implantologische Versorgung vornehmen lassen. Der kombinierte Implantat- und Transplantatverlust konnte trotz intensiver Bemühungen auf keinen speziellen Grund zurückgeführt werden. Mutmaßlich könnte die Einheilzeit von 104 Tagen als zu gering für eine ausreichende Konsolidierung zwischen dem Knochentransplantat und der Empfängerregion angesehen werden. Im direkten Vergleich zu anderen Patienten betrug die durchschnittliche Einheilzeit der Knochentransplantate dort bekanntlich 124,5 Tage. Im vorliegenden Fall wären das fast drei Wochen weniger Konsolidierungszeit, was einen Grund für das Versagen darstellen könnte. Die Zeit deckt sich somit auch nicht mit den Empfehlungen verschiedener Autoren für eine viermonatige Einheilzeit nach Knochentransplantationen (Misch et al., 1992; Williamson, 1996). Dem gegenüber steht die Tatsache, dass in der hier vorgestellten Studie in 31,3 % der Fälle Implantate innerhalb einer Knochenheilungszeit von 104 Tagen oder sogar weniger inseriert wurden. In diesen Fällen kam es immer zu einer erfolgreichen Osseointegration der Implantate. Eine zu kurze Einheilzeit wird daher als alleiniger Grund nicht angenommen. Weitere Ursachen für ein Ausbleiben einer knöchernen Konsolidierung könnten unter anderem, wie von FRITZ und STÜRMER beschrieben, eine unzureichende

Ruhigstellung, eine zu frühe Mobilisierung oder mangelhafte Vaskularisierung bei Nikotin- und Alkoholabusus sein (Fritz, 1997; Stürmer, 1996). Worauf das hier beschriebene kombinierte Transplantat-Implantat-Versagen zurückzuführen ist, ließ sich letztendlich nicht eindeutig bestimmen.

Die Analyse des Operationsplans brachte die Erkenntnis, dass das Instrumentarium auch abseits des ursprünglichen Einsatzgebiets verwendet werden kann. So wurde das Verfahren bisher nicht nur zur Knochenentnahme aus dem Kieferwinkel eingesetzt, sondern es wurden in sechs anderen Eingriffen durch die Abteilung auch erfolgreich Knochentransplantate aus dem Beckenkamm mithilfe des Sets des genormten Knochentransfers gewonnen. Bei einem weiteren Patienten der Klinik wurde der Knochenzylinder aus der Kinnregion entnommen. Zudem zeigt das Ergebnis einer erfolgreichen Frakturversorgung im Unterkiefer, bei der das Set ebenfalls verwendet wurde, eine weitere Anwendungsmöglichkeit.

Wie aus den genannten Beispielen ersichtlich ist, beschränkt sich die Verwendung des genormten Knochentransfers nicht nur auf die Knochenentnahme aus dem Kieferwinkel oder die Augmentation des Alveolarkamms. Vielmehr kann das Verfahren überall dort zum Einsatz kommen, wo ein Knochenaufbau durch passgenaue Transplantate gewünscht ist. Limitierende Faktoren sind auf der einen Seite sicherlich die Größe des aufzubauenden Bereichs und auf der anderen Seite, sollte es sich um autologen Knochen handeln, das zur Verfügung stehende Volumen in der Spenderregion. Zu diesem Punkt ist anzumerken, dass in der vorliegenden Untersuchung alle Knochenentnahmen aus der Retromolarregion vorgenommen wurden.

7.2 Methodendiskussion

Bei der hier durchgeführten Studie handelt es sich um eine retrospektive, klinische Beobachtungsstudie in der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen. Es wurden bereits vorhandene Daten retrospektiv analysiert sowie neue Daten, welche mittels eines Fragebogens und einer klinischen Nachuntersuchung akquiriert wurden, in die Studie eingebracht. Aufgrund der Tatsache, dass an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen kein anderes vergleichbares Verfahren zur Knochenentnahme aus dem Kieferwinkel angewendet wird, ist ein direkter Vergleich des genormten Knochentransfers aus dem Kieferwinkel zu einer Kontrollgruppe nicht möglich. Dieser Punkt wurde bei der Studienplanung berücksichtigt. Ebenfalls muss erwähnt werden, dass ein direkter Vergleich mit einer anderen Operationsmethode

kaum möglich erscheint. Die Ursache liegt darin begründet, dass die Gewinnung von Knochen aus dem Kieferwinkel bei dem hier vorgestellten Verfahren ganz bewusst mit einem standardisierten Instrumentarium und nach einem standardisierten Operationsprotokoll erfolgt. Bei traditioneller Vorgehensweise wird Knochen üblicherweise mithilfe von Sägen, Fräsen und Meißeln gewonnen, immer individuell an die vorliegenden anatomischen Bedingungen des Patienten angepasst. Der verfahrensbedingte Vorteil des genormten Knochentransfers, dass das Transplantatbett dem Transplantat angepasst wird und nicht (wie bei klassischen Augmentationsverfahren) umgekehrt, ermöglicht daher keinen direkten Vergleich dieses standardisierten Verfahrens mit anderen nicht-standardisierten Methoden.

Die Basisdaten ließen sich durch Einsicht in die Unterlagen erheben. Hierfür wurden sowohl die handschriftlichen Patientenakten als auch die im klinikinternen Computersystem in digitaler Form vorliegenden Informationen (z. B. OP-Berichte, Röntgenbilder, Fotos, Behandlungstermine etc.) durchgesehen. Anhand der dokumentierten Informationen ließ sich der genaue Ablauf der Therapie gut rekonstruieren. Im nächsten Arbeitsschritt wurde während der klinischen Nachuntersuchung, nach zuvor erfolgter Aufklärung über das genaue Forschungsvorhaben und Einwilligung der Patienten, der Fragebogen nochmals mit den Probanden durchgesprochen. Dabei wurden eventuell aufgetretene Fragen der Patienten bei der Beantwortung der einzelnen Punkte geklärt. Zusammen mit dem zuvor stattgefundenen Aktenstudium und der persönlichen Anamnese konnte somit ein guter Einblick in jeden einzelnen Fall erreicht werden.

Es folgte die Untersuchung. Durch Befragung und Inspektion ließen sich Komplikationen an der Entnahmestelle und der Empfängerregion der Knochentransplantate erfassen. Im Anschluss wurden diverse neurosensible Untersuchungen (Sensibilitäts-tests) im Versorgungsbereich des N. alveolaris inferior durchgeführt. Diese Tests sind laut CORNELIUS in der zahnärztlichen Routine etabliert und gängig durchführbar. Wie allgemein üblich und so auch von dem genannten Autor gefordert, erfolgten alle Prüfungen im Seitenvergleich (Cornelius, 2011b).

Zunächst wurde das Berührungsempfinden im extraoralen Bereich der kaudalen Wange, des Kinns und der Unterlippe und intraoral im Bereich der Wangenschleimhaut sowie der Schleimhaut vestibulär und lingual überprüft. Dafür wurde durch gefühlsvolles Berühren mit einer Sonde die Oberflächensensibilität in den zu untersuchenden Arealen getestet (Berlit, 2007). Die physiologischen Normalzustände oder pathologische Auffälligkeiten wurden, den allgemeinen neurologischen Empfindungsqualitäten entsprechend, vermerkt. Eingeteilt wurde das Ergebnis in eine Normästhesie

bei kompletter Unauffälligkeit und seitengleich empfundener Sensibilität. War ein untersuchter Bezirk auffällig, so wurde die subjektiv empfundene Normabweichung genau hinterfragt. Unterschieden wurden eine abgeschwächte Empfindung im Sinne einer Hypästhesie, ein verstärktes Empfinden (Hyperästhesie), die komplette Taubheit (Anästhesie) oder eine nicht näher differenzierbare, für den Patienten teils unangenehme Empfindungsänderung (Dysästhesie). Unter den letztgenannten Punkt fielen beispielsweise Äußerungen wie „Kribbeln“, „Prickeln“ oder „komisches Gefühl“ (Cornelius, 2011a; Masuhr & Neumann, 2007).

Die Prüfung der Spitz-Stumpf-Diskriminierung erfolgte, wie von MASUHR & NEUMANN empfohlen, durch die leichte und abwechselnde Berührung der Haut mit dem spitzen bzw. stumpfen Ende einer Sonde. Die Patienten wurden aufgefordert die Augen zu schließen, damit die jeweils verwendeten Enden für sie nicht sichtbar waren und um einer Verfälschung des Ergebnisses vorzubeugen (Masuhr & Neumann, 2007; Robinson et al., 1992). In jedem Areal wurden Reize unterschiedlicher Art gesetzt und sollten von den Patienten differenziert werden. Wurden alle gesetzten Reize richtig erkannt, lag eine Normästhesie vor. Auffälligkeiten wurden in oben beschriebener Art und Weise erfasst.

Die Temperaturdifferenzierung erfolgte mit Hilfe einer metallischen Sonde. Zur orientierenden Testung kann diese Art der Untersuchung laut DODEL mit einem kalten Gegenstand durchgeführt werden (Dodel, 2010). Die Metallsonde sollte einen kalten Reiz provozieren und wurde so lange mit Kältespray behandelt, bis sich eine feine weiße Kälteschicht auf der Metalloberfläche bildete. Als im Vergleich dazu deutlich wärmeres Objekt wurde das hölzerne Ende eines Watteträgers verwendet. Wieder erfolgte die Befunderhebung in allen angegebenen intra- und extraoralen Bereichen. Die Metallsonde wurde aufgrund der langsamen Temperaturerhöhung in regelmäßigen Abständen mit Kältespray behandelt. Die Testergebnisse wurden in bereits genannter Art und Weise (Normästhesie, Hypästhesie etc.) dokumentiert.

Die nächste Sensibilitätstestung diente der Erfassung von Schmerzempfindungen. Die einzelnen Bereiche wurden systematisch mit einer spitzen Sonde und etwas Nachdruck berührt. Die Reize stellten für die Patienten ein unangenehmes Schmerzerlebnis dar. Es erfolgte wieder die Dokumentation der Empfindung.

Zuletzt wurde noch, wie unter anderem von GUTWALD et al. zur Prüfung der Zahnsensibilität beschrieben, die Zahnvitalität mithilfe eines Kälteprovokationstests untersucht. Ein mit Kältespray heruntergekühltes Schaumstoffpellet wurde an jeden einzelnen Zahn gehalten und der Patient musste berichten, ob er einen Kältereiz

empfand. Spürte der Patient den Reiz, galt die Zahnvitalität als positiv. Wurden auch nach längerem Berühren mit dem kalten Pellet keine Kälte oder Schmerzen verspürt, war die Zahnvitalität als negativ zu bewerten (Gutwald et al., 2003).

Um einer Verfälschung der Angaben seitens der Patienten durch Raten oder monotones Wiederholen von Antworten vorzubeugen, wurden während der Durchführung aller Sensibilitätstests in unregelmäßigen Abständen kurze Unterbrechungen zwischen den einzelnen Reizen eingelegt („Leerreize“).

Wie bereits erwähnt, wurden im Anschluss an die klinische Untersuchung von allen Patienten ein Orthopantomogramm (OPG), ein Zahnfilm (ZF) sowie Fotos zur Dokumentation und Analyse angefertigt. Mithilfe des OPG wurde bestimmt, ob und inwieweit sich die Entnahmestelle im Vergleich zu den an verschiedenen postoperativen Zeitpunkten angefertigten Röntgenbildern radiologisch veränderte und am Tag der klinischen Nachuntersuchung noch erkennbar war. Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Knochendichte im Bereich der entnommenen Knochenzylinder gelegt (war eine Dichteminderung noch erkennbar oder nicht). Ebenfalls wurde, unter Zuhilfenahme der präoperativ angefertigten OPGs, verglichen, ob die Entnahmestellen postoperativ erhaben oder eingesunken erschienen. Die Analyse der Röntgenbilder wurde zur besseren Beurteilung und um Interpretationsfehler zu vermeiden, an verschiedenen Tagen wiederholt.

Anzumerken ist, dass die klinische Untersuchung aller in die Studie eingeschlossener Patienten standardisiert nach dem erstellten Prüfbogen, immer in der gleichen Reihenfolge, mit den gleichen Instrumenten sowie durch denselben Untersucher erfolgte. Mit dieser Vorgehensweise konnte eine Verzerrung der Ergebnisse während der Befunderhebung minimiert werden.

Ein prinzipielles Problem klinischer Untersuchungen liegt in der Tatsache begründet, dass Veränderungen über einen längeren Beobachtungszeitraum von Studien oft nicht erfasst werden. Länger als drei Jahre andauernde Follow-up-Untersuchungen sind selten und meistens handelt es sich dann nur um Momentaufnahmen (Weibull et al., 2009). Bei der hier vorgestellten Studie fand aber nicht nur eine einmalige Untersuchung der Patienten statt, sondern es konnte auch durch das Zusammenfügen der Informationen aus den postoperativen Verlaufskontrollen, den Akteneinträgen, den Röntgenbildern und Fotografien, dem Fragebogen und der klinischen Nachuntersuchung ein guter Verlauf dokumentiert werden. Allerdings darf nicht unerwähnt bleiben, dass die Nachuntersuchung für die Studie bei jedem Patienten zu einem unterschiedlichen Zeitpunkt erfolgte. Dies ist dem retrospektiven

Versuchsaufbau geschuldet, wohingegen bei einer prospektiven Studie ein einheitlicher Untersuchungszeitpunkt möglich gewesen wäre. Eine Verzerrung der Ergebnisse ist daher nicht gänzlich auszuschließen.

Eine weitere mögliche Störgröße stellen eventuell nicht nachvollziehbare Angaben im Patientenfragebogen dar. So ist es beispielsweise unwahrscheinlich, dass eine vollständige Anästhesie der Unterlippe nicht mit weiteren Sensibilitätsstörungen einhergeht. Zur Vermeidung dieser Fehler wurden etwaige Unstimmigkeiten bei der klinischen Nachuntersuchung angesprochen und geklärt. Wie von CORNELIUS angeführt, sind neurosensible Testverfahren immer subjektiv. Die individuell erlebte Realität entzieht sich einer objektiven Prüfung, sodass immer die Kooperation, Konzentration und die wahrheitsgemäßen Angaben der Patienten bei der Bewertung vorausgesetzt werden müssen (Cornelius, 2011a). Probanden bedingen durch unterschiedliche Erinnerungsfähigkeiten Abweichungen in den Angaben von Schmerzen und deren Stärke. Solche Daten sind daher nur mit Vorsicht zu betrachten. Stellen sie naturgemäß eine subjektive Empfindung dar, kann es aufgrund zeitlicher Abstände und des Mangels an Objektivierbarkeit und Überprüfung zu einer Verfälschung der Angaben kommen. Dieser Prozess wird auch als „Recall Bias“ bezeichnet und sollte bei der Ergebnisinterpretation stets berücksichtigt werden (Hassan, 2006).

Interpretationsfehler der Röntgenbilder und Fotos durch die auswertenden Prüfarzte müssen ebenfalls als denkbare Verzerrung angesehen werden. Zur Minimierung dieses Fehlers erfolgte die Auswertung der Fotografien und Röntgenbilder mehrmals und mit einem zeitlichen Abstand.

Da für die Beurteilung des postoperativen Ergebnisses nach autologer Knochen- transplantation neben der objektiven Beurteilung des Arztes unter klinischen Gesichtspunkten auch die subjektive Beurteilung seitens der Patienten unter ästhetischen und funktionellen Aspekten erfolgen sollte, fand zum Abschluss noch eine Befragung zur Patientenzufriedenheit Beachtung. Auch SOOST sieht darin einen wichtigen Bewertungsparameter (Soost, 2001).

Zur Bestimmung der Zielparameter „Stärke des Schmerzes“ und „Stärke der Gefühlsstörung“ wurden visuelle Analogskalen (VAS) verwendet. Auf einer Linie konnten die Patienten so zwischen zwei Extrempunkten („keine Schmerzen“ bis „maximal vorstellbarer Schmerz“ bzw. „keine Gefühlsstörung“ bis „absolute Taubheit“) ihre subjektiven Empfindungen markieren. Diese Art der Erfassung ist ein in der Medizin allgemein anerkanntes und praktiziertes Verfahren (Breivik et al., 2000;

Jensen et al., 1986; Schaible & Schmidt, 2005; Williamson & Hoggart, 2005). Nach Umrechnung in einen entsprechenden Zahlenwert konnte ein Rückschluss auf die subjektiv empfundene und nur schwer objektivierbare Stärke des Ausmaßes der Störungen vorgenommen werden (Williamson & Hoggart, 2005).

7.3 Vorteile und Nachteile des genormten Knochentransfers

Ein verfahrensbedingter Vorteil liegt in der Tatsache, dass die während einer Augmentation unnötige Gewinnung am Ende übrigbleibenden und nichtgenutzten Knochens vermieden wird. Neben dieser Minimierung des Entnahmedefekts entfällt gleichzeitig das teilweise schwierige Modellieren und Einfügen gehobener Knochenblöcke in die Empfängerregion. Durch manuelles Anpassen entstehen oft nur punktuelle Kontakte mit vielen kleinen Hohlräumen zwischen Transplantat und ortsständigem Lager, was ein sicheres und stabiles Anwachsen erschwert und beste Voraussetzungen für eine bakterielle Besiedelung bietet.

Das Instrumentarium des genormten Knochentransfers wurde nicht nur für den klinischen Gebrauch im Krankenhaus konzipiert, sondern ist auch bedenkenlos im ambulanten Praxisbereich anwendbar. Das vermeidet die von den Patienten oft nicht gewollte Hospitalisierung und bietet auch aus ökonomischer Sicht Vorteile (Jensen & Sindet-Pedersen, 1991; Reissmann et al., 2013).

Weil die Operation gut in Lokalanästhesie und Leitungsanästhesie durchgeführt werden kann, ist eine Allgemeinanästhesie im Sinne einer Vollnarkose nicht zwingend erforderlich. Es wird durch die Gewinnung von Knochentransplantaten aus dem Kieferwinkel neben der Anästhesie- auch OP-Zeit gespart und die Eröffnung eines zweiten OP-Gebiets vermieden. Das beschleunigt die Erholung des Patienten und ermöglicht eine schnellere Rekonvaleszenz (Friedrich et al., 1987; Khoury, 1999). Erfahrungsgemäß liegt, unter Voraussetzung einer komplikationsfreien Konsolidierungszeit, bereits nach drei bis vier Monaten ein gut eingewachsenes, vitales und implantatfähiges Knochenlager vor (Streckbein, 2005; Streckbein et al., 2014).

Selbstverständlich gibt es bei dieser Art der Knochengewinnung, wie bei jedem anderen Operationsverfahren auch, einige Nachteile, die nicht unerwähnt bleiben sollen. Anfänglich zu nennen ist hier das, in Relation zum Beckenkamm gesehen, sicherlich geringere Knochenangebot. So kann intraoral nur eine gewisse Menge Knochen gewonnen werden. Bei der hauptsächlichen Anwendung des Verfahrens in der präimplantologischen Augmentation kleinerer, lokal umschriebener Alveolar-kammdefekte im Einzelzahnbereich zeigte sich das retromolare Knochenangebot im

Regelfall allerdings als ausreichend. Diese Erkenntnis deckt sich auch mit den Beobachtungen von WILDBURGER et al. (Wildburger et al., 2008).

Vergessen werden darf auch nicht die Gefahr einer Läsion des N. alveolaris inferior. Wegen der unmittelbaren Nähe des Mandibularkanals zur Entnahmeregion muss stets eine präoperative röntgenologische Bestimmung der maximal möglichen Bohrtiefe erfolgen und intraoperativ eine genaueste Beachtung der anatomischen Gegebenheiten stattfinden.

Die Gewinnung von enoralem Knochen bietet zusätzlich den Vorteil einer geringeren Resorptionsrate im Augmentationsgebiet im Vergleich zu transplantiertem Hüftknochen (Jensen & Sindet-Pedersen, 1991; Koole et al., 1989; Misch, 2000).

Ferner ist ein Eingriff im gleichen Operationsgebiet weniger invasiv als die Eröffnung eines zweiten OP-Situs in einer anderen Körperregion, wie es beispielsweise bei der Gewinnung von autologem Knochen aus dem Beckenkamm geschieht. Das Fehlen einer sichtbaren und eventuell beeinträchtigenden Hautnarbe stellt einen weiteren Vorteil für die Patienten dar (Borstlap et al., 1990; Sindet-Pedersen & Enemark, 1990).

Positiv zu erwähnen ist noch die Tatsache, dass nach der knöchernen Konsolidierung das Verfahren dem Anwender die systemunabhängige Nutzung jedes beliebigen dentalen Implantatsystems gewährleistet.

Tabelle 8 zeigt noch einmal tabellarisch zusammengefasst die Vor- und Nachteile des Verfahrens.

Tabelle 8 Vor- und Nachteile des genormten Knochentransfers (enorale Entnahme)

Vorteile	Nachteile
optimale Kongruenz zwischen Transplantat und Empfängerregion	geringeres Knochenangebot als am Beckenkamm
nur ein OP-Gebiet	Gefahr der Nervenläsion
geringere Resorption als Knochen vom Beckenkamm	nur bei kleinen bis mittleren Defektsituationen anwendbar
Minimierung des Entnahmedefekts	Anschaffung des speziellen Instrumentariums
schnelle Einheilung des Transplantats	
keine Vollnarkose notwendig	
im ambulanten Bereich anwendbar	
vertikale und horizontale Augmentation mit nur einem Instrumentarium möglich	
schnellere knöcherne Durchbauung als bei der Verwendung von Knochenersatzmaterialien	
keine sichtbaren Narben im ästhetischen Bereich	

Quelle: Eigene Erhebung

7.4 Mögliche Komplikationen

Mit unerwünschten Entwicklungen in Form von Komplikationen, die sich leider nie komplett vermeiden lassen, muss bei medizinischen Eingriffen trotz sorgfältigsten Vorgehens immer gerechnet werden. Komplikationen können zu jedem Zeitpunkt der Behandlung auftreten.

Eingriffe im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich sind immer mit einem hohen Risiko für Schädigungen von Nerven verbunden (Howaldt & Schmelzeisen, 2015b). Die mit Abstand größte Gefahr bei der Gewinnung von Knochenzylindern aus dem Kieferwinkel durch das Verfahren des genormten Knochentransfers besteht in der Schädigung des N. alveolaris inferior. Wie bereits in Kapitel 2.7 beschrieben, verläuft

der Nerv im Unterkieferknochen. Durch eine zu große Bohrtiefe in der Retromolarregion während der Gewinnung des Knochenzylinders kann der Canalis mandibularis eröffnet und der darin verlaufende Nerv geschädigt werden. Dies kann eine partielle Schädigung, aber auch ein komplettes Durchtrennen des Nervens zur Folge haben. Die weitreichenden Folgen dieser Komplikation betreffen die komplette ipsilaterale Seite distal der Schädigung. Klinische Symptome können eine eingeschränkte Sensibilität bei unvollständiger Läsion, bis hin zur kompletten Anästhesie bei Durchtrennung des Nervs sein. Aber auch Dysästhesien oder Hyperästhesien sind als Varianten denkbar (Howaldt & Schmelzeisen, 2015b; Turvey, 1985; Westermarck et al., 1998). Diese schwerwiegende Komplikation unterstreicht die Wichtigkeit der präoperativen Röntgendiagnostik und das intraoperative strikte Beachten der maximal möglichen Bohrtiefe.

Tabelle 9 Mögliche Komplikationen

Nervenläsion	Transplantatverlust	Sensibilitätsstörung
Infektion	Sequesterbildung	Augmentatresorption
Blutungen	Fraktur	Wundheilungsstörungen

Quelle: Eigene Erhebung

Eine weitere mögliche Komplikation, die an der Entnahmestelle auftreten kann, stellt die Frakturgefahr dar. Mit der Gewinnung des Knochenzylinders erfolgt durch die Substanzentnahme eine Knochenschwächung an einer kraftübertragenden Stelle im Bereich des Kieferwinkels. Durch ungünstig auftretende bzw. auftreffende Kräfte, z. B. bei Unfällen oder Gewalteinwirkung auf den Unterkiefer, besteht zumindest während der ersten Zeit nach der Operation eine denkbare Frakturgefahr.

Beobachtungen zeigten, dass Misserfolge von transplantierten Knochen 6 bis 18 Monate nach einer Verpflanzung auftreten, danach sind sie unwahrscheinlich und selten (Burchardt, 1983). Wenn zum Zeitpunkt der Implantatinsertion der Knochen gut eingeeilt ist, kann bereits hier von einem Erfolg des Knochentransfers ausgegangen werden.

Eine andere Komplikation kann in der Empfängerregion auftreten. Die Verbindung von Transplantat und Lager ist entscheidend für die Durchblutung und das Anwachsen der Knochen (Glowacki, 1998). Der Prozess der Inkorporation des Transplantats hängt wesentlich vom engen Kontakt zwischen Transplantat und Empfängerregion ab (Burchardt, 1983; Howaldt & Schmelzeisen, 2015a). Versuche von FAUPEL zeigten eine

nahezu lückenlose knöcherner Verbindung ohne Bildung von Zwischengewebe zwischen Transplantat und Lager in Gebieten mit hohem Anpressdruck. In Gebieten mit niedrigerem Druck bildete sich zwischen Transplantat und Lagerknochen ein weniger belastbarer Bindegewebesaum (Faupel, 1988). Im Extremfall könnte dies zu einer Sequesterbildung und einem Transplantatverlust führen. Trotz genauen Arbeitens mit dem Instrumentarium könnte es während der Operation selten und unerwartet zu minimaler Beweglichkeit und unzureichendem Anpressdruck zwischen Transplantat und Knochenbett kommen. Bemerkt der Operateur dies rechtzeitig, kann das Problem durch Einbringen einer weiteren Mikroschraube schnell gelöst und der Zylinder fest und rotationsstabil fixiert werden.

Infektionen im Empfängergebiet, Blutungen und Wundheilungsstörungen stellen mögliche allgemeine Komplikationen einer jeden Operation dar und sind daher auch bei dem hier beschriebenen Operationsverfahren denkbar (Hierner et al., 2009). Eine schwerwiegende Komplikation, die speziell im hier beschriebenen Operationsverfahren auftreten kann, ist die postoperative Infektion des augmentierten Bereichs durch körpereigene Erreger. Das infektiöse Milieu der Mundhöhle begünstigt eine Besiedelung im Empfängergebiet des Knochenzylinders und kann so das erfolgreiche Einheilen erschweren bzw. gänzlich verhindern (Clementsches, 1964). Aus diesem Grund und um das Infektionsrisiko zu minimieren, erhalten die Patienten zu OP-Beginn eine intravenöse „Single Shot“-Antibiotikaphylaxe und führen die antibiotische Abschirmung postoperativ oral für fünf Tage fort.

Als Langzeitkomplikation muss auch der Knochenabbau des augmentierten Bereichs in Betracht gezogen werden. So untersuchten SCHLEGEL et al. detailliert das Resorptionsverhalten nach Augmentation atrophierte Kieferknochen (Schlegel et al., 2007). In ihrer Untersuchung stellten sie fest, dass der größte Knochenabbau innerhalb des ersten Jahres nach Augmentation zu beobachten ist (siehe Abb. 30). Inwieweit ihre Ergebnisse auf den genormten Knochentransfer übertragbar sind, gilt es in gesonderten Untersuchungen noch zu überprüfen.

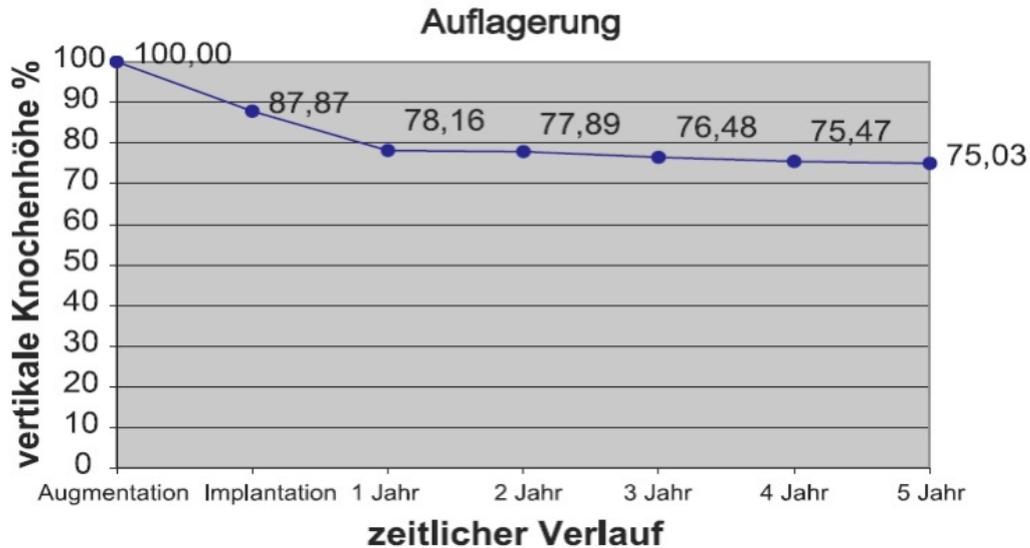


Abbildung 30 Knochenabbau bei Auflagerungsosteoplastiken

Quelle: Schlegel *et al.* (2007): Klinische und radiologische Ergebnisse nach Augmentationen – eine prospektive Evaluation.

7.5 Einordnung in die bisherige Forschung

Mit dem Ziel, eine bestmögliche Osseointegration zwischen Transplantat und ortständigem Knochen zu erreichen, beschäftigte sich LEXER bereits Anfang des 20. Jahrhunderts. Er beschrieb die Wichtigkeit eines „ersatzstarken Lagers“ mit der Fähigkeit, ein Knochentransplantat zu revaskularisieren und zu revitalisieren. So erkannte er, dass die Wahrscheinlichkeit einer guten Osseointegration wesentlich von der Kongruenz, der Immobilisation und ausreichenden Weichteildeckung im Augmentationsgebiet abhängt (Lexer, 1914). Andere Wissenschaftler bestätigten in nachfolgenden Studien LEXERS Thesen (Claes *et al.*, 1998; Marsell & Einhorn, 2011). Entscheidend im Aufbau eines suffizienten Knochenlagers sind der Formschluss und der Presssitz zwischen Transplantat und Knochen sowie absolute mechanische Ruhe beim Prozess der Inkorporierung (Schellmann & Mockwitz, 1980; Schenk, 1991). Auf Basis all dieser Erkenntnisse wurde das Verfahren des genormten Knochentransfers erfunden. Die Besonderheit des hier vorgestellten Sets ist die Tatsache, dass die Innendurchmesser der Hohlfräsen exakt den Außendurchmessern der Lagerfräsen entsprechen. Das bedeutet, die entnommenen Knochenzylinder passen absolut formkongruent in das präparierte Transplantatbett. Selbstverständlich stehen den Patienten und Operateuren noch weitere Verfahren des präimplantologischen Knochenaufbaus zur Verfügung. So besteht z. B. bei noch nicht allzu sehr atrophiertem Kieferkamm die Möglichkeit der Knochenspreizung und Knochenkondensation, um ein ausreichendes

Knochenlager herzustellen. Allerdings ermöglicht das oft nur die teilweise Kompensation des lokalen Defizits. Die Implantation von kurzen Implantaten stellt eine weitere Alternative dar. Diese weisen jedoch eine höhere Versagerquote auf als Implantate mit längeren Gewinden (Felice et al., 2008; Lozada & James, 1994). Sind die Kieferkämme bereits zu stark atrophiert, kann eine Primärstabilität der eingebrachten Implantate nicht gewährleistet werden (Schlegel et al., 2007). Daher ist es oft unumgänglich, eine knöcherne Augmentation mit Hilfe von autologen Knochentransplantaten durchzuführen. Mit dem Ziel, das lokale Knochendefizit auszugleichen und ein adäquates, ersatzstarkes Knochenlager aufzubauen, wird die nachfolgende Insertion dentaler Implantate durch diese operative Maßnahme erst ermöglicht (Aghaloo & Moy, 2007; Schieker & Mutschler, 2006).

Bei *kleineren* und lokal umschriebenen Defekten des Alveolarkamms eignet sich das Verfahren des genormten Knochentransfers daher hervorragend für eine knöcherne Augmentation im Einzelzahnbereich. Dieses Verfahren ist sowohl für den horizontalen und den vertikalen Knochenaufbau des Alveolarkamms als auch für die Sinusbodenelevation nutzbar. Die Therapiekombination von Knochenaufbau und Implantatinsertion im augmentierten Gebiet ist, eine gute Mundhygiene vorausgesetzt, sehr erfolgversprechend. Studien belegen, dass es keine signifikanten Unterschiede in der Erfolgsrate von Implantaten gibt, die in augmentierten Knochen eingebracht wurden, im Vergleich zu Implantaten die in ortsständigen, originalen Knochen inseriert wurden (Buser et al., 2002; Simion et al., 2001; Terheyden, 2013; Zitzmann et al., 2001). So liegt der Langzeiterfolg einer Implantatversorgung, auf einen Zeitraum von zehn Jahren gesehen, bei deutlich über 90 % (Blanco et al., 2005; Schlegel et al., 2007; Simion et al., 2001).

Die Behandlung *großer* Knochendefekte ist trotz aller heute zur Verfügung stehenden Rekonstruktionsmöglichkeiten nach wie vor eine große Herausforderung (de Boer, 1988; Moore et al., 2001). So werden bei ca. 15 % aller Operationen im Rahmen der Wiederherstellungschirurgie Knochentransplantate benötigt (Bundesärztekammer, 1996; Katthagen, 1993). Dabei stellt die autologe Knochentransplantation immer noch den Goldstandard dar, an dem sich alle anderen Knochenersatzmaterialien messen lassen müssen (Burchardt, 1983; Debrunner, 2002; Lee & Shin, 2007). Allerdings stehen auch heute noch autogene Knochentransplantate nur in begrenzten Mengen zur Verfügung. Weiterhin darf die Komplikationsgefahr eines Zweiteingriffs, den die autologe Transplantation verfahrensbedingt mit sich bringt, nicht außer Acht gelassen werden (Joshi & Kostakis, 2004; Lendeckel, 2009; v. Garrel & Gotzen, 1998).

Derzeit werden jährlich etwa 75.000 autogene und ca. 30.000 allogene Knochentransplantationen in Deutschland durchgeführt. Weltweiter Spitzenreiter sind die USA mit rund 900.000 allogenen Transplantationen im Jahr (Pruß et al., 2005). Als Alternative körpereigener Ressourcen kommen allogene und seit einiger Zeit auch alloplastische Knochenersatzmaterialien zum Einsatz und spielen eine immer wichtigere Rolle (Bundesärztekammer, 1996; Burchardt, 1983; Yaszemski et al., 1996). Weltweit arbeiten Wissenschaftler seit geraumer Zeit an der Möglichkeit, biologisch aktives Gewebe industriell zu fertigen (Tissue Engineering). Ein Forschungsgebiet beschäftigt sich z. B. mit der Möglichkeit, nach einer zuvor durchgeführten Probenentnahme beim Empfänger, Gewebe unter kontrollierten Laborbedingungen auf einer künstlichen dreidimensionalen Matrix zu züchten. Ist das erfolgt, wird in einem zweiten Arbeitsschritt das Konstrukt in die Empfängerregion des Patienten transplantiert, welches dann mit der Zeit durch physiologische Erneuerungsprozesse in autologen Knochen umgebaut wird (Rezwan et al., 2006). So wäre es vorstellbar, den benötigten Knochen bei ausreichender Vorbereitungszeit individuell zu „fabrizieren“ und dann passgenau in die Defektsituation einzugliedern (Kärcher, 2000).

Ein anderer Forschungsansatz verfolgt das Ziel, künstlich gefertigte Knochenersatzmaterialien (z. B. synthetisches Hydroxylapatit, Polymermatrizen) durch Transplantation in biologisch aktive Substanzen erfolgreich zu integrieren (Kilian et al., 2005b). Die Wissenschaftler versuchen die biochemischen Abläufe der physiologischen Heilungs- und Umbauprozesse im Knochengewebe auf artifiziell gefertigte Matrizen und Knochenersatzmaterialien zu übertragen. Eine große Rolle spielen dabei Wachstumsfaktoren und BMP (Kilian et al., 2005a; Polo et al., 2013; Schieker et al., 2008; v. Garrel & Gotzen, 1998). So steht bereits heute mit Keramiken oder Materialkombinationen eine Vielzahl klinisch relevanter, alloplastischer Knochenersatzmaterialien zur Verfügung (v. Garrel & Gotzen, 1998; Yaszemski et al., 1996). Sie versuchen als „idealer“ Werkstoff eine knochenähnliche Struktur aufzuweisen, indem sie einfach zu handhaben, biokompatibel, resorbierbar, osteoinduktiv, osteokonduktiv und günstig sind. Allerdings gilt es noch zu beweisen, dass diese Stoffe nicht nur unter Laborbedingungen oder in Tierexperimenten, sondern auch bei der Anwendung in menschlichen Knochen die Anforderungen und die in sie gesetzten Erwartungen erfüllen (Greenwald et al., 2001).

Ebenfalls im Fokus wissenschaftlicher Untersuchungen im Bereich des Tissue Engineerings steht die Verwendung von undifferenzierten menschlichen Stammzellen bei der Rekonstruktion von Knochendefekten (Egusa et al., 2012; Gutwald et al., 2010; Jakobsen et al., 2013; Rickert et al., 2011; Sauerbier et al., 2013). Mesenchymale

Stammzellen weisen neben ihrer Pluripotenz eine hohe Expansionsfähigkeit auf und eignen sich daher hervorragend als zelluläre Basis für die Forschungsgrundlage artifizierender Gewebezüchtungen (Tissue Engineering). Neben der recht invasiven Gewinnung von Stammzellen aus dem Knochenmark bieten Fettzellen eine alternative Quelle (Zuk et al., 2001). Aus Fettzellen gewonnene Stammzellen („adipose-derived stromal cells“, ADSC) zeigten in In-vivo-Tierversuchen mit Ratten hohe osteogenetische Differenzierungsraten sowie positive Ossifikationsresultate unter experimentellen Bedingungen. Die knöcherne Regeneration ausgedehnter Defekte war dabei vergleichbar mit dem bisherigen Goldstandard der autologen Knochentransplantation (Streckbein et al., 2013). Es gilt abzuwarten ob sich die Laborergebnisse auch auf den Menschen übertragen lassen. Möglicherweise stellt dann die Verwendung von pluripotenten humanen Stammzellen in der Zukunft eine gleichwertige Alternative zu Autografts dar.

Da zum gegenwärtigen Zeitpunkt aber noch kein universell einsetzbares und alle Anforderungen erfüllendes Ersatzmaterial existiert, wird es voraussichtlich noch einige Jahre dauern, bis Wissenschaftler in der Lage sein werden benötigten Knochen(ersatz) artifiziert, zeitnah und bedarfsadaptiert herstellen zu können. Bis dahin werden autologe Knochentransplantationen nach wie vor der Goldstandard in der Behandlung von Knochendefekten bleiben.

7.6 Schlussfolgerung

Selbstverständlich gibt es auch bei dem hier untersuchten Verfahren der Knochengewinnung, wie bei jedem anderen Operationsverfahren auch, Risiken und denkbare Komplikationen, die nicht unerwähnt bleiben sollen. Eine Nervenverletzung stellt das bedeutendste Risiko dieser Operation dar. Betrachtet man diese Problematik genauer, wird aber schnell deutlich, dass es in keinem einzigen Fall der in dieser Studie untersuchten Patienten zu einem vollständigen Durchtrennen des N. alveolaris inferior und einem daraus resultierenden kompletten Verlust der neurologischen Funktionen auf der ipsilateralen Seite distal der Schädigung kam. Zusätzlich zu der in den vorangegangenen Kapiteln ausführlich analysierten und als gering eingestuften Komplikationsrate sind über 94,0 % der Patienten „sehr zufrieden“ oder „zufrieden“ mit dem Gesamtergebnis der Knochentransplantation. Die meisten Patienten (94,2 %) würden den Eingriff „uneingeschränkt“ bzw. „eingeschränkt“ weiterempfehlen.

Aufgrund der geringen Komplikationsrate und der hohen Patientenzufriedenheit darf geschlussfolgert werden, dass durch die Knochenentnahme mittels genormten Knochentransfers aus dem Kieferwinkel auf einfache und schnelle Weise eine

ausreichend große Menge gebrauchsfertigen Knochenmaterials für eine Augmentation im Einzelzahnbereich bereitgestellt werden kann. Die Entnahmedefekte regenerieren schnell und stellen keine Beeinträchtigung für die Patienten dar. Die subjektive Zufriedenheit der mit diesem Verfahren behandelten Patienten korreliert daher auch mit den positiven Erfahrungen der Operateure und den sehr guten postoperativen Ergebnissen. Die Anwendung des genormten Knochentransfers gibt dem Operateur eine einfache, risikoarme Möglichkeit der Kieferkammaugmentation auch bei anatomisch anspruchsvollen Verhältnissen an die Hand. Durch die minimalinvasive Rekonstruktion resorbierter Alveolarfortsätze werden so beste Voraussetzungen für eine erfolgreiche Implantatversorgung geschaffen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die retromolare Knochenentnahme durch genormten Knochentransfer eine sichere, praktikable und erfolgversprechende Möglichkeit für einen Knochenaufbau im Einzelzahnbereich darstellt und mit wenigen Belastungen für die Patienten und einer geringen Komplikationsrate einhergeht. Wenn die beschriebenen limitierenden Faktoren während der Planung und Durchführung der Arbeitsschritte berücksichtigt werden, steht dem Patienten und dem Operateur mit dem genormten Knochentransfer aus dem Kieferwinkel ein erfolgversprechendes Augmentationsverfahren zur Verfügung.

7.7 Ausblick

Die Vermeidung von Nervenläsionen während der Operation hängt im großen Ausmaß von präoperativ angefertigten Röntgenaufnahmen ab (Rood & Nooraldeen Shehab, 1990). Studien zeigten, dass nach Extraktion der Weisheitszähne im Unterkiefer Sensibilitätsstörungen aufgrund intraoperativer Nervenläsionen weniger häufig auftraten, wenn präoperativ die genaue dreidimensionale Lage des N. alveolaris inferior durch Schnittbilddiagnostik (DVT, CT) bestimmt wurde (Heurich et al., 2013). Durch den standardmäßigen Einsatz der digitalen Volumentomographie ist, wenn nach der Anfertigung eines konventionellen OPGs erschwerte Operationsbedingungen anzunehmen sind, eine noch exaktere präoperative Planung für die retromolare Knochenentnahme möglich. Hierdurch können schwerwiegende Komplikationen während der Operation (z. B. Eröffnung des Mandibularkanals, Läsionen des N. alveolaris inferior) noch zuverlässiger vermieden werden. Außerdem sollte die retromolare Knochenentnahme, wie von HILLERUP gefordert, nur von erfahrenen Operateuren durchgeführt werden. Dies könnte die Komplikationsrate weiter senken (Hillerup, 2007).

Eine alternative Anwendung des Instrumentariums bietet sich bei der extraoralen Gewinnung von genormten Knochenzylindern, z. B. aus dem Beckenkamm, an. Die

Entnahme von Beckenkammknochen stellt ein seit vielen Jahren bewährtes Verfahren dar. Im Regelfall werden von dort unterschiedlich große Knochenblöcke mithilfe von Sägen, Fräsen und Meißeln gewonnen. Dies geht mit einer nicht zu verachtenden Entnahmemorbidität einher. Es gilt zu überlegen, auch hierbei den genormten Knochentransfer zu benutzen. Wie ein paar durch die Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen durchgeführte Operationen zeigen, wurde diese Möglichkeit bereits erprobt. Die Ergebnisse waren vielversprechend. Die Gewinnung autologer Knochentransplantate aus dem Beckenkamm durch den Einsatz minimalinvasiver Trepanfräsen wurde ebenfalls bereits von SANDOR et al. als ein sehr gutes Verfahren mit geringen Entnahmemorbiditäten und hoher Patientenzufriedenheit beschrieben (Sandor et al., 2003). Durch die geringen Abmessungen der Instrumente ist nur ein kleiner Hautschnitt notwendig und das größere Knochenangebot erlaubt die Entnahme mehrerer Zylinder. Weiterführende Untersuchungen sollten folgen, um die konventionelle Entnahme von Knochen mit der minimalinvasiven Technik des genormten Knochentransfers am Beckenkamm direkt zu vergleichen. Dies könnte gegebenenfalls einen Vorteil bei der Verwendung genormter Knochentransplantate aus dem Beckenkamm aufzeigen. Der Wechsel der Entnahmeregion würde gleichzeitig das Risiko einer intraoralen Nervenläsion minimieren, welches bei der retromolaren Knochenentnahme eine nicht unerhebliche Gefahr darstellt.

Die derzeit zur Verfügung stehenden Fräsen wurden primär für eine intraorale Knochentransplantation entwickelt. Allerdings könnte durch eine Erweiterung des aufeinander abgestimmten Instrumentariums und insbesondere eine Anpassung der Fräsendurchmesser das Einsatzspektrum des genormten Knochentransfers auf weitere Eingriffe vergrößert werden. Die Verwendung des Systems bliebe so nicht nur auf den Einsatz in der dentoalveolären Chirurgie begrenzt. Zusätzlich bedarf das Resorptionsverhalten der transplantierten Knochenzylinder im Vergleich zu anderen Augmentationsverfahren weiterer Forschungen.

Es ist anzunehmen, dass es in Zukunft möglich sein wird, synthetischen, aber genetisch identischen Knochen aus empfängereigenem Spendermaterial zu züchten (Raghoobar et al., 2007). Histokompatibilitätsunterschiede und Immunreaktionen, wie sie bei allogenen Transplantaten auftreten, könnten so verhindert werden. Eine exakte Defektanpassung solcher artifiziell gefertigter Knochenstücke könnte ebenfalls problemlos durch den Einsatz der hier vorgestellten aufeinander abgestimmten Instrumente erfolgen. Die Operation der autologen Knochenentnahme würde damit entfallen, was die Morbidität weiter minimiert.

8 Zusammenfassung

Einleitung und Ziele:

Der Gebrauch körpereigener Knochentransplantate zur Defektrekonstruktion und zum Aufbau atrophierter Alveolarkämme ist ein gängiges sowie bewährtes Operationsverfahren in der Implantologie. Die präzise Passgenauigkeit und die absolute Immobilisation des Transplantats sind für den Heilungsprozess und den Erfolg der Augmentation von fundamentaler Bedeutung. Der genormte Knochentransfer als modernes chirurgisches Operationsverfahren wird seit 2006 im Rahmen der chirurgischen Routine an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen eingesetzt. Die Besonderheit des Verfahrens besteht darin, dass die Empfängerregion dem Transplantat angepasst wird und nicht, wie bisher, umgekehrt. Eine aussagekräftige Datenlage zu Komplikationen und zum Transplantationserfolg bei der Anwendung des Verfahrens lag bisher nicht vor.

Ziel dieser Studie war es, die Entnahmemorbidität des genormten Knochentransfers aus dem Kieferwinkel zu analysieren. Zusätzlich sollten die Erfolgsquote der Behandlung und die Patientenzufriedenheit evaluiert werden.

Patientenkollektiv und Methoden:

Im Rahmen einer retrospektiven Beobachtungsstudie wurden alle im Zeitraum zwischen 2006 und 2013 mit dem neuen Verfahren behandelten Patienten eingeschlossen. Daten über postoperativ aufgetretene Komplikationen, postoperative Schmerzen, Gefühlsstörungen sowie mögliche funktionelle Beeinträchtigungen nach der enoralen Entnahme von genormten Knochentransplantaten aus dem Kieferwinkel wurden erfasst und ausgewertet. Weiterhin wurden die Erfolgsrate der Knochentransplantation und die Zufriedenheit der Patienten mittels klinischer Untersuchung und eines standardisierten Fragebogens evaluiert.

Ergebnisse:

Bei 54 Patienten wurden insgesamt 64 standardisiert entnommene Knochenzylinder transplantiert. Alle so augmentierten Regionen konnten nach durchschnittlich vier Monaten mit Implantaten versorgt werden (n = 49). In einem Fall wurde der Verlust des Transplantats nach Implantatinserion beobachtet. Sensibilitätsauffälligkeiten zeigten sich bei 6 Patienten in lokal begrenzten Arealen. Eine vollständige und dauerhafte Verletzung des N. alveolaris inferior lag in keinem Fall vor. Über 94 % (n = 52) der Patienten waren mit dem Ergebnis der Knochentransplantation „sehr zufrieden“ oder „zufrieden“ und würden den Eingriff weiterempfehlen.

Fazit:

Mit dem genormten Knochentransfer aus dem Kieferwinkel steht eine sichere, praktikable und erfolgversprechende Möglichkeit in der Behandlung von kleinen und mittleren Alveolarkammdefekten zur Verfügung. Das Verfahren geht mit einer nachgewiesenen geringen Entnahmemorbidität sowie einer hohen Erfolgsrate einher. Im Hinblick auf eine ästhetische und kaufunktionelle Rehabilitation stellt der genormte Knochentransfer für Patienten und behandelnde Ärzte ein komplikationsarmes und zuverlässiges Verfahren dar und sollte bei geeigneter Indikation Anwendung finden.

9 Summary

Introduction and objectives:

The use of autologous block bone grafts for defect reconstruction and alveolar ridge augmentation in dental implantology is a common and well-established surgical procedure. The precise fitting and absolute immobilisation of the transplant at the recipient site is of utmost importance for the healing process. The surgical protocol of standardised bone graft transfer was introduced at the Department of Cranio-Maxillo-Facial Surgery, University Hospital Gießen in 2006. The defining feature of the described technique compared to established techniques is that the procedure is reversed. The recipient site is adjusted to the graft, not vice versa as would normally be the case. Convincing data of complications and success rates of bone graft transplantation using this particular surgical technique have not been recorded yet.

The aim of this study was to analyse the donor site morbidity after harvesting bone grafts from the retromolar region using the standardised bone graft transfer. In addition to this the success rate of dental implants and patient satisfaction were evaluated.

Patients and methods:

All patients treated with the new standardised reconstruction method between 2006 and 2013 were included in this retrospective study. Complications such as post-operative pain, sensory impairment, dysfunction and discomfort after harvesting bone grafts from the retromolar region using the standardised bone graft transfer were recorded and evaluated. The success rate of patient satisfaction was first documented with the help of a questionnaire and then evidenced by a clinical and radiological follow-up examination.

Results:

54 patients were treated with this new standardised reconstruction method. A total of 64 harvested cylindrical autologous bone grafts were transplanted. In all cases, dental implants could be inserted after an average healing period of approximately four months (n = 49). In one case implant loss, connected with the failure of the bone graft, was observed shortly after implant insertion. 6 patients examined still showed remaining neurological disorder in locally limited areas. Complete or long-term damage of the inferior alveolar nerve did not occur. More than 94 % (n = 52) of the patients were "very satisfied" or "satisfied" with the results of the standardised bone graft transfer and would recommend this surgical technique to other patients.

Conclusion:

The standardised bone graft transfer using partly cylindrical autologous bone grafts from the retromolar region of the lower jaw proved to be an effective treatment option for small and midsize alveolar ridge augmentation. Low donor site morbidity and a high transplant success rate could be verified. With regard to functional and aesthetic dental rehabilitation this standardised reconstruction method has proved to be a reliable surgical technique without major complications. For local bone repair this operation method can be highly recommended.

10 Fallbericht

Anhand eines Fallberichts soll zum Abschluss dieser Arbeit der gesamte Ablauf einer Behandlung mit dem Verfahren des genormten Knochentransfers veranschaulicht werden. Der hier vorgestellte Fall stellt exemplarisch die standardisierte Rekonstruktion eines horizontalen mittleren Alveolarkammdefekts dar.

Anamnese

Eine zum Untersuchungszeitpunkt 29-jährige Patientin im guten Allgemeinzustand suchte im Januar 2006 die implantologische Sprechstunde der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen auf. Anamnestisch berichtete die Patientin von chronisch rezidivierenden Entzündungsprozessen am Zahn 12 und mehrjährigen konservierenden und endodontischen Behandlungen des Zahns. Sechs Jahre zuvor ist der Zahn alio loco wurzelspitzenreseziert worden.

Befund und Therapieplan

Die Untersuchung zeigte aktuell einen Lockerungsgrad II des Zahns 12 mit rezidivierenden akuten und chronischen Infektionen und Fistelbildung von apikal nach vestibulär. Nach der eingehenden klinischen und radiologischen Befunderhebung bestätigte sich die Nichterhaltungsfähigkeit des Zahns 12. Die Patientin wurde über die Notwendigkeit der Zahnentfernung aufgeklärt.

Nach Aufzeigen der Behandlungsmöglichkeiten wurde zusammen mit der Patientin entschieden, den Zahn 12 zu extrahieren. Im Anschluss sollte, nachdem die chronisch infizierte Situation vollständig ausgeheilt ist, eine Implantatversorgung zur kau-funktionellen und ästhetischen Rehabilitation erfolgen.

Zahnextraktion

Der wurzelspitzenresezierte Zahn 12 konnte im Februar 2006 komplikationslos entfernt werden. Eine Fistelexstirpation wurde ebenfalls durchgeführt. Im Rahmen des Eingriffs zeigte sich, dass die vestibuläre knöcherne Alveolarfortsatzwandung als Folge der chronischen Entzündung vollständig resorbiert war. Eine primärstabile Implantatinsertion war nicht möglich. Es musste nach dem Ausheilen und in einer entzündungsfreien Situation zunächst eine knöcherne Rekonstruktion des Alveolar-kamms erfolgen, bevor ein dentales Implantat inseriert werden konnte.

Planung des Knochenaufbaus

Aufgrund der in diesem Fall nur geringen benötigten Transplantatmenge und um einen zweiten Operationssitus im Bereich des Beckenkamms zu vermeiden, bot sich die intraorale Entnahme autologen Knochens aus der Retromolarregion mit Hilfe des genormten Knochentransfers an. Dadurch sollte ein suffizientes knöchernes Lager für die geplante Implantatversorgung geschaffen werden.

Gemeinsam mit der Patientin wurde folgender Behandlungsplan erstellt:

1. Rekonstruktion des knöchernen Defekts durch einen genormten Knochentransfer aus dem Kieferwinkel links.
2. Nach einer knöchernen Integrationsphase von etwa 4 Monaten sollten die Entfernung der Osteosyntheschraube und eine simultane Implantatinsertion im Bereich der augmentierten Region 12 erfolgen.
3. Nach einer Osseointegrationsphase des Implantats von etwa 5 Monaten sollten die Freilegung und die endgültige prothetische Versorgung mit einer implantatgetragenen Krone erfolgen.

Operation des genormten Knochentransfers

Dem Behandlungsplan entsprechend, fand 6 Wochen nach der Zahnextraktion der genormte Knochentransfer statt. Der Eingriff konnte ambulant und in Lokalanästhesie durchgeführt werden.

Es boten sich reizlose sowie entzündungsfreie lokale Verhältnisse (Abbildung 31). Klinisch zeigte sich ein deutlicher lokaler Defekt in der Region 12. Die vestibuläre knöcherne Alveolarfortsatzwandung fehlte vollständig. Damit bestätigte sich, dass aufgrund des Fehlens eines ausreichenden ortsständigen Knochenlagers eine primär-stabile Implantatinsertion unter diesen Umständen nicht möglich war (Abbildung 32).

Abbildung 33 zeigt schematisch die Ausgangssituation im Einzelzahnbereich 12. Besonders eindrucksvoll wird der vestibuläre Knochendefekt ersichtlich. Hier wurde zusätzlich bereits die optimale Implantatposition grafisch dargestellt.

Es folgte die Anfrischung und Normierung des Transplantatlagers mit einer horizontalen Lagerfräse mit einem Außendurchmesser von 7 mm (Abbildung 34).



Abbildung 31 Ausgangssituation in situ



Abbildung 32 Defektsituation
intraoperativ



Abbildung 33 Optimale Implantatposition
(schematisch)

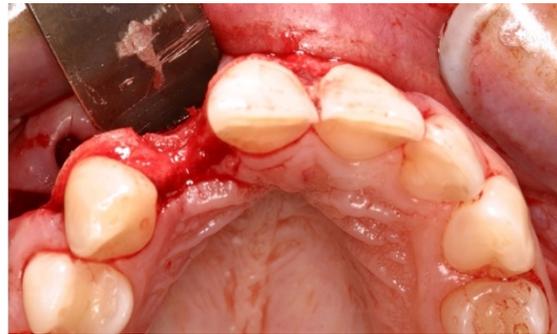


Abbildung 34 Normierung des
Transplantatlagers

Nach dem Wechsel in die linke Retromolarregion schloss sich hier zunächst die Darstellung der Knochenentnahmestelle im Bereich der Linea obliqua des Unterkiefers durch Bildung eines Mukoperiostlappens an. Die in unmittelbarer Nachbarschaft verlaufenden Weichteile und Nerven wurden durch Positionierung eines Raspatoriums vor mechanischer Irritation geschützt. Die maximal mögliche Bohrtiefe war zuvor durch die präoperativen Röntgenbilder inklusive Messkugelprojektion bestimmt worden.

Im Anschluss wurde ein teilzylindrisches Knochenransplantat gewonnen. Für diesen Arbeitsschritt fand die horizontale Trepanfräse mit einem zur Lagerfräse korrespondierenden Innendurchmesser von 7 mm Verwendung. Es wurde ein Teilzylinder mit einer Länge von 10 mm gewonnen.

Abbildung 35 zeigt die retromolare Entnahmeregion im linken Kieferwinkel nach Verwendung der horizontalen Trepanfräse und unmittelbar vor der Gewinnung des Knochenzylinders.



Abbildung 35 Retromolare Entnahmestelle

Nach der Bergung des Knochenzylinders wurde dieser mit der konvexen Seite absolut formschlüssig in die zuvor präparierte Empfängerregion positioniert. Mit Hilfe einer Zugschraube wurde das Knochentransplantat fixiert und rotationsstabil immobilisiert (vgl. Abbildung 36 und Abbildung 37). Abbildung 38 zeigt schematisch die deutliche horizontale Augmentierung der Defektregion durch den gewonnenen Knochenzylinder. Abschließend erfolgte ein spannungsfreier Wundverschluss.



Abbildung 36 Fixierter Knochenzylinder in situ (1)

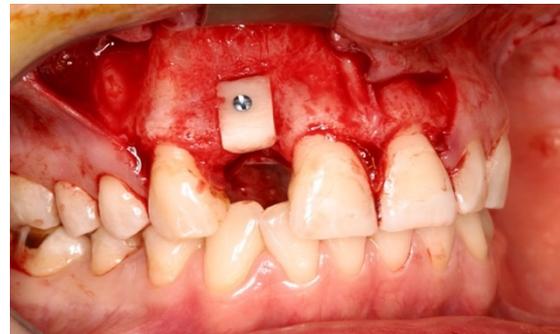


Abbildung 37 Fixierter Knochenzylinder in situ (2)



Abbildung 38 Defektregion nach Augmentierung (schematisch)

Postoperativer Verlauf

Die postoperativen Kontrollen zeigten keine Auffälligkeiten. Die Einheilphase des Knochentransplantats gestaltete sich regelrecht und verlief ohne Komplikationen. Die Patientin war jederzeit beschwerdefrei. Eine Sensibilitätsstörung im Versorgungsgebiet des N. alveolaris inferior links zeigte sich nicht.

Implantatinsertion

Nach 4 Monaten wurde die augmentierte Region 12 wiedereröffnet. Der transplantierte Knochenzylinder zeigte sich im direkten Vergleich zur vorangegangenen Operation vollständig integriert in den ortsständigen Knochen und ohne Anzeichen einer Resorption (Abbildung 39). Die Osteosyntheseschraube wurde entfernt und im selben Arbeitsgang konnte ein dentales Implantat bohrschablonengestützt im Augmentationsgebiet inseriert werden (Abbildung 40).



Abbildung 39 Ende der Einheilphase
(4 Monate nach Augmentation)



Abbildung 40 Insertion eines dentalen
Implantats im Augmentationsgebiet

Auf dem nach der Implantation angefertigten Orthopantomogramm (OPG) konnte im linken Kieferwinkel keine Entnahmestelle mehr nachgewiesen werden (vgl. Abbildung 41). Die Knochenentnahmestelle im linken Kieferwinkel war zu diesem Zeitpunkt bereits vollständig verheilt (Restitutio ad Integrum).



Abbildung 41 Orthopantomogramm (post implantationem)

Implantatfreilegung und prothetische Versorgung

Die nachfolgende Osseointegration des dentalen Implantats verlief ebenfalls komplikationslos, sodass nach weiteren 5 Monaten die Implantatfreilegung erfolgte. Abbildung 42 zeigt die Situation nach der endgültigen prothetischen Versorgung 14 Monate nach der Operation des genormten Knochentransfers.



Abbildung 42 Ergebnis nach endgültiger prothetischer Versorgung

Bildquellen: © Ph. Streckbein, Universitätsklinikum Gießen

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
ADSC	Adipose-Derived Stromal Cells
BMP	Bone Morphogenetic Protein
ca.	circa
CDC	Center of Disease Control and Prevention, USA
cm	Zentimeter
CT	Computertomographie
d. h.	das heißt
DVT	digitale Volumetomographie
ebd.	ebenda
et al.	et alii
evtl.	eventuell
Fa.	Firma
insb.	insbesondere
MKG	Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie
mm	Millimeter
N.	Nervus
OK	Oberkiefer
OP	Operation
OPG	Orthopantomogramm
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PSA	Panoramaschichtaufnahme
S.	Seite
SH	Schleimhaut
Syn.	Synonym
u. a.	unter anderem
UK	Unterkiefer
USA	United States of America
VAS	Visuelle Analogskala
V.	Vena
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel
ZF	Zahnfilm
Z. n.	Zustand nach

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Räumliche Darstellung der Kompakta	6
Abbildung 2	Mandibula	18
Abbildung 3	Verlauf des N. alveolaris inferior im Canalis mandibulae	18
Abbildung 4	Osseo ^{Plus} Transfer-Set der Fa. Bego	22
Abbildung 5	Lageraufbereitung bei horizontaler Augmentation	24
Abbildung 6	Lageraufbereitung bei vertikaler Augmentation	24
Abbildung 7	Gewinnung eines horizontalen Transplantats	25
Abbildung 8	Gewinnung eines vertikalen Transplantats	25
Abbildung 9	Fixierung des horizontalen Augmentats	26
Abbildung 10	Fixierung des vertikalen Augmentats	26
Abbildung 11	Arbeitsschritte des genormten Knochentransfers	27
Abbildung 12	Geschlechterverteilung	35
Abbildung 13	Patientenalter zum Zeitpunkt der Operation	36
Abbildung 14	Indikationen zur Knochentransplantation	37
Abbildung 15	Eingriffsdauer	37
Abbildung 16	Entnahmeregion	38
Abbildung 17	Verwendete Lagerfräsen	39
Abbildung 18	Fräsengröße	39
Abbildung 19	Zylindervolumen	40
Abbildung 20	Zylinderlänge	40
Abbildung 21	Postoperative Auffälligkeiten (1)	42
Abbildung 22	Postoperative Auffälligkeiten (2)	43
Abbildung 23	Schmerzhäufigkeit	47
Abbildung 24	Schmerzstärke	48
Abbildung 25	Schmerzdauer	49
Abbildung 26	Patientin mit Sensibilitätsstörung am Kinn	50
Abbildung 27	Patient mit Gefühlsstörung in Mundwinkel- und Wangenregion	51
Abbildung 28	Patientenzufriedenheit	52
Abbildung 29	Weiterempfehlung des Operationsverfahrens	53
Abbildung 30	Knochenabbau bei Auflagerungsosteoplastiken	74
Abbildung 31	Ausgangssituation in situ	86
Abbildung 32	Defektsituation intraoperativ	86
Abbildung 33	Optimale Implantatposition (schematisch)	86
Abbildung 34	Normierung des Transplantatlagers	86
Abbildung 35	Retromolare Entnahmestelle	87

Abbildung 36	Fixierter Knochenzylinder in situ (1)	87
Abbildung 37	Fixierter Knochenzylinder in situ (2)	87
Abbildung 38	Defektregion nach Augmentation (schematisch).....	87
Abbildung 39	Ende der Einheilphase (4 Monate nach Augmentation).....	88
Abbildung 40	Insertion eines dentalen Implantats im Augmentationsgebiet	88
Abbildung 41	Orthopantomogramm (post implantationem).....	89
Abbildung 42	Ergebnis nach endgültiger prothetischer Versorgung	89

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Empfängerregionen der Knochen transplantate (Häufigkeiten in %)	41
Tabelle 2	Berührungsempfindung (Häufigkeiten in %).....	44
Tabelle 3	Spitz-Stumpf-Diskriminierung (Häufigkeiten in %).....	45
Tabelle 4	Temperaturdifferenzierung (Häufigkeiten in %).....	45
Tabelle 5	Schmerzempfindung (Häufigkeiten in %)	45
Tabelle 6	Zusammenhang zwischen Auffälligkeiten und durchgeführter OP	47
Tabelle 7	Funktionseinschränkungen (Häufigkeiten in %)	52
Tabelle 8	Vor- und Nachteile des genormten Knochen transfers (enorale Entnahme)71	
Tabelle 9	Mögliche Komplikationen.....	72

Literaturverzeichnis

- Aghaloo, T. L. & Moy, P. K. (2007). Which hard tissue augmentation techniques are the most successful in furnishing bony support for implant placement? *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 22 Suppl(0), 49-70.
- Anil, A., Peker, T., Turgut, H. B. et al. (2003). Variations in the anatomy of the inferior alveolar nerve. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 41(4), 236-239. doi: 10.1016/S0266-4356(03)00113-X.
- Aumüller, G., Aust, G., Doll, A. et al. (2010). *Duale Reihe Anatomie* (2). Stuttgart: Thieme Verlag.
- Bartling, R., Freeman, K. & Kraut, R. A. (1999). The incidence of altered sensation of the mental nerve after mandibular implant placement. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 57(12), 1408-1410. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0278-2391\(99\)90720-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0278-2391(99)90720-6).
- Berlit, P. (2007). *Basiswissen Neurologie* (5). Heidelberg: Springer Verlag, S. 6.
- Biberthaler, P. & Oestern, H.-J. (2012). Traumatologie. In D. Henne-Bruns (Hrsg.), *Duale Reihe Chirurgie* (4. Auflage, S. 662-673). Stuttgart: Thieme Verlag.
- Blanco, J., Alonso, A. & Sanz, M. (2005). Long-term results and survival rate of implants treated with guided bone regeneration: a 5-year case series prospective study. *Clinical Oral Implants Research*, 16(3), 294-301. doi: 10.1111/j.1600-0501.2005.01106.x.
- Borstlap, W. A., Heidbuchel, K. L. W. M., Freihofer, H. P. M. et al. (1990). Early secondary bone grafting of alveolar cleft defects: A comparison between chin and rib grafts. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 18(5), 201-205. doi: 10.1016/S1010-5182(05)80411-1.
- Brevik, E. K., Bjornsson, G. A. & Skovlund, E. (2000). A comparison of pain rating scales by sampling from clinical trial data. *Clinical Journal of Pain*, 16(1), 22-28.
- Bundesärztekammer, W. B. d. (1996). Richtlinien zum Führen einer Knochenbank. *Dtsch Arztebl International*, 93(34-35), 2166-2171.
- Bundesärztekammer, W. B. d. (2001). Richtlinien zum Führen einer Knochenbank. *Dtsch Arztebl International*, 98(15), A-1011-1016.
- Burchardt, H. (1983). The biology of bone graft repair. *Clinical Orthopaedics and Related Research*(174), 28-42.
- Buser, D., Ingimarsson, S., Dula, K. et al. (2002). Long-term stability of osseointegrated implants in augmented bone: a 5-year prospective study in partially edentulous patients. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, 22(2), 109-117.
- Carlson, E. R. & Marx, R. E. (1996). Part II. Mandibular reconstruction using cancellous cellular bone grafts. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 54(7), 889-897.
- Carter, R. B. & Keen, E. N. (1971). The intramandibular course of the inferior alveolar nerve. *Journal of Anatomy*, 108(3), 433-440.

- CDC. (1988). Transmission of HIV through bone transplantation: case report and public health recommendations *MMWR; Morbidity and Mortality Weekly Report* (07.10.1988 ed., Vol. 37, pp. 597-599): Center for Disease Control and Prevention.
- Chai, Y., Jiang, X., Ito, Y. et al. (2000). Fate of the mammalian cranial neural crest during tooth and mandibular morphogenesis. *Development*, 127(8), 1671-1679.
- Chen, D., Zhao, M. & Mundy, G. R. (2004). Bone Morphogenetic Proteins. *Growth Factors*, 22(4), 233-241. doi: 10.1080/08977190412331279890.
- Chen, Y. B., Chen, H. C. & Hahn, L. H. (1994). Major mandibular reconstruction with vascularized bone grafts: indications and selection of donor tissue. *Microsurgery*, 15(4), 227-237.
- Claes, L. E., Heigele, C. A., Neidlinger-Wilke, C. et al. (1998). Effects of mechanical factors on the fracture healing process. *Clinical Orthopaedics and Related Research*(355 Suppl), 132-147.
- Clementsitsch, F. (1964). Über die Gefährdung von Knochentransplantationen im Kieferbereich durch körpereigene Erreger. *Langenbecks Archiv für klinische Chirurgie*, 308(1), 1044-1047. doi: 10.1007/bf01576712.
- Cordaro, L., Amade, D. S. & Cordaro, M. (2002). Clinical results of alveolar ridge augmentation with mandibular block bone grafts in partially edentulous patients prior to implant placement. *Clinical Oral Implants Research*, 13(1), 103-111.
- Cornelius, C.-P. (2002). Erkrankungen der Nerven im Mund-Kiefer-Gesichtsbereich. In N. Schwenzer & M. Ehrenfeld (Hrsg.), *Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde Band 2: Spezielle Chirurgie* (3. Auflage, S. 81-97). Stuttgart: Thieme Verlag.
- Cornelius, C.-P. (2011a). Erkrankungen von Nerven im Mund-Kiefer-Gesichtsbereich. In N. Schwenzer & M. Ehrenfeld (Hrsg.), *Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie* (4. Auflage, S. 399-410). Stuttgart: Thieme Verlag.
- Cornelius, C.-P. (2011b). Erkrankungen von Nerven im Mund-Kiefer-Gesichtsbereich. In N. Schwenzer & M. Ehrenfeld (Hrsg.), *Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie* (4. Auflage, S. 415-416). Stuttgart: Thieme Verlag.
- Cornelius, C. P., Roser, M. & Ehrenfeld, M. (1997). Mikroneurale Wiederherstellung nach iatrogenen Läsionen des N. lingualis und des N. alveolaris inferior. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*, 1(1-6), 213-223. doi: 10.1007/bf03043553.
- Coulthard, P., Esposito, M., Jokstad, A. et al. (2003). Interventions for replacing missing teeth: bone augmentation techniques for dental implant treatment. doi: 10.1002/14651858.cd003607.
- de Boer, H. (1988). The history of bone grafts. *Clinical Orthopaedics and Related Research*(226), 292-298.
- de Boer, H. (1989). Early Research on Bone Transplantation. In M. Aebi & P. Regazzoni (Hrsg.), *Bone Transplantation* (Auflage, S. 7-19). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Debrunner, A. M. (2002). Vom Leben des Knochens: Knochenphysiologie. In A. M. Debrunner (Hrsg.), *Orthopädie, Orthopädische Chirurgie: patientenorientierte Diagnostik und Therapie des Bewegungsapparates* (4. Auflage, S. 48-110). Bern: Hans Huber Verlag.

- Dodel, R. (2010). Neurologische Untersuchung. In R. Dodel & T. Klockgether (Hrsg.), *Roter Faden Neurologie* (1. Auflage, S. 32-33). Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Donati, D., Zolezzi, C., Tomba, P. et al. (2007). Bone grafting: historical and conceptual review, starting with an old manuscript by Vittorio Putti. *Acta Orthopaedica*, 78(1), 19-25. doi: 10.1080/17453670610013376.
- Eastlund, T. & Strong, M. D. (2004). Infectious Disease Transmission Through Tissue Transplantation *Advances In Tissue Banking* (7. Auflage, S. 51-131). Singapore: World Scientific.
- Egusa, H., Sonoyama, W., Nishimura, M. et al. (2012). Stem cells in dentistry – Part II: Clinical applications. *Journal of Prosthodontic Research*, 56(4), 229-248. doi: 10.1016/j.jpor.2012.10.001.
- Eitel, F. & Schweiberer, L. (1987). Die Revaskularisierung von Lager und Knochentransplantat. In D. Wolter & K.-H. Jungbluth (Hrsg.), *Wissenschaftliche und klinische Aspekte der Knochentransplantation* (Hefte zur Unfallheilkunde ed., 185. Auflage, S. 55-65). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- El-Zawawy, H. B., Gill, C. S., Wright, R. W. et al. (2006). Smoking delays chondrogenesis in a mouse model of closed tibial fracture healing. *Journal of Orthopaedic Research*, 24(12), 2150-2158. doi: 10.1002/jor.20263.
- Eufinger, H., König, S., Eufinger, A. et al. (1999). Bedeutung von Alveolar- kammhöhe und -breite für die Implantologie am zahnlosen Oberkiefer. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*, 3(1), 14-18. doi: 10.1007/pl00014501.
- Farmer, M. & Darby, I. (2014). Ridge dimensional changes following single-tooth extraction in the aesthetic zone. *Clinical Oral Implants Research*, 25(2), 272-277. doi: 10.1111/clr.12108.
- Faupel, L. (1988). *Durchblutungsdynamik autologer Rippen- und Beckenspantransplantate* (Hefte zur Unfallheilkunde ed. 191). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, S. 1, 43.
- Felice, P., Marchetti, C., Piattelli, A. et al. (2008). Vertical ridge augmentation of the atrophic posterior mandible with interpositional block grafts: bone from the iliac crest versus bovine anorganic bone. *European Journal of Oral Implantology*, 1(3), 183-198.
- Friedrich, A., Wolter, D. & Biewener, A. (1987). Entnahmestellen und Entnahmetechniken autologer Spongiosa und autologer kortikospongiöser Transplantate. In D. Wolter & K. H. Jungbluth (Hrsg.), *Wissenschaftliche und klinische Aspekte der Knochentransplantation* (Hefte zur Unfallheilkunde ed., 185. Auflage, S. 155-161). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Fritz, T. (1997). *Traumatologische Praxis*. Stuttgart: Schattauer Verlag, S. 69.
- Fuhrmann, A., Schulze, D., Rother, U. et al. (2003). Digital transversal slice imaging in dental-maxillofacial radiology: from pantomography to digital volume tomography. *Int J Comput Dent*, 6(2), 129-140.

- Geldner, G., Mertens, E., Wappler, F. et al. (2010). Präoperative Evaluation erwachsener Patienten vor elektiven, nichtkardiologischen Eingriffen. Gemeinsame Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie und der Deutschen Gesellschaft für Innere Medizin. *Perioperative Medizin*, 2(4), 195-206. doi: 10.1016/j.periop.2010.08.005.
- Glockmann, E., Panzner, K.-D., Huhn, P. et al. (2007). Ursachen des Zahnverlustes in Deutschland – Dokumentation einer bundesweiten Erhebung (2007). *IDZ - Information*, 2/2011, 3-34, abgerufen von: Informationsdienst des Instituts der deutschen Zahnärzte (IDZ) http://www.bzaek.de/fileadmin/PDFs/idz/IDZ_0211_web.pdf, letzter Zugriff: 09.11.2013.
- Glowacki, J. (1998). Angiogenesis in fracture repair. *Clinical Orthopaedics and Related Research*(355), S82-S89.
- Goch, I. (2008). Metrische Genauigkeit von Computertomografie, digitaler Volumetomografie und Orthopantomografie. 2, 6-12, abgerufen von: <http://www.ddn-online.net/artikel/autor.php?autor=143>, letzter Zugriff: 13.11.2013.
- Goh, B. T., Lee, S., Tideman, H. et al. (2008). Mandibular reconstruction in adults: a review. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 37(7), 597-605. doi: 10.1016/j.ijom.2008.03.002.
- Greenwald, A. S., Boden, S. D., Goldberg, V. M. et al. (2001). Bone-graft substitutes: facts, fictions, and applications. *Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 83-A Suppl 2 Pt 2, 98-103.
- Gutwald, R., Gellrich, N.-C. & Schmelzeisen, R. (2003). *Einführung in die zahnärztliche Chirurgie und Implantologie* (2). Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag, S. 128-131.
- Gutwald, R., Haberstroh, J., Kuschnierz, J. et al. (2010). Mesenchymal stem cells and inorganic bovine bone mineral in sinus augmentation: comparison with augmentation by autologous bone in adult sheep. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 48(4), 285-290. doi: 10.1016/j.bjoms.2009.06.226.
- Hassan, E. (2006). Recall bias can be a threat to retrospective and prospective research designs. *The Internet Journal of Epidemiology*, 3(2). doi: 10.5580/2732.
- Haßfeld, S., Streib, S., Sahl, H. et al. (1998). Low-dose-Computertomographie des Kieferknochens in der präimplantologischen Diagnostik. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*, 2(4), 188-193. doi: 10.1007/s100060050057.
- Heberer, S., Hohl, M., Semper, W. et al. (2008). Rehabilitation von Patienten mit extrem atrophierten Kiefern mittels Implantatinsertion nach Augmentation von autologem Beckenkammknochen. *Stomatologie*, 105(3), 57-62. doi: 10.1007/s00715-008-0060-y.
- Hegedus, F. & Diecidue, R. J. (2006). Trigeminal nerve injuries after mandibular implant placement--practical knowledge for clinicians. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 21(1), 111-116.

- Heurich, T., Ziegler, C., Steveling, H. et al. (2002). Erweiterte Diagnostik im Rahmen der operativen Weisheitszahnentfernung mittels digitaler Volumentomographie. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*, 6(6), 427-432. doi: 10.1007/s10006-002-0430-3.
- Heurich, T., Ziegler, C., Steveling, H. et al. (2013). Erweiterte Diagnostik im Rahmen der operativen Weisheitszahnentfernung mittels digitaler Volumentomographie. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*, 6(6), 427-432. doi: 10.1007/s10006-002-0430-3.
- Hierner, R., Täger, G. & Nast-Kolb, D. (2009). Die vaskularisierte Knochentransplantation. *Der Unfallchirurg*, 112(4), 405-418. doi: 10.1007/s00113-009-1613-2.
- Hillerup, S. (2007). Iatrogenic injury to oral branches of the trigeminal nerve: records of 449 cases. *Clinical Oral Investigations*, 11(2), 133-142. doi: 10.1007/s00784-006-0089-5.
- Hillerup, S. & Jensen, R. (2006). Nerve injury caused by mandibular block analgesia. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 35(5), 437-443. doi: 10.1016/j.ijom.2005.10.004.
- Hillerup, S., Jensen, R. H. & Ersboll, B. K. (2011). Trigeminal nerve injury associated with injection of local anesthetics: needle lesion or neurotoxicity? *Journal of the American Dental Association*, 142(5), 531-539.
- Howaldt, H. P. & Schmelzeisen, R. (2015a). *Einführung in die Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie* (2). Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag, S. 213-217.
- Howaldt, H. P. & Schmelzeisen, R. (2015b). *Einführung in die Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie* (2). Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag, S. 235-249.
- Jakobsen, C., Sørensen, J. A., Kassem, M. et al. (2013). Mesenchymal stem cells in oral reconstructive surgery: a systematic review of the literature. *Journal of Oral Rehabilitation*, 40(9), 693-706. doi: 10.1111/joor.12079.
- Jensen, J. & Sindet-Pedersen, S. (1991). Autogenous mandibular bone grafts and osseointegrated implants for reconstruction of the severely atrophied maxilla: a preliminary report. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 49(12), 1277-1287.
- Jensen, M. P., Karoly, P. & Braver, S. (1986). The measurement of clinical pain intensity: a comparison of six methods. *Pain*, 27(1), 117-126. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0304-3959\(86\)90228-9](http://dx.doi.org/10.1016/0304-3959(86)90228-9).
- Jerosch, J., Castro, W. H., Granrath, M. et al. (1990). Knochenbanken in der BRD - Ergebnisse einer Befragung. *Unfallchirurg*, 93(7), 334-338.
- Joshi, A. & Kostakis, G. C. (2004). An investigation of post-operative morbidity following iliac crest graft harvesting. *British Dental Journal*, 196(3), 167-171. doi: 10.1038/sj.bdj.4810945.
- Junqueira, L. C. & Carneiro, J. (2005). *Histologie* (6). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, S. 92-105.
- Kang, P. & Svoboda, K. K. (2005). Epithelial-mesenchymal transformation during craniofacial development. *Journal of Dental Research*, 84(8), 678-690.

- Kärcher, H. (2000). Mikrochirurgischer Knochenersatz. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*, 4(1), S322-S330. doi: 10.1007/pl00014555.
- Katthagen, B. D. (1986). *Knochenregeneration mit Knochenersatzmaterialien* (Hefte zur Unfallheilkunde ed. 178). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, S. 16-28.
- Katthagen, B. D. (1993). Bedeutung der Knochentransplantation in der orthopädischen Chirurgie (Übersichtsreferat). In H.-J. Pesch, H. Stöß & B. Kummer (Hrsg.), *Osteologie aktuell VII* (Auflage, S. 151-153). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Khoury, F. (1999). Augmentation of the sinus floor with mandibular bone block and simultaneous implantation: a 6-year clinical investigation. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 14(4), 557-564.
- Kilian, O., Alt, V., Heiss, C. et al. (2005a). New blood vessel formation and expression of VEGF receptors after implantation of platelet growth factor-enriched biodegradable nanocrystalline hydroxyapatite. *Growth Factors*, 23(2), 125-133. doi: 10.1080/08977190500126306.
- Kilian, O., Fuhrmann, R., Alt, V. et al. (2005b). Plasma transglutaminase factor XIII induces microvessel ingrowth into biodegradable hydroxyapatite implants in rats. *Biomaterials*, 26(14), 1819-1827. doi: 10.1016/j.biomaterials.2004.06.015.
- Knaepler, H., Koch, F. & Bugany, H. (1992). Untersuchungen zur HIV-Inaktivierung in allogenen Knochentransplantaten durch chemische Desinfektion und radioaktive Bestrahlung. *Unfallchirurgie*, 18(1), 1-6. doi: 10.1007/bf02588232.
- Koole, R., Bosker, H. & van der Dussen, F. N. (1989). Late secondary autogenous bone grafting in cleft patients comparing mandibular (ectomesenchymal) and iliac crest (mesenchymal) grafts. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 17, Supplement 1(0), 28-30. doi: 10.1016/S1010-5182(89)80036-8.
- Kugler, P. & Drenckhahn, D. (2008). Knochengewebe. In Benninghoff & D. Drenckhahn (Hrsg.), *Anatomie, Band 1 - Makroskopische Anatomie, Histologie, Embryologie, Zellbiologie* (17. Auflage, S. 133-149). München: Urban & Fischer Verlag.
- Laer, L. v. (2010). Knochenwachstum und Knochenheilung. In I. Marzi (Hrsg.), *Kindertraumatologie* (2. Auflage, S. 4). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag GmbH.
- Lee, S. H. & Shin, H. (2007). Matrices and scaffolds for delivery of bioactive molecules in bone and cartilage tissue engineering. *Adv Drug Deliv Rev*, 59(4-5), 339-359. doi: 10.1016/j.addr.2007.03.016.
- Lendeckel, S. (2009). *Entnahmemorbidity bei der Gewinnung von Knochen vom anterioren Beckenkamm*. Dissertation, Universitätsklinikum Gießen, Gießen.
- Lexer, E. (1914). Free Transplantation. *Annals of Surgery*, 60(2), 166-194.
- Lozada, J. L. & James, R. A. (1994). Root form implants placed in subantral grafted sites. *Implant Dentistry*, 3(2), 131. doi: 10.1097/00008505-199405000-00038.
- Lüllmann-Rauch, R. (2003). Knochen *Histologie: Verstehen-Lernen-Nachschlagen* (1. Auflage, S. 122-140). Stuttgart: Thieme Verlag.

- Lundgren, S., Moy, P., Johansson, C. et al. (1996). Augmentation of the maxillary sinus floor with particulated mandible: a histologic and histomorphometric study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 11(6), 760-766.
- Lundgren, S., Rasmusson, L., Sjostrom, M. et al. (1999). Simultaneous or delayed placement of titanium implants in free autogenous iliac bone grafts. Histological analysis of the bone graft-titanium interface in 10 consecutive patients. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 28(1), 31-37.
- Mankin, H. J., Doppelt, S. H., Sullivan, T. R. et al. (1982). Osteoarticular and intercalary allograft transplantation in the management of malignant tumors of bone. [Research Support, U.S. Gov't, P.H.S.]. *Cancer*, 50(4), 613-630.
- Marsell, R. & Einhorn, T. A. (2011). The biology of fracture healing. *Injury*, 42(6), 551-555. doi: 10.1016/j.injury.2011.03.031.
- Masuhr, K. F. & Neumann, M. (2007). *Neurologie* (6). Stuttgart: Thieme Verlag, S. 71-78.
- Misch, C. M. (1997). Comparison of intraoral donor sites for onlay grafting prior to implant placement. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 12(6), 767-776.
- Misch, C. M. (2000). Use of the mandibular ramus as a donor site for onlay bone grafting. *Journal of Oral Implantology*, 26(1), 42-49. doi: 10.1563/1548-1336(2000)026<0042:UOTMRA>2.3.CO;2.
- Misch, C. M., Misch, C. E., Resnik, R. R. et al. (1992). Reconstruction of maxillary alveolar defects with mandibular symphysis grafts for dental implants: a preliminary procedural report. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 7(3), 360-366.
- Moore, W. R., Graves, S. E. & Bain, G. I. (2001). Synthetic bone graft substitutes. *ANZ Journal of Surgery*, 71(6), 354-361.
- Neuhuber, W. (2004). Hirnnerven - N. trigeminus. In Benninghoff & Drenckhahn (Hrsg.), *Anatomie - Makroskopische Anatomie, Histologie, Embryologie, Zellbiologie: Band 2* (16. Auflage, S. 555-556). München: Urban & Fischer Verlag.
- Niethard, F. U., Pfeil, J. & Biberthaler, P. (2009). Grundlagen der Unfallchirurgie *Duale Reihe Orthopädie und Unfallchirurgie* (6. Auflage, S. 279-311). Stuttgart: Thieme Verlag.
- Nkenke, E., Radespiel-Troger, M., Wiltfang, J. et al. (2002). Morbidity of harvesting of retromolar bone grafts: a prospective study. *Clinical Oral Implants Research*, 13(5), 514-521.
- Pogrel, M. A. (2007). Permanent nerve damage from inferior alveolar nerve blocks--an update to include articaine. *Journal of the California Dental Association*, 35(4), 271-273.
- Pogrel, M. A. (2012). Permanent nerve damage from inferior alveolar nerve blocks: a current update. *Journal of the California Dental Association*, 40(10), 795-797.
- Pogrel, M. A., Podlesh, S., Anthony, J. P. et al. (1997). A comparison of vascularized and nonvascularized bone grafts for reconstruction of mandibular continuity defects. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 55(11), 1200-1206.

- Polo, C. I., Lima, J. L., De Lucca, L. et al. (2013). Effect of recombinant human bone morphogenetic protein 2 associated with a variety of bone substitutes on vertical guided bone regeneration in rabbit calvarium. *Journal of Periodontology*, 84(3), 360-370. doi: 10.1902/jop.2012.110674.
- Prokop, M. (2002). Überblick über Strahlendosis und Bildqualität in der Computertomographie. *RöFo - Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren*, 174(5), 631-636. doi: 10.1055/s-2002-28269.
- Pruß, A., Knaepler, H., Katthagen, B. D. et al. (2005). Auswirkungen der EU-Geweberichtlinie 2004/23/EG auf deutsche Knochenbanken. *Der Orthopäde*, 34(11), 1160-1168. doi: 10.1007/s00132-005-0876-8.
- Raghoobar, G. M., Meijndert, L., Kalk, W. W. et al. (2007). Morbidity of mandibular bone harvesting: a comparative study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 22(3), 359-365.
- Reissmann, D. R., Dietze, B., Vogeler, M. et al. (2013). Impact of donor site for bone graft harvesting for dental implants on health-related and oral health-related quality of life. *Clinical Oral Implants Research*, 24(6), 698-705. doi: 10.1111/j.1600-0501.2012.02464.x.
- Rezwan, K., Chen, Q. Z., Blaker, J. J. et al. (2006). Biodegradable and bioactive porous polymer/inorganic composite scaffolds for bone tissue engineering. *Biomaterials*, 27(18), 3413-3431. doi: 10.1016/j.biomaterials.2006.01.039.
- Rickert, D., Sauerbier, S., Nagursky, H. et al. (2011). Maxillary sinus floor elevation with bovine bone mineral combined with either autogenous bone or autogenous stem cells: a prospective randomized clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*, 22(3), 251-258. doi: 10.1111/j.1600-0501.2010.01981.x.
- Robinson, P. P. (1988). Observations on the recovery of sensation following inferior alveolar nerve injuries. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 26(3), 177-189.
- Robinson, P. P., Smith, K. G., Johnson, F. P. et al. (1992). Equipment and methods for simple sensory testing. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 30(6), 387-389. doi: 10.1016/0266-4356(92)90206-X.
- Rocchietta, I., Fontana, F. & Simion, M. (2008). Clinical outcomes of vertical bone augmentation to enable dental implant placement: a systematic review. *Journal of Clinical Periodontology*, 35(8 Suppl), 203-215. doi: 10.1111/j.1600-051X.2008.01271.x.
- Rood, J. P. & Nooraldeen Shehab, B. A. A. (1990). The radiological prediction of inferior alveolar nerve injury during third molar surgery. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 28(1), 20-25. doi: 10.1016/0266-4356(90)90005-6.
- Rüger, J. M. (1992). *Knochenersatzmittel* (Hefte zur Unfallheilkunde 213 ed.). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, S. 2, 35-38.
- Rüger, J. M. (1998). Bone replacement materials – state of the art and the way ahead. *Der Orthopäde*, 27(2), 72-79. doi: 10.1007/pl00003481.
- Rüger, J. M., Hägele, J., Lehmann, W. et al. (2010a). Knochenaufbau - Knochenersatzmaterialien Teil 1. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*, 5(05), 295-314. doi: 10.1055/s-002-21385.

- Rüger, J. M., Hägele, J., Lehmann, W. et al. (2010b). Knochenaufbau - Knochenersatzmaterialien Teil 2. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*, 5(05), 315-332. doi: 10.1055/s-002-21385.
- Sanchez-Perez, A., Moya-Villaescusa, M. J. & Caffesse, R. G. (2007). Tobacco as a risk factor for survival of dental implants. *Journal of Periodontology*, 78(2), 351-359. doi: 10.1902/jop.2007.060299.
- Sandor, G. K., Rittenberg, B. N., Clokie, C. M. et al. (2003). Clinical success in harvesting autogenous bone using a minimally invasive trephine. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 61(2), 164-168. doi: 10.1053/joms.2003.50042.
- Sauerbier, S., Giessenhagen, B., Gutwerk, W. et al. (2013). Bone marrow aspirate concentrate used with bovine bone mineral to reconstruct vertical and horizontal mandibular defects: report of two techniques. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 28(5), e310-314. doi: 10.11607/jomi.te13.
- Schaible, H.-G. & Schmidt, R. F. (2005). Nozizeption und Schmerz. In Schmidt, Lang & Thews (Hrsg.), *Physiologie des Menschen* (29. Auflage, S. 317-333). Heidelberg: Springer Verlag.
- Schellmann, W. D. & Mockwitz, J. (1980). Zur Technik der autologen Spongiosatransplantation. *Unfallchirurgie*, 6(1), 49-51. doi: 10.1007/bf02589451.
- Schenk, R. K. (1991). Zur Problematik der Knochenersatzstoffe: Histophysiologie des Knochenumbaus und der Substitution von Knochenersatzstoffen. In A. H. Huggler & E. H. Kuner (Hrsg.), *Aktueller Stand beim Knochenersatz* (216. Auflage, S. 23-35). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Schieker, M., Heiss, C. & Mutschler, W. (2008). Knochenersatzmaterialien. *Der Unfallchirurg*, 111(8), 613-620. doi: 10.1007/s00113-008-1489-6.
- Schieker, M. & Mutschler, W. (2006). Die Überbrückung von posttraumatischen Knochendefekten. *Der Unfallchirurg*, 109(9), 715-732. doi: 10.1007/s00113-006-1152-z.
- Schlegel, K. A., Karascholi, T., Fenner, M. et al. (2007). Klinische und radiologische Ergebnisse nach Augmentationen – eine prospektive Evaluation. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*, 11(4), 209-219. doi: 10.1007/s10006-007-0065-5.
- Schliephake, H., Schmelzeisen, R., Husstedt, H. et al. (1999). Comparison of the late results of mandibular reconstruction using nonvascularized or vascularized grafts and dental implants. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 57(8), 944-950. doi: 10.1016/s0278-2391(99)90015-0.
- Schmidt, H.-M. (2008). Kopf und Hals - Die einzelnen Schädelknochen. In Benninghoff & Drenckhahn (Hrsg.), *Anatomie - Makroskopische Anatomie, Histologie, Embryologie, Zellbiologie: Band 1* (17. Auflage, S. 511-513). München, Jena: Urban & Fischer Verlag.
- Schnettler, R., Dingeldein, E. & Herr, G. (1998). Defect filling with demineralized bone matrix. *Der Orthopäde*, 27(2), 80-88. doi: 10.1007/pl00003482.
- Schwenzer, N. & Ehrenfeld, M. (2011). Plastische und wiederherstellende Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgie *Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie* (4. Auflage, S. 435-476). Stuttgart, New York: Thieme Verlag.

- Simion, M., Jovanovic, S. A., Tinti, C. et al. (2001). Long-term evaluation of osseointegrated implants inserted at the time or after vertical ridge augmentation. A retrospective study on 123 implants with 1-5 year follow-up. *Clinical Oral Implants Research*, 12(1), 35-45. doi: 10.1034/j.1600-0501.2001.012001035.x.
- Simonds, R. J., Holmberg, S. D., Hurwitz, R. L. et al. (1992). Transmission of Human Immunodeficiency Virus Type 1 from a Seronegative Organ and Tissue Donor. *New England Journal of Medicine*, 326(11), 726-732. doi: 10.1056/nejm199203123261102.
- Sindet-Pedersen, S. & Enemark, H. (1990). Reconstruction of alveolar clefts with mandibular or iliac crest bone grafts: A comparative study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 48(6), 554-558. doi: 10.1016/S0278-2391(10)80466-5.
- Solar, P. & Gahleitner, A. (1999). Dental-CT zur Planung chirurgischer Eingriffe Bedeutung im oro-maxillofazialen Bereich aus zahnärztlicher Sicht. *Der Radiologe*, 39(12), 1051-1063. doi: 10.1007/s001170050601.
- Soost, F. (2001). *Validierung des Knochenbaus von Knochenersatzmaterialien in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*. Habilitationsschrift, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.
- Soost, F., Koch, S., Stoll, C. et al. (2001). Validation of bone conversion in osteoconductive and osteoinductive bone substitutes. *Cell Tissue Bank*, 2(2), 77-86. doi: 10.1023/A:1014399010359.
- Spitzer, W. J. & Müller-Richter, U. (2007). Diagnostik durch aktuelle bildgebende Verfahren. In H.-H. Horch (Hrsg.), *Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie* (4. Auflage, S. 2-9). München, Jena: Urban & Fischer Verlag.
- Streckbein, P. (2005). Knochentransfer in der Praxis des niedergelassenen Implantologen. *Zahnheilkunde, Management, Kultur*, 21(1), 16.
- Streckbein, P., Jäckel, S., Malik, C.-Y. et al. (2013). Reconstruction of critical-size mandibular defects in immunoincompetent rats with human adipose-derived stromal cells. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 41(6), 496-503. doi: 10.1016/j.jcms.2013.04.002.
- Streckbein, P., Kahling, C., Wilbrand, J. F. et al. (2014). Horizontal alveolar ridge augmentation using autologous press fit bone cylinders and micro-lag-screw fixation: Technical note and initial experience. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 42(5), 387-391. doi: 10.1016/j.jcms.2014.01.011.
- Stürmer, K. M. (1996). Pathophysiologie der gestörten Knochenheilung. *Der Orthopäde*, 25(5), 386-393. doi: 10.1007/s001320050039.
- Stütze, H., Hallfeldt, K., Mandelkow, H. et al. (1998). Knochenneubildung durch Knochenersatzmaterialien. *Der Orthopäde*, 27(2), 118-125. doi: 10.1007/pl00003477.
- Terheyden, H. (2013). Neue Techniken zur vertikalen Augmentation im zahnlosen Kiefer. *Der Freie Zahnarzt*, 57(10), 64-73. doi: 10.1007/s12614-013-1649-0.
- Tomford, W. (2000). Bone Allografts: Past, Present and Future. *Cell and Tissue Banking*, 1(2), 105-109. doi: 10.1023/a:1010158731885.

- Triplett, R. G. & Schow, S. R. (1996). Autologous bone grafts and endosseous implants: Complementary techniques. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 54(4), 486-494. doi: 10.1016/s0278-2391(96)90126-3.
- Turner, C. H., Robling, A. G., Duncan, R. L. et al. (2002). Do Bone Cells Behave Like a Neuronal Network? *Calcified Tissue International*, 70(6), 435-442. doi: 10.1007/s00223-001-1024-z.
- Turvey, T. A. (1985). Intraoperative complications of sagittal osteotomy of the mandibular ramus: Incidence and management. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 43(7), 504-509. doi: 10.1016/s0278-2391(85)80028-8.
- Unger, R. E., Halstenberg, S., Günther, H. et al. (2009). Bewertung von neuartigen Biomaterialien zum Zweck der Knochenrekonstruktion und -regeneration. *Der Orthopäde*, 38(11), 1020-1028. doi: 10.1007/s00132-009-1491-x.
- v. Arx, T. & Kurt, B. (1998). Die enorale Knochenentnahme zur Autotransplantation - Eine klinische Vergleichsstudie der Entnahmestellen im Kinnbereich und in der Retromolar-Region. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin*, 5/1998, 447-453, abgerufen von: http://www.sso.ch/doc/doc_download.cfm?uuid=882E6B3CD9D9424C442EEB6FB6F4E2D8, letzter Zugriff: 22.11.2013.
- v. Garrel, T. & Gotzen, L. (1998). Allogene Knochentransplantation und Knochenbanking. *Der Unfallchirurg*, 101(9), 713-727. doi: 10.1007/s001130050328.
- Weibull, L., Widmark, G., Ivanoff, C.-J. et al. (2009). Morbidity after Chin Bone Harvesting - A Retrospective Long-Term Follow-Up Study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 11(2), 149-157. doi: 10.1111/j.1708-8208.2008.00102.x.
- Wells, M. D. (1996). Mandibular reconstruction using vascularized bone grafts. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 54(7), 883-888. doi: 10.1016/s0278-2391(96)90542-x.
- Westermarck, A., Bystedt, H. & von Konow, L. (1998). Inferior alveolar nerve function after mandibular osteotomies. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 36(6), 425-428. doi: 10.1016/S0266-4356(98)90457-0.
- Widlitzek, H., König, S. & Golin, U. (1996). Die Bedeutung des Dental-CT für die Implantologie in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. *Der Radiologe*, 36(3), 229-235. doi: 10.1007/s001170050066.
- Wildburger, A., Kirmeier, R., Reichel, N. et al. (2008). Linea obliqua als enorale Spenderregion – Morbidität und subjektive Patientenbewertung. Eine retrospektive Studie. *Stomatologie*, 105(4), 71-77. doi: 10.1007/s00715-008-0063-8.
- Williamson, A. & Hoggart, B. (2005). Pain: a review of three commonly used pain rating scales. *Journal of Clinical Nursing*, 14(7), 798-804. doi: 10.1111/j.1365-2702.2005.01121.x.
- Williamson, R. A. (1996). Rehabilitation of the resorbed maxilla and mandible using autogenous bone grafts and osseointegrated implants. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 11(4), 476-488.

- Wolff, K. D. (2007). Plastische und rekonstruktive Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. In H.-H. Horch (Hrsg.), *Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie* (4. Auflage, S. 781-788). München, Jena: Urban & Fischer Verlag.
- Yaszemski, M. J., Payne, R. G., Hayes, W. C. et al. (1996). Evolution of bone transplantation: molecular, cellular and tissue strategies to engineer human bone. *Biomaterials*, 17(2), 175-185.
- Ziccardi, V. B., Rivera, L. & Gomes, J. (2009). Comparison of lingual and inferior alveolar nerve microsurgery outcomes. *Quintessence International*, 40(4), 295-301.
- Zitzmann, N. U. (2004). Die Folgen der Zahnlosigkeit für das Individuum. *Deutsche Zahnärztliche Zeitung*, 59(11), 617-625.
- Zitzmann, N. U., Scharer, P. & Marinello, C. P. (2001). Long-term results of implants treated with guided bone regeneration: a 5-year prospective study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, 16(3), 355-366.
- Zöller, J. E., Neugebauer, J. & Lazar, F. C. (2007). Kieferkamm distraction und/oder Beckenkammaugmentation. In H.-H. Horch (Hrsg.), *Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie* (4. Auflage, S. 200-220). München, Jena: Urban & Fischer Verlag.
- Zuk, P. A., Zhu, M., Mizuno, H. et al. (2001). Multilineage cells from human adipose tissue: implications for cell-based therapies. *Tissue Engineering*, 7(2), 211-228. doi: 10.1089/107632701300062859.

Anhang

A1	Patientenanschreiben	107
A2	Aufklärungsbogen	109
A3	Fragebogen.....	113
A4	Prüfbogen	118

A1 Patientenanschreiben



UNIVERSITÄTSKLINIKUM
GIESSEN UND MARBURG

Uniklinikum GI und MR GmbH, MKG-Chirurgie
Klinikstraße 33, D - 35385 Gießen

**Klinik und Poliklinik für
Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
- Plastische Operationen –
Justus-Liebig-Universität Gießen**

Direktor:
Prof. Dr.med. Dr.med.dent. H.-P. Howaldt

Klinikstraße 33
35385 Gießen

Telefon (0641) 985-46271
Telefax (0641) 985-46279
E-mail: mkg@uniklinikum-giessen.de
www.ukgm.de/ugi_mkg

Klinische Beobachtungsstudie – genormter Knochentransfer

Sehr geehrte/r

vor einiger Zeit wurde bei Ihnen ein Aufbau des Kieferknochens in unserer Klinik durchgeführt. Hierbei erfolgte die Entnahme eines Knochentransplantats aus dem Kieferwinkel (bzw. Beckenkamm oder Kinn). Dieses besondere Verfahren wird seit vielen Jahren erfolgreich im klinischen Alltag in unserer Abteilung eingesetzt. Um fundierte Informationen über den Langzeiterfolg der Therapie zu erhalten bitten wir Sie um Ihre Mithilfe.

Ihre persönliche Meinung zur durchgeführten Operation ist uns sehr wichtig. Im Rahmen einer wissenschaftlichen Untersuchung bitten wir Sie den Fragebogen auszufüllen und im beiliegenden Umschlag an uns zurück zu senden.

Ihr Fragebogen wird anonymisiert ausgewertet und unter Einhaltung des Datenschutzes vertraulich behandelt. Zusätzlich möchten wir im Rahmen eines persönlichen Kontrolltermins in unserer Klinik die aktuelle Situation dokumentieren. Da die Lebensdauer Ihrer Implantate nicht zuletzt durch regelmäßige Nachkontrollen verlängert wird, möchten wir Sie hierzu besonders ermutigen.

Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH

Sitz der Gesellschaft: Gießen
Amtsgericht Gießen HRB 6384

<http://www.ukgm.de>

Geschäftsführung

Martin Menger (Vors.)
Prof. Dr. Werner Seeger (stv. Vors.)
Dr. Christiane Hinck-Kneip
Dr. Holger Thiemann
Dr. Gunther Weiß
Prof. Dr. Jochen A. Werner

Aufsichtsratsvorsitzender

Dr. Dr. Martin Siebert

Damit für Sie keine unnötigen Wartezeiten entstehen, teilen Sie uns bitte Ihre aktuelle Telefonnummer zur Vereinbarung eines Untersuchungstermins auf dem beiliegenden Fragebogen mit. Wir nehmen daraufhin Kontakt mit Ihnen auf und vereinbaren persönlich einen Termin.

Falls Sie Fragen zu der Studie oder zum Ausfüllen des Fragebogens haben, stehen wir Ihnen gerne unter der Telefonnummer 0641 / 985 46271 zur Verfügung.

Herzlichen Dank für Ihre Mitarbeit und Unterstützung.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr. Dr. Hans-Peter Howaldt
Direktor der Klinik

Dr. Dr. Philipp Streckbein
Oberarzt der Klinik

Mathias Meier
Doktorand

Anlagen
Fragebogen
frankierter Rückumschlag

A2 Aufklärungsbogen

Pat. ID

Entnahmemorbidity bei der Gewinnung von zylindrischen Knochentransplantaten aus dem Kieferwinkel durch genormten Knochentransfer

Aufklärungsbogen

Vollständige Bezeichnung des Forschungsvorhabens:

Entnahmemorbidity bei der Gewinnung von zylindrischen Knochentransplantaten aus dem Kieferwinkel durch genormten Knochentransfer.

Verantwortlicher Träger und Leiter des Forschungsvorhabens:

Universitätsklinik Giessen und Marburg GmbH – Standort Giessen

Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

Direktor: Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt

Klinikstrasse 33

35385 Giessen

Studienleitung: Dr. Dr. Ph. Streckbein

Sehr geehrte/r

unsere Arbeitsgruppe ist sehr daran interessiert neue wissenschaftliche Erkenntnisse über die bei Ihnen angewendete Operationsmethode zu gewinnen. Wir wären Ihnen daher sehr dankbar, wenn Sie sich zu einer Teilnahme an unserer Untersuchung bereit erklären würden. Diese ist selbstverständlich freiwillig. Sie werden in dieses Forschungsvorhaben also nur dann einbezogen wenn Sie Ihre Einwilligung erklären. Um Sie über das Vorhaben und über die etwaigen Vorteile und Risiken Ihrer Teilnahme zu informieren, erhalten Sie hier eine ausführliche Beschreibung und Aufklärung. Sie können sich dadurch bereits einen eingehenden Überblick verschaffen.

Pat. ID

Entnahmemorbidität bei der Gewinnung von zylindrischen Knochentransplantaten aus dem Kieferwinkel durch genormten Knochentransfer

A. Das Forschungsvorhaben

1. Worum geht es?

Es gibt Patienten bei denen aufgrund ungenügender knöcherner Verhältnisse (bspw. traumatisch-, entzündlich- oder altersbedingter Knochenverlust) eine Defektfüllung im dentoalveolären Bereich erfolgen muss um eine sichere Stabilität des Knochens (z.B. für Implantate) zu gewährleisten.

Jenen Patienten mit der Indikationsstellung eines Aufbaus des Kieferknochens steht seit einiger Zeit ein neues Augmentationsverfahren zur Verfügung. Dies geschieht mithilfe eines speziell dafür hergestellten Instrumentariums um autologes Knochenmaterial aus einer Region des Kiefers passgenau in eine jeweilige Empfängerregion zu transplantieren. Dafür werden exakt aufeinander abgestimmte Instrumente verwendet um ein kongruentes Einbetten des gewonnenen Knochenzylinders in der Empfängerregion zu ermöglichen.

Im Rahmen Ihrer Behandlung war der Einsatz künstlicher Zahnwurzeln (sogenannte enossale dentale Implantate) zum Ersatz von Zähnen notwendig. Die Notwendigkeit hierfür bestand unabhängig von diesem Forschungsvorhaben und wurde zuvor in unserer Implantatsprechstunde bestätigt. Da die Implantate lagestabil im Knochen fixiert werden müssen und bei Ihnen das Knochenangebot hierfür nicht ausreichte, wurde zuerst ein Knochenaufbau an der geplanten Implantationsstelle im Kieferknochen durchgeführt. Nach einer knöchernen Einheilungszeit wurde das Implantat in den aufgebauten Knochen eingebracht. Beide Eingriffe sind bei Ihnen bereits erfolgt und wir möchten nun im Rahmen einer klinischen Nachuntersuchung Langzeitergebnisse erfassen.

2. Bringt mir die Teilnahme persönliche Vorteile?

Der bei Ihnen durchgeführte Knochenaufbau (genormter Knochentransfer aus dem Kieferwinkel) diente der späteren Aufnahme eines Zahnimplantates in den verbreiterten Kiefer. Es ist bekannt, dass der Langzeiterfolg einer Implantatversorgung durch regelmäßige Nachuntersuchungen verbessert wird. Die hier vorgeschlagene Nachuntersuchung nützt somit dem Langzeiterfolg Ihrer Implantatversorgung. Die gleichzeitige Untersuchung etwaiger Folgen der Knochenentnahme behindert diese Nachuntersuchung in keiner Weise. Sie soll nur mögliche Nebenwirkungen oder (kaum zu erwartende) Dauerschäden der Behandlung dokumentieren. Sollten Gesundheitsschäden durch die Knochenentnahme nachgewiesen werden, können sie gleichzeitig Therapieempfehlungen erhalten.

Pat. ID

Entnahmemorbidity bei der Gewinnung von zylindrischen Knochentransplantaten aus dem Kieferwinkel durch genormten Knochentransfer

3. Welche Risiken und Belastungen sind zu erwähnen?

Es ist mit keinen Risiken für Sie zu rechnen.

B. Woran ist noch zu denken?

1. Ihre persönlichen Daten werden geschützt

Die Durchführung des Forschungsvorhabens erfordert es, dass von Ihnen personenbezogene Daten erhoben, aufgezeichnet und verarbeitet werden. Die erhobenen Daten werden für die wissenschaftliche Auswertung des Forschungsvorhabens verwendet sowie für die Archivierung der Forschungsergebnisse. Die Verwendung der Daten kann darüber hinaus für eine Veröffentlichung der Forschungsergebnisse (beispielsweise in medizinischen Fachzeitschriften) erfolgen.

Die Erhebung, Verarbeitung, Weitergabe und Speicherung der Daten unterliegt strengen spezialgesetzlichen Bestimmungen die restriktiv eingehalten werden. Dementsprechend erfolgt eine Weitergabe und Einsichtnahme Ihrer personenbezogenen Daten nur durch zur Verschwiegenheit verpflichtete Mitarbeiter der Einrichtung. Im Übrigen unterliegen Ihre Daten den allgemeinen Bestimmungen des hessischen Datenschutzgesetzes. Insbesondere eine Veröffentlichung der Daten in wissenschaftlichen Publikationen erfolgt nur, wenn zuvor jeder Bezug zu Ihrer Person unkenntlich gemacht worden ist. Dies geschieht entweder durch Anonymisierung oder durch Verwendung eines anderen Namens, also eines Pseudonyms. Die Daten werden für 10 Jahre nach Abschluss der wissenschaftlichen Arbeit aufgehoben.

Ansprechpartner für die Verwaltung Ihrer Daten ist: Dr. Dr. Philipp Streckbein, Klinikstrasse 33, 35385 Giessen, Telefon: +49 (0)641/985-46271, Telefax: +49 (0)641/985-46279, email: philipp.streckbein@uniklinikum-giessen.de

2. Sie können Ihre Teilnahme jederzeit beenden.

Wenn Sie aus dem Forschungsvorhaben ausscheiden möchten, können Sie Ihre Einwilligung jederzeit und ohne Angabe von Gründen widerrufen. Durch den Widerruf entstehen Ihnen keinerlei Nachteile.

Der Fragebogen wird im Falle eines Widerrufs nicht verwendet und vernichtet.

3/4

Pat. ID

Entnahmemorbidity bei der Gewinnung von zylindrischen Knochentransplantaten aus dem Kieferwinkel durch genormten Knochentransfer

C. Einwilligungserklärung

Ich habe mir anhand des ausgehändigten Aufklärungsbogens einen Überblick über das Forschungsvorhaben verschafft.

Anschließend hat Dr. am um Uhr ein ausführliches Gespräch mit mir geführt. Gegenstand des Gesprächs war insbesondere:

- der nähere Inhalt und der praktische Ablauf des Vorhabens, vor allem
.....
.....
- die Frage, inwieweit Vorteile, Risiken oder Belastungen zu erwarten sind, vor allem
.....
.....
- Fragen des Daten- und Versicherungsschutzes sowie der Hinweis auf mein jederzeitiges Widerrufsrecht.

Ich hatte Gelegenheit, Fragen zu stellen, und habe eine Kopie der vorliegenden Unterlagen erhalten. Anschließend wurde mir ausreichend Zeit gewährt, um in Ruhe über meine Teilnahme nachzudenken. Derzeit habe ich keine weiteren Fragen.

Mit der Teilnahme an dem Forschungsvorhaben bin ich einverstanden.

Meine Einwilligung umfasst auch die beschriebene Verwendung meiner personenbezogenen Daten, insbesondere die Erhebung und Verarbeitung von Angaben über meine Gesundheit.

.....
(Ort, Datum)

.....
(Unterschrift Proband/in)

Vielen Dank für Ihre Hilfe! Selbstverständlich werden wir Sie umgehend informieren, falls im Verlauf des Forschungsvorhabens Informationen bekannt werden, die Ihre Bereitschaft zur weiteren Mitwirkung beeinflussen könnten.

.....
(Ort, Datum)

.....
(Unterschrift Untersuchungsleiter / Stellvertreter)

A3 Fragebogen

Pat. ID

Fragebogen

Wir möchten uns zunächst bedanken, dass Sie sich die Zeit nehmen, um an unserer Untersuchung teilzunehmen.

Anbei finden Sie einen Fragebogen, den Sie bitte so genau wie möglich beantworten sollen. Dabei handelt es sich meist um Fragen mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten, wobei Sie durch Ankreuzen in den dafür vorgesehenen Feldern, die für Sie am meisten zutreffende Möglichkeit auswählen.

1. Auf welcher Seite wurde bei Ihnen die Knochenentnahme durchgeführt?

- Rechts
- Links

2. Traten unmittelbar nach dem erfolgten Eingriff Schmerzen an der Knochenentnahmestelle auf?

- Ja
- Nein

3. Bitte geben Sie mit einer Markierung die Stärke des Schmerzes an der Knochenentnahmestelle auf der Skala zwischen den beiden Extremwerten (kein Schmerz und maximal vorstellbarer Schmerz) an.

keine Schmerzen

maximal
vorstellbarer Schmerz



4. Wie lange bestanden die Schmerzen?

- Nicht länger als drei Monate
- Schmerzen bestehen immer noch

Pat. ID

5. Bestanden nach dem Eingriff auf der Seite der Knochenentnahme
Gefühlsstörungen?
Zum Beispiel im Bereich der Haut der Unterlippe, des Kinns, des
Zahnfleischs oder der Zähne?
Falls ja, markieren Sie bitte die Stärke der Störung auf der Skala.

		Ja	Nein	
	Unterlippe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
keine Gefühlsstörungen	_____			absolute Taubheit

		Ja	Nein	
	Kinn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
keine Gefühlsstörungen	_____			absolute Taubheit

		Ja	Nein	
	Zahnfleisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
keine Gefühlsstörungen	_____			absolute Taubheit

		Ja	Nein	
	Zähne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
keine Gefühlsstörungen	_____			absolute Taubheit

Pat. ID

6. Falls Gefühlsstörungen bestanden, wie lange dauerten diese an?
(Wenn keine Gefühlsstörungen bestanden, gehen Sie bitte weiter zu Frage 7)

	Unterlippe	Kinn	Zahnfleisch	Zähne
Nicht länger als drei Monate	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Störungen bestehen immer noch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Bestanden nach dem Eingriff Gefühlsstörungen an anderen Bereichen?

- Ja
 Nein

Falls Ja, wo genau _____

Falls Ja, waren diese Gefühlsstörungen

- vorübergehend
 bleibend

8. Traten nach dem Eingriff Funktionseinschränkungen auf?

	Ja	Nein
Beim Kauen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beim Sprechen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beim Schlucken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geschmacksstörungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei der Mundöffnung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstiges: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sollten Sie eine oder mehrere Antwortmöglichkeiten unter Frage 8 mit „Ja“ markiert haben, dann beantworten Sie bitte auch die Fragen unter den Punkten 8.1 bis 8.6. Falls Sie keine Funktionseinschränkungen hatten, dann gehen Sie bitte weiter zu Frage 9.

Pat. ID

8.1 Wie lange haben die Funktionseinschränkungen beim Kauen bestanden?

- Nicht länger als drei Monate
- Bestehen immer noch

8.2 Wie lange haben die Funktionseinschränkungen beim Sprechen bestanden?

- Nicht länger als drei Monate
- Bestehen immer noch

8.3 Wie lange haben die Funktionseinschränkungen beim Schlucken bestanden?

- Nicht länger als drei Monate
- Bestehen immer noch

8.4 Wie lange haben die Geschmacksstörungen bestanden?

- Nicht länger als drei Monate
- Bestehen immer noch

8.5 Wie lange haben die Funktionseinschränkungen bei der Mundöffnung bestanden?

- Nicht länger als drei Monate
- Bestehen immer noch

8.6 Wie lange haben die Funktionseinschränkungen beim
_____ (s.o. Sonstiges) bestanden?

- Nicht länger als drei Monate
- Bestehen immer noch

Pat. ID

9. Wie zufrieden sind Sie mit dem Gesamtergebnis der durchgeführten Transplantation aus dem Kieferwinkel?

- sehr zufrieden
- zufrieden
- einigermaßen zufrieden
- unzufrieden
- völlig unzufrieden

10. Würden Sie den Eingriff zukünftigen Patienten mit ähnlicher Indikation weiterempfehlen?

- uneingeschränkt weiterzuempfehlen
- eingeschränkt weiterzuempfehlen
- bedingt weiterzuempfehlen
- nicht weiterzuempfehlen

Meine aktuellen Telefonnummern lauten:

Mobil: _____

Festnetz: _____

A4 Prüfbogen

Pat. ID

**Entnahmemorbidity bei der Gewinnung
von zylindrischen Knochentransplantaten
aus dem Kieferwinkel
durch genormten Knochentransfer**

Initialen (Vorname / Nachname)

Geschlecht

M

W

Geburtsdatum: _____ (TT / MM / JJJJ)

Patientenaufnahmenummer: _____

Pat. ID

Überprüfung der Einschlusskriterien**Einschlusskriterien**

	ja	nein
1. Diagnose Knochendefizit OK/UK (z.B. Atrophie, Zyste, TU, Trauma)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Indikation zur Osteoplastik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Die Patientin/der Patient ist zwischen 16 und 85 (einschließlich) Jahre alt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Besteht die Bereitschaft des Patienten zur Teilnahme an der Studie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Patienten bei denen eines der Einschlusskriterien nicht gegeben ist, dürfen nicht in die Studie aufgenommen werden!

Basisdaten

Geschlecht: männlich weiblich

Alter zum Zeitpunkt OP: _____

ambulant stationär Dauer der stationären Behandlung: ____ Tage

Operativer Eingriff (genormter Knochentransfer)

Indikation: Augmentation (Anlagerung, Auflagerung, Einlagerung)
 Sonstiges (z.B. Defektfüllung, Frakturbehandlung, Pseudarthrose) _____

Datum OP: _____ OP Dauer: _____

Operateur(e): OsseoTransfer _____
 Implantation _____
 Freilegung _____

Entnahmestelle: Kieferwinkel: links Anzahl: ____
 rechts Anzahl: ____
 Kinn/Becken: links Anzahl: ____
 rechts Anzahl: ____

Sonstige Entnahmestelle: _____

Pat. ID

Entnahmewerkzeug: Hohlfräse

Lagerfräse horizontal

Lagerfräse vertikal

Fräsendurchmesser 1: _____ mm

Fräsendurchmesser 2: _____ mm

Fräsendurchmesser 3: _____ mm

Zylinderlänge 1: _____ mm

Zylinderlänge 2: _____ mm

Zylinderlänge 3: _____ mm

Zylindervolumen 1: 1/4 2/4 3/4 4/4

Zylindervolumen 2: 1/4 2/4 3/4 4/4

Zylindervolumen 3: 1/4 2/4 3/4 4/4

Anzahl der entnommenen Knochenzylinder insgesamt: _____ Stück

Empfängerregion: _____

Unterstützende Fixierung der Zylinder: ja nein

wenn ja, wodurch: _____

Antibiose ja nein

Präparat/Dosierung/Dauer _____

Komplikationen intraoperativ: ja nein

Falls ja, welche

Sonstiges

Pat. ID _____

**Postoperative Nachkontrolle (Tag 1 post OP)
Komplikationen an Entnahmestelle:**

Datum: _____

- Wundinfektion ja nein _____
- Wunddehiszenz ja nein _____
- Nachblutung ja nein _____
- Gefühlsstörungen ja nein _____
- Schwellung/Hämatom ja nein _____
- Fraktur ja nein _____
- Schmerzen ja nein _____
- Sonstige Beschwerden ja nein _____
- Antibiose ja nein _____
- Präparat/Dosierung/Dauer _____
- Untersuchung ambulant stationär

Kommentar

**Postoperative Nachkontrolle (Fädenziehen)
Komplikationen an Entnahmestelle:**

Datum: _____

- Wundinfektion ja nein _____
- Wunddehiszenz ja nein _____
- Nachblutung ja nein _____
- Gefühlsstörungen ja nein _____
- Schwellung/Hämatom ja nein _____
- Fraktur ja nein _____
- Schmerzen ja nein _____
- Sonstige Beschwerden ja nein _____
- Antibiose ja nein _____
- Präparat/Dosierung/Dauer _____
- Untersuchung ambulant stationär

Kommentar

Pat. ID _____

**Vorbesprechung Implantation
Komplikationen an Entnahmestelle:**

Datum: _____

Wundinfektion ja nein _____Wunddehiszenz ja nein _____Nachblutung ja nein _____Gefühlsstörungen ja nein _____Schwellung/Hämatom ja nein _____Fraktur ja nein _____Schmerzen ja nein _____Sonstige Beschwerden ja nein _____Antibiose ja nein

Präparat/Dosierung/Dauer _____

Untersuchung ambulant stationär **Kommentar**

Pat. ID

Nachuntersuchung

Datum: _____

Implantation erfolgt ja nein Datum Implantation: _____Implantat erfolgreich eingeeilt ja nein _____

Zeitlicher Abstand zwischen Knochentransfer und Implantation: _____

Zeitlicher Abstand zwischen Knochentransfer und Nachuntersuchung Studie: _____

MaßnahmenDVT ja nein _____OPG ja nein _____Zahnfilm ja nein _____Fotos ja nein _____**Radiologischer Befund**Entnahmestelle 1 radiologisch erkennbar? ja nein Entnahmestelle 2 radiologisch erkennbar? ja nein Entnahmestelle 3 radiologisch erkennbar? ja nein wenn ja:Entnahmestelle 1: eingesunken erhaben Knochendichte gemindertEntnahmestelle 2: eingesunken erhaben Knochendichte gemindertEntnahmestelle 3: eingesunken erhaben Knochendichte gemindert**Klinischer Befund**Narbe Entnahmestelle 1 reizlos: ja nein _____Narbe Entnahmestelle 2 reizlos: ja nein _____Narbe Entnahmestelle 3 reizlos: ja nein _____

Pat. ID

Untersuchung**Komplikationen an Entnahmestelle:**

Wundinfektion	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	_____
Wunddehiszenz	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	_____
Nachblutung	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	_____
Gefühlsstörungen	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	_____
Schwellung/Hämatom	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	_____
Fraktur	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	_____
Schmerzen	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	_____
Sonstige Beschwerden	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	_____

Untersuchung ambulant stationär **Kommentar**

Pat. ID

Sensibilität**Berührungsempfindung**

	Normästhesie	Dysästhesie	Hypästhesie	Hyperästhesie	Anästhesie
Wange					
Kinn					
Unterlippe					
SH Wange					
SH vestibulär					
SH lingual					

Spitz-Stumpf-Diskriminierung

	Normästhesie	Dysästhesie	Hypästhesie	Hyperästhesie	Anästhesie
Wange					
Kinn					
Unterlippe					
SH Wange					
SH vestibulär					
SH lingual					

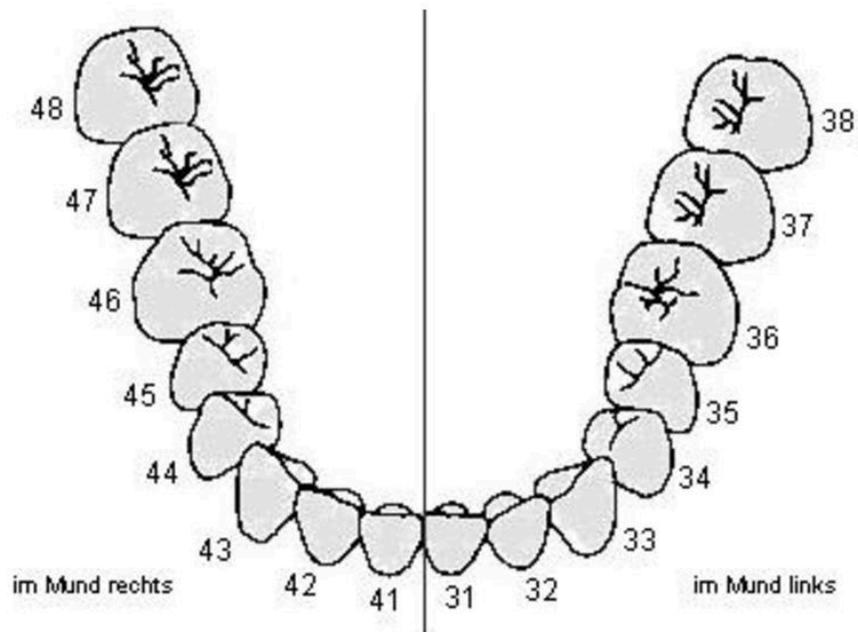
Temperaturdifferenzierung (WARM-KALT)

	Normästhesie	Dysästhesie	Hypästhesie	Hyperästhesie	Anästhesie
Wange					
Kinn					
Unterlippe					
SH Wange					
SH vestibulär					
SH lingual					

Schmerzempfindung

	Normalgesie	Dysalgesie	Hypalgesie	Hyperalgesie	Analgesie
Wange					
Kinn					
Unterlippe					
SH Wange					
SH vestibulär					
SH lingual					

Pat. ID

Zahnvitalität**Legende**

+	Vitalitätsprüfung positiv
-	Vitalitätsprüfung negativ
v	Zahn vorbehandelt
f	Zahn fehlt

Publikationsverzeichnis

Teile dieser Arbeit wurden auf folgenden Veranstaltungen vorgestellt:

XXII Congress of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery (EACMFS)

23. - 26. September 2014 in Prag

Alveolar ridge augmentation using autologous press fit bone cylinders – clinical experience and donor site morbidity

Ph. Streckbein, **M. Meier**, Ch. Kähling, J.-F. Wilbrand, R. Streckbein, H.-P. Howaldt

61. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie (DGMKG)

16. - 18. Juni 2011 in Bamberg

Der genormte Knochentransfer zur Rekonstruktion horizontaler Alveolarkammdefekte - Ergebnisse nach 4 Jahren

Streckbein, Dr. Dr. Philipp; **Meier, Mathias**; Schaaf, Dr. Dr. Heidrun; Streckbein, Dr. Dr. Roland; Wilbrand, Dr. Jan-Falco; Howaldt, Prof. Dr. Dr. Hans-Peter; Malik, Dr. Christoph-Yves

Ehrenwörtliche Erklärung

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, oder habe diese nachstehend spezifiziert. Die vorgelegte Arbeit wurde weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Gießen, 6. August 2019

Mathias Meier

Danksagung

Zunächst danke ich allen Patientinnen und Patienten, die sich bereit erklärten bei der Untersuchung mitzumachen und damit diese Studie erst ermöglichten.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Dr. Hans-Peter Howaldt für die Überlassung des Themas dieser Arbeit.

Herrn Priv.-Doz. Dr. Dr. Philipp Streckbein danke ich ganz besonders für die gute Zusammenarbeit sowie für die Betreuung, Organisation und Hilfestellung bei der Durchführung der Studie. Ohne seine Unterstützung wäre ich nie so weit gekommen.

Bei Frau Kristin Reineke bedanke ich mich herzlich für die immerwährende Unterstützung und Motivation. Danke, dass du mir stets mit Rat und Tat zur Seite stehst.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern und Großeltern. Ohne ihre stete Unterstützung wäre ich nie so weit gekommen. Sie haben mir viel ermöglicht. Euch ist diese Arbeit gewidmet.

Ebenfalls danken möchte ich den Helferinnen in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie sowie der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des Universitätsklinikums Gießen, die immer ein offenes Ohr für meine Anliegen hatten.

Daneben gilt mein Dank den Herren Dr. Bödeker und Dr. Pons-Kühnemann von der Arbeitsgruppe Medizinische Statistik am Institut für Medizinische Informatik der Justus-Liebig-Universität Gießen für die statistische Beratung.

Nicht zuletzt danke ich all denen die nicht namentlich genannt wurden, aber auch einen nicht unerheblichen Anteil zum Gelingen dieser Arbeit beitrugen. Vielen Dank!

Curriculum Vitae

Der Inhalt wurde aus Datenschutzgründen entfernt.

