

## 1 Einleitung

Defektrekonstruktionen bei tumorbedingten Erkrankungen, bei Dysmorphien und bei der Deckung posttraumatischer Defekte haben eine lange Tradition. Allein in den USA werden jährlich ca. 200.000 Knochentransplantationen durchgeführt [25]. Die Anzahl der Knochentransplantationen in Deutschland beträgt jährlich ca. 71.000 [35]. In der Orthopädie und Chirurgie stehen die Transplantationen mit autologem Knochen an erster Stelle.

In der Mund-, Kiefer- Gesichtschirurgie werden Knochentransplantate seit langem zur Defektdeckung bei Patienten mit Tumoren, mit LKGS- Spalten, zur Behandlung von Osteomyelitiden, Zysten sowie nach Unfällen verwendet.

In der dentoalveolaren Chirurgie nehmen die knochenaufbauenden Maßnahmen, allein schon durch die Erweiterung der Indikation zur Implantation, enorm an Bedeutung zu.

In Deutschland sind jährlich 14 Millionen Zahnverluste zu verzeichnen (KZBV Jahrbuch 2000).

Hier hat sich die zahnärztliche Implantologie als allgemein anerkannte Therapie etabliert.

Allein im Zeitraum von 2001 bis 2003 verdoppelte sich die Anzahl der jährlich gesetzten Implantate auf 400.000 (KZBV Jahrbuch 2001-2003), wobei die Tendenz weiter steigend ist.

Der Wunsch nach feststehendem, implantatgetragenen Zahnersatz nimmt in allen Altersklassen zu.

Voraussetzung für die erfolgreiche Insertion von Implantaten ist ein ausreichendes Knochenangebot zur Gewährleistung der Primärstabilität. So ist es heute möglich, auch nach Rekonstruktion größerer Defekte erfolgreich Implantate zu inserieren.

Obwohl inzwischen brauchbares und zuverlässiges Knochenersatzmaterial zur Verfügung steht, nimmt die Transplantation von autologem Knochen immer noch die erste Stelle ein.

1668 wurde erstmals von dem holländischen Arzt Job Janszoon van Meekeren (1593-1674) die Knochentransplantation beschrieben. Er transplantierte 1668 ein Stück Knochen aus der Schädelkalotte eines Hundes in den Kalottendefekt eines Soldaten, der durch eine Schußverletzung verursacht war [58]. Obwohl die Transplantation erfolgreich verlaufen war, ordnete die Kirche an, den transplantierten Hundeknochen wieder zu entfernen.

Bis 1900 blieb die Knochentransplantation insbesondere wegen Infektionen und Abstoßungsreaktionen erfolglos [34].

Fred Houdlett Albee (1876-1945) führte 1911 Prinzipien zum Knochenaufbau ein, die den Prinzipien des Aufbaus von Fruchtbäumen ähnelten [2].

Auf Lexer geht die noch heute gültige Einteilung der knöchernen Defekte je nach Größe, Lokalisation und lokaler Durchblutung in das ersatzunfähige Lager, das ersatzschwache Lager und in das ersatzstarke Lager zurück [48].

Heute haben sich die knochenaufbauenden Maßnahmen zu einer realistischen Methodik der Knochenheilung erwiesen.

Der autologe Knochen ist aufgrund seiner osteogenen, osseoinduktiven und osseokonduktiven Potenz so genannter „Goldstandard“ [68, 43, 11].

Autologer Knochen ist gegenwärtig das einzige osteogene Transplantatmaterial. Ein ideales Knochensubstitut gibt es nicht [72].

Der Knochen als Stütz-, Schutz- und Speicherorgan ist das am höchsten differenzierte mesenchymale Gewebe.

Der Knochen des menschlichen Skeletts besteht aus kompakten und spongiösen Knochen. Die nicht mineralisierten Räume enthalten Knochenmark, ein Gewebe, das aus Blutgefäßen, Nerven und verschiedenen Zelltypen wie z.B. Stammzellen besteht.

Das Knochenmark befindet sich in den von Spongiosabälkchen durchzogenen Markräumen der meisten Knochen, vor allem der langen Röhrenknochen und der platten Knochen von Schädeldach, Rippen und Sternum.

Dabei unterscheidet man nach makroskopischen Gesichtspunkten zwischen dem gelben (Fettmark) und dem roten Knochenmark, das vor allem in den platten Knochen vorkommt. Während das gelbe Knochenmark vorwiegend aus Adipozyten besteht, baut sich das rote aus Stammzellen und Präkursor -

zellen von Monozyten, Erythrozyten, Granulozyten und Thrombozyten (Zellen der „myeloischen Reihe“) verschiedener Reifungsstufen auf, die in retikuläres Bindegewebe eingelagert sind.

Die Hauptfunktion des Knochenmarks besteht in der Bildung von Blutzellen. Außerdem kann Knochenmark als sehr osteogenes Material die Knochenneubildung stimulieren, insbesondere wenn es in ein Knochengewebe verpflanzt wird wie in den Bereich der Kiefer.

Autologe Spongiosatransplantate enthalten große Mengen von Osteozyten, Osteoblasten und Osteoklasten.

Ein autologes Knochentransplantat enthält neben mineralisierten spongiösen Knochen auch Fibrin und Blutplättchen.

Nach der anfänglichen Phase der Angiogenese, die von einer entzündlichen Reaktion begleitet wird, kommt es durch die Osteoklasten und Makrophagen zu einem Knochenabbau. Die Markräume werden durch einsprossende Gefäße, mesenchymales Gewebe und überlebende Osteoblasten besiedelt.

Während der Umbauvorgänge erfolgt der Ersatz durch vitales Knochengewebe.

Autologer Knochen entspricht am ehesten den Anforderungen an die Knochentransplantation im Zusammenhang mit einer Implantatversorgung, da zuverlässig ein Gerüst für die Knochenregeneration geschaffen wird.

Autologe Knochentransplantate eignen sich aufgrund ihrer biologischen Wertigkeit, d.h. durch ihre hohe biologische Potenz und ihre biomechanischen adäquaten Eigenschaften ideal für augmentative Verfahren, wie den horizontalen und vertikalen Kieferkammaufbau. Die Anwendung ist durch die begrenzte Verfügbarkeit bedingt [45].

Es bedarf in der Regel einer Entnahmemöglichkeit, was Spendermorbidity und die Wahrscheinlichkeit chirurgischer Komplikationen steigert.

Axhausen wies 1964 nach, daß in freien Knochentransplantaten Osteoblasten überleben.

Der heutige Erkenntnisstand zeigt uns, daß der größte Teil der Osteoblasten in Abhängigkeit vom Transplantat und der Qualität des Transplantatlagers bis zur vollständigen Revaskulierung zugrunde geht.

Eine besondere Stellung nimmt das autologe Spongiosatransplantat ein, das als echte Kombination von Knochen und Knochenmarktransplantation betrachtet werden muss.

Mit dem Knochenmark werden nicht nur Osteoblasten und Osteoklasten transferiert, sondern vor allem deren Stammzellen, die einen beträchtlichen Teil der Stromazellen des Marks ausmachen. Aus den Stromazellen des Marks leiten sich die Osteoprogenitorzellen ab, die sich nach einer Transplantation mitotisch vermehren und sich zu Matrix bildenden Osteoblasten differenzieren. Die Knochenmatrix ist bei der autologen Transplantation von entscheidender Bedeutung. Sie enthält neben Kollagen und Knochenmineral auch nichtkollagene Proteine, zu denen die wichtigen Kategorien der Haftproteine, der kalziumbindenden Proteine und vor allem zahlreiche Wachstumsfaktoren und Promotoren der Knochenneubildung, gehören.

Diese Faktoren werden für die körpereigenen Zellen zugänglich und lösen dort die grundlegenden Vorgänge der Knochenregeneration aus.

Autologe Spongiosatransplantate verfügen aufgrund ihrer Struktur über eine geringe mechanische Stabilität. Daher kommen in mechanisch belasteten Transplantatlagern meist kortikospongiöse Transplantate zur Anwendung. Durch titanverstärkte PTFE– Membranen ist es möglich, die Stabilität des Spongiosatransplantates deutlich zu erhöhen.

Zur Vertikalen ist das Augmentat aufgrund der zunehmend schlechteren Durchblutung auf etwa 8,5 mm Höhengewinn limitiert [69, 37,61].

Kortikospongiöse und kortikale autologe Transplantate werden in der Implantologie zur Augmentation kleinerer und zunehmend auch großer Defekte am häufigsten genutzt. Die osteogene und osteokonduktive Potenz des körpereigenen Materials sind Garanten für eine funktionstüchtige Struktur.

Die benötigte Transplantatmenge und die anatomischen Gegebenheiten bestimmen die Entnahmestelle.

Bevorzugte Spenderregionen im Mund-, Kiefer- Gesichtsbereich sind intraoral das Kinn, die retromolare Region, der Bereich der Spina nasalis sowie der Tuberbereich. Kleinere Mengen von autologem Knochenmaterial können durch das Abhobeln von Knochenspänen oder beim Vorbohren gewonnen werden. Ob Blocktransplante oder partikulierter Knochen verwendet wird, richtet sich sowohl nach der Größe als auch der Form des Defektes. Für eine Einzelzahnlücke, ein einseitiges Sinuslift oder die einseitige Augmentation einer Freiersituation reicht mengenmäßig in der Regel der intraoral gewonnene Knochen aus.

Bei doppelseitigen Situationen oder zur Augmentation des interforaminalen Bereiches des Unterkiefers oder des atrophierten Seitzahngbietes als auch für ein doppelseitiges Sinuslift ist die intraoral entnehmbare Knochenmenge zu gering.

### **1.1 Knochenentnahmestellen**

Ist eine primäre Stabilität der Implantate aufgrund eines defizitären lokalen Knochenangebotes nicht gewährleistet, so sind präimplantologische augmentative Maßnahmen indiziert.

Prinzipiell kommen neben der Knochentransplantation die Alveolarfortsatzdistraktion [14], das sogenannte Bonespreading und Bonesplitting in Frage. In diesen Fällen ist ein gewisses Restknochenangebot und bei der Distraktion noch ein ausreichendes Platzangebot notwendig.

Die autologe Knochentransplantation stellt bei den rekonstruktiven Maßnahmen die Methode der Wahl dar [52].

Die Region der Knochenentnahme richtet sich nach der Menge und Qualität des Knochens sowie der Morbidität der Patienten, da eine zusätzliche Knochenentnahme auch einen zusätzlichen chirurgischen Eingriff bedeutet.

Man unterscheidet zwischen der intraoralen und der extraoralen Spenderregion.

Die Anforderungen, die an das Knochentransplantat gestellt werden, sind:

- eine der Empfängerregion histologisch ähnliche Knochenstruktur
- eine gute Formbarkeit des Transplantates, so dass es optimal an das Lagergewebe angepasst werden kann
- eine möglichst einfache Entnahmetechnik mit geringen Komplikationen für den Patienten.

Unter diesen Aspekten haben sich im Laufe der Zeit die Entnahmetechniken aber auch die Spenderregionen gewandelt.

Von Lindemann [49] wurde 1915 erstmals die Osteoplastik mit autologem Knochentransplantat aus der anterioren Beckenschaufel zum Unterkieferersatz bei Schußverletzungen beschrieben.

Dingman verwendete zum Unterkieferersatz bei Patienten nach Tumorresektion Transplantate, die bis in die hintere Beckenkammregion reichten [18].

Bloomquist beschrieb 1980 den posterioren Beckenkamm als eigenständige Entnahmeregion zur Defektrekonstruktion im Kiefer-Gesichtsbereich [8].

Die Entnahme von Beckenkammtransplantaten ist vergleichsweise zu anderen Spenderarealen technisch einfach durchzuführen und hat den Vorteil, daß der Entnahmedefekt primär verschlossen werden kann.

Defektrekonstruktionen mit mikrovaskulären Transplantaten sind zu einer standardisierten Technik ausgereift. Jedoch sind diese Techniken extrem aufwändig und ausschließlich unter stationären Bedingungen durchführbar. Die Rekonstruktion ausgedehnter meist tumorbedingter Kieferdefekte mit mikrovaskulären freien Knochentransplantaten in Kombination mit dentalen Implantaten für eine prothetische Versorgung ist heute ein Verfahren der Wahl. Im Mund-, Kiefer- Gesichtsbereich muß neben der Rekonstruktion der Kiefer- oder Gesichtskontur eine adäquate funktionelle Rehabilitation erfolgen.

Die Lebensqualität des Patienten wird nach der Qualität des Sprechens und der Kaufähigkeit gewertet.

Nach umfangreichen Kieferaugmentationen oder Rekonstruktionen kann mit osseointegrierten dentalen Implantaten eine gute Kaufähigkeit erreicht werden.

### **1.1.1 Intraorale Knochenentnahme**

Aufgrund der guten Zugänglichkeit hat sich der Gebrauch von kleinen intraoral entnommenen Knochentransplantaten in der Implantologie durchgesetzt.

Grundsätzlich gilt es, wichtige anatomische Strukturen wie Zahnwurzeln, Nerven und Gefäße nicht zu verletzen.

Als intraorale Spenderregionen bieten sich die Mandibula [43] und insbesondere das Kinn [29, 36] an. Auch der Tuber maxillae, das Jochbein, speziell der Bereich der crista zygomatico- alveolaris und der laterale Unterkieferrand werden als intraorale Spenderregionen beschrieben [55].

Die intraorale Knochenentnahme erfolgt meist zeitgleich mit der Insertion der Implantate in Lokalanästhesie. Die typischen Entnahmestellen sind dabei das Kinn mit einer Menge bis zu 5- max.10 ml autologen Knochens, der retromolare Bereich mit bis zu 5 ml. In beiden Regionen ist es möglich, sowohl Blocktransplantate als auch durch Trepanfräsungen partikulierten Knochen zu gewinnen.

Mit ca. 2 ml autologem Knochen ist der Tuber nicht so ergiebig und der Knochen nicht kortikal.

Knochen im Bereich der spina nasalis ist auch durch Trepanfräsungen in nur sehr geringen Mengen bis zu 2 ml zu gewinnen.

Abb. 1: Intraorale Knochenentnahmestellen nach Moy [59]

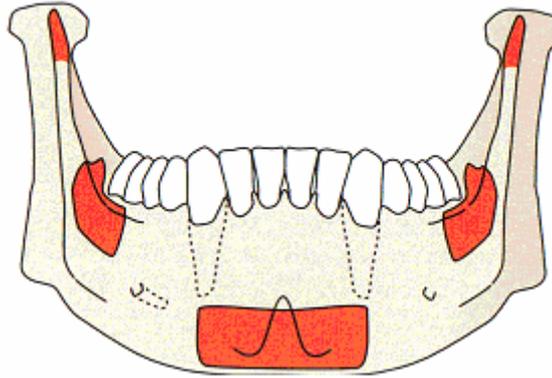


Abb. 2: Knochenentnahme aus dem Kinn nach Hunt und Jovanovic [33]

<p>AUDI-Design Kinn</p>	<p>Trepanbohrungen in 2-3 mm Tiefe im spongösen Knochen</p>
<p>Olympische Ringe</p>	

Abb. 3: Darstellung von intraoralen Knochenentnahmen

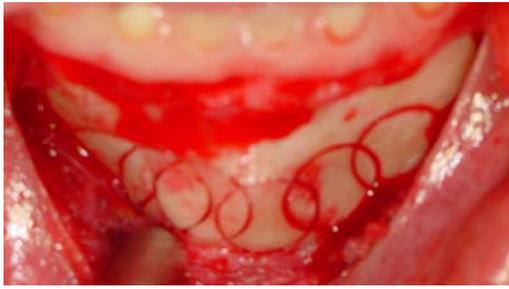


Bild 1:  
Knochenentnahme am Kinn durch  
Trepanfräsungen

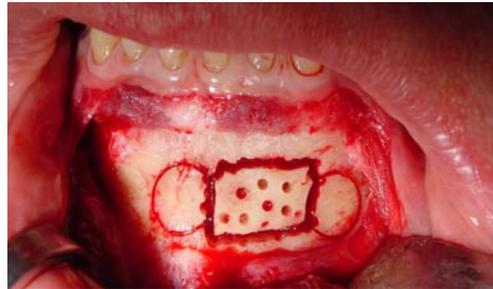


Bild 2:  
Entnahme eines Kortikalen  
Blocktransplantates am Kinn



Bild 3:  
Knochenentnahme am Kinn durch mehrere  
Trepanfräsungen



Bild 4:  
Knochenblock mit 20 mm Länge und  
10 mm Breite

Tabelle 1: Verfügbare Transplantatformen und Maximalvolumina  
verschiedener Entnahmestellen für autologen Knochen (Garg)

<i>Spenderregion</i>	<i>Verfügbare Form</i>	<i>Maximalvolumen (ml)</i>
Extraoral:		
Posteriorer Beckenkamm	Block und/ oder partikulär	140
Anteriorer Beckenkamm	Block und/ oder partikulär	70
Tibia	Partikulär	20 bis 40
Schädeldach	Dichter, kortikaler Block	40
Intraoral:		
Aufsteigender UK-Ast	Block	5 bis 10
Anteriorer Unterkiefer	Block und/ oder partikulär	5
Tuber maxillae	Partikulär	2 bis 4
Abgehobelter Knochen	Späne	0,5 bis 2,5

### 1.1.2 Extraorale Knochenentnahme

Als extraorale Spenderregionen stehen der anteriore und posteriore Beckenkamm, die proximale und distale Tibia, der Hüftkopf, die Fibula, die Rippe und die Calvaria zur Verfügung.

Auch seltene Entnahmestellen wie der Kalkaneus, der distale Radialis, das Olecranon sowie der Processus spinosi bei Wirbelsäulenfrakturen sind beschrieben worden

Die universelle Spenderregion ist nach wie vor das Ilium, denn es ist leicht zugänglich, hat eine variable Dicke der Kortikalis und eine große Menge der zur Verfügung stehenden Spongiosa.

In der Mund-, Kiefer- Gesichtschirurgie ist die Verwendung des osteocutanen Beckenkammtransplantates zur Rekonstruktion des Unterkiefers im Zusammenhang mit der Behandlung von Tumorpatienten bekannt, wobei es sich um ein sehr aufwändiges Verfahren handelt.

In der Literatur findet man zahlreiche Hinweise auf die Transplantation von Rippen zur Deckung knöcherner Defekte der Mandibula [50, 40].

Durch die Dichte der Rippenkortikalis ist eine Gefäßeinsprossung nahezu unmöglich. Daher wurden später gespaltene Rippentransplantate verwendet [9, 6].

In der Chirurgie des 2. Weltkrieges wurden kortikospongiöse Transplantate aus der anteromedialen Tibiaoberfläche bevorzugt. Die Entnahme war unkompliziert. Allerdings wurde aufgrund der damals beschriebenen Tibiadeformierungen und aufgetretenen häufigen sekundären Frakturen die Tibia als Spenderregion verlassen [16].

Schonende Methoden der Knochenentnahme aus der Tibia, wie die Entnahme des Knochens mit Trepanfräsen, reduzierten deutlich die Komplikationsrate [78, 24, 21].

Die Fibula ist für vaskularisierte freie Knochentransplantate prädisponiert und findet sowohl in der Traumatologie als auch in der Mund-, Kiefer-  
Gesichtschirurgie zur Rekonstruktion von Unterkiefer und Mittelgesicht  
Verwendung [67, 65].

Seltener beschrieben und weniger häufig angewendet ist das gefäßgestielte  
Scapulatransplantat. Diese Entnahmetechnik ist nicht nur kompliziert, sondern  
birgt auch Schädigungen der Muskulatur in sich [71].

Aufgrund der morphologischen Ähnlichkeit der Knochenstruktur der Calvaria  
mit der Empfängerregion, die ebenfalls membranösen Ursprungs ist, erscheint  
im Kieferbereich diese Region als Spenderregion vorteilhaft. In der Regel  
werden Spalttransplantate bestehend aus der Tabula externa oder der Lamina  
interna gehoben [28, 73]

Die Anwendung des aus der Schädelkalotte gewonnenen Knochens ist im  
Zusammenhang mit Rekonstruktionen der Orbita und des Jochbeins  
beschrieben worden [64].

Hundeshagen beschreibt die Transplantation von der tabula externa der  
Schädelkalotte zur Augmentation atrophierter Unterkiefer [32,20]

## **1.2 Knochenneubildung**

Das Ziel einer Augmentation besteht hauptsächlich in dem Ersatz von verloren  
gegangenem Gewebe. Die dazu verwendeten Materialien sollten daher eine  
optimale Quantität und eine Vielzahl von osteokompetenten Zellen, d.h.  
Osteoblasten und Stammzellen, besitzen. Das Empfängergewebe sollte eine  
ausreichende Gefäßversorgung aufweisen.

Drei verschiedene Vorgänge sind an einer erfolgreichen  
Knochentransplantation beteiligt: Osteokonduktion, Osteogenese und  
Osteoinduktion.

### 1.2.1 Osteokonduktion

Materialien, die eine rein passive Leitstruktur besitzen, durch die das umgebende Lagerknochengewebe einwachsen kann, werden als osteokonduktiv bezeichnet [10].

Poröse Strukturen des Materials simulieren eine vom Lagergewebe ausgehende Knochenneubildung durch einen Leitschieneneneffekt. Nach entsprechender mesenchymaler Differenzierung sprossen Gefäße neu ein und führen über eine Vaskularisation zu einer Knochenneubildung ohne Resorption des Knochenersatzmaterials [41].

Hinsichtlich der Architektur und Dimensionierung stellt die natürliche Spongiosa eine Idealstruktur dar [66].

Blutgefäße und undifferenzierte Mesenchymalzellen sprossen ausschließlich vom knöchernen Anteil des Lagergewebes aus. Die Anforderungen an das Implantatlager zum Erreichen einer Osteokonduktion sind hoch. Der transplantierte Knochen muß angepasst sein und möglichst dicht aufliegen. Lexer erkannte schon vor fast 100 Jahren den Einfluß des Knochenlagers auf das Einheilen von Knochentransplantaten. Auf ihn geht die noch heute gültige Einteilung in ersatzstarkes, ersatzschwaches und ersatzunfähiges Lagergewebe zurück [48].

Die Fähigkeit zur Knochenneubildung hängt vom Alter des Patienten, von der Defektgröße, der Knochenart, Durchblutung und Stabilität des Transplantates ab [53].

Bei der Transplantation von autologen Knochen wird dieser nach Gefäßeinsprossung, Resorption und Apposition durch neuen Knochen ersetzt.

### **1.2.2 Osteogenese**

Die Osteogenese beinhaltet die Knochenneubildung durch den Zellmechanismus vitaler Knochenzellen. Eben darin besteht der Vorteil autologer Knochentransplantate, bei denen vitale Osteoblasten und undifferenzierte Stammzellen verpflanzt werden. Durch den enormen Anteil an Osteoblasten und Stammzellen in der Spongiosa ist diese natürlich gegenüber dem kortikalen Knochen wesentlich effizienter in der zellvermittelten Osteogenese.

Bei der Transplantation ist der Anteil vitaler Knochenzellen entscheidend für die Qualität der Osteogenese.

### **1.2.3 Osteoinduktion**

Als Osteoinduktion bezeichnet man den Prozeß, der die Osteogenese stimuliert.

Der Effekt beruht auf der Freisetzung lokal wirksamer Wachstumsfaktoren, die in der organischen Matrix des Knochens vorhanden sind.

Bone morphogenic proteins (BMP) sind Faktoren, die die Differenzierung unreifer Osteoprogenitorzellen in Osteoblasten fördern und damit einen osseoinduktiven Einfluss auf die Osteogenese haben.

Diese osteoinduktiven Materialien können sogar bewirken, dass Knochen in ein Gebiet vorwächst, wo normalerweise kein Knochen vorhanden ist.

### **1.3 Knochenersatzmaterialien**

Der Fortschritt in den neuen augmentativen Verfahren in der Mund-, Kiefer-Gesichtschirurgie, Implantologie, Parodontologie, Traumatologie und Orthopädie macht die Forderung nach geeignetem Knochenersatzmaterial deutlich.

Die Knochenersatzmaterialien werden in allogene, xenogene und alloplastische Materialien unterschieden. Es haben sich insbesondere Kollagenmatrizes, entmineralisierter boviner Knochen und das synthetische phasenreine  $\beta$ - Trikalziumphosphat als vorteilhaft erwiesen.

Die Verwendung von autologen Knochen, Allotransplantaten, alloplastischen Materialien oder biotechnologisch hergestellter Materialien muß dem osteogenen Potential des Empfängerlagers angepaßt werden. Dabei wird zunehmend autologer Knochen in Kombination mit den entsprechenden Knochenersatzmaterialien angewendet [75].

### **1.4 Knochenentnahme aus der Tibia**

Aufgrund der immer komplexer werdenden Behandlungsfälle, am häufigsten der Bedarf nach Augmentationsmaterial für ausgedehnte Kieferdefekte sowie Kieferhöhlenrekonstruktionen beidseits, ergab sich die Frage nach einer adäquaten Entnahmestelle. Die Entnahme sollte effektiv, sicher, einfach und ökonomisch sein.

An der Tibia kann der Knochen unkompliziert entnommen werden. In der Regel dauert dieser chirurgische Eingriff zwischen 15 und 20 Minuten. Im postoperativen Verlauf sind nur geringe Schmerzen zu erwarten, Haematome und anhaltende Ödeme sind eher die Ausnahme. Sensibilitätsstörungen der Haut sind in der Regel nach wenigen Monaten rückläufig [55]. Wundheilungsstörungen sind eher selten [51]. Die gewonnene Knochenmenge von ca. 40 cm<sup>3</sup> kann bei bilateralen Entnahmen auch erhöht werden [78].

Über die Knochenentnahme aus der Tibia ist von O'Keefe eine Komplikationsrate von 1,3% angegeben [63]. Alt beschreibt eine Komplikationsrate von 1,9 % [4]. Es gibt aber auch Angaben über Frakturen der Tibia [31, 74]. Alle Frakturen waren unkompliziert und verheilten komplikationslos.

Die Analyse der Angaben von Komplikationen aus der Literatur und eigene Erfahrungen haben dazu geführt, dass die Entscheidung auf die Tibia als Spenderregion fiel. Die Entnahme ist unkompliziert und unter ambulanten Bedingungen („in-office-technique“) durchführbar. Die Patienten genesen schnell und haben extrem selten potentielle Komplikationen.

Die Knochenentnahme aus der Tibia, insbesondere aus dem Tibiakopf, wurde von mehreren Autoren beschrieben [13, 22, 78, 23].

Diese Technik hat sich aber bis zum heutigen Tage noch nicht durchgesetzt.

Die Anforderungen an den Implantologen werden im Zusammenhang mit der Ausdehnung der Indikationen immer größer. So ist es nötig, neue Konzepte zu entwickeln, die wenig aufwendig, für den Patienten möglichst komplikationsarm sind und darüber hinaus ambulant durchgeführt werden können.