

# **Diplomarbeit**

## **Langzeituntersuchung zur Stabilität von freien Knochentransplantaten**

eingereicht von

**Christoph God**

Mat.Nr.: 9812394

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der Zahnheilkunde**

**(Dr. med. dent.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Klinische Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie**

unter der Anleitung von

**Primarius Univ.-Prof.Dr.Dr.Gert Santler**

## **Danksagung:**

Auf universitärer Ebene möchte ich mich sehr herzlich bei Herrn Primarius Univ.-Prof.DDr. Gert Santler für die Möglichkeit unter seiner Anleitung an der Univ.-Klinik für Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie eine Diplomarbeit verfassen zu dürfen, sowie für seine zeitliche und tatkräftige Unterstützung, bedanken.

Im Besonderen möchte ich meiner Familie, die mir die Unterstützung zukommen ließ, um an der Medizinischen Universität Graz eine akademische Ausbildung genießen zu dürfen, größten Dank aussprechen.

Darüber hinaus bedanke ich mich auch für den essentiellen Rückhalt in manch schwerer Stunde, der mir von meinen Eltern, meinem Bruder und meinem Freundeskreis entgegengebracht wurde. Ihr liegt mir sehr am Herzen.

Des Weiteren möchte ich mich bei Allen bedanken, die zu meiner Diplomarbeit in jeglicher Art und Weise beigetragen haben, für spontane Anliegen und Fragen ein offenes Ohr hatten.

Christoph God  
Brandhofgasse 22  
8010 Graz

### **Ehrenwörtliche Erklärung**

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwende habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

---

Graz, am

---

Unterschrift

# **Inhaltsverzeichnis**

<b>1. Zusammenfassung</b>	<b>5</b>
<b>2. Summary</b>	<b>7</b>
<b>3. Einleitung</b>	<b>8</b>
<b>4. Ziel der Arbeit</b>	<b>10</b>
<b>5. Grundlagen</b>	<b>11</b>
<b>5.1 Embryologie</b>	<b>11</b>
5.1.1 Kopf - Hals - Region – Schlundbögen	11
5.1.2 Gaumen	13
5.1.3 Nasenhöhle	14
<b>5.2 Histologie</b>	<b>15</b>
5.2.1 Einleitung	15
5.2.2 Knochenzellen	16
5.2.2.1. Vorläuferzellen – Stammzellen	16
5.2.2.2 Osteoblasten	16
5.2.2.3 Osteozyten	16
5.2.2.4 Osteoklasten	17
5.2.3 Interzellulärsubstanz	18
5.2.4 Knochenarten	18

<b>5.2.5 Knochenhaut</b>	<b>21</b>
<b>5.3 Schädelbauweise</b>	<b>21</b>
5.3.1 Funktionell-Konstruktiver Bau	21
5.3.2 Trajektorieller Bauplan	23
<b>5.4 Kieferknochen – Alveolarknochen</b>	<b>25</b>
5.4.1 Maxilla	25
5.4.2 Mandibula	25
5.4.3 Alveolarknochen – Alveolarfortsätze	25
<b>5.5 Atrophievorgänge – Knochenangebot</b>	<b>27</b>
5.5.1 Einleitung	27
5.5.2 Internationale Resorptionsklassifizierung- Quantitatives Knochenangebot	28
5.5.3 Sinus Maxillaris	36
5.5.4 Präimplantologische Mindestanforderungen	38
5.5.5 Qualitatives Knochenangebot	39
<b>5.6 Knochenheilung</b>	<b>40</b>
5.6.1 Posttraumatisch-exsudative Phase	40
5.6.2 Hämatomorganisation	41
5.6.3 Kallusbildung – Osteoneogenese	41
5.6.4 Remodelling	41
<b>5.7 Knochentransplantate – Transplantate</b>	<b>42</b>
5.7.1 Transplantatdefinition	42
5.7.2 Wirkungsspektrum autologen Knochens	43
5.7.3 Einheilungsvorgang eines Knochentransplantates	44

<b>5.7.4</b>	<b>Transplantatprognose</b>	<b>44</b>
<b>5.7.5</b>	<b>Vorteile autogener Knochentransplantate</b>	<b>45</b>
<b>5.7.6</b>	<b>Nachteile autogener Knochentransplantate</b>	<b>45</b>
<b>5.7.7</b>	<b>Einzeitige – Zweizeitige Implantatinsertion</b>	<b>46</b>
<b>5.7.8</b>	<b>Donorregionen – Knochengewinnung</b>	<b>47</b>
<b>5.7.8.1</b>	<b>Spezialform</b>	<b>47</b>
<b>5.7.8.2</b>	<b>Intraorale Transplantate</b>	<b>47</b>
<b>5.7.8.2.1</b>	<b>Linea Obliqua - bzw. Retromolares Transplantat</b>	<b>48</b>
<b>5.7.8.2.2</b>	<b>Kinntransplantat</b>	<b>50</b>
<b>5.7.8.2.3</b>	<b>Knochenentnahme aus zahnlosen Kieferabschnitten</b>	<b>51</b>
<b>5.7.8.3</b>	<b>Extraorale Transplantate</b>	<b>51</b>
<b>5.7.8.3.1</b>	<b>Calvariaintransplantat</b>	<b>51</b>
<b>5.7.8.3.2</b>	<b>Tibiatransplantat</b>	<b>52</b>
<b>5.7.8.3.3</b>	<b>Beckenkamm</b>	<b>54</b>
<b>5.8</b>	<b>Präprothetische Operationstechnik</b>	<b>56</b>
<b>5.8.1</b>	<b>Sinusbodenaugmentation</b>	<b>56</b>
<b>5.8.1.1</b>	<b>Laterale Technik</b>	<b>56</b>
<b>5.8.1.2</b>	<b>Krestale Technik</b>	<b>59</b>
<b>5.8.2</b>	<b>Kieferkammverbreiterung</b>	<b>60</b>
<b>5.8.3</b>	<b>Kieferkammerhöhung</b>	<b>62</b>
<b>5.8.4</b>	<b>Kombinationsosteoplastik</b>	<b>63</b>
<b>5.8.5</b>	<b>Weiterführende präprothetische Chirurgie</b>	<b>64</b>
<b>5.8.5.1</b>	<b>Maxilläre Interpositionsplastik</b>	<b>64</b>
<b>5.8.5.2</b>	<b>Mandibuläre Interpositionsplastik</b>	<b>64</b>
<b>5.8.5.3</b>	<b>Horizontale Interpositionsplastik</b>	<b>65</b>
<b>5.8.5.4</b>	<b>Kieferkammverbreiterung durch Bone spreading</b>	<b>65</b>
<b>5.8.5.5</b>	<b>Distractionsosteogenese</b>	<b>65</b>
<b>5.8.5.6</b>	<b>Transposition des N. alveolaris inferior</b>	<b>66</b>
<b>5.8.5.7</b>	<b>GBR - Guided Bone Regeneration</b>	<b>66</b>

<b>5.9 Risikofaktoren – Komplikationen</b>	<b>68</b>
<b>5.10 Allgemeine Erfolgsfaktoren</b>	<b>69</b>
<b>6. Material und Methode</b>	<b>70</b>
<b>7. Ergebnisse</b>	<b>73</b>
7.1 Gesamtkollektiv	73
7.2 Auflagerungsosteoplastik – Gruppe 1	74
7.3 Sinuslift – Gruppe 2	78
7.4 Kombinationsosteoplastik – Gruppe 3	83
<b>8. Diskussion</b>	<b>86</b>
<b>9. Anhang</b>	<b>95</b>
9.1 Literaturverzeichnis	95
9.2 Abbildungsverzeichnis	105
9.3 Patientenbrief	107

## 1. Zusammenfassung

Ausgeprägte maxilläre und mandibuläre Knochendefekte, bedingt durch Traumata, Nichtanlagen, Alveolarkammatrophien, Extraktionen, Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, zystischen Läsionen und generalisierten Parodontologien verhindern die suffiziente implantäre Versorgung mit anschließender prothetischer Rehabilitation von Ober- und Unterkiefer.

Zur Schaffung des notwendigen Knochenlagers steht neben der Verwendung von Knochenersatzmaterialien, mikrovaskulären Knochentransplantaten und der Distractionsosteogenese vor allem die Transplantation freier autologer Knochentransplantate, die in der Literatur als Goldstandard bezeichnet werden, zur Verfügung.

Ziel dieser Arbeit war die Untersuchung des vertikalen Resorptionsverhaltens und damit der Langzeitstabilität von freien autologen Knochentransplantaten.

Aus dem behandelten Gesamtkollektiv konnten 30 PatientInnen zur Nachuntersuchung gewonnen werden. Sieben Männer und 23 Frauen unterzogen sich in 14 Fällen einer Sinusbodenelevation, in 13 Fällen einer Auflagerungsosteoplastik, dreimal wurde eine Kombinationsosteoplastik durchgeführt. Als Spenderregion fungierten 26 Beckenkämme, in drei Fällen retromolares Knochengewebe und ein Kinntransplantat.

Die Studienergebnisse konstituierten sich aus der klinischen und radiologischen Nachuntersuchung.

Die klinische Exploration umfasste die Überprüfung von Implantatlockerung, Nikotinabusus sowie die individuelle Ermittlung des modifizierten PI (Plaque Index) und SBI (Sulcus bleeding Index) nach Mombelli. [1]

Die radiologische Evaluation der Knochenniveaus erfolgte anhand präoperativer, postaugmentativer und nachuntersuchungsanaloger Orthopantomogramme.

Bei 29 PatientInnen heilten die Knochentransplantate erfolgreich ein und ermöglichten die Insertion von 93 Implantaten. Eine Patientin erlitt den

Totalverlust ihres Knochentransplantates. 84 Implantate waren am Ende der Untersuchungsperiode osseointegriert und voll funktionsfähig. Bei sieben Implantaten von vier Patientinnen kam es zu keiner knöchernen Einheilung.

Bei allen PatientInnen trat eine postoperative augmentäre Resorption auf, deren Ausmaß signifikant mit den ermittelten Parametern Raucherstatus, PI und SBI in Zusammenhang stand.

Mittels freien autologen Knochentransplantaten können Kieferdefekte mittleren Ausmaßes dreidimensional rekonstruiert werden.

Nur autologer Knochen vereint die drei essentiellen Heilungsaspekte von osteoinduktiver, morphogenetischer und osteokonduktiver Funktion ohne zusätzliches Infektions- und Abstoßungsrisiko und ist aufgrund dessen bei strenger Indikationsstellung Knochenersatzmaterialien vorzuziehen.

Dagegen sind vor allem die potentielle Spendermorbidity der Donoregion und erhöhte Kosten aufgrund des stationären Spitalsaufenthaltes im Falle einer Beckenkammtransplantation abzuwägen.

Freie autologe Knochentransplantate stellen eine bewährte Methode dar, um Knochendefizite erfolgreich zu rekonstruieren und ein suffizientes Implantatlager zu schaffen.

Die umfassende präoperative Anamnese, Indikationsstellung und Planung, exaktes chirurgisches Vorgehen, die benötigte chemotherapeutische Intervention, die orale Hygieneinstruktion sowie die Einbindung der PatientInnen in ein engmaschiges Recallprogramm stellen unabdingbare Voraussetzung für das erfolgreiche Treatment der PatientInnen dar.

## 2. Summary

Severe maxillary and mandibular bone defects caused by trauma, missing teeth, alveolar ridge atrophy, extractions, cleft lip and palate, cystic lesions and generalized periodontal disease prohibit sufficient of implant care, with subsequent prosthetic rehabilitation in the upper and lower jaw.

In order to create the necessary bone dimension several procedures are available. On one hand side bone replacement materials can be used. On the other side transplantation of free autologous bone grafts, known in the literature as gold standard, bone distraction or microvascular bone grafts are available for disposal.

The aim of this work was to investigate the vertical resorption behaviour and thus the long-term stability of free autologous bone grafts.

Out of the entire treated population, 30 patients (7 male, 23 female) followed the invitation for a long follow-up. 14 underwent sinus floor elevation, 13 underwent onlay osteoplastic procedures and in 3 cases a combined osteoplasty was carried out. Donor bone tissue was taken from the iliac crest in 26 cases, from the retromolar area in 3 cases and in 1 case a chin graft was used.

Study results were gathered from the clinical and radiological follow-up visits. Clinical exploration included the review of implant motility, nicotine abuse and individual testing of modified PI (plaque index) and SBI (sulcus bleeding index) according to Mombelli [1].

Radiologic evaluation of bone level was based on preoperative, postaugmentative and recent orthopantomograms.

In 29 patients the bone grafts healed successfully and allowed the insertion of 93 implants. In one patient total loss of the bone graft occurred.

84 implants were osseointegrated and fully functioning at the end of the study period. For 7 implants from 4 patients a bone healing could not be achieved.

In all patients postoperative augmentation resorption occurred, the extent was associated significantly with the determined parameters of smoking status, PI and SBI.

Medium-scale jaw defects can be reconstructed three-dimensionally using autologous bone grafts. Only autologous bone combines the three essential healing aspects of osteoinductive, morphogenetic and osteoconductive function without additional risk of infection and immunological rejection and should be preferred under strict indication to bone substitute materials.

In contrast, potential donorside morbidity in general and increased costs due to patient's hospitalization for the case of iliac crest grafts in particular, have to be considered.

Free autologous bone grafting is a proven method to reconstruct bone deficits successfully to create a sufficient bed for dental implant insertion.

A comprehensive preoperative medical history, correct indication and careful planning, precise surgical procedures, required chemotherapeutic intervention, oral hygiene instructions and involvement of patients in a close-meshed recall program are essential prerequisites for successful treatment of patients.

### **3. Einleitung**

Äthiologisch vielfältige Traumata, schwere generalisierte Parodontopathien, Nichtanlagen, Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, lange bestehende Zahnlosigkeit, neoplastische Erkrankungen und erhöhte Belastung des Kieferknochens durch schleimhautgetragenen prothetischen Zahnersatz stellen die häufigsten Gründe für die Kompromittierung von Ober- und Unterkieferknochen dar.

Infolge des individuell unterschiedlichen knöchernen Substanzverlustes, ist eine für die PatientInnen zufriedenstellende prothetische Versorgung zumeist schwer oder nicht realisierbar.

Der erwünschten Rehabilitierung des stomatognathen Systems mittels stabiler prothetischer Versorgung in puncto masticatorischer Funktion, Phonetik und Ästhetik kann vorrangig durch implantatgetragenen Zahnersatz entsprochen werden.

Die suffiziente Implantatbehandlung setzt eine knöcherne vertikale Mindesthöhe von zehn Millimetern und ein transversales Knochenangebot mit mindestens 1-2 mm periimplantären zirkumferenten Knochens vorraus, welches durch eingangs beschriebene Prozesse nur in reduziertem Maß anzutreffen ist.

Die Basis respektive die Grundlage einer implantatprothetischen Restauration besteht in der Rekonstruktion knöcherner Defektsituationen von Ober- und Unterkiefer.

Grundsätzlich stehen als direkte Substitute im Rahmen augmentativer Eingriffe Knochenersatzmaterialien und Knochengewebe zur Verfügung.

Trotz intensiver Forschung ist es bis heute nicht gelungen ein dem natürlichen Knochengewebe in allen Eigenschaften kongruentes alloplastisches Ersatzmaterial zu entwickeln.

Nur autologer Knochen verbindet nach wie vor die Funktionen Osteogenetik, Osteoinduktion und Osteokonduktion mit den Vorzügen fehlender Infektions- und Abstoßungsreaktion und wird deshalb als Goldstandard in der präprothetischen Chirurgie bezeichnet.

In Abhängigkeit der vorherrschenden knöchernen Defektsituation gelangen intra- oder extraorale Spenderregionen zur Anwendung.

Seit geraumer Zeit wird die Verwendung von Knochen in der rekonstruktiven präprothetischen Chirurgie propagiert.

Hjørting-Hansen E. [2] beschrieb in einer Übersichtsarbeit die historische Entwicklung über den Einsatz von Knochentransplantaten mit besonderer Berücksichtigung des Gesichtsbereiches. Demnach stammen unter anderem erste Berichte über die Wiedereinheilung eines Knochentransplantates aus dem Jahr 1821.

Das erste freie Knochentransplantat, das der Deckung eines ulnären Defektes diente, wurde 1875 von *Nussbaum* beschrieben.

Der erste Bericht über die mandibuläre Rekonstruktion datiert aus dem Jahr 1892 von *Bardenheuer*, der einen gestielten Unterkieferlappen zur Versorgung eines Unterkieferdefekts vorstellte.

1900 transplantierte *Sykoff* freien autologen Unterkieferknochen in einen anterioren Kinndefekt.

Zu den Nachteilen freier autologer Knochentransplantate zählt neben der Morbidität der Spenderregion und im Falle der Entnahme eines Beckenkammtransplantates der erforderliche stationäre Aufenthalt vor allem die unterschiedliche Resorption des transplantierten Knochens.

#### **4. Ziel der Arbeit**

Das Ziel dieser Studie bestand in der Evaluierung vertikaler Knochenresorptionen freier autologer Knochentransplantate im Rahmen von Inlay-, Onlay- und kombinierten Osteoplastiken. Darüber hinaus wurde ein möglicher Zusammenhang zwischen Augmentatsresorption, Implantatüberlebensrate und den Parametern PI (Plaque Index) und SBI (Sulcus bleeding Index) nach Mombelli [1] sowie des Nikotinabusus untersucht.

## 5.1 Embryologie [3]

Hinsichtlich der Augmentationsareale wird im Speziellen auf die relevante osteogene mandibuläre und maxilläre Entwicklung Bezug genommen.

Morphologisch wird der Gehirnschädel -Neurocranium- vom den Unter- und Oberkiefer enthaltenden Gesichtsschädel -Viscerocranium- abgegrenzt.

### 5.1.1 Kopf - Hals - Region - Schlundbögen

Im Rahmen der embryonalen Differenzierung der Kopf-Hals-Region treten in der 4.-5. Entwicklungswoche fünf paarige Schlundbögen (Viszeralbögen, Kiemenbögen, Branchialbögen) auf, die den kranialsten Abschnitt des Vorderdarms umgeben. Gegeneinander sind sie extern durch Schlundfurchen und intern durch Schlundtaschen separiert.

In jeden mesenchymalen Schlundbogen, welcher außen von Oberflächenektoderm und innen von entodermalem Epithel bedeckt wird, immigrieren neuroektodermale Neuralleistenzellen, die skelettale Komponenten des Gesichtes bilden.

Gegen Ende der vierten Entwicklungswoche imponieren in der Gesichtsregion der Stirnfortsatz, sowie die paarigen Ober- und Unterkieferwülste, welche die primitive Mundhöhle -Stomodeum- kaudal, lateral und kranial umgeben.

Das Material der Wülste entstammt für den Oberkiefer aus dem dorsalen und für den Unterkiefer aus dem ventralen Abschnitt des als Mandibularbogen bezeichneten ersten Schlundbogens.

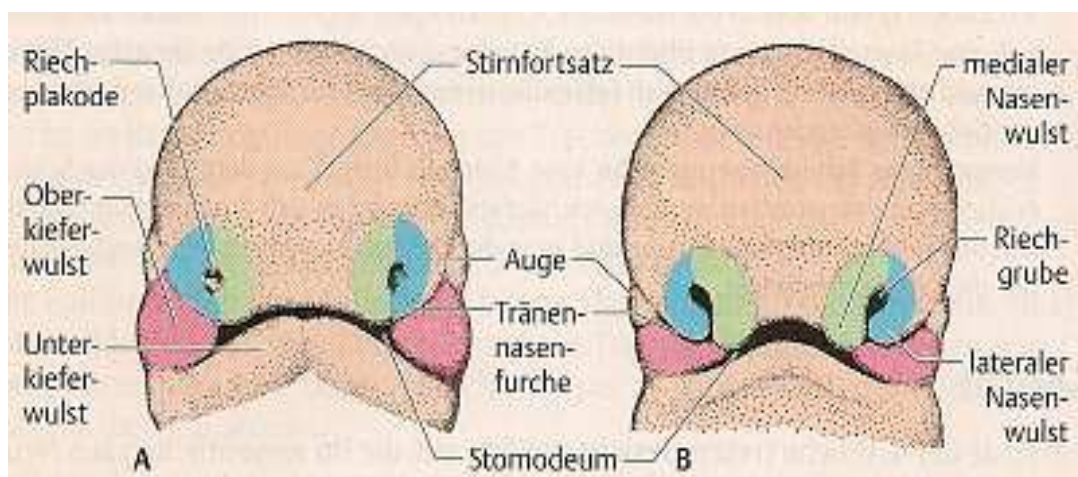
Aus dem maxillären Mesenchym gehen via desmaler Ossifikation unter anderem der Zwischenkiefer und der Oberkiefer hervor, der mesenchymale Unterkiefer ossifiziert ebenfalls desmal um die Knorpelspange des Mandibularbogens, den Meckel-Knorpel, herum.

An der Vereinigungszone beider Knorpelspangen finden sich im späteren Kinn-Symphysenbereich als Ausdruck enchondraler Verknöcherung die Ossicula mentalia, die mit der Mandibula verschmelzen.

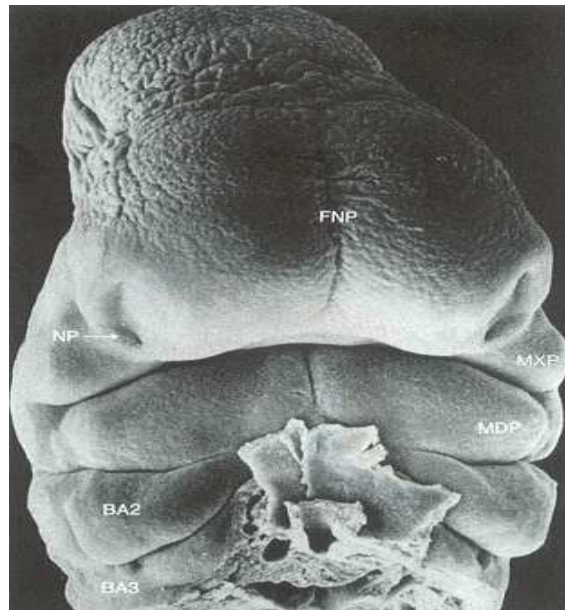
Der Meckel-Knorpel wird in der weiteren Entwicklung bis auf das Ligamentum sphenomandibulare zurückgebildet.

In der fünften Entwicklungswoche befinden sich im Oberflächenektoderm des Stirnfortsatzes beiderseits Riechplakoden, die sich zu Riechgruben vertiefen und

vom lateralen sowie medialen Nasenwulst umschlossen werden. Fortführend proliferieren die Oberkieferwülste nach medial, verrücken die medialen Nasenwülste in die Gesichtsmitte, wobei sich die medialen nasalen mit den maxillären Abschnitten vereinigen. (Abbildung 1 und 2)



**Abb.1:** Schematische Frontalansicht eines fünf (A) und sechs (B) Wochen alten Embryos.



**Abb.2:** Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines 33 Tage alten Embryos von ventral. (FNP = Stirnfortsatz, NP = Riechgruben, MXP = Oberkieferfortsätze, MDP = Unterkieferfortsätze, BA2 = zweiter Schlundbogen, BA3 = dritter Schlundbogen)

Die Oberlippe entsteht aus der Verbindung der medialen Nasenwülste und der Oberkieferwülste, die Unterlippe und die Mandibula entwickeln sich aus den medial fusionierenden Unterkieferwülsten.

Nach Ausbildung des Tränenangangs verbinden sich die lateralen Nasenwülste mit den Oberkieferwülsten, aus denen die maxillären Strukturen hervorgehen.

### 5.1.2 Gaumen

Die Gaumenentwicklung nimmt ihren Beginn in der profunden Verbindung der medialen Nasenwülste. Daraus resultiert das Zwischenkiefersegment, welches das Philtrum, den dreieckigen primären Gaumen und einen maxillären Teilabschnitt mit den vier Incisivi umfasst.

Der größte Teil des harten knöchernen Gaumens - Palatum durum - geht aus den anfänglich vertikal stehenden Gaumenplatten der Oberkieferwülste hervor.

In der siebenten Entwicklungswoche erfolgt die Hinabverlagerung der Zunge, wodurch die horizontale Aufrichtung der Gaumenplatten ermöglicht wird.

Die Gaumenfortsätze verbinden sich mittig, bilden den sekundären Gaumen, fusionieren mit dem Nasenseptum und grenzen somit die Nasenhöhle von der Mundhöhle räumlich ab.

Im medialen Verbindungsareal zwischen primärem und sekundärem Gaumen persistiert zeitlebens das Foramen incisivum.

### **5.1.3 Nasenhöhle**

In der sechsten Entwicklungswoche vertiefen sich die angelegten Riechgruben einerseits durch Expansion der Nasenwülste und andererseits durch Tiefenproliferation in das profunde Mesenchym.

Zu diesem Zeitpunkt werden die Riechgruben von der primitiven Mundhöhle temporär von der Membrana buconasalis separiert. Nach deren Ruptur erfolgt über die primitiven Choanen der direkte Anschluß der primitiven Nasenhöhlen mit der Mundhöhle.

Nach Ausbildung des sekundären Gaumens und der definitiven Sinus werden die endgültigen Choanen an der Schnittstelle Nasenhöhle-Pharynx sichtbar.

Die Nasennebenhöhlen - Sinus paranasales - entwickeln sich als Aussackung der lateralen Nasenwand, expandieren in die Maxilla, das Os ethmoidale, das Os frontale, das Os sphenoidale und entfalten sich peripubertär.

Mit dem Zahndurchbruch in Verbindung stehendem Wachstum der Alveolarfortsätze und der zunehmenden Ausdehnung der einzelnen Sinus erfährt das Viscerocranium seine weitere Modellierung.

## **5.2 Histologie** [4, 5, 6, 7, 25]

### **5.2.1 Einleitung**

Knochengewebe zählt zu den härtesten Geweben des menschlichen Körpers. Dieses ist resistent gegenüber auftretenden Druck-Zugkräften und widersteht in Grenzen Biegungs- sowie Torsionsbelastungen.

Neben der Stützfunktion des Bewegungsapparates, dem mechanisch-protektiven Schutz von Weichgeweben, erfüllt Knochen als Calcium- und Phosphatspeicher essentielle metabolische Funktionen.

Histologisch wird der aus osteogenen Zellen und Interzellulärsubstanz (Matrix, Grundsubstanz, Osteoid) bestehende Knochen dem Bindegewebe zugerechnet. Strukturell betrachtet, weist er äußerlich die fest gefügte Substantia compacta -Kortikalis- mit dem zwischenliegenden inneren Knochenbälkchenverbund, der Substantia spongiosa, auf.

Interspongiose Räume werden von Knochenmark besiedelt, welches beim Erwachsenen zu 50% in roter (Medulla ossium rubra) und zu 50% in gelber Abwandlung (Medulla ossium flava) besteht.

In Ersterem dominieren vorwiegend hämatopoetische Stammzellen und deren Funktion, im Zweiteren überwiegt adipöses Gewebe.

Darüber hinaus kann gelbes Knochenmark im Rahmen von Blutverlusten oder hypoxischen Zuständen in die aktive rote Version umstrukturiert werden und stellt somit eine hämatopoetische Rücklage dar.

Bindegewebe bedeckt außen in Form von Periost, sowie innen als Endost, die Knochenoberfläche.

## **5.2.2 Knochenzellen**

### **5.2.2.1 Vorläuferzellen-Stammzellen**

Die pluripotenten proliferativen mesenchymalen Vorläuferzellen existieren zeitlebens nahe der Knochenoberfläche und in den Havers-Kanälen.

Die Zellen sind während des Knochenwachstums aktiv, können zu Osteoblasten, Chondrozyten, Myozyten oder hämatopoetischen Zellen differenzieren und sind auch im Rahmen von Knochenbrüchen reaktivierbar.

### **5.2.2.2 Osteoblasten**

Osteoblasten synthetisieren die organischen Bestandteile der Knochengrundsubstanz (Osteoid / Vorknochen) in Form von Kollagen Typ-I, Proteoglykanen und Glykoproteinen.

Die Zellen liegen an der Oberfläche von Knochenbälkchen und treten über grazile zytoplasmatische Fortsätze in Verbindung.

An den Kontaktpunkten zur Knochengrundsubstanz sondern sie ihre Syntheseprodukte - der Hartschubstanzbildung dienenden Matrixvesikel - ab.

Innerhalb dieser reifen Kalziumphosphatkristalle heran, die sich nach Auflösen der Transportvesikel an den Kollagenfasern orientierend formieren.

Fortführend erfolgt über die Transformation in Hydroxylapatit  $-Ca_5(PO_4)_3OH$  - [9] die Entwicklung interfibrillärer Kristalle.

Die Syntheserate eines Osteoblasten wird mit bis zu  $0,2 \text{ mm}^3$  Knochengewebe pro Tag beziffert.

Nach Produktionsabschluß verwandeln sich 30 bis 50% der Osteoblasten in Osteozyten, 50 bis 70% gehen in das Apoptosestadium über.

### **5.2.2.3 Osteozyten**

Osteozyten differenzieren sich aus Osteoblasten und befinden sich inmitten mineralisierter Grundsubstanz. Hierbei entsenden sie dem interzellulären

Stofftransport dienende Fortsätze innerhalb feiner Knochenkanälchen, die radiär von den Knochenlakunen, in denen die Zellkörper liegen, ausstrahlen.

Ergänzend sind osteoblastische von osteolytischen Osteozyten abgrenzbar. Erstere dienen dem Fortbestand von Grundsubstanz durch Stabilisierung des Mineralstoffmilieus. Sterben diese Knochenzellen, wird analog die umliegende Matrix abgebaut.

Die in tieferen Knochenschichten angesiedelten osteolytischen Osteozyten hingegen sind zum Abbau der Hartschubstanz befähigt.

#### **5.2.2.4 Osteoklasten**

Die den monozytären Stammzellen des Knochenmarks entstammenden Osteoklasten stellen intensiv verzweigte mobile Riesenzellen dar, die dem osteogenen Abbau dienen.

Im Rahmen der Knochenresorption kommen Osteoklasten in Gruben der Grundsubstanz, den Howship-Lakunen, zu liegen.

In der Resorptionszone finden sich charakteristische mobile Fortsätze -ruffled border-, die die Oberfläche der katabolen Freßzellen ausdehnen.

Durch pH-Wert Absenkung und den Einsatz lysosomaler Proteasen wird Knochen bis zu einer Tiefe von 70µm resorbiert.

Freigesetztes Kalzium wird osteoklastär inkorporiert und gelangt via Extrazellulärraumtransport in die Blutbahn.

Ein Osteoklast ist befähigt dasselbe von 100-150 Osteoblasten produzierte Knochenvolumen abzubauen.

### 5.2.3 Interzellulärsubstanz

Die Knochengrundsubstanz setzt sich zu 50% aus anorganischen Mineralien, 25% organischen Verbindungen und 25% Wasser zusammen.

Der größte Mineralienanteil wird von 50% Phosphat und 35% Kalzium gebildet. Der übrige Aufbau besteht aus Karbonat, Zitat, Nitrat, Natrium, Magnesium, Fluor und Spurenstoffen.

Die Mineralstoffe liegen hauptsächlich in Form von nadelförmigen Hydroxylapatit-Kristallen vor, die -von amorpher Grundsubstanz umgeben- entlang den Kollagenfibrillen ausgerichtet sind.

Die organischen Substanzen bestehen zu 90 - 95% aus Kollagen Typ I, darüber hinaus finden sich nichtkollagene Proteine wie Osteonectin, Osteocalcin, Osteopontin, Proteoglykane und Glykosaminoglykane. (Chondroitin-4-sulfat, Chondroitin-6-sulfat, Keratansulfat).

Diese Elemente dienen der Verzahnung der Hydroxylapatitkristalle mit den Kollagenfasern und sichern die Festigkeit von Knochengewebe.

Wasser umschichtet die Oberfläche der Hydroxylapatitkristalle unter Ausbildung eines Hydratmantels. Dieser dient dem Ionenaustausch zwischen den Kristallen und ihrer Umgebung.

### 5.2.4 Knochenarten

Histologisch differenziert man Geflechtknochen, in dem Knochenzellen und Kollagenfasern ungleich angeordnet sind, von Lamellenknochen mit repetitiven symmetrischen Strukturen.

#### ◆ Geflechtknochen

Im Rahmen von Knochenneubildung entsteht zug- und biegungsresistenter Geflechtknochen (Primärknochen), der in weiterer Folge durch Lamellenknochen (Ersatzknochen) ersetzt wird.

Die unterschiedlich dicken Kollagenfasern sind in die Grundsubstanz regellos geflechtartig eingelagert und erlauben eine weitere Differenzierung in feinfaseriges und grobfaseriges Geflechtknorpelgewebe.

Die Matrix führt Knochenkanälchen für nutritive Blutgefäße und Nerven.

Gegenüber dem Lamellenknochen ist der Mineraliengehalt verringert, der Osteozytenbestand hingegen erhöht.

#### ◆ Lamellenknochen

Die dominierenden Strukturen des Lamellenknochens stellen Knochenkanälchen und drei bis sieben Mikrometer dicke Lamellen dar.

Die eingebauten Kollagenfasern weisen eine schraubenförmige Anordnung auf, wobei deren Verlaufsrichtung sowie Steigungswinkel lamellenweise einander entgegengesetzt sind.

Zur zusätzlichen Maximierung der Festigkeit ragen einige Fasern in benachbarte Lamellen und kreuzen intralamellär im rechten Winkel die Hauptverlaufsrichtung.

Aufgrund ihrer Anordnung lassen sich

a.) äußere und innere General-, b.) Spezial- und c.) Schaltlamellen differenzieren. (Abbildung 3)

**a.)** Sie umgeben zirkumferent den Knochen unter der äußeren und inneren Oberfläche und verlaufen parallel zu dieser.

**b.)** Sie zählen zu einem einzelnen Lamellensystem. Dieses besteht aus einem Zentralkanal (Havers-Kanal) mit konzentrisch umgebenden Speziallamellen und wird als Osteon (Havers-System) klassifiziert. Gegeneinander sowie gegen Schaltlamellen sind Osteone durch grundsubstanzreiche faserarme Kittlinien abgegrenzt.

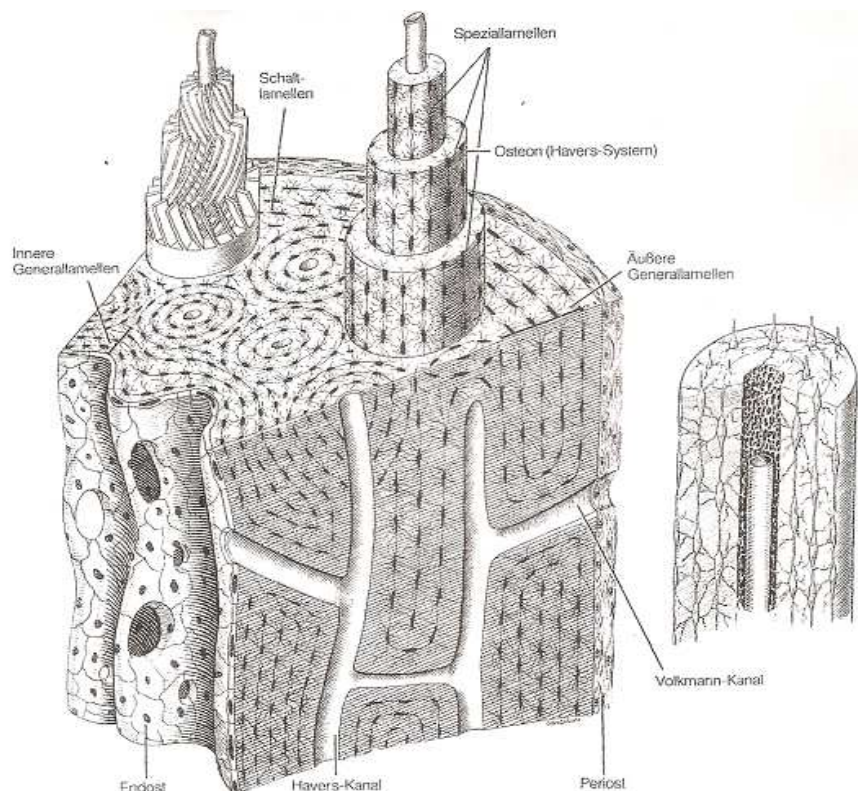
**c.)** Diese liegen zwischen den Osteonen und repräsentieren Reste abgebauter Havers-Systeme.

Osteozyten liegen im Lamellenbereich in Knochenhöhlen, von denen - für die Aufnahme der Zellfortsätze - Knochenkanälchen radiär ausstrahlen. Diese sind miteinander verbunden und leiten sich in einen Zentralkanal fort.

Knochenkanälchen werden in a.) Canales centrales (Havers-Kanäle) und b.) Canales perforantes (Volkmann-Kanäle) unterteilt. (Abbildung 3)

a.) Diese durchsetzen mit einem Durchmesser von 20-300µm die Knochensubstanz und führen nutritive Blutgefäße und Nerven.

b.) Sie treffen senkrecht von der inneren und äußeren Oberfläche in den Knochen ein, nehmen Gefäße aus dem Endost und Periost auf und kommunizieren mit den Havers-Kanälen.



**Abb.3:** Ausschnitt der Substantia compacta der Diaphyse eines Röhrenknochens. Im rechten Bildausschnitt erfolgen die Darstellung eines Osteons mit Zentralkanal, der ein Blutgefäß enthält, Speziallamellen und Osteozyten mit Fortsätzen.

### **5.2.5 Knochenhaut**

Aus Bindegewebe bestehend bedeckt sie als Periost die äußere-, als Endost die innere Knochenoberfläche. Das Periost teilt sich zusätzlich in ein äußeres Stratum fibrosum und ein knochenanliegendes Stratum osteogenicum auf.

Das Stratum fibrosum führt umfangreiche Fasern und dient der periostalen Fixierung am Knochen.

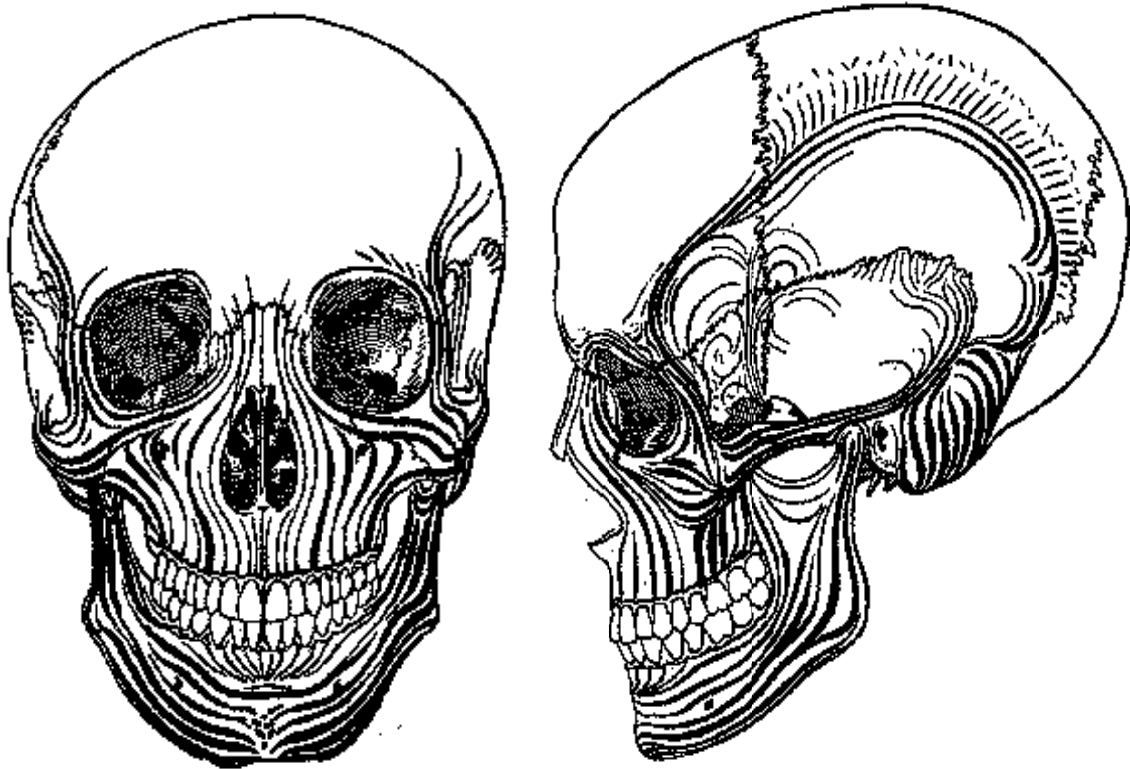
Das Stratum osteogenicum weist zahlreiche Nerven, nutritive Gefäße und Vorläuferzellen auf, die zeitlebens der Knochenneubildung dienen.

Endost bedeckt einschließlich der Spongiosabälkchen und Knochenkanälchen die innere Knochenoberfläche. Zusammen mit dem Periost vermag es Knochen neu zu bilden.

## **5.3 Schädelbauweise**

### **5.3.1 Funktionell-Konstruktiver Bau** [8, 10, 11, 12, 13]

Im Rahmen der Mastikation imponieren beträchtliche intermaxilläre Kaukräfte, die von der Muskulatur ausgehend, über die Zwischenstufen der Zähne, sowie des Parodontiums, von den maxillären und mandibulären Alveolarfortsätzen auf die Basalbögen des Ober- und Unterkiefers weitergeleitet werden, um schließlich in der Übertragung via Kaudruckpfeiler (Strebe Pfeiler) auf das statisch stabilere Neurocranium zu münden. (Abbildung 4)



**Abb.4:** Verstärkungspfeiler des Schädels von frontal und lateral.

Dabei differenziert man nach Fanghänel J. et al. [8]:

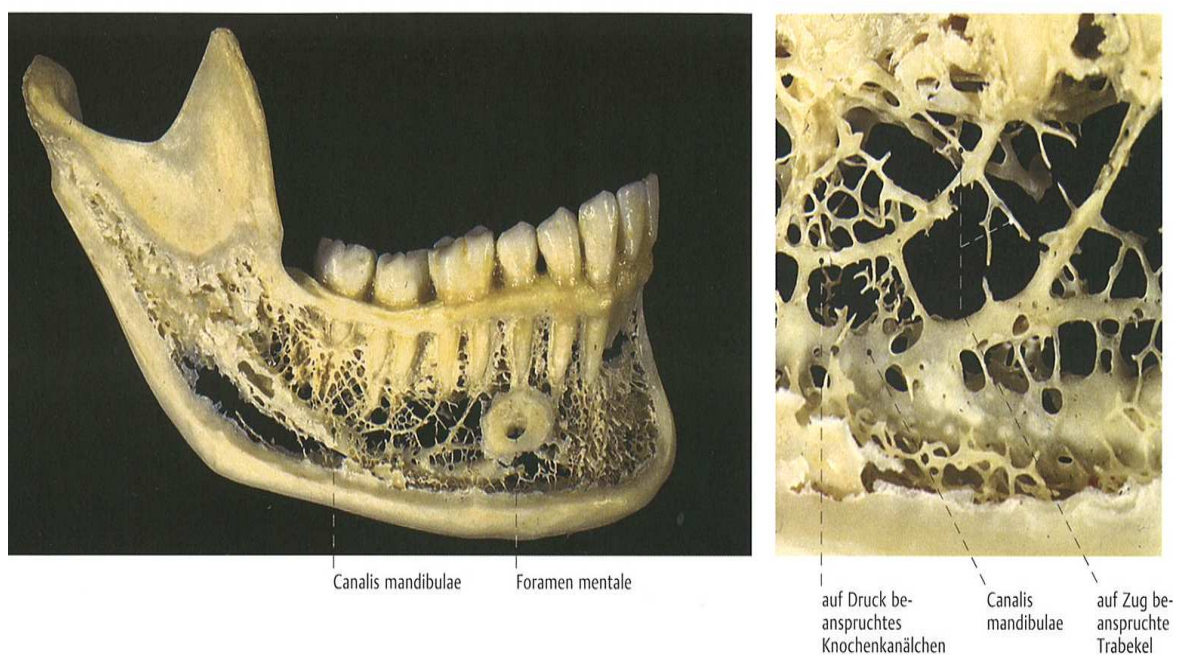
- ◇ Stirn-Nasenpfeiler: leitet den Kaudruck der Incisivi, der Canini und zum Teil der ersten Molaren beiderseits über den Processus frontalis maxillae -die Apertura piriformis umgreifend- zum medialen Teil der Squama frontalis
- ◇ Jochbogenpfeiler: überträgt den Kaudruck des ersten und zweiten Molaren über das Os zygomaticum, lateral um die Orbita verlaufend, in die Stirnschuppe.  
 Der senkrechte Jochpfeiler verläuft über den Processus zygomaticus frontalis auf die lateralen Stirnteile.  
 Der horizontale Jochpfeiler zieht über den Arcus zygomaticus auf das Os temporale und im Bereich der Linea temporalis superior zum senkrechten

Jochpfeiler zurück. Beide stehen über den Margo orbitalis superior et inferior in Verbindung und unterstützen sich gegenseitig.

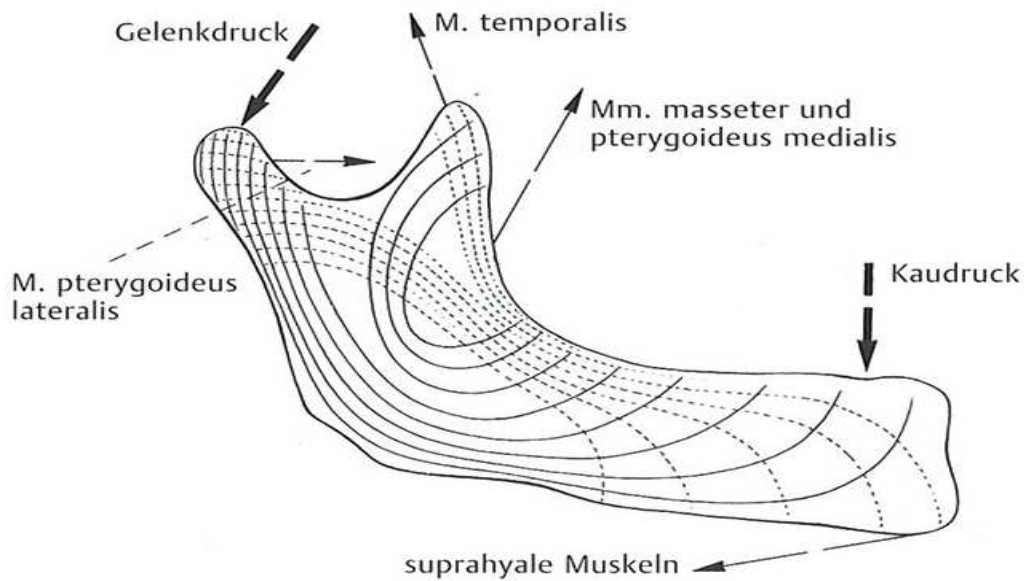
- ◇ Flügelfortsatzpfeiler (Flügel-Gaumen-Pfeiler): leitet den Kaudruck des zweiten und dritten Molaren über das Os palatinum, den Processus pterygoideus und Teile des Corpus ossis sphenoidalis nach kranial zur Schädelbasis ab.

### 5.3.2 Trajektorieller Bauplan [4, 8, 14]

Knochengewebe unterliegt einem kontinuierlichen Remodelling, das an ständig wechselnde Belastungen angepasst wird. In Abschnitten starker Druck-, Zug-, Dehnungs- und Biegunskräfte tritt verdichteter Knochen auf, der den Hauptspannungslinien (Trajektorien) entsprechend konfiguriert ist. (Abbildung 5 und 6)



**Abb. 5:** Ansicht eines voll bezahnten Unterkiefers eines Erwachsenen von rechts-lateral. Nach Entfernung der bukkalen und lingualen Kortikalis erfolgt die Darstellung des Canalis mandibulae, der trabekulären Bauweise und des Foramen mentale.



**Abb. 6:** Schematisierter Trajektorienverlauf im Unterkiefermodell. Drucktrajektorien sind als durchgezogene- Zugtrajektorien als unterbrochene Linien dargestellt. Die dünnen Pfeile geben die Richtung der Muskelkräfte, die dicken Pfeile die Richtung des Kau- und Gelenkdruckes an.

Zur Differenzierung gelangen im Unterkiefer:

- Trajectorium dentale: durchzieht den Processus alveolaris bis zum Processus condylaris
- Trajectorium basilare: durchläuft den Basalbogen bis zum Processus condylaris
- Trajectorium posticum: verstärkt den dorsalen Rand des Ramus ascendens mandibulae
- Trajectorium marginale: liegt unterstützend im Bereich des Angulus mandibulae
- Trajectorium praeceps: verläuft entlang des Vorderandes des Ramus ascendens mandibulae vom Processus coronoideus zum Basalbogen. Buccal mündet es in der Linea obliqua, lingual in der Linea mylohoidea.

- Trajectorium copolans: verstärkt die Incisura mandibulae zwischen Processus coronoideus und Processus condylaris
- Trajectorium transversum: zieht S-förmig vom Processus coronoideus zum Angulus mandibulae
- Trajectorium radiatum: dient der Verstärkung jedes Zahnes

## **5.4 Kieferknochen-Alveolarknochen** [15, 8, 11]

### **5.4.1 Maxilla**

Beide Maxillae zeichnen in hohem Maß verantwortlich für die charakteristische Modellierung des Mittelgesichts. Sie partizipieren an der Entwicklung des Gaumens, der Augen- und Nasenhöhle, beherbergen den Sinus maxillaris und dienen mit den Alveolarfortsätzen - Processi alveolares - der Aufnahme sowie Verankerung der Zähne.

Diese sind in die Alveoli dentales eingebettet und gegeneinander durch Septa interalveolaria getrennt. Bei mehrwurzeligen Zähnen finden sich zusätzlich intraalveoläre Septa interradicularia.

Nach bukkal projizieren sich die Zahnwurzeln in Form von knöchernen Juga alveolaria auf die faciale Knochenoberfläche.

### **5.4.2 Mandibula**

Auf dem kompakt ausgebildeten Fundament des Corpus mandibulae, der Basis mandibulae, ruht der zahntragende Alveolarfortsatz, die Pars alveolaris. Diese geht in den parabelförmigen Arcus alveolaris über und nimmt die Alveoli dentales mit den Septa interalveolaria et interradicularia auf.

### **5.4.3 Alveolarknochen - Alveolarfortsätze**

Der Processus und die Pars alveolaris stellen zahnrelevante Strukturen dar. Sie formieren sich in Beziehung zum Zahndurchbruch und atrophieren dem Zahnverlust nachfolgend.

Ihr Entwicklungsgrad unterliegt der Größe, der Form sowie der Stellung der Zähne.

Zum Zeitpunkt der Zahnhartsubstanzbildung differenzieren sich grazile knöcherne Septen, die die Milchzahnanlagen unterteilen.

Die Anlagen der Ersatzzähne befinden sich zunächst binnen des knöchernen Rahmens der entsprechenden Milchzähne und erhalten im Verlauf des Milchzahndurchbruchs eine eigenständige Alveole. Die ersten bleibenden Molaren sowie die Zuwachszähne werden einzeln knöchern umschlossen.

Im Zeitraum der postnatalen Wurzelbildung wird die osteogene Umrandung der Milchzähne in Richtung okklusal verlängert.

Im fernerhin folgenden Stadium des Wechselgebisses erfolgen resorptive Vorgänge am Alveolarknochen und an der Wurzelsubstanz der Milchzähne.

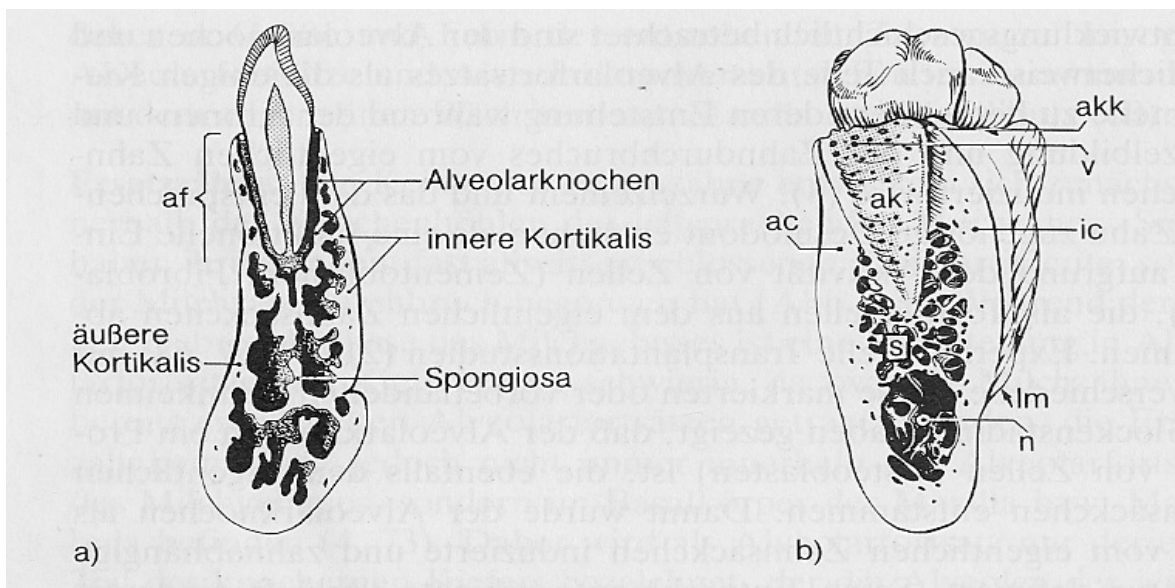
An den später einsetzenden Milchzahnverlust schließen sich der Durchtritt der Ersatzzähne und der reformierte adaptive Aufbau des Neo-Alveolarknochens an.

### **Aufbau** (Abbildung 7)

Die Alveolarfortsätze von Mandibula und Maxilla bestehen aus folgenden Anteilen:

- 1.) Die externe periostbedeckte vestibuläre und orale Kortikalis
- 2.) Die interne perforierte Knochenschicht, der eigentliche 0,1 bis 0,4 mm dicke Alveolarknochen, respektive die Lamina cribriformis
- 3.) Zwischen den Kortikalisschichten und interradikulär sowie interdental zwischen den Alveolarknochenschichten gelegene Spongiosa

Die Kortikalisschichten setzen sich am Alveoleneingang in die Lamina cribriformis fort. Diese erscheint im Röntgenbild mit vestibulär-oralem Strahlengang linienförmig und wird als Lamina dura bezeichnet.



**Abb. 7:** Schematischer Querschnitt im Bereich von Frontzähnen (a) und Prämolaren (b) des Unterkiefers. (ac = äußere Kortikalis, af = Alveolarfortsatz, akk = Alveolarknochenkamm, ic = innere Kortikalis, lm = Linea mylohyoidea, n = N. alv. inf., s = Spongiosa, v = Volkmannsche Kanäle)

## 5.5 Atrophievorgänge [16, 17, 19, 21]

### 5.5.1 Einleitung

Knochengewebe unterliegt im Rahmen physiologischer Belastungen einem dynamischen Gleichgewicht aus katabolen und anabolen Prozessen.

Traumata, Extraktionen, zystische Läsionen, generalisierte Parodontopathien, Nichtanlagen, Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, Neoplastische Ereignisse, Alter bzw. Inaktivität, schleimhautgetragener Zahnersatz, überdimensionale kaufunktionelle Belastungen und vorangegangene erfolglose Augmentationen führen zur dreidimensionalen Kompromittierung des knöchernen Lagers von Ober- und Unterkiefer.

Frühzeitiger Zahnverlust bewirkt infolge fehlender physiologischer Belastungsreize den Umbau des Alveolarknochens. Dabei unterliegt die faciale Knochenwand einer bevorzugten Resorption.

Die Atrophievorgänge sind in den ersten drei Monaten besonders stark ausgeprägt, nehmen nach sechs Monaten ab und stagnieren nach ein bis zwei Jahren.

Hinsichtlich der Horizontalatrophie unterliegen der Ober- und Unterkiefer einem gegensätzlichen Resorptionsverlauf. Im Unterkiefer verjüngt sich der Kieferkamm zunehmend nach bukkal, im Oberkiefer schreitet die Resorption nach palatinal fort.

Die Höhenreduktion ist im Unterkiefer vierfach ausgeprägter als im Oberkiefer. Im gestiegenen Alter tritt ein physiologisch-osteoporotischer Wandel der Kieferknochenstruktur auf.

Kennzeichnend sind die kortikale Reduktion von innen nach außen, die Verminderung der Spongiosadichte infolge Osteoblasteninsuffizienz und die Steigerung der Markraumanteile bei Reduktion des roten Knochenmarks und Zunahme der Fettmarkanteile.

### **5.5.2 Internationale Resorptionsklassifizierung- Quantitatives Knochenangebot**

Der Abbau des Recessus und der Pars alveolaris unterliegt charakteristischen quantitativ-resorptiven Stadien.

Die erstmalige Deskription der Resorptionsklassen der zahnlosen Pars alveolaris wurde 1979 von Atwood erstellt. (Abbildung 8)

Übereinstimmend zeigt sich der zunehmende Vertikalverlust des Alveolarfortsatzes mit fortschreitender Annäherung an den Canalis mandibularis.

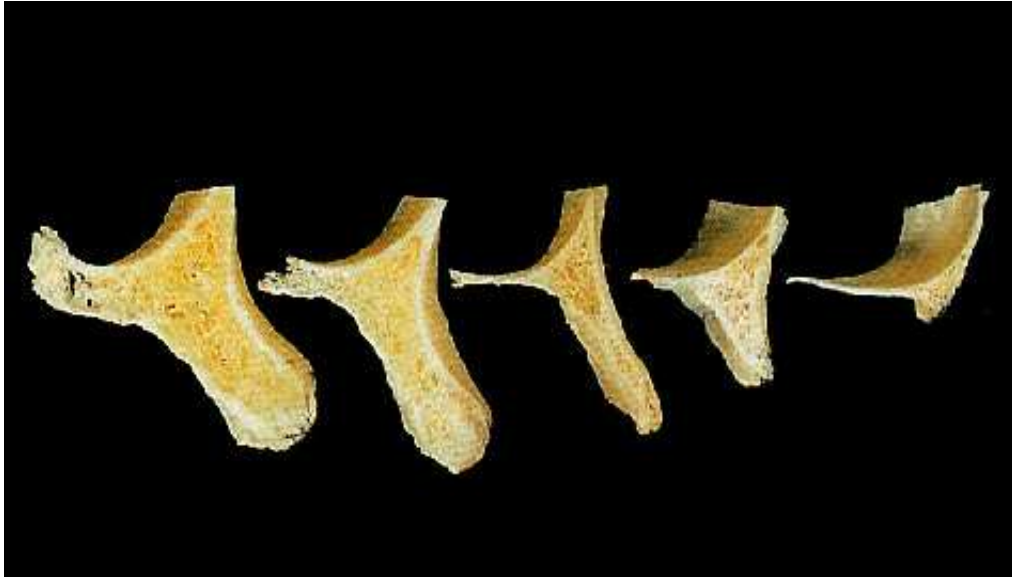


**Abb. 8:** Resorptionsklassen des zahnlosen Unterkiefers nach Atwood

Die Resorptionsklassen (RKL) erhielten folgende Einteilung:

- ◇ RKL I: Bezahnte Alveole
- ◇ RKL II: Alveole nach Extraktion
- ◇ RKL III: Hoher Alveolarfortsatz
- ◇ RKL IV: Hoher schmaler Alveolarfortsatz
- ◇ RKL V: Abgerundeter flacher Alveolarfortsatz
- ◇ RKL VI: Konkaver flacher Alveolarfortsatz

Eine äquivalente Klassifizierung für den zahnlosen Oberkiefer wurde 1986 von Fallschüssel vorgenommen. (Abbildung 9)

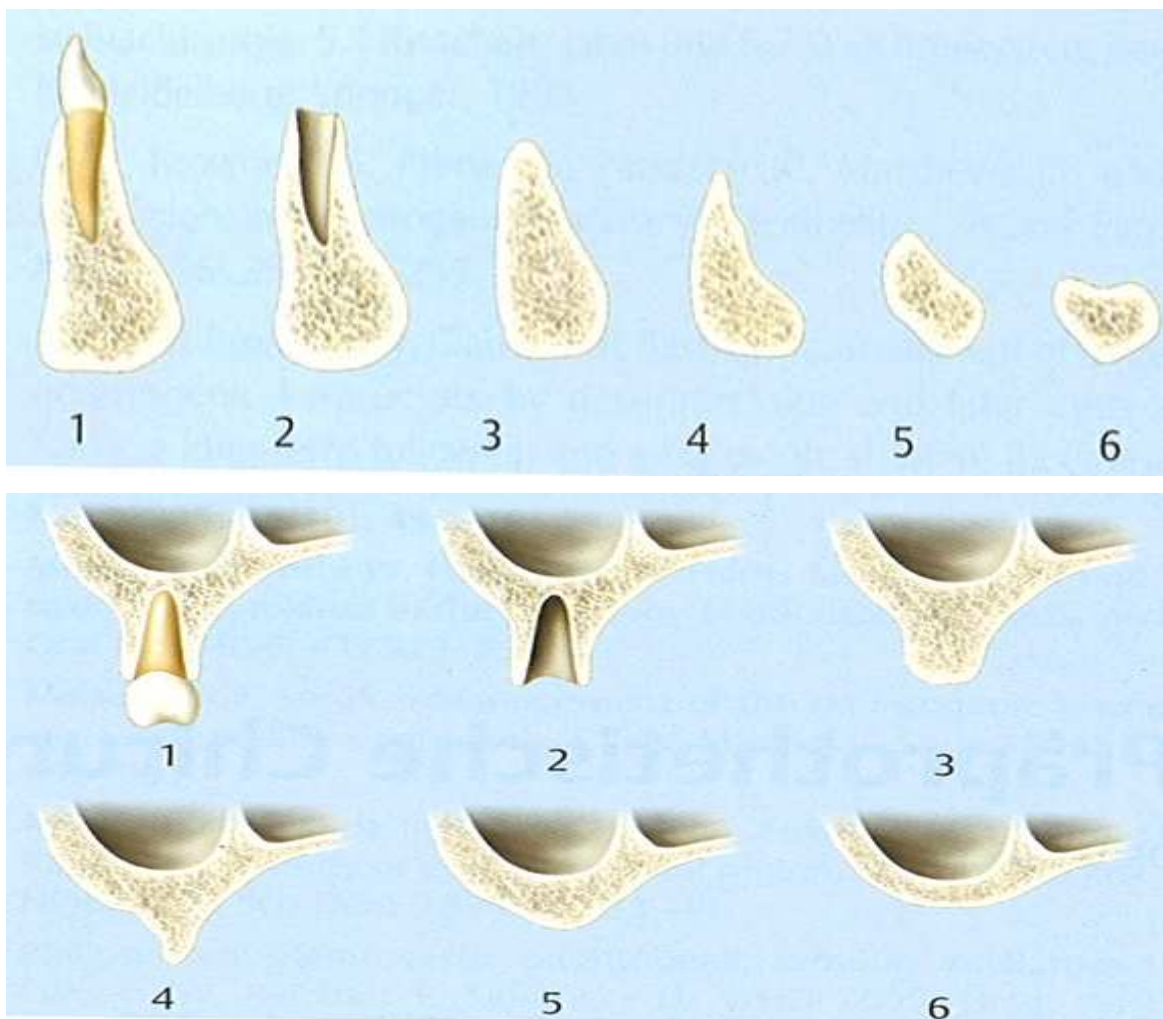


**Abb. 9:** Resorptionsklassen des zahnlosen Oberkiefers nach Fallschüssel

Die Resorptionsklassen (RKL) stellen sich folgendermaßen dar:

- ◇ RKL 0: Bezahnter Kieferkamm
- ◇ RKL I: Breiter hoher Kieferkamm
- ◇ RKL II: Schmälerer hoher Kieferkamm
- ◇ RKL III: Scharfer hoher Kieferkamm
- ◇ RKL IV: Breiter höhenreduzierter Kieferkamm
- ◇ RKL V: Völlig resorbierter Kieferkamm

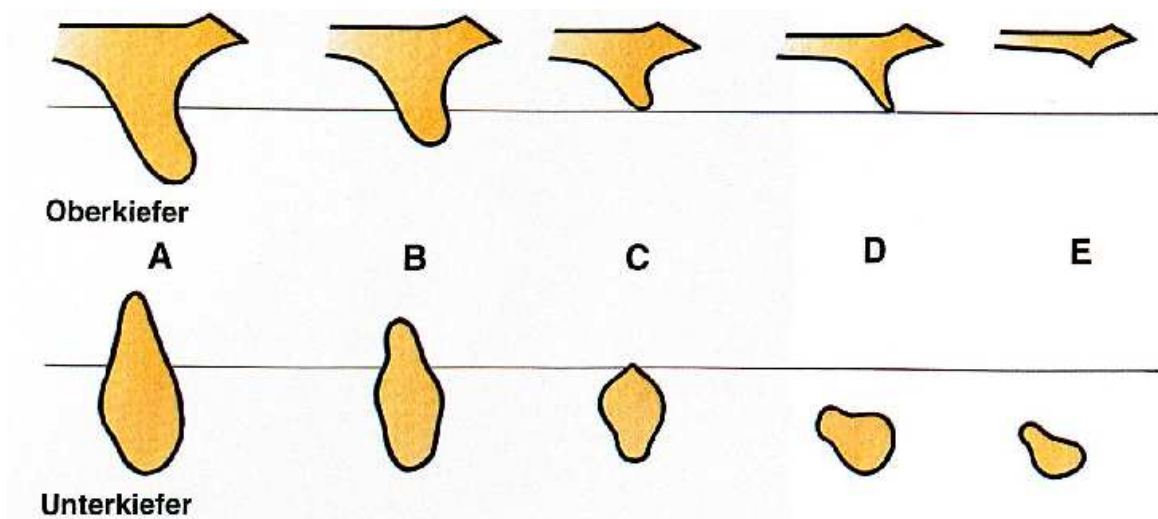
Cawood und Howell (Abbildung 10) differenzierten 1988 ebenfalls sechs verschiedene Resorptionsklassen für Ober- und Unterkiefer mit zusätzlicher Einteilung der Konturen der anterioren und posterioren Mandibula und Maxilla:



**Abb.10:** Resorptionsklassen nach Cawood und Howell für Ober- und Unterkiefer

- ◇ Klasse 1: Bezahnt
- ◇ Klasse 2: Unmittelbar nach Zahnverlust
- ◇ Klasse 3: gut gerundeter Kieferkamm mit adäquater Höhe und Breite
- ◇ Klasse 4: Messerscharfe Kammform mit adäquater Höhe und inadäquater Breite
- ◇ Klasse 5: flacher Kieferkamm mit inadäquater Höhe und Breite
- ◇ Klasse 6: hochatrophe Kammform mit teilweise negativen Kieferkämmen

Lekholm und Zarb unterschieden 1985 ebenfalls verschiedene mandibuläre sowie maxilläre Atrophieklassen (Abbildung 11):



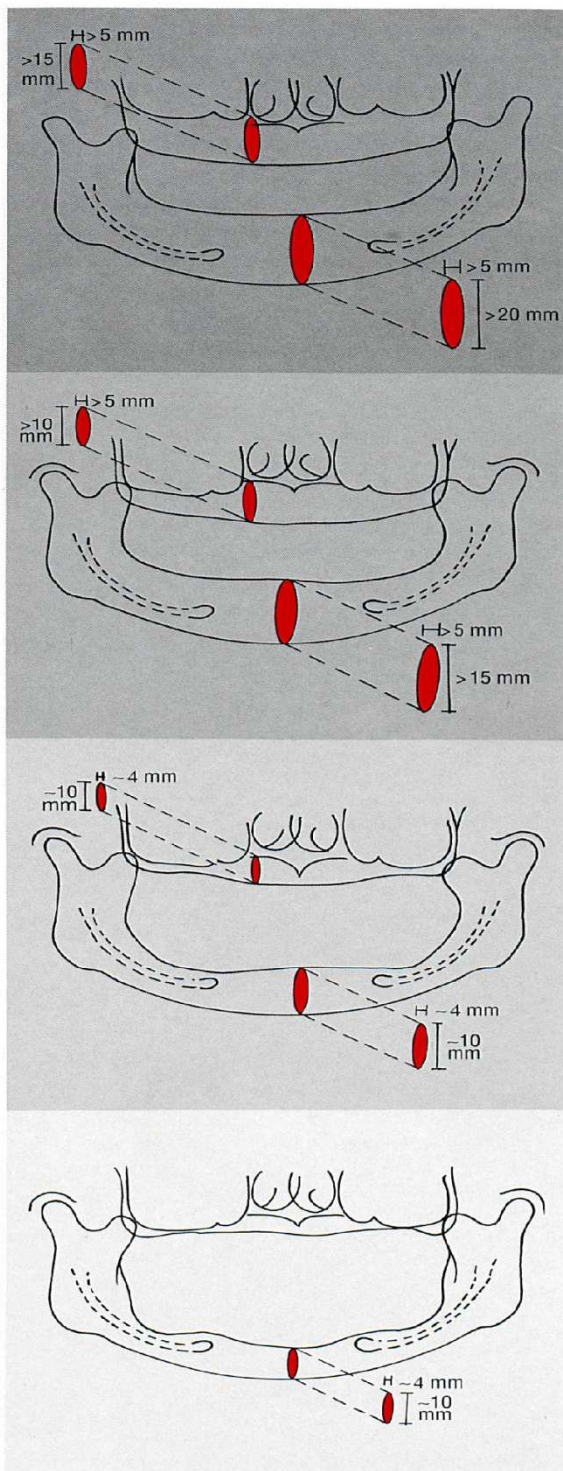
**Abb. 11:** Klassifikation der Resorptionsgrade des zahnlosen Kiefers nach Lekholm und Zarb

- A:** Fast vollständiger Alveolarkamm
- B:** Geringfügige Resorption des Alveolarkamms
- C:** Fortgeschrittene Resorption des Alveolarkamms bis zum Basalbogen
- D:** Beginnende Resorption des Basalbogens
- E:** Extreme Resorption des Basalbogens

Misch und Judy (Abbildung 12, 13, 14) stellten 1987 in Anlehnung an die Kennedy-Klassifizierung für Lückengebisse eine Einteilung für teilbezahnte (Klasse I – IV) und zahnlose Kiefer (Klasse V) vor.

Ihre Graduierung basiert auf dem zur Verfügung stehenden Knochen hinsichtlich vertikaler sowie horizontaler Ausdehnung und Länge des Kieferkammes.

### Zahnloser Unterkiefer – Einteilung –



### Einteilung zahnloser Kiefer (nach Misch u. Judy 1987, 1990)

#### 222 Gruppe A

Sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer liegt für die Verankerung aller Formen endossaler Implantate ein ausreichendes Knochenangebot vor. Im Unterkiefer werden auch bei derartig günstigen Ausgangssituationen Implantate normalerweise nur in der Regio interforaminalis verankert (Extensionsbrücken, Deckprothesen).

#### 223 Gruppe B

Bei diesen Knochenverhältnissen können sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer kleiner dimensionierte Formen von Zylinder- und Schraubenimplantaten eingegliedert werden. In Abhängigkeit von der Knochenqualität kann die Prognose jedoch weniger günstig sein. Die Implantat-Knochen-Kontaktfläche sollte deshalb zur besseren Lastverteilung durch Erhöhung der Pfeilerzahl vergrößert werden.

#### 224 Gruppe C

Das vorhandene Knochenangebot ermöglicht in der Regio interforaminalis des zahnlosen Unterkiefers die Verankerung kurzer schrauben- und zylinderförmiger Implantate (in Ausnahmefällen: Verlagerung des N. alveolaris inferior). Im Oberkiefer ist bei einer derartigen knöchernen Ausgangssituation die Insertion endossaler Implantate nicht möglich (in Ausnahmefällen Augmentationsplastik [S. 236] Sinuslifting [S. 360]).

#### 225 Gruppe D

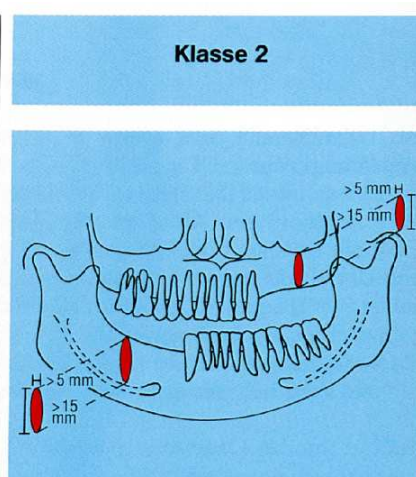
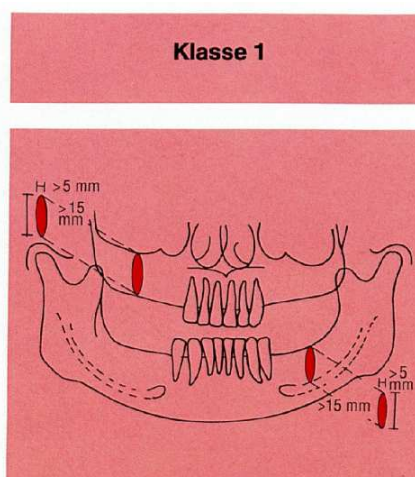
Bei derartigen Ausgangssituationen sind die alveolären Knochenanteile sowie Teile der basalen Strukturen resorbiert. Die Eingliederung endossaler Implantate ist weder im Unterkiefer noch im Oberkiefer möglich. Die Eingliederung von implantatgestütztem bzw. implantatgetragenen Zahnersatz kann nur über kombinierte Augmentationsplastiken erreicht werden (S. 236).

Abb. 12: Einteilung zahnloser Unterkiefer nach Misch und Judy

### Einteilung teilbezahnter Kiefer (nach Misch u. Judy 1987)

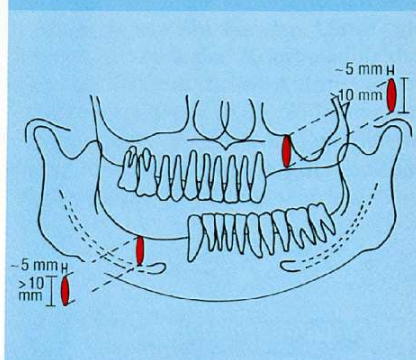
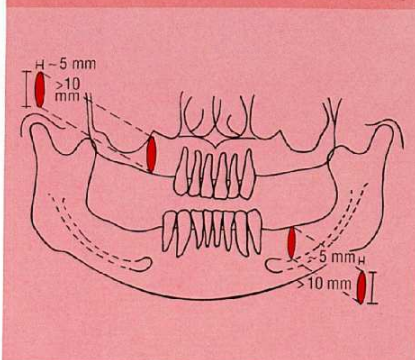
#### 226 Gruppe A

Bei Patienten der Klasse I und II liegt ein anteriores Restgebiß mit einer beid- bzw. einseitigen Freisituation vor. Aufgrund des ausreichend zur Verfügung stehenden Knochenangebots sind sowohl Verbundbrückenkonstruktionen als auch rein implantatgetragene Brücken möglich. Die Anzahl der zu inserierenden Implantate hängt ab von der Zahl der verlorengegangenen Zähne und der Gegenbeziehung.



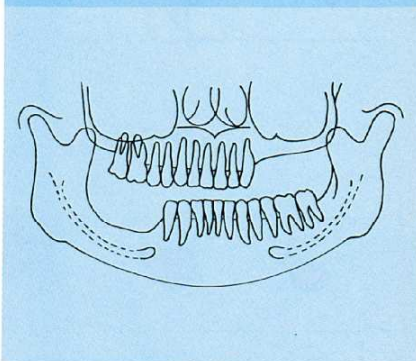
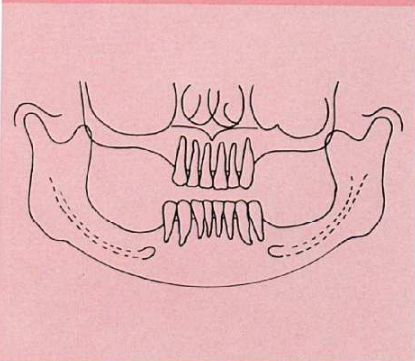
#### 227 Gruppe B

Bei diesen Patienten liegt zwar ein reduziertes, für die Verankerung kleinerer schrauben- und zylinderförmiger Implantate jedoch ausreichendes Knochenangebot vor (ggf. zur Lastverteilung Eingliederung mehrerer Implantate). Blattimplantate können bei derartigen knöchernen Verhältnissen noch relativ günstig verankert werden.



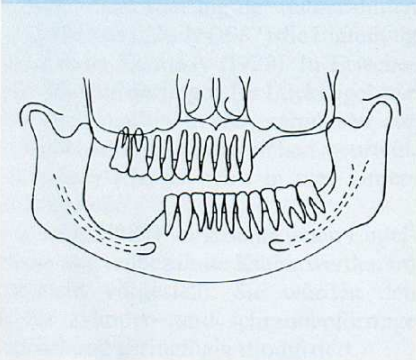
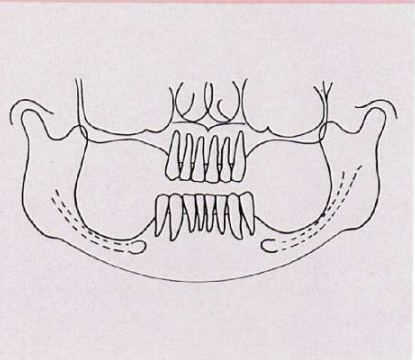
#### 228 Gruppe C

Diese Gruppe verfügt nicht über ein ausreichendes Knochenangebot für die Verankerung schrauben- und zylinderförmiger Implantate. In Ausnahmefällen wurden in den letzten Jahren bei derartigen Ausgangssituationen im Oberkiefer Implantate bei gleichzeitiger Durchführung einer Sinusliftoperation (S. 360), im Unterkiefer bei Verlagerung des N. alveolaris inferior (S. 358) eingegliedert. Diese Verfahren stehen in der wissenschaftlichen Erprobung.



#### 229 Gruppe D

Es liegt eine extreme Atrophie des Knochens bis in die basalen Kieferanteile vor. Die Eingliederung von konventionellem herausnehmbarem Zahnersatz ist angezeigt, kann jedoch aufgrund der Kraniallage des Canalis mandibularis zu funktionellen Problemen (Parästhesien, Druckbelastung) führen. In speziellen Fällen (Gefahr der Knochenfraktur) können stabilisierende, antologe Knochenaugmentationen erwogen werden.



**Abb. 13:** Einteilung teilbezahnter Kiefer nach Misch und Judy (Klasse 1 und 2)

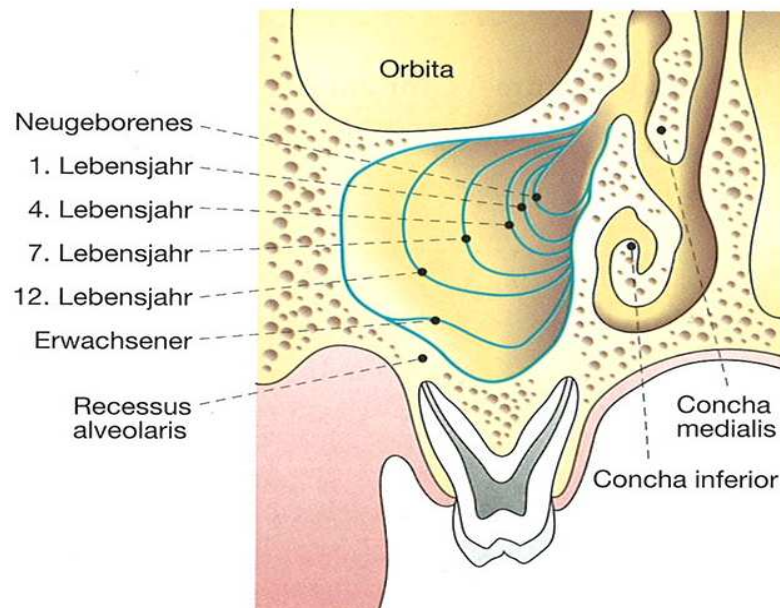
Klasse 3	Klasse 4	Einteilung teilbezahnter Kiefer (nach Misch u. Judy 1987)
		<p><b>230 Gruppe A</b> Bei diesen Patienten mit Schatllückensituationen der Klasse III und IV liegt ein ausreichendes Knochenangebot für die Verankerung schrauben- und zylinderförmiger Implantate vor. Die Zahl der zu inserierenden Implantate hängt ab von der Länge der Schatllücke und der Art der geplanten prothetischen Suprakonstruktion. Diese ist rein implantatgetragen oder als Verbundbrückenkonstruktion gestaltet.</p>
		<p><b>231 Gruppe B</b> Bei diesen weitspannigen Schatllückensituationen können aufgrund des gerade noch ausreichenden Knochenangebots schrauben- und zylinderförmige Implantate zur Eingliederung fest-sitzender Brückenkonstruktionen herangezogen werden. Befürworter von Blattimplantaten werden diesen den Vorzug geben.</p>
		<p><b>232 Gruppe C</b> Bei weitspannigen Schatllücken der Klasse III reicht das Knochenangebot für die Insertion enossaler Implantate nicht aus (eventuell Sinuslifting im Oberkiefer, Nervverlagerung im Unterkiefer). Bei Schatllückengebissen der Klasse IV ist lediglich die Verankerung kurzer schrauben- und zylinderförmiger Implantate möglich (cave funktionelle und ästhetische Einschränkungen).</p>
		<p><b>233 Gruppe D</b> Das extrem reduzierte Knochenangebot schließt die Insertion enossaler Implantate aus. Die prothetische Versorgung mit konventionellem teilprothetischen Ersatz ist angezeigt. In Sonderfällen (Frakturgefahr) kann eine Stabilisierung des Kiefers durch antologe Knochenaugmentate erwogen werden.</p>

Abb. 14: Einteilung teilbezahnter Kiefer nach Misch und Judy (Klasse 3 und 4)

### 5.5.3 Sinus Maxillaris

Im Rahmen der Knochenmodellation und Resorption nimmt die die Kieferhöhle enthaltende Maxilla eine Sonderstellung ein.

Der Sinus maxillaris ist bereits peripartal vorhanden und extendiert kontinuierlich bis zur Normalgröße, die zum Zeitpunkt der Pubertät erreicht wird. (Abbildung 15)



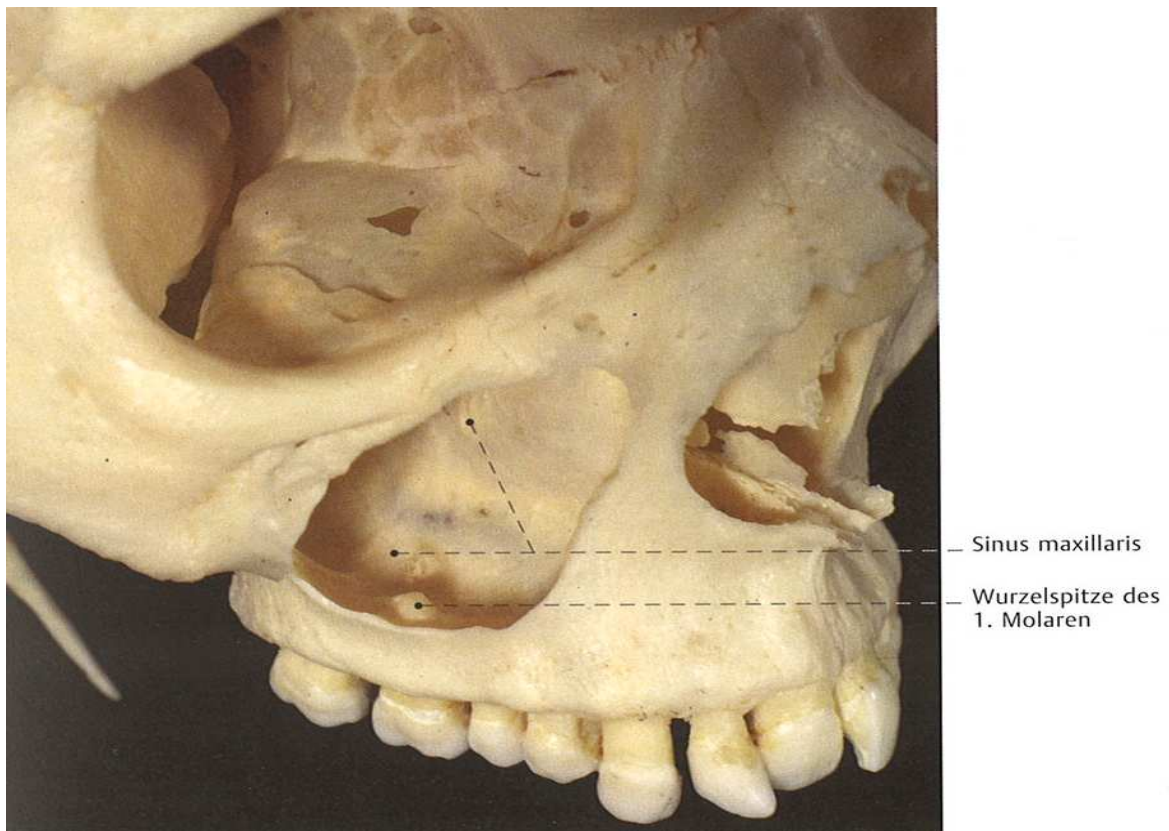
**Abb. 15:** Schematische Darstellung der Ausdehnung des Sinus maxillaris

Die weitere Ausdehnung erfolgt mit dem Durchbruch der zweiten Dentition und bei lange bestehender Zahnlosigkeit.

Der Sinus maxillaris erscheint bei Männern ausgeprägter als bei Frauen, das mittlere Volumen beträgt 14,75 Kubikzentimeter. [22]

Die als interne Resorption bezeichnete Pneumatisierung kann infolge länger bestehender Zahnlosigkeit exzessive Ausmaße annehmen, sodaß der Knochen über den Apices der Oberkieferseitenzähne nur mehr hauchdünn oder in extremum gar nicht mehr vorhanden ist. In zweiterem Fall ragen die Wurzeln nur schleimhautbedeckt in die Kieferhöhle vor. Abbildung 16 zeigt die enge

topographische Lagebeziehung zwischen den Apices der Oberkiefermolaren und der Kieferhöhle.



**Abb.16:** Teilansicht der rechten Seite eines Schädels von lateroventral. Am Boden des eröffneten Sinus maxillaris wölbt sich der Knochen der Wurzelspitze des ersten Molaren in die Kieferhöhle vor.

Darüber hinaus besteht die Gefahr der als externe Resorption bezeichneten Alveolarkammatrophie. Zusammenfassend verjüngt sich der Oberkieferknochen sowohl von der Sinusregion ausgehend, als auch vom Processus alveolaris.

Zusätzliche Bedeutung haben - zu 16 – 58 % aller Kieferhöhlen existierende - den Sinus maxillaris kompartimentierende Underwood`sche Septen [26, 46].

Diese verteilen sich auf alle maxillären Abschnitte, treten jedoch nach Koymen R. et al. [31] in überwiegender Zahl in den mittleren Regionen auf.

Darüber hinaus findet sich mehrheitlich ein Septum, das Auftreten von zwei Septen in einer Kieferhöhle bleibt auf die Minderheit der Patienten beschränkt. [31]

Derartige Knochenvorsprünge imponieren als Locus minoris resistentiae und verkörpern Prädiliktionsstellen der Membranperforation bei Ablation der Kieferhöhlenschleimhaut.

Präoperativ sind die Septen diagnostisch durch Panoramarröntgen bzw. CT-Aufnahmen zu erfassen und in den Operationsverlauf miteinzubeziehen.

#### **5.5.4 Präimplantologische Mindestanforderungen**

Bezüglich der postaugmentativ erfolgenden Implantatinsertion werden als knöchernes vertikales Mindestangebot zehn Millimeter, als Minimalbreite fünf Millimeter und mindestens 0,5 mm zirkumferenter implantatdeckender Knochen verlangt.

Khoury et al. [17] fordern sogar eine faciale Knochendicke von mindestens 1-1,5mm. Ihrer Ansicht nach wird bei geringeren Werten die vestibuläre Kortikalis minderversorgt.

Infolge dessen atrophiert der faciale Knochen mit der Entwicklung einer tiefen Weichgewebstasche, die bevorzugt von anaeroben Keimen besiedelt wird, die wiederum eine Periimplantitis induzieren können.

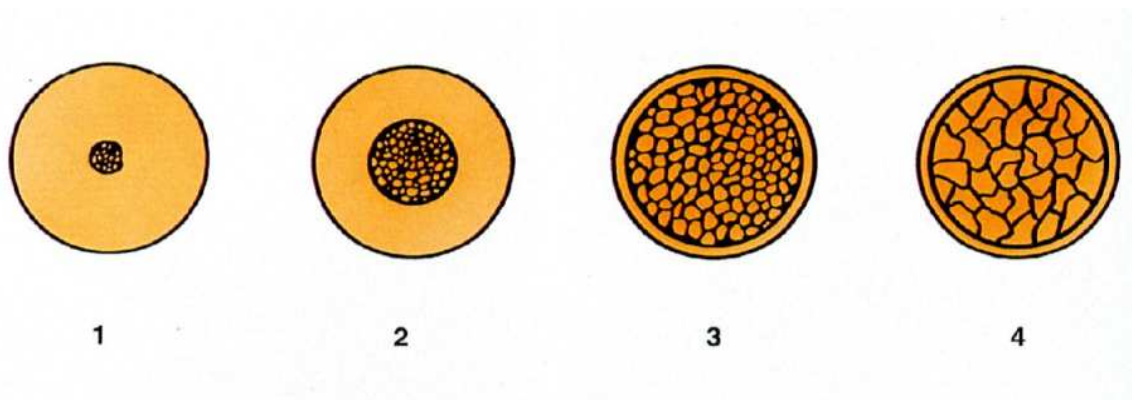
Diese Forderungen implizieren, den atrophen Knochen vertikal zwischen Kieferkamm und anatomischen Strukturen mit einem Sicherheitsabstand von ein bis zwei Millimetern, sowie horizontal zwischen facialer und oraler Knochenwand zu augmentieren, sodaß einerseits ein interimplantärer Mindestabstand von drei bis vier Millimetern und andererseits ein okklusalfunktionelles Implantat-Kronen-Verhältnis von 2 : 1 gewährleistet werden kann.

Bei einer Augmentation nachfolgender Implantation im Prämolarenbereich wird eine protektive Distanz von fünf Millimetern zum Foramen mentale gefordert, um eine eventuell vorhandene rezurrente mesiale Schlinge des N. mentalis nicht zu gefährden.

### 5.5.5 Qualitatives Knochenangebot

Für die stabile Implantatinsertion ist neben der Knochenquantität auch die Knochenqualität ausschlaggebend.

Lekholm und Zarb teilten 1985 die Knochenqualitäten in Kombination mit in vier Stufen ein (Abbildung 17):



**Abb.17:** Klassifizierung der Knochenqualitäten nach Lekholm und Zarb

**Klasse 1:** Kiefer besteht fast ausschließlich aus homogener Kompakta

**Klasse 2:** Breite Kompakta umgibt engmaschige Spongiosa

**Klasse 3:** Dünne Kortikalis umgibt engmaschige Spongiosa

**Klasse 4:** Dünne Kortikalis umgibt weitmaschige Spongiosa

Misch unterschied 1990 die topographische Zuordnung verschiedener Knochenqualitäten zu den einzelnen Regionen des Ober- und Unterkiefers und verwies auf die Vor- und Nachteile der knöchernen Ausgangssituation in Hinblick implantologischer Fragestellungen (Abbildung 18):

<p><b>D1 – dichte Kompakta</b> Frontalbereich des atrophierten zahnlosen Unterkiefers</p>	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gute Primärstabilität der Implantate</li> <li>- große Implantat-Knochen-Kontaktfläche</li> <li>- kurze Implantate möglich</li> </ul> <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- reduzierte Blutversorgung (längere Einheilungszeit)</li> <li>- oft geringe Knochenhöhe (Implantat-Kronen-Relation)</li> <li>- schwierige Implantatbettpräparation (Überhitzung)</li> </ul>
<p><b>D2 – dichte poröse Kompakta – engmaschige Spongiosa</b> Front- und Seitenzahnbereich im Unterkiefer Frontalbereich (oral) im Oberkiefer</p>	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gute Primärstabilität</li> <li>- gute Einheilungstendenz (Blutversorgung)</li> <li>- einfache Implantatbettpräparation</li> </ul> <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- keine</li> </ul>
<p><b>D3 – dünne, poröse Kompakta – weitmaschige Spongiosa</b> Frontbereich (fazial) und Seitenzahnbereich im Oberkiefer Seitenzahnbereich im Unterkiefer Zustand nach Osteoplastik von D2</p>	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- gute Blutversorgung</li> </ul> <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- schwierige Implantatbettpräparation (Bohrlocherweiterung)</li> <li>- maximale Ausnutzung des Knochenangebots notwendig</li> <li>- reduzierte Implantat-Knochen-Kontaktfläche (Erhöhung der Implantatzahl)</li> </ul>
<p><b>D4 – weitmaschige Spongiosa</b> Tuberbereich Zustand nach Osteoplastik von D3</p>	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- keine</li> </ul> <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- schwierige Implantatbettpräparation (Primärstabilität)</li> <li>- maximale Ausnutzung des Knochenangebots notwendig</li> <li>- reduzierte Implantat-Knochen-Kontaktfläche (Erhöhung der Implantatzahl)</li> </ul>

**Abb.18:** Klassifizierung der Knochenqualitäten nach Misch

## 5.6 Knochenheilung [7, 16, 17, 25]

Bei den knöchernen Heilungsvorgängen sind folgende Phasen differenzierbar:

### 5.6.1 Posttraumatische-exsudative Phase (1-3.Tag)

Unmittelbar nach Defektentstehung erfolgt über die Einblutung aus dem Knochenmark die Bildung eines fibrinhaltigen Frakturhämatoms.

Infolge der Gewebshypoxie und des abgesunkenen ph-Wertes im Wundgebiet werden Leukozyten, Lymphozyten, Makrophagen und Thrombozyten

chemotaktisch angelockt. Durch Zusammenwirken dieser wird ein Koagulum formiert, das den Defektbereich primär mechanisch verschließt.

Die Blutzellen setzen ferner essentielle Wachstumsfaktoren und Zytokine wie z.B. TGF-Beta, IGF, PDGF, Il-1 frei, die weitere zelluläre Chemotaxis, Zelldifferenzierung und Angiogenese moderieren.

### **5.6.2 Hämatomorganisation (3-5. Tag)**

Kontraktionsfähige (Myo)-Fibroblasten wandern aus der Defektumgebung ein, bilden ein Kollagenfasengerüst und ermöglichen eine weitere Retraktion des Wundgebietes.

Parallel dazu erfolgt das koaguläre Einwachsen von Kapillarendothelien, wodurch das Hämatom in ein organisiertes Granulationsgewebe umstrukturiert wird.

### **5.6.3 Kallusbildung – Osteoneogenese (mehrere Wochen)**

Über die Blutgefäße im bindgewebigen Kallus immigrieren Knochenstammzellen, die BMP`s (Bone morphogenic protein) freisetzen.

Durch Wirkung dieser Wachstumsfaktoren differenzieren sich Stammzellen und Osteoprogenitorzellen zu Osteoblasten, die knochenspezifische Matrix bzw. Osteoid produzieren.

Über dessen Mineralisation entsteht Geflechtknochen, der zum überwiegenden Teil auf den defektnahen osteokonduktiven Knochenflächen appositionell wächst. Weitergehend wird der Geflechtknochen bzw. knöchernen Kallus sukzessive durch Lamellenknochen ersetzt.

### **5.6.4 Remodelling (mehrere Monate)**

Im Zuge der Adaptierung an Zug- und Druckbelastungen erfolgt die Restitutio ad integrum in Form funktionell-anatomischer Ausbildung trabekulärer und kortikaler Strukturen.

## **5.7 Knochentransplantate – Transplantate** [7, 16, 17, 19, 23, 24]

### **5.7.1 Transplantatdefinition**

Transplantate sind bezüglich ihres Ursprungs folgendermaßen definierbar:

#### **\*Autogenes Transplantat**

Unter einer autogenen Transplantation versteht man die Gewebeübertragung von einer Körperregion auf eine andere desselben Individuums.

Spender und Empfänger sind somit ident.

Der Vorteil dieser erklärt sich in der fehlenden Abstoßungsreaktion, wodurch bestmögliche Einheilchancen bestehen.

#### **\*Isogenes Transplantat**

Spender und Empfänger sind genetisch ident und gehören derselben Spezies an.  
(Zwillinge)

#### **\*allogenes Transplantat**

Eine allogene Transplantation bedeutet die Gewebeübertragung von einem Organismus auf den anderen. Spender und Empfänger sind genetisch different, gehören aber derselben Spezies an.

Spendergewebe wird aufgrund fremder Transplantationsantigene vom Empfänger als fremd erkannt, womit eine Abstoßungsreaktion resultiert.

Um eine Transplantatabstoßung zu unterbinden, besteht einerseits die Option der Applikation von Immunsuppressiva und andererseits die Verwendung von konserviertem Gewebe wie z.B. autolysiertem, antigenextrahiertem allogenen Knochen (AAA-Knochen).

#### **\*xenogenes Transplantat**

Spender und Empfänger sind genetisch different und gehören verschiedenen Spezies an.

Aufgrund der verschiedenen Immunsysteme ist eine ausgeprägte Abstoßungsreaktion zu erwarten.

#### **\*alloplastisches Material/ alloplastische Transplantate**

Synthetisch produzierte Materialien. Immunologische Abstoßungsreaktionen existieren bei Einsatz von alloplastischen Materialien nicht.

### **5.7.2 Wirkungsspektrum autologen Knochens**

Transplantiertes autogenes Knochen weist drei wichtige Heilungsfunktionen auf:

#### **A Zelluläre Osteoinduktive Wirkung**

Bei der Transplantation autologen Knochens werden Knochenzellen transferiert, die in der Empfängerregion eine Knochenneubildung induzieren. Autogenes Knochen erfüllt somit osteoinduktive Wirkung.

#### **B Morphogenetische Wirkung**

Durch diese Funktion bedingt, sind ebenfalls Kompaktasegmente frei transplantierbar. Aus deren angeschnittener Knochenoberfläche werden osteoinduktive Knochenwachstumsfaktoren freigesetzt, die eine Knochenneubildung bewirken.

#### **C Osteokonduktive Wirkung**

Das autogene Transplantat besitzt Leitschieneneffekt. An dessen Strukturgeometrie heften sich Osteoblasten der Empfängerregion an und beginnen mit der appositionellen Bildung von Geflechtknochen. Parallel werden Osteoklasten mobilisiert, die einerseits das Transplantat langsam resorbieren und andererseits Osteoblasten aktivieren, die die Resorptionsareale knöchern reparieren.

### 5.7.3 Einheilungsvorgang eines Knochentransplantates [18]

Die transplantäre Einheilung wird in drei Phasen – Incorporation, Replacement und Remodelling gegliedert.

◇ Incorporation

In den ersten ein bis zwei postoperativen Wochen resorbieren Osteoklasten nekrotische Knochenanteile. Ferner setzt die Angiogenese vom Lagerknochen ausgehend ein.

In den darauffolgenden vier Monaten wird das Transplantat unter Einwirkung von Wundheilungs- und Wachstumsfaktoren, osteogenetischen Stammzellen und Osteoblasten unter Ausbildung eines Transplantat-Geflechtsknochenkomplexes weitergehend inkorporiert.

◇ Replacement

Vier bis zwölf Monate postoperativ wird der Geflechtknochen im Sinne der natürlichen biologischen Knochenheilung durch Lamellenknochen ersetzt.

◇ Remodelling

Ab dem zwölften Monat erfährt der Lamellenknochen - nach Implantatinsertion und Eingliederung der Suprakonstruktion - unterschiedliche Belastungsreize und wird diesen entsprechend strukturell adaptiert bzw. remodelliert. Durch Umbauvorgänge wird der Knochen lebenslang der Belastungsdynamik angepaßt.

### 5.7.4 Transplantatprognose

Die allgemeine Prognose eines Transplantates ist - neben der Grundvoraussetzung sterilen atraumatischen chirurgischen Vorgehens - in erster Linie abhängig von der transplantären Revaskularisationspotenz sowie vom Regenerationspotential der Rezipientenregion.

Autogene Spongiosa weist die größte osteoinduktive Wirkung auf, revaskularisiert suffizient und leistet sekundär über die induzierte Knochenneubildung einen Stabilitätsbeitrag.

Kortikale Transplantate sind vergleichsweise weniger osteoinduktiv, fungieren vermehrt über ihre Osteokonduktivität, revaskularisieren langsamer, erfüllen aber einen höheren Stabilitätsgrad.

Daher werden bei ausgedehnten Rekonstruktionen vor allem kombinierte kortikospongiöse Augmentate eingesetzt, um die positiven Effekte von kortikalen und spongiösen Strukturen synergistisch zu verwerten.

### **5.7.5 Vorteile der autogenen Transplantate**

Der Hauptvorteil autogener Transplantate liegt in einem hohen Regenerationspotential, da sie als einziges „Augmentationsattribut“ alle oben angeführten Heilungsmuster präsentieren.

Vergleichsweise bieten alloplastische Knochenersatzmaterialien zumeist nur den osteokoduktiven Heilungsweg an.

Ein zusätzlicher positiver Effekt liegt darin begründet, daß die Transplantation körpereigenen Gewebes keine immunologische Abstoßungs- bzw. Antigenreaktionen auslöst und letztlich die Gefahr einer exogenen transplantatinduzierten Infektion ausgeschlossen ist.

### **5.7.6 Nachteile der autogenen Knochen-Transplantation**

Ein Nachteil stellt der Hebedefekt und dessen Morbidität der Donorregion dar.

Zudem ist in der Einheilphase eine nicht voraussagbare initiale Resorption evident. Zusätzlich ergeben sich langfristige Resorptionserscheinungen während des funktionellen Remodellings.

Wird ein Augmentat nach der Einheilphase nicht funktionell implantär belastet, schwindet innerhalb eines Jahres der größte Teil des transplantierten Knochens. Deshalb sollten sechs Wochen bis sechs Monate post augmentationem Implantate inseriert und schrittweise belastet werden.

Khoury et al. [17] führen die Resorption determinierend ein multifaktorielles Geschehen ins Treffen. Einfluß haben die Knochenqualität von Spender- und Empfängerlager, der Revaskularisierungsprozess, die Transplantationstechnik, die Lokalisation und das Weichgewebe.

Folgende Aspekte wurden erörtert:

\*Rekonstruktive Transplantate innerhalb der knöchernen Begrenzung des Alveolarkamms zeigen eine verminderte Resorption. Konturexterner Knochen wird stärker abgebaut.

\*Die funktionelle implantäre Belastung vermindert den Knochenabbau. Ohne diese geht das Transplantat innerhalb von acht Monaten gänzlich verloren.

\*Eine präventive Überkonturierung unterbindet die Resorption nicht. Je stärker die Überextension ist, desto größer ist die Resorption.

\*Die Lokalisation der Defektrekonstruktion beeinflusst die Transplantatresorption. Diese ist im anterioren Unterkiefer im Gegensatz zum posterioren Oberkieferbereich infolge verstärkter Muskelaktivität ausgeprägter.

### **5.7.7 Einzeitige – Zweizeitige Implantatinsertion**

Bei der zweizeitigen Implantation wird das Implantat im inkorporierten Augmentat in hohem Maße osseointegriert, jedoch ist der Patient in diesem Fall einer zweimaligen chirurgischen Intervention ausgesetzt.

Bei einzeitiger Insertion liegt das Implantat im vorerst temporär devitalen Knochen, der erst nach seiner Einheilung dem Implantat anwachsen kann.

Die Vorteile der „one-stage-surgery“ liegen in einem einmaligen operativen Eingriff in Verbindung mit einer geringeren Gesamtbehandlungsdauer und Belastung des Patienten.

Voraussetzung für dieses Verfahren ist jedoch die Notwendigkeit der primären stabilen Implantatverankerung im ortstständigen atrophierten Kieferknochen.

## 5.7.8 Donorregionen – Knochengewinnung

Grundsätzlich ist Knochengewebe in Form von Spongiosa, Kortikalis oder Kortikospongiösen Segmenten transplantierbar.

Als Spenderorte stehen indikationsabhängig intra- sowie extraorale Entnahmeregionen zur Verfügung.

### 5.7.8.1 Spezialform

**A** Bei jeder Osteotomie bzw. Implantatbohrung fallen Knochenspäne an, die über Knochenkollektoren im Absaugssystem konserviert und den Defektregionen zugeführt werden können.

**B** Unter Zuhilfenahme einer Knochenmühle sind vorzugsweise kortikale Augmentate gezielt partikulierbar. Durch Zerlegung werden Knochenräume eröffnet, Wachstumsfaktoren und osteoinduktive Proteine freigesetzt.

Die feinen Knochenpartikel werden einerseits bei der Sinusbodenelevation eingesetzt, andererseits finden sie als Füllstoff augmentativer Diastasen Verwendung.

Khoury et al. [17] schreiben in Zusammenhang mit mandibulären kortikalen Augmentaten über 50% der Regeneration der Osteokonduktion zu. Eine Oberflächenvergrößerung positiviert die Knochenneubildung.

Aus diesem Grund wird eine größenmäßig differente Partikulierung erwogen, um einerseits den verbesserten Regenerationseffekt kleinvolumiger oberflächenvergrößernder Transplantate zu nützen und andererseits durch Einsatz größerer Partikel einer Resorption entgegenzuwirken.

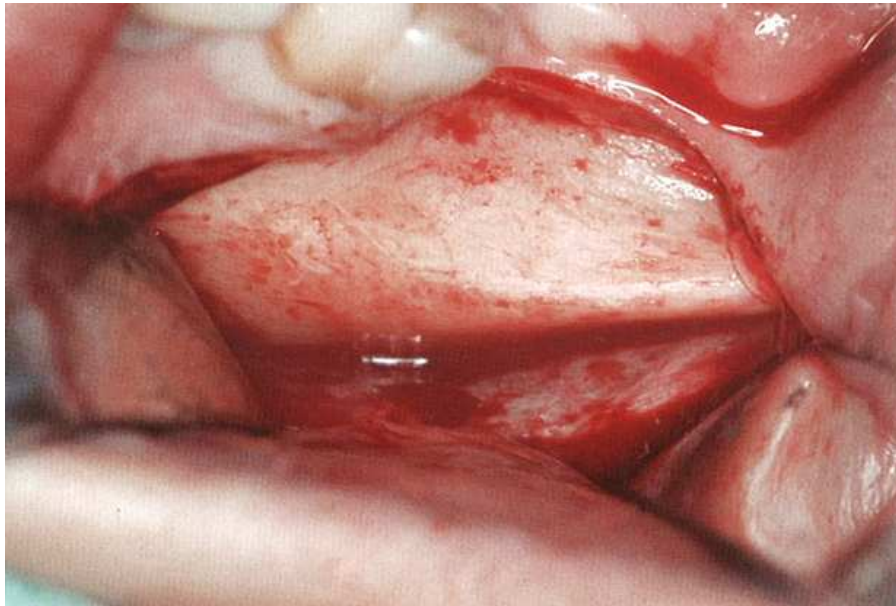
### 5.7.8.2 Intraorale Transplantate

Die Vorteile der intraoralen Entnahme liegen in der Nähe zwischen Donor und Rezipientenregion, den reduzierten Faktoren Operationsdauer- und Kosten und der verhältnismäßig einfacheren Hebung von Spendergewebe.

Verwendung finden Areale des Tuber maxillae, der Linea obliqua bzw. der Regio retromolaris, der Symphyse sowie eines Torus palatinus et mandibularis..

#### 5.7.8.2.1 Linea Obliqua - bzw. Retromolares Transplantat

Nach Ablösen des Mukoperiostlappens wird analog zur operativen Entfernung retinierter Weisheitszähne die Linea obliqua externa dargestellt. [36] (Abbildung 19)

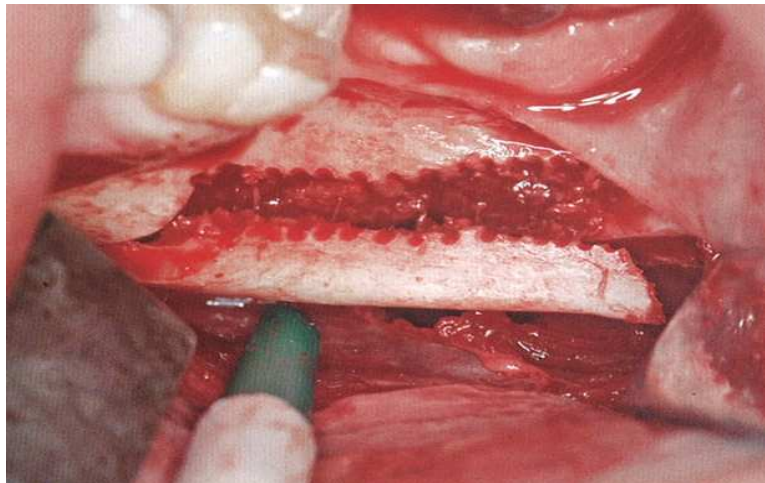


**Abb.19:** Darstellung der Linea obliqua externa

Zur Luxation des Knochenblockes werden zwei vertikale und zwei horizontale Osteotomielinien angelegt.

Die Distanz des N. alveolaris inferior zur facialem Knochenwand in der Regio retromolaris beträgt zwischen 3,8 und 5,7 mm. Bei geringerer dimensionierter Linea obliqua externa oder bei vertikaler Osteotomie im Bereich des Ramus ascendens mandibulae ist die oberflächlichere Position des N. alveolaris inferior zu beachten.

Nach atraumatischer Lateralluxation des Knochensegments öffnet sich der ossäre Raum und kann zur Gewinnung spongiösen Materials sensibel kurretiert werden. (Abbildung 20)



**Abb.20:** Luxation des Linea obliqua Blockes

Der gehobene Knochen (Abbildung 21) kann als Gesamtblock zur knöchernen Rekonstruktion verwendet oder alternativ gespalten werden, wobei ein Anteil der Augmentation dient, der andere deckt die Entnahmestelle ab und stellt die Kontur der Linea obliqua wieder her.



**Abb.21** Gehobener Linea obliqua Block

Bei exzessiven Knochenentnahmen sollten Patienten bis zu sechs Wochen postoperativ zur Aufnahme weicher Kost angehalten werden, um eine Kieferfraktur zu vermeiden.

#### **5.7.8.2 Kinntransplantat**

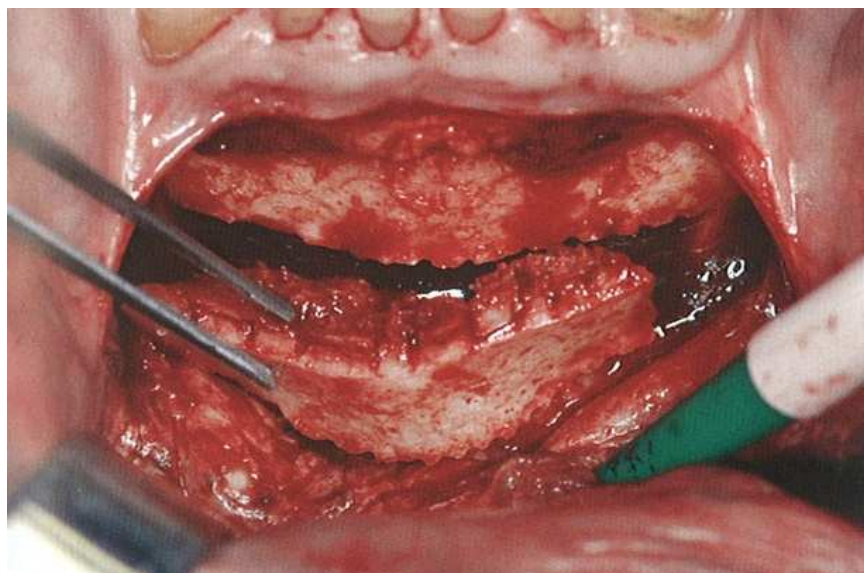
Nach Präparation des Mukoperiostlappens wird die faciale Knochenwand sowie beidseits der Austritt des N. mentalis dargestellt.

Bei der Hebung von Kinntransplantaten wird ein Sicherheitsabstand von fünf Millimetern zu den Apices der Incisivi empfohlen, um einer iatrogenen Devitalisierung vorzubeugen. Zusätzlich ist ein lingual perforierender Defekt zu vermeiden. [81]

Um die Unterkieferkontur nicht zu kompromittieren wird zum basalen Unterkieferrand ein Osteotomieabstand von drei bis fünf Millimetern gefordert.

Die Osteotomielinien sind dem erforderlichen Knochen anzupassen, wobei bei den Horizontalschnitten auf eine mesiale Schlinge des N. alveolaris inferior zu achten ist.

Der umschnittene Knochenblock wird nach bukkal luxiert, die entblößte Spongiosa kann entnommen werden. (Abbildung 22)



**Abb.22:** Luxation des Kinntransplantates

Khoury et al. [17] empfehlen den Entnahmedefekt mittels Biomaterialien anzureichern und membrangedeckt zweischichtig zu verschließen.

Als häufigste Komplikation ist die postoperative Sensibilitätsstörung der Unterkieferincisivi zu nennen, die durch Läsion der Rami dentales inferiores N. alveolaris inferioris begründet wird.

#### **5.7.8.2.3 Knochenentnahme aus zahnlosen Kieferabschnitten**

\*Unterhalb von Pontics läßt sich Knochengewebe entnehmen. Dabei ist eine subkrestale Osteotomie von fünf Millimetern zu berücksichtigen, um den Kieferkamm zu erhalten und eine spätere Implantation zu ermöglichen.

\*Ein ausgedünnter Kieferkamm kann krestal um sechs Millimeter reduziert werden, wobei gewonnener Knochen zur lateralen Apposition eingesetzt wird.

#### **5.7.8.3 Extraorale Transplantate**

Bei extensiven Atrophieformen oder für ausgedehnte Rekonstruktionen ist die intraoral erzielbare Knochenquantität nicht ausreichend.

Extraorale Spenderregionen stellen Beckenkamm, Fibula, Tibia, Calvaria und Rippenknorpel dar.

##### **5.7.8.3.1 Calvariaintransplantat**

Das knöcherne Schädeldach ist aus einer äußeren kortikalen Lamina externa, einer inneren kortikalen Lamina interna und der dazwischenliegenden als Diploe bezeichneten Spongiosa aufgebaut.

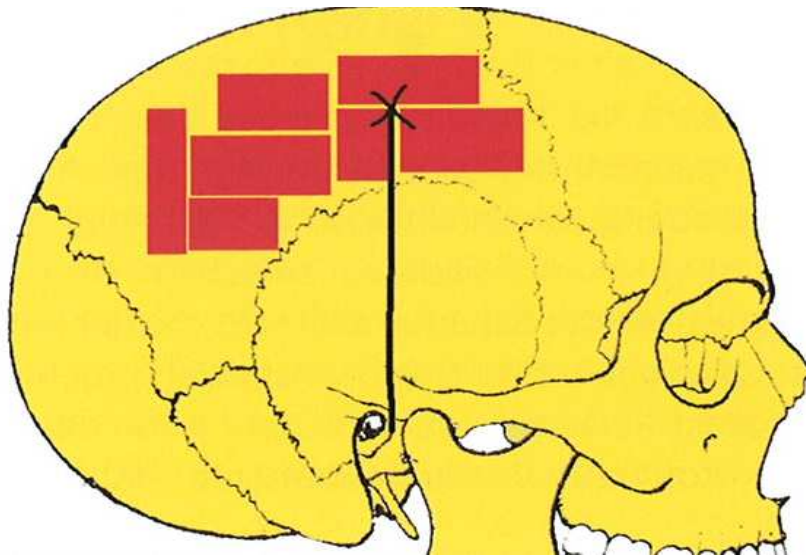
Das Heben kortikalen Knochens bleibt auf die äußere Schicht begrenzt, um einer Läsion der Dura mater entgegenzuwirken.

Der Vorteil des Calvariaintransplantates liegt vor allem in der Nähe zum Empfängergebiet begründet.

Präoperativ erfolgt die ausführliche Desinfektion der Haare und der Kopfhaut. Nach der Incision wird ein vollständiger Kopfhautlappen abpräpariert.

Die Osteotomie sollte mit einem Sicherheitsabstand von einem Zentimeter zu den Suturen durchgeführt werden, um eine Exposition der Dura zu vermeiden.

Das ideale Spendergebiet befindet sich in der parietalen Region, zwei Zentimeter von der Medianlinie entfernt, hinter der Sutura coronalis und laterokranial der Insertion des M. temporalis. (Abbildung 23)



**Abb.23:** Spenderareal eines Calvariaintransplantates

Nach behutsamen Heben des monokortikalen Knochengewebes werden Knochenkanten abgerundet und der mehrschichtige Wundverschluß vollzogen.

Khoury et al. empfehlen den Einsatz einer Saugdrainage für zwölf Stunden sowie das Anlegen eines Kompressionsverbandes.

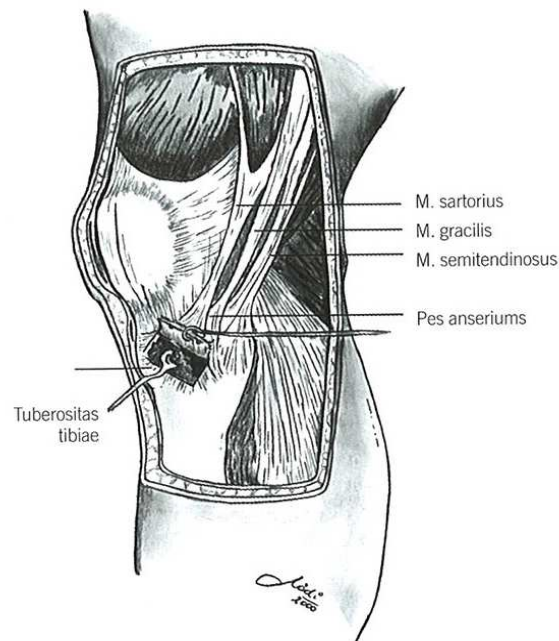
Bei Freilegung der Dura muß diese mit Knochen gedeckt werden, bei Perforation und Liquoraustritt ist die neurochirurgische Intervention indiziert.

#### **5.7.8.3.2 Tibiatransplantat**

Die Vorteile liegen in der ambulant durchführbaren Operation, im einfachen Zugang, in der verminderten Bewegungseinschränkung und in der vermehrten Gewinnung spongiösen Materials.

Als ideal wird die Knochenmobilisierung auf Höhe oder leicht kranial der Tuberositas tibiae angesehen, da keine Bänder bzw. aponeurotische Strukturen gelöst werden müssen.

Die Weichgewebspräparation erfolgt bis zum Pes anserinus und gibt die knöchernen Spenderregion frei. Der geschaffene Knochendeckel bleibt am medialen Teil des Pes anserinus gestielt, wobei der kaudalste Abschnitt auf Höhe der Tuberositas tibiae und der kranialste ungefähr 20 mm unterhalb der Kniegelenkoberfläche zu liegen kommt. (Abbildung 24)



**Abb.24:** Schematisierte Darstellung des Zugangs für die Knochenentnahme von der Tibia

Nach Kürretage der Spongiosa erfolgt die Reposition des Knochendeckels sowie der mehrschichtige Wundverschluss. Postoperativ wird ein Druckverband appliziert. Mögliche postoperativen Komplikationen inkludieren Nachblutungen, Schwellungen, Hämatombildung und temporäre Parästhesien.

### 5.7.8.3.3 Beckenkamm

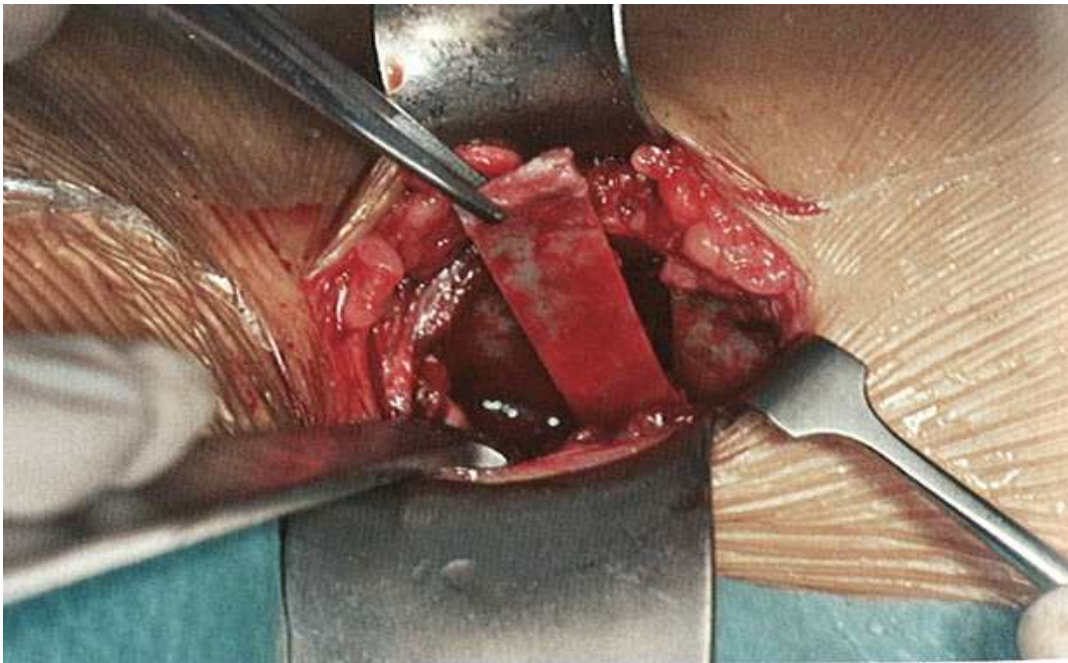
Im Falle umfangreicher Defektrekonstruktionen stellt der Beckenkamm die ideale Spenderregion dar. Hierbei ist ein großzügiges Transplantat in Form von mono-, bi- oder trikortikalen Blöcken zusammen mit entsprechender Spongiosa erzielbar. In der Literatur werden verschiedene modifizierte Entnahmetechniken vorgestellt, grundsätzlich differenziert man zwischen einem anterioren und posterioren Zugang.

Entscheidet man sich für den posterioren Zugang zur Spina iliaca posterior superior, so muß der Patient in Bauchlage positioniert werden. Dadurch ist es unmöglich simultan im Cavum oris zu agieren, weshalb sich die Operations- sowie Narkosezeit und damit die allgemeine Belastung für den Patienten verlängert. Die Vorteile liegen in einer geringeren Spendermorbidity und der Option, vor allem ausgedehntere spongiöse Knochentransplantate zu entnehmen. [64]

Beim übersichtsreichen anterioren Zugang entfällt die intraoperative Umlagerung, der Patient verbleibt in Rückenlage.

Im Bereich der Spina iliaca anterior superior wird das nach medial mobilisierte Integument auf einer Länge von vier bis sechs Zentimeter inzidiert.

Nach schichtweiser Präparation bis zur äußeren Beckenkammkontur wird der Ursprung der Glutealmuskulatur scharf durchtrennt, das Periost einen Zentimeter hinter der Spina iliaca anterior superior gespalten und der Knochen dargestellt. Der Empfängeranatomie entsprechend können mono- oder bikortikale kortikospongiöse Knochenblöcke gewonnen werden. (Abbildung 25)



**Abb.25:** Entnahme eines monokortikalen Streifens von der anterioren Beckenschaufel

Das Spendergebiet wird mit Knochenwachs verschlossen, danach erfolgt ein mehrschichtiger Wundverschluss.

Fakultative Komplikationen bei der Beckenkammentnahme gliedern sich in postoperativen Hämatomen und Seromen, schmerzhafter Bewegungseinschränkung, Frakturen der Beckenschaufel, Herniation von Beckeneingeweiden, Narbenbildung und temporären Sensibilitätsstörungen an der Entnahmestelle.

Allgemeine objektive Nachteile sind die Eröffnung eines zweiten Operationsgebietes, die verlängerte Operations- und Anästhesiedauer, eine mehrtägige Hospitalisierung und aus sozioökonomischer Sicht ein verlängerter Krankenstand.

## **5.8 Präprothetische Operationstechnik** [16, 17, 19, 20, 24, 74 ]

**5.8.1 Sinusbodenaugmentation** (Sinusbodenelevation, Interne Augmentation, Inlay-Augmentation, Einlagerungs-Osteoplastik, Subantrale Augmentation, Sinuslift) [34, 35, 41]

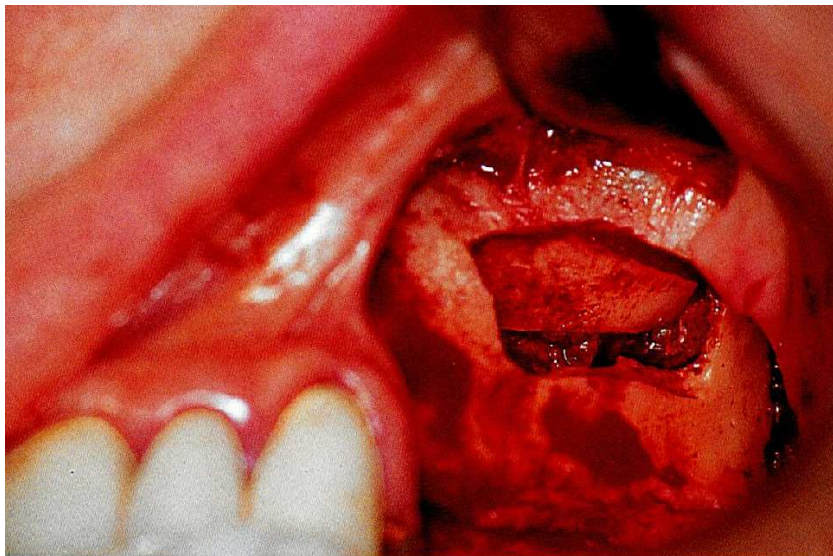
Die Indikation besteht in einem zu geringen vertikalen Knochenangebot posteriorer maxillärer Kieferabschnitte infolge fortschreitender Pneumatisation und externer Atrophievorgänge.

Präoperativ sollte ein „nasomaxilläres Screening“ erfolgen. Dabei sind anamnestisch vorangegangene Kieferhöhlenoperationen, rezidivierende Sinusitiden mit vernarbter Kieferhöhlenschleimhaut, eine akut bestehende Sinusitis maxillaris, Kieferhöhlentumore, vorhandene zystische und polypöse Prozesse sowie den Sinus maxillaris kompartimentierende Kieferhöhlensepten (Underwood`sche Septen) diagnostisch zu erfassen und in die Behandlungsplanung miteinzubeziehen.

### **5.8.1.1 Laterale Technik (Externer Sinuslift)**

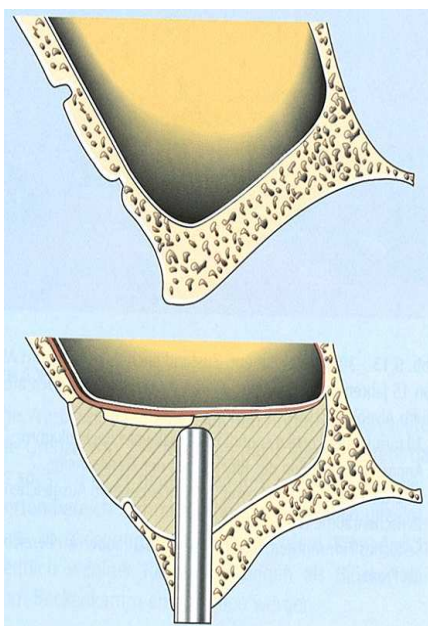
Die erstmalige Publikation der klassischen Sinuslift-Technik erfolgte durch Boyne [27] und Tatum [28].

Nach Abheben des Mukoperiostlappens und Darstellung der facialis Kieferhöhlenwand wird in diese mittels Kugelfräse ein Fenster präpariert. Der an der Kieferhöhlenschleimhaut (Schneider`sche Membran) gestielte Knochenendeckel wird nach umsichtiger Durchtrennung des Knochens mobil. (Abbildung 26)

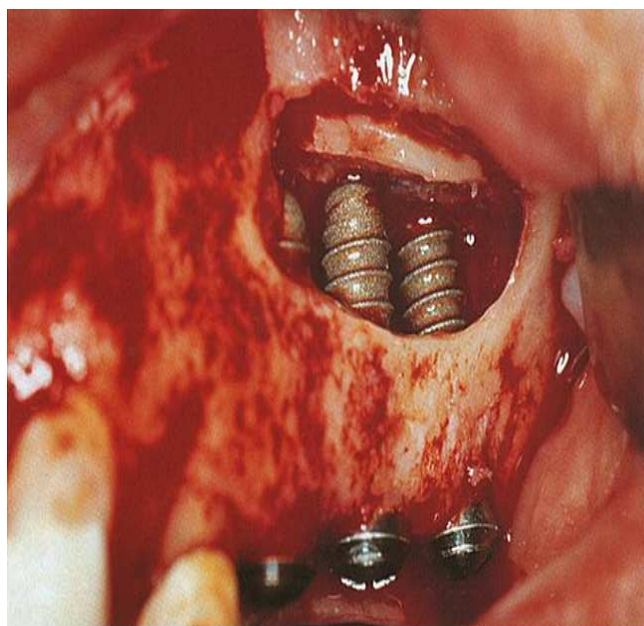


**Abb.26:** Präparation und Innenrotation des Knochenfensters

Mit stumpfem Instrumentarium bzw. Sinuselevatoren wird die Schleimhaut perforationsfrei von der knöchernen Unterlage abgelöst. Der anfangs präparierte Knochendeckel wird nach kranial in den Sinus eingeschwenkt und schützt die Schneidersche Membran vor Perforation durch Implantate respektive Augmentationsmaterial. (Abbildung 27 und 28)



**Abb.27:** Schematische Darstellung des subantralen Zugangs



**Abb. 28:** Klinische Situation st.p. Implantation

Der artifizuell erweiterte subantrale Raum wird infolge mit Augmentaten gefüllt.

Wird intraoperativ eine Ruptur der Schneider` schen Membran festgestellt, hängt das weitere Vorgehen von der Defektgröße ab.

Kleinste Risse werden von der faltigen elevierten Schleimhaut selbst gedeckt, größere Spalten sind mittels resorbierbarer Naht, Membran, Fibrinkleber oder kortikalem Anteil des Tranplantats adaptierbar, weitläufige Dehiszenzen indizieren den Operationsabbruch mit Neuansetzung des Eingriffs nach endoskopischer Abklärung.

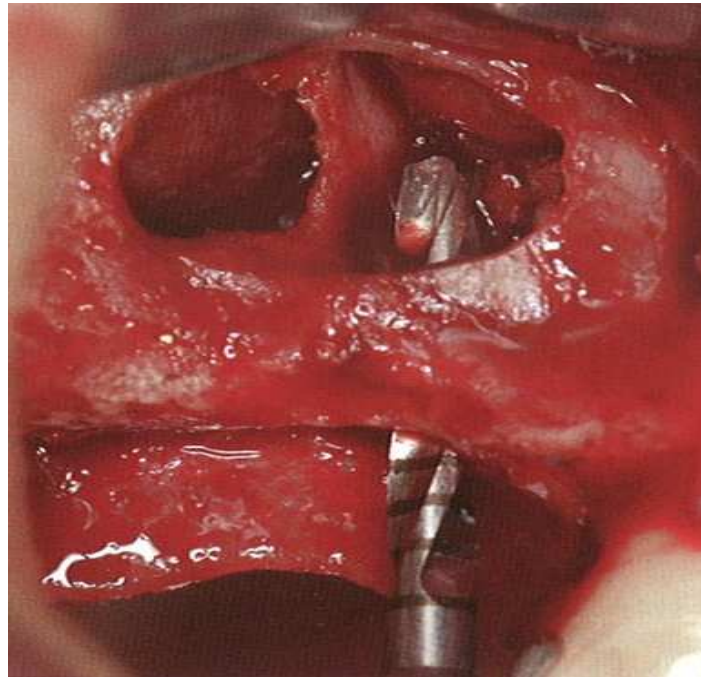
Bei einer Resthöhe des ortsständigen Kieferknochens von fünf bis sieben Millimetern sind Implantate einzeitig simultan inserierbar. Bei reduzierterer Alveolarkammhöhe wird nach einer Einheilphase von vier bis acht Monaten zweizeitig implantiert.

Der Wand- und Wundverschluß erfolgt durch dichte spannungsfreie Reposition des Mukoperiostlappens. Fakultativ wird der knöcherne Situs vor Zurückklappen der Schleimhaut mit einer Membran abgedeckt.

Alternativ stellen Schwenzer et al. [19] die Sinuspräparation mittels piezoelektrischer Chirurgie vor. Piezoelektrische Osteotome arretieren bei Weichgewebkontakt und wirken somit schleimhautprotektiv.

Khoury et al. [17] empfehlen vor Präparation des Knochenfensters die faciale Kieferhöhlenwand mittels Safescraper ® auszudünnen, um zusätzlich verwertbaren Knochen zu gewinnen.

Bei Vorliegen eines Septums können optional bilateral davon zwei Fenster konfiguriert werden, um die Membran beidseitig zu elevieren. [62] (Abbildung 29)



**Abb.29:** Implantatbettpräparation im Bereich eines hohen breitbasigen Septums

Eine weitere Behandlungsalternative stellt die basale Septumtrennung dar. Nach dessen Mobilisierung erfolgt die weiterführende Elevation nach distal.

In Abhängigkeit der Septummorphologie kann dieses bei breit ausgebildeter Basis direkt verwertet werden. Implantate erfahren durch die intraseptale Positionierung eine zusätzliche Primärstabilität und sind auch bei reduzierter Restknochenhöhe einzeitig inserierbar.

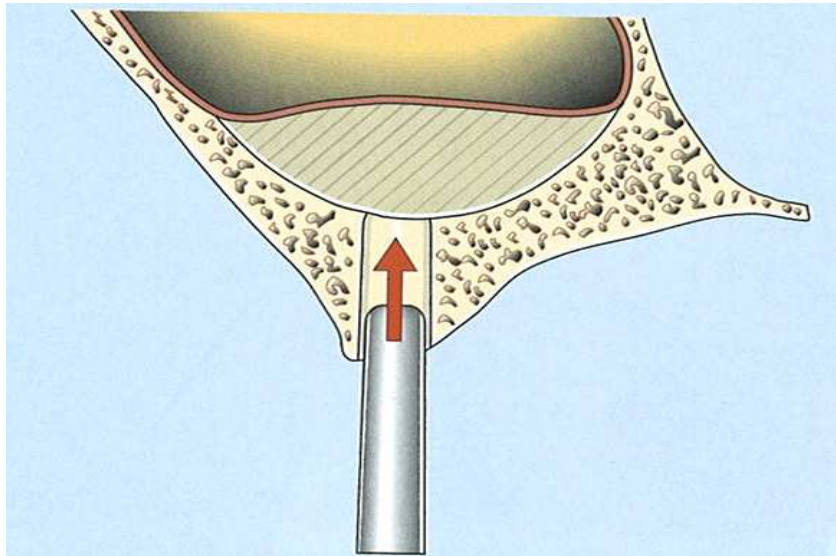
#### **5.8.1.2 Krestale Technik (Interner Sinuslift)**

Vorbedingung für diesen auf Summers [32] zurückzuführenden operativen Zugang ist eine vorhandene Restknochenhöhe von mindestens acht Millimetern.

Nach der Weichteilinzision erfolgt eine Pilotbohrung in den Kieferknochen in die ein stumpfer Meißel eingeführt wird. Durch die mechanische Aufbereitung wird die das Implantatbett umgebende Spongiosa komprimiert, durch instrumentell-apikales Vorantreiben wird die Kompakta an der Kieferhöhlenbasis aufgebrochen. Über diesen Pfad kann die im Mittel 90 Mikrometer dicke [33] Schneider'sche Membran eleviert werden.

Membranperforationen treten im Mittel bei einem Kraftaufwand von  $7.3\text{N} / \text{mm}^2$  auf. [33]

Der Elevation folgend, wird Augmentationsmaterial eingebracht. (Abbildung 30)



**Abb.30:** Schematische Darstellung der perkrestalen Sinusbodenelevation

Zur intraoperativen Kontrolle eignet sich die endoskopische Überwachung des Sinus maxillaris. Diese Technik stellt aufgrund des geringfügigen chirurgischen Zugangs eine reduzierte Belastung für die Patienten dar.

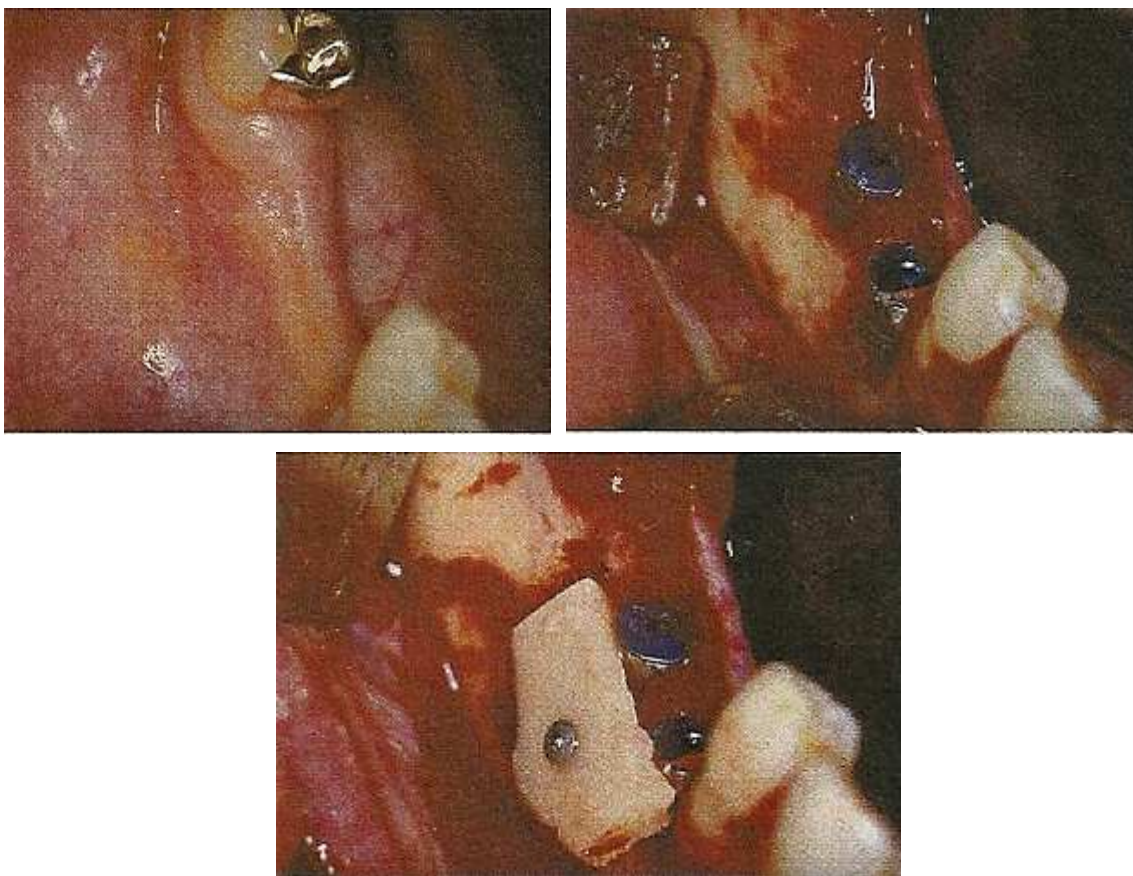
**5.8.2 Kieferkammverbreiterung** (horizontale Augmentation, laterale Augmentation, Onlay-Augmentation, Auflagerungs-Osteoplastik, Externe Augmentation)

Die Indikation liegt in einem genügend hohem aber in transversaler Dimension zu schmalen Kieferknochen.

Nach Darstellung der lokalen knöchernen Defektsituation erfolgt die Hebung des Augmentates. Dieses wird den Erfordernissen der Empfängerregion konturiert, sodaß ein breitflächiges Kontaktareal zwischen ortsständigem- und transplantierten Knochen besteht.

Zur Forcierung der Einheilungskaskade werden die knöchernen Wundränder perforiert bzw. angefrischt, um knöchernen Wachstumsfaktoren, Proteinen, Stammzellen und Blut den Weg in das Augmentationsareal zu erleichtern. [82]

Das gewonnene Blocktransplantat wird über Osteosynthesematerialien am ortständigen Knochen fixiert, Spalträume werden optional mit feinen Knochenspänen überbrückt, letztlich folgt der dichte spannungsfreie Wundverschluß. (Abbildung 31)

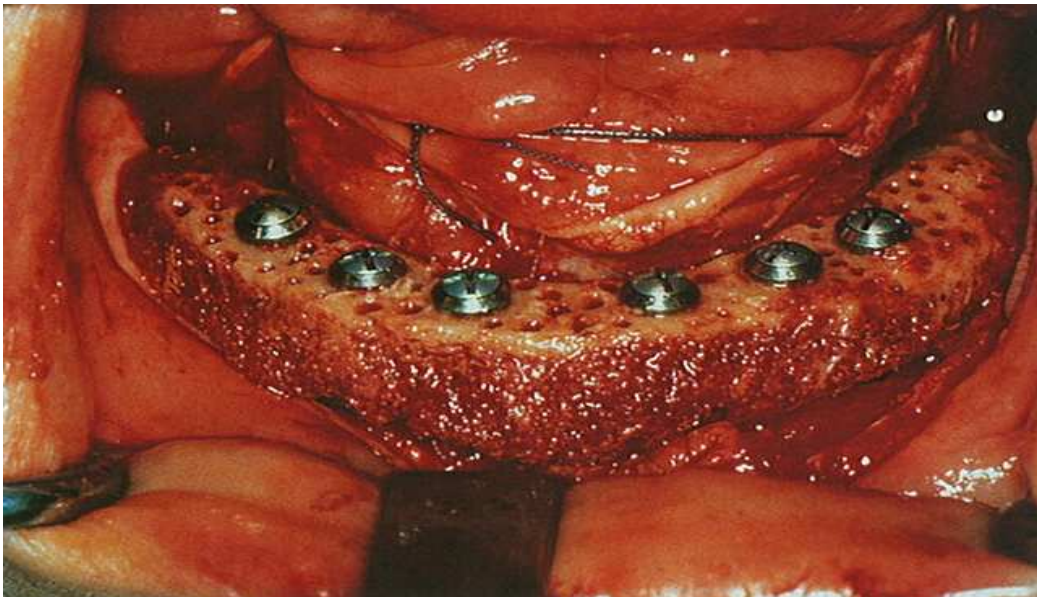


**Abb.31:** Intraoperativer Situs einer horizontalen Kammaugmentation

### 5.8.3 Kieferkammerhöhung (Vertikale Augmentation, Onlay-Augmentation, Auflagerungs-Osteoplastik, Externe Augmentation)

Die Indikation besteht in einer vertikalen Alveolarfortsatzatrophie.

Auch hier wird die lokale knöchernen Defektsituation dargestellt, das Knochenransplantat wird der Rezipientenregion gemäß angepaßt und nach Anfrischung über Osteosyntheseschrauben am noch vorhandenen lokalen Knochen retiniert. (Abbildung 32)

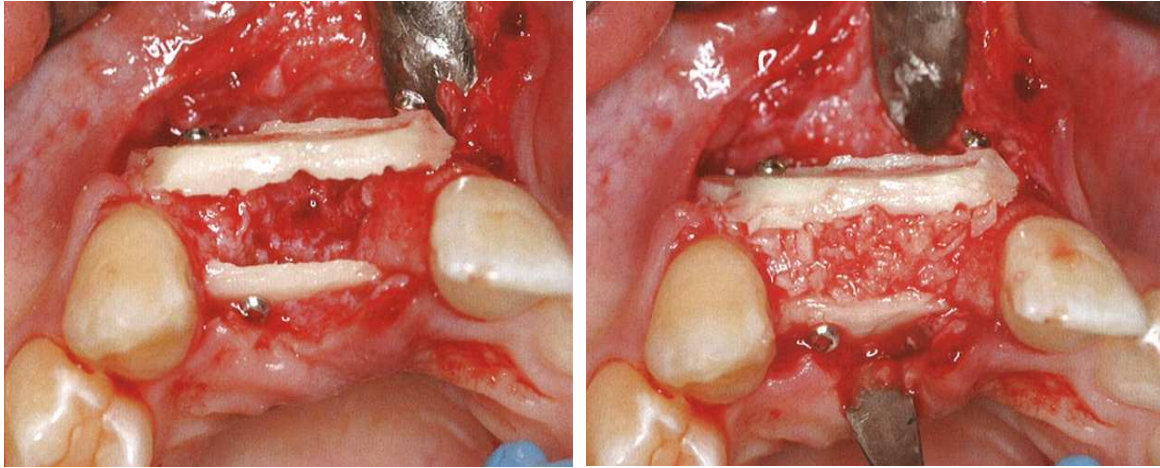


**Abb.32:** Vertikale Augmentation mittels monokortikalem Beckenkammstransplantat und simultaner Implantatinsertion

Allen augmentativen Eingriffen gleich ist die Notwendigkeit der Abrundung scharfer Kanten und des dichten spannungsfreien Wundverschlusses. Bei Vorliegen voluminöser Transplantate empfiehlt sich zur spannungsfreien Schleimhautreposition die Periostschlitzung.

Khoury et al. [17] empfehlen entgegen der reinen Knochenblockauflagerung eine distanzierte Fixation von kortikalen Blöcken. Diese bestimmen die neu

rekonstruierte Kieferdimension. Der Spaltraum zwischen Augmentat und verbliebenem Kieferknochen wird mit Spongiosa bzw. partikulierten Knochenteilchen aufgefüllt. (Abbildung 33)

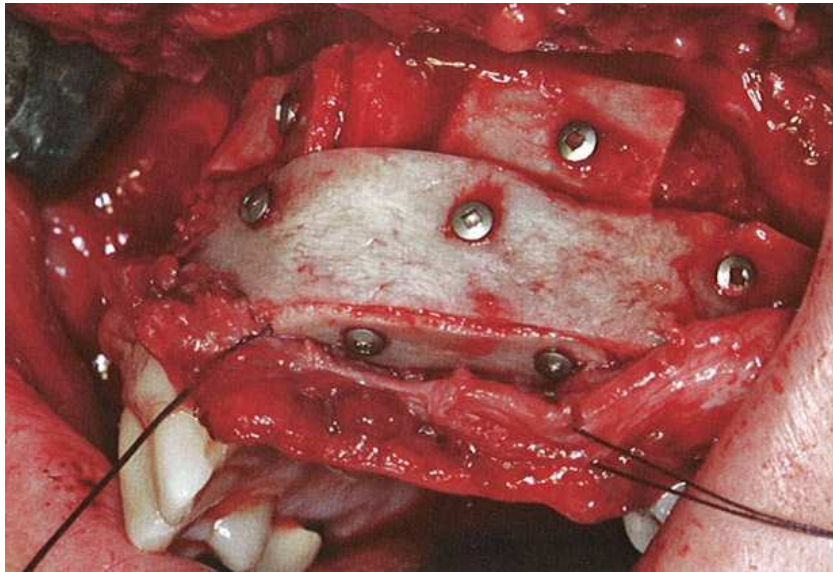


**Abb.33:** Distanzierte Blockfixierung und Auffüllung mittels partikuliertem Knochen

#### **5.8.4 Kombinationsosteoplastik** aus interner und externer Augmentation

Hier gelten die zuvor beschriebenen Gesetzmäßigkeiten. (Abbildung 34)





**Abb.34:** Ausgangssituation eines postratumatischen Alveolarfortsatzdefektes und der dreidimensionalen horizontalen und vertikalen Augmentation mit einem freien Beckenkammtransplantat

### **5.8.5 Weiterführende präprothetische Chirurgie**

Neben den oben erwähnten chirurgischen Methoden zur Behebung atrophischer Defektsituationen finden indikationsabhängig folgende knochenrekonstruktive Techniken Verwendung.

#### **5.8.5.1 Maxilläre Interpositionsplastik** (Le-Fort-1-Osteotomie mit Knocheninterposition)

Dieses techniksensitive Verfahren wird im Oberkiefer bei ausgeprägten vertikalen Knochenverlusten in Kombination mit atrophiebedingter maxillärer Retrognathie durchgeführt. Hierbei werden nach vorausgegangener Le-Fort-I-Osteotomie und Down fracture vorzugsweise Transplantate aus dem Beckenkamm eingebracht.

#### **5.8.5.2 Mandibuläre Interpositionsplastik** (Sandwich-Osteotomie mit Knocheninterposition)

Bei umfassenden atrophischen Verhältnissen kann interforaminär bzw. nach Freilegung des N. alveolaris inferior Knochen bis in den Molarenbereich integriert werden. Das Interponat kommt hierbei im knöchernen Lager zu liegen.

### **5.8.5.3 Horizontale Interpositionsplastik (Bone splitting)**

Genügend vorhandene Höhe, aber insuffizientes transversales Knochenangebot indiziert im anterioren Oberkiefer die vertikale Kieferkammspaltung. Man erreicht dadurch einen vestibulär ernährten Block, wobei in den neu erschaffenen Zwischenraum Knochen eingeliedert wird.

### **5.8.5.4 Kieferkammverbreiterung durch Bone spreading**

Bei in oral-vestibulärer Richtung reduziertem Kieferknochen aber suffizienter Höhe erfolgt bei Einzelzahnlücken im anterioren Oberkiefer die Kammspaltung mittels Osteotom.

Mit Spreizinstrumenten zunehmender Größe wird der spätere Implantatsitus kontinuierlich vertieft und ausgedehnt. Dabei wird die bukkale Kortikalislamelle infrakturiert und nach facial verschoben, die Spongiosa wird zunehmend kondensiert. Schließlich wird das Implantat eingebracht und weist über Klemmpassung Primärstabilität auf.

### **5.8.5.5 Distraktionsosteogenese**

Diese Technik verfolgt das Prinzip der biologischen Knochenheilung. Nach einer Osteotomie füllt Blut den Knochenspalt.

Über die Ausbildung des Koagulums entsteht eine fibrös-dynamische Kalluszone, wobei von den knöchernen Osteotomierändern die Geflechtknochenbildung appositionell einsetzt.

Durch die von den Distraktoren eingebrachte Zugbelastung auf die Fragmente wird der Kallus gedehnt und elongiert durch Zellproliferation und Gewebewachstum. Von den Defekträndern ausgehend setzt sich zeitgleich die Geflechtknochenbildung weiter fort. Parallel zur knöchernen Extension vermehrt sich das anhaftende Weichgewebe.

Wird die Distraktion ausgesetzt, mineralisiert die Kalluszone und der Geflechtknochen wird von peripher nach zentral in Lamellenknochen ummodelliert.

Die Distraktoraktivierung erfolgt mit 0,25 - 0,5 - 1 mm pro Tag ähnlich der Orthodontie durch den Patienten. Zwölf Wochen nach der Osteotomie wird der Distraktor entfernt.

Zur Anwendung gelangen externe den Knochensegmenten anliegende-, im Knochen positionierte enossale Distraktoren, sowie Distraktionsimplantate, die in der weiteren Behandlung prothetisch verwendbar sind.

#### **5.8.5.6 Transposition des N. alveolaris inferior**

Als Konsequenz ausgedehnten Vertikalverlustes verlagert sich der N. alveolaris inferior relativ zunehmend nach kranial und kommt direkt unter der Schleimhaut zu liegen. Präoperativ ist der exakte Nervenverlauf mittels CT-Diagnostik abzuklären. Von bukkal wird ein Knochenfenster distal des Foramen mentale angelegt und der Nerv zunehmend entwickelt.

Nach dessen lateraler Transposition erfolgt die Implantation unter Einbeziehung der kaudalen Kieferstrukturen. Zwischen Implantat und zu reponierendem Nerv wird Spongiosa eingebracht. Post implantationem werden der Nerv und der Knochendeckel repositioniert.

Der statische Benefit liegt in der Möglichkeit der Insertion längerer Implantate und der Nutzung der kranialen und kaudalen Kortikalis zur Verbesserung der Implantatstabilität.

Die häufigste Komplikation sind (temporäre) postoperative Sensibilitätsstörungen im Ausbreitungsgebiet des N. mentalis, worüber der Patient vor dem Eingriff aufgeklärt werden muß. [29]

#### **5.8.5.7 GBR (Guided bone regeneration)**

Im Rahmen der allgemeinen Wundheilung erfolgt ein Wettkampf der einzelnen Gewebe mit Vorteilen zugunsten des Weich- bzw. Epithelgewebes. Dieses vermag schneller als Knochen zu regenerieren und wächst -biomechanisch instabiler und konsekutiv wenig erwünscht- vermehrt in einen Defekt ein.

Daher deckt man die Knochenhöhle bzw. das augmentierte Areal mit einer Membran ab und schafft somit eine mechanische Barriere zwischen konkurrierenden Fibroblasten und Osteoblasten. Die Knochenzellen können dadurch in Ruhe die Bildung des osteogenen Stromas vorantreiben.

Zu beachten sind die optimale räumliche Membranstabilisierung über dem präformierten Bereich, sowie die Vermeidung bzw. zeitgerechte Behandlung einer Membranexposition mit möglicher bakterieller Kontamination, Penetration und konsekutiver Therapiegefährdung des rekonstruierten Defektes.

Bezüglich der Membranauswahl existieren zwei grundlegende Alternativen. Nichtresorbierbare Membranen sichern zuverlässig die Defektdeckung, erfordern jedoch einen operativen Zweiteingriff zu deren Entfernung.

Dieser Schritt entfällt bei resorbierbaren Membrantypen, deren Abbauprodukte können aber lokale pH-Wert Änderungen in den sauren Bereich hervorrufen und werden zudem von Makrophagen, die ihrerseits Entzündungsreaktionen bewirken können, abgeräumt. Beide Aspekte vermögen die Knochenneubildung zu limitieren.

Die allgemeine Einschränkung der Anwendung der Guided Bone Regeneration liegt in der Defektausdehnung selbst begründet.

Die Angiogenese aus der knöchernen Umgebung ist prinzipiell gegeben, durch Membranseparierung geht jedoch die regenerative periostale Potenz verloren. Neugebildetes Knochengewebe muß situationsanalog weitläufige Distanzen ohne periostale Subvention überbrücken.

Der kausale Effekt besteht in einer längeren Heilungsperiode bis zur Restitutio ad integrum.

## 5.9 Risikofaktoren-Komplikationen

Zur möglichst suffizienten Prävention von Komplikationen stellen die umfassende präoperative Anamnese und Diagnostik eine unabdingbare Prämisse dar.

Durch sie werden relevante lokale anatomische Gegebenheiten und allgemeine Risikofaktoren wie Nikotin-, Alkohol- und Drogenabusus, Diabetes, Knochensystemerkrankungen, hämatologische Erkrankungen, Radio- und Chemotherapie, multiple Pharmakotherapien, bekannte Allergien und Infektionserkrankungen erfaßt und in den gesamten Behandlungsprozess involviert.

Lokale postoperative Komplikationen können sich in Form von Schmerzen, (Nach-) Blutungen, Hämatomen, Schwellungen und Lokalinfektionen äußern. Die Primärintervention besteht je nach Ausprägung in der Gabe von analgetischen, antiphlogistischen und antibiotischen Chemotherapeutika, der lokalen Wunddesinfektion bzw. Wundrevision und der Applikation von Kryotherapie.

Auf die intraoperativen Besonderheiten wurde bei der Deskription der präimplantologischen Chirurgetechniken verwiesen.

Den erfolgreichen Abschluß jeder Augmentation bildet die intakte Weichgewebsdeckung des rekonstruierten Defekts. Bei exzessiven Lappennekrosen und Dehiszenzen mit konsekutiver Knochenexposition besteht die Gefahr der infektiösen Kompromittierung und infausten Transplantatprognose. Prädisponierende weichgewebsdevastierende Faktoren wie falsches Lappendesign, Druck durch herausnehmbaren Zahnersatz oder Provisorien, scharfkantige Transplantate und fehlerhaft positioniertes Osteosynthesematerial sind zu vermeiden. Exponierte bzw. sequestrierende Knochenteile sind zu revidieren, unter weiterführender lokaler antimikrobieller Therapie und begleitender systemischer Antibiose wird der sekundäre Wundverschluß angestrebt.

Bahat O. et al [62] empfehlen bei ausgedehnten horizontal-vertikalen Augmentationen die Vermeidung transmukosalen Drucks einer Prothese, da eine frühzeitige Weichgewebsretraktion oder der Verlust von Transplantatvolumen ausgelöst werden kann. Ihrer Erkenntnis nach sollte bei Infektion von Transplantaten nach Erregernachweis eine aggressive Antibiotikatherapie mit zusätzlichem Debridement loser Transplantatpartikel eingeleitet werden. Gelockerte freiliegende Osteosyntheseschrauben sind zur Vermeidung einer chronischen Migration von Mikroorganismen mit folgender Resorption des Transplantates zu entfernen.

## 5.10 Allgemeine Erfolgsfaktoren

Essentielle Faktoren die die augmentative Erfolgsrate kumulativ erhöhen, setzen sich aus folgender Auflistung zusammen:

- Optimale Patientencompliance und Orale Hygieneinstruktion
- umfassende präoperative Anamnese, Planung und Patientenaufklärung
- allgemeine präoperative konservierende-parodontale-oralchirurgische Sanierung zur Hygienisierung des Cavum oris
- steriles atraumatisch-chirurgisches Vorgehen
- prä-, peri- und postoperative chemotherapeutische Abdeckung
- mechanische Ruhe durch Transplantatfixierung mittels Osteosynthesematerialien
- dehissenzfreier dichter spannungsfreier Wundverschluß
- Vitalität, Durchblutung und regenerative Potenz des Empfängerlagers
- Qualität des transplantierten Knochens
- Recall

## 6. Material und Methode

Die Patientenauswahl der vorliegenden retrospektiven Studie erfolgte anhand der an der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Graz an der klinischen Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie vorgenommenen freien Knochentransplantationen.

Nach Studium sämtlicher Patientenakten wurden alle die Einschlusskriterien erfüllenden Patienten per Brief zur Nachuntersuchung an die Klinische Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie einbestellt. Von den zwischen Jänner 1999 und Dezember 2005 behandelten Personen kamen 30 Patienten dieser Aufforderung nach.

Zu den Einschlusskriterien zählten die kontinuierliche Dokumentierbarkeit der Patientenakten, der Ausschluß schwerwiegender Erkrankungen, Radio- bzw. Chemotherapie, grundsätzlich der fehlende Einsatz einer resorbierbaren oder nichtresorbierbaren Membran, die Verneinung von mikrovaskulären Anschlüssen und die alleinige Transposition autogenen freien Knochens ohne jeglichen allogenen-, xenogenen- oder alloplastischen Zusatz.

Die Gesamtuntersuchung verlief in drei Teilabschnitten. Primär wurden alle dokumentierten Befunde, Patientendaten und Operationsberichte recherchiert, die zweite Phase stellte die klinische Untersuchung dar.

Diese umfasste die Ermittlung der Hospitalisationsdauer, des Raucherstatus, der klinischen Überprüfung von Implantatlockerung, des modifizierten PI (Plaque Index) und SBI (Sulcus bleeding Index) nach Mombelli sowie die Anfertigung eines Orthopantomogramms.

Tertiär erfolgte die radiologische Evaluation des Knochenniveaus an Hand präoperativer, postaugmentativer und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung aktueller Orthopantomogramme.

Eine essentielle Anforderung der präimplantologischen Röntgendiagnostik stellt die genaue Informationsvermittlung bei gleichzeitig geringstmöglicher

Strahlenbelastung der PatientInnen dar, wobei dies durch ein Orthopantomogramm erfüllt wird. [39]

Die Nachteile eines Panoramaröntgens liegen in der positionsbedingten Verzerrung und in der geräteabhängigen Vergrößerung des Röntgenbildes im Gegensatz zur klinischen Ist-Situation. Der Vergrößerungsfaktor wird mit 1 : 1,2 – 1,7 beziffert. [21]

Um dieser Tatsache zu begegnen, wurde der Vergrößerungsfaktor jeder augmentierten Region berechnet und in die Untersuchung inkludiert.

Als Referenzstrukturen dienten bei einzeitigem Vorgehen die inserierten Implantate, bei zweizeitigem Protokoll wurden die vorhandenen Osteosynthesematerialien analysiert.

Die Vergrößerungseffekte in horizontaler Richtung werden stark von der Patientenposition beeinflusst, die reproduzierbare vergleichbare Genauigkeit der Horizontaldimension ist nicht gegeben. [39, 70]

Die Beurteilung der periimplantären Gewebe erfolgte mittels Sondierung gemäß der Klassifizierung durch den modifizierten Plaque Index (PI) und Sulcus Bleeding Index (SBI) nach Mombelli et al. [1, 38]

Dieses Screening erfüllt die von Beikler et al. [37] geforderten Bedingungen einer rapiden, effizienten, nichtinvasiven, patientenschonenden und ökonomischen Diagnostik.

Der modifizierte Plaque Index nach Mombelli bewertet die Plaqueakkumulation um die Implantate. Die Plaque wird dabei nicht angefärbt.

- Grad 0: keine Plaque durch Inspektion und Sondierung zu erkennen
- Grad 1: Plaqueansammlung die nur durch sulculäre Sondierung, aber nicht mit dem Auge sichtbar ist
- Grad 2: sichtbare Plaqueablagerung

- Grad 3: massive Plaqueablagerung

Der modifizierte Sulkus Bleeding Index nach Mombelli dient als Parameter von Entzündungen bei Implantaten.

- Grad 0: keine Blutung auf Sondierung
- Grad 1: isolierte sichtbare Blutung auf Sondierung
- Grad 2: linienförmige sichtbare Blutung auf Sondierung im Sulcusbereich
- Grad 3: starke Blutung auf Sondierung

Der Raucherstatus wurde in vier verschiedenen Gruppen definiert:

- ◇ Nichtraucher
- ◇ Raucher schwach (<10/d)
- ◇ Raucher stark (>10/d)
- ◇ Ehemalige Raucher (dabei schwach/stark)

Die Verteilung der Rekonstruktionsplastiken erfolgte in drei Gruppen:

- I.** Auflagerungsosteoplastiken
- II.** Sinuslift
- III.** Kombinationsosteoplastik aus Auflagerung und Sinuslift

## 7. Ergebnisse

### 7.1 Gesamtkollektiv

Das 30 PatientInnen umfassende Gesamtkollektiv gliederte sich in sieben Männer (23,3%) und 23 Frauen (76,6%) mit einem mittleren Alter von 44,5 Jahren (Minimum: 21-, Maximum: 75 Jahre).

Der Nachuntersuchungszeitraum betrug zwischen 16 und 105 Monaten mit einem Durchschnitt von 57 Monaten.

Bei 14 PatientInnen (46,6%) wurde eine Sinusbodenelevation, in 13 Fällen (43,3%) eine Auflagerungsosteoplastik und bei drei Patientinnen (10%) eine Kombinationsosteoplastik durchgeführt.

Als Donorregion kamen in 26 Fällen der Beckenkamm (86,6%), dreimal die Retromolarregion (10%) und einmal die Kinnregion (3,3%) zum Einsatz, wobei in das Augmentationsgebiet insgesamt 93 Implantate mit einem Durchschnitt von 3,1 (Minimum: 1, Maximum: 8) inseriert werden konnten.

Bei sieben Implantaten von vier Patientinnen fand keine knöcherne Einheilung statt.

Dies entspricht einer Gesamt-Implantatüberlebensrate von 92,5 %.

Bei den Implantationen wurde bei 13 Patienten ein einzeitiges (43,3%) und bei 16 Patienten ein zweizeitiges (53,3%) Operationsprotokoll verfolgt.

Bei einer Patientin (3,3%) hingegen mußte der Totalverlust des Augmentats verzeichnet werden.

Bezüglich des Nikotinabusus wurden laut Patientenangaben drei ehemalige Raucher (starke Raucher), sechs schwache Raucher und ein starker Raucher ermittelt. Einer der schwachen Raucher gab zudem den regelmäßigen Konsum von Cannabis zu Protokoll.

Der mittlere stationäre Aufenthalt betrug im Mittel 6,96 Tage mit einem Minimum von zwei und einem Maximum von 13 Tagen.

## **7.2 Auflagerungsosteoplastik – Gruppe 1**

Die aus 13 Patienten bestehende Onlay-Gruppe wurde von vier Männern (30,7%) und neun Frauen (69,2%) gebildet.

Die untere Altersgrenze lag bei 21 Jahren, das Maximum betrug 59 Jahre, der Gruppendurchschnitt war mit 34,3 Jahren ermittelbar.

Der Nachuntersuchungszeitraum betrug im Mittel 53 Monate, mit einem Minimum von 20- und einem Maximum von 86 Monaten.

Zur Augmentation gelangte in zehn Fällen (76,9%) ein Beckenkammtransplantat, bei drei Patienten (23%) wurde retromolar Knochengewebe entnommen.

Die Transplantate dienten im Oberkiefer in drei Fällen jeweils der Rekonstruktion einer Einzelzahnregion, viermal konnte die Oberkieferfront, in zwei Fällen die Unterkieferfront, bei drei Patienten der rechte Unterkiefer und einmal der dritte Quadrant rekonstruiert werden.

Zusammenfassend erfolgte zu 46,1% die Augmentation in mandibulären Regionen und zu 53,8% in maxillären Abschnitten.

In den transplantierten Knochen konnten im Mittel 2,3-, mindestens ein und im Maximalfall sechs Implantate verankert werden. Insgesamt wurden in der Auflagerungsgruppe 30 Implantate gesetzt.

Darüber hinaus wurden in der Onlay-Gruppe keine Implantatverluste verzeichnet, was einer implantären Erfolgsrate von 100% entspricht.

Der Längendurchschnitt der inserierten Implantate betrug im Mittel 13,54 mm, ferner waren bei jedem Patienten mindestens elf Millimeter lange Implantate bis hin zu maximal 15 mm langen Implantaten integrierbar.

Bei elf Patienten (84,6%) wurde ein zweizeitiges Operationsprotokoll verfolgt, einmal (7,6%) ging man einzeitig vor, in einem Fall (7,6%) wurde der transplantäre

Totalverlust und damit konsekutiv keine weitere Implantationsmöglichkeit dokumentiert.

Die Hospitalisationsdauer war im Mittel mit 6,5 Tagen, mindestens mit zwei Tagen und maximal mit zwölf Tagen eruierbar.

In der Onlay-Gruppe befanden sich acht Nichtraucher, drei schwache Raucher und zwei ehemalige Raucher, die jedoch unmittelbar bis zur Operation der Stark-Raucher Gruppe zugerechnet werden konnten.

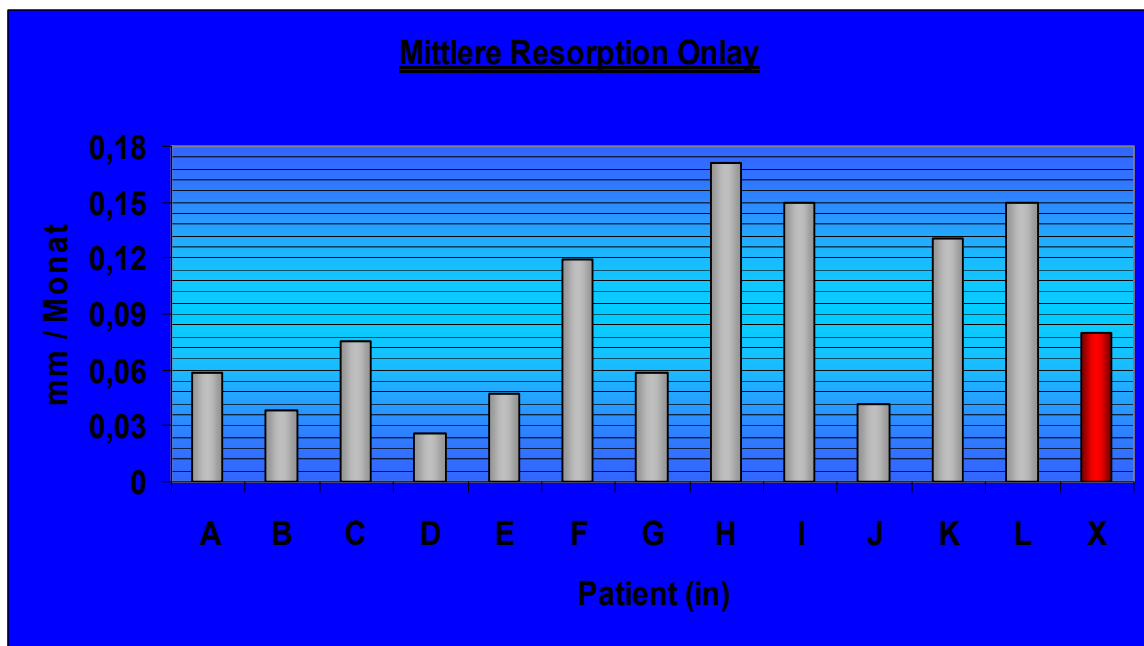
Eine Person aus der Schwach-Rauchergruppe gab zusätzlich den regelmäßigen Cannabis-Konsum an.

Bezüglich der subjektiven Patientenzufriedenheit gaben zwei Patienten in der augmentierten Unterkieferfront Sensibilitätsstörungen an, die jedoch auf die äthiologische starke Traumatisierung dieses Bereichs zurückzuführen waren.

Eine Patientin erlitt die Totalresorption ihres Transplantates. Die postoperative provisorische Versorgung führte zu multiplen Druckstellen und Fistelungen zum Knochen.

Die Patientin wurde angewiesen, das Provisorium nicht mehr zu tragen. Nach einem Auslandsaufenthalt wurde die Patientin erneut vorstellig, wobei in der klinischen und radiologischen Untersuchung die hochgradige Resorption des Knochenaufbaus feststellbar war. Es darf bezweifelt werden, ob sich jene Patientin an die ärztliche Unterweisung gehalten hat. Auf Grund dieser Umstände wurde die Patientin von der Vermessungsreihe und der folgenden grafischen Umsetzung ausgeschlossen.

Die in Abbildung 35 dargestellte Grafik verdeutlicht die individuellen mittleren Resorptionswerte in mm / Monat in Relation zum dazugehörigen Nachuntersuchungszeitraum.



**Abbildung 35**

Die minimale mittlere Resorptionsrate war mit 0,026 mm / Monat, die maximale mittlere Resorptionsrate war mit 0,171 mm / Monat ermittelbar. Die in rot dargestellte Position X stellt den mit 0,08 mm / Monat eruierten gruppenspezifischen Durchschnitt dar.

Die erhobenen PI und SBI-Werte korrelierten signifikant mit den überdurchschnittlichen Resorptionsraten. Konsekutiv wiesen Nichtraucher mit niedrigen Index-Werten die niedrigsten Resorptionsraten auf.

Die niedrigste Resorptionsrate wies jene Patientin (Nichtraucher sowie SBI und PI-Grad 0) mit einzeitigem Operationsprotokoll auf.

Die Gesamtresorptionen bezogen auf den individuell-unterschiedlichen Nachuntersuchungszeitraum sind in Abbildung 36 grafisch dargestellt.

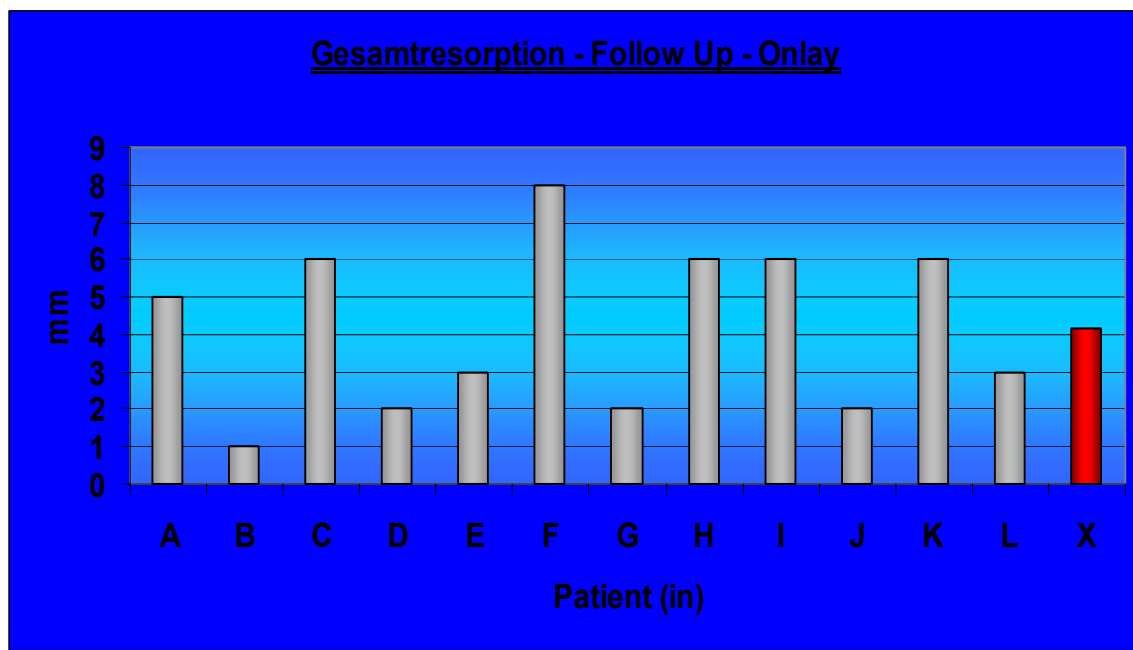


Abbildung 36

Wie der Abbildung zu entnehmen ist, belief sich die minimale festgestellte Gesamtresorption auf einen-, die maximale Gesamtresorption auf acht Millimeter. Der Gruppendurchschnitt (X) lag bei 4,16 Millimeter.

Abbildung 37 vermittelt die mittlere Resorptionsrate in mm / Monat bezogen auf die Donorregion.

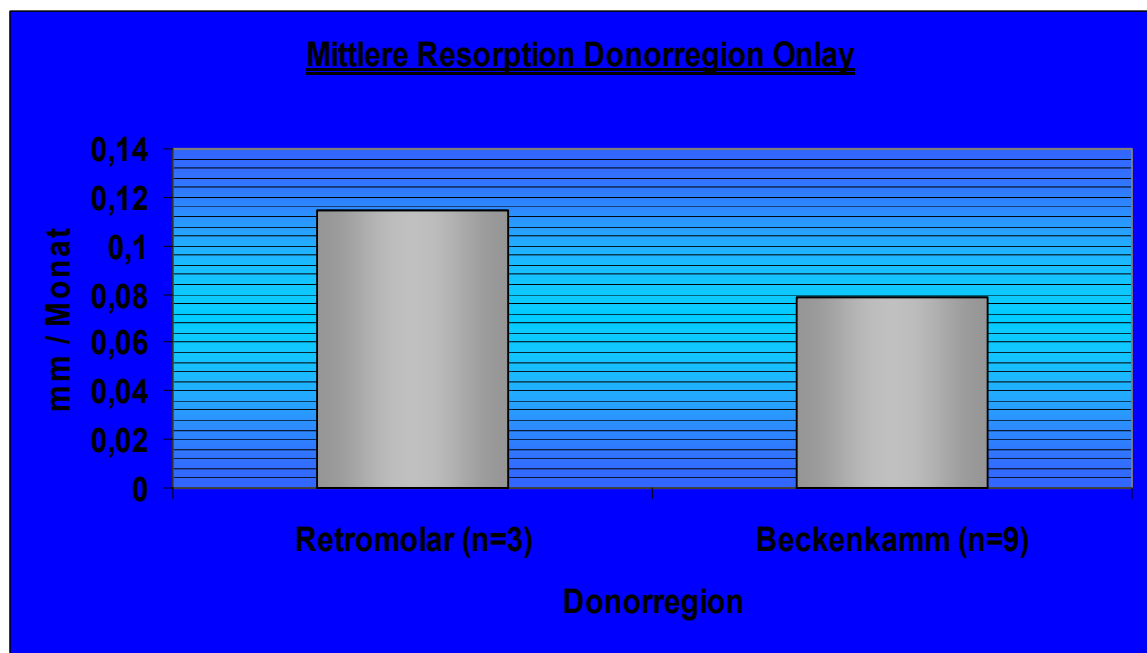


Abbildung 37

Die im Vergleich zum Beckenkamm erhöhten Werte der retromolaren Transplantate reflektierten die erhobenen patientenspezifischen Indices.

Die mittlere Resorption des retromolaren Knochens lag bei 0,115 mm / Monat, beim Beckenkamm waren im Schnitt 0,079 mm / Monat verifizierbar.

#### Komplikationen:

Bei einem Patienten wurde aufgrund des transplantären Lingualstandes eine Reosteotomie mit Fixation über Plattenosteosynthese vorgenommen.

### **7.3 Sinuslift – Gruppe 2**

Der 14 Patienten umfassenden Sinusliftgruppe gehörten drei Männer (21,4%) und elf Frauen (78,5%) an.

Das Minimalalter betrug 27-, das Maximalalter 75 Jahre, bei einem gruppenbezogenen Durchschnitt von 51,3 Jahren.

Der Nachuntersuchungszeitraum war im Minimum mit 16 Monaten, maximal mit 105 Monaten und im Mittel mit 64,6 Monaten verifizierbar.

Die Augmentate entstammen einmal (7,1%) der Kinnregion, in 13 Fällen kam ein Beckenkammtransplantat (92,8%) zum Einsatz.

Der gewonnene Knochen wurde bei fünf Patienten (35,7%) bilateral eingebracht, bei den restlichen neun Patienten (64,2%) erfolgte eine unilaterale Verpflanzung. Unter den einseitigen Sinuslifts wurde sechs Mal (66,6%) linksseitig und drei mal rechtsseitig (33,3%) augmentiert.

In der Sinuslift-Gruppe konnten im Mittel 3,4-, mindestens ein und maximal acht Implantate integriert werden. Die Gesamtimplantanzahl der Sinusliftgruppe betrug 48.

Fünf Implantatverluste bei drei Patientinnen mußten registriert werden. Damit lag in dieser Gruppe die implantäre Erfolgsrate bei 89,6%.

Ein einziges Implantat hatte eine Länge von neun Millimetern, die durchschnittliche Implantatlänge betrug hingegen 12,22 mm, das längste Implantat wies 15 mm auf.

Bei elf Patienten (78,5%) konnte einzeitig vorgegangen werden, bei weiteren drei Patienten (21,4%) wurde zweizeitig implantiert.

Der stationäre Aufenthalt betrug im Minimum vier-, im Maximum 13 Tage mit einem gruppenspezifischen Mittelwert von sieben Tagen.

In der Sinuslift-Gruppe waren elf Nichtraucher, ein schwacher Raucher, ein starker Raucher und ein starker ehemaliger Raucher zu verzeichnen. Dessen Nikotinabstinenz setzte laut Patientenangaben ebenfalls zum Operationszeitpunkt ein.

Abbildung 38 zeigt die grafische Darstellung der mittleren individuellen Resorptionsraten in mm / Monat bezogen auf den Nachuntersuchungszeitraum.

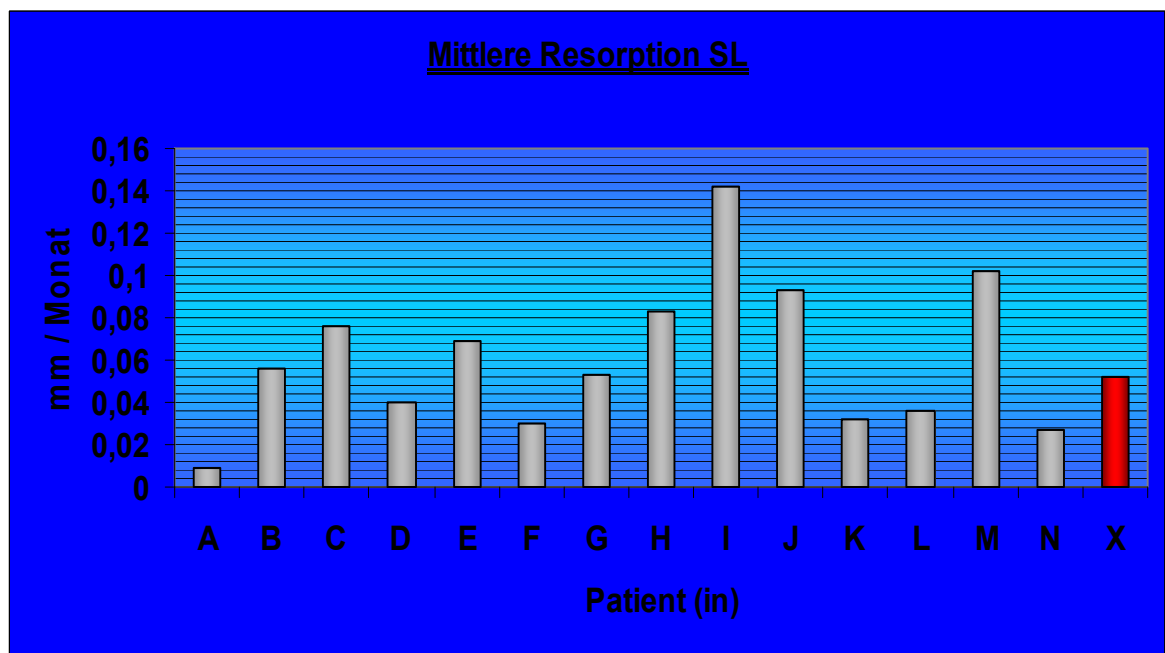


Abbildung 38

Die Minimalresorptionsrate lag bei 0,009 mm / Monat, die höchste mittlere Resorption lag bei 0,142 mm / Monat. Position X demonstriert den gruppenbezogenen Durchschnitt mit 0,052 mm / Monat.

PatientIn „B“ konnte der Starkrauchergruppe zugeordnet werden, wies jedoch einen niedrigen SBI- und PI-Wert auf.

Die übrigen überdurchschnittlichen PatientInnen hingegen, verzeichneten erhöhte Index-Werte.

Bezüglich der einzeitigen und zweizeitigen Vorgehensweise waren keine signifikanten Unterschiede ermittelbar.

Die Verteilung der einzelnen Gesamtresorptionen gibt Abbildung 39 wieder.

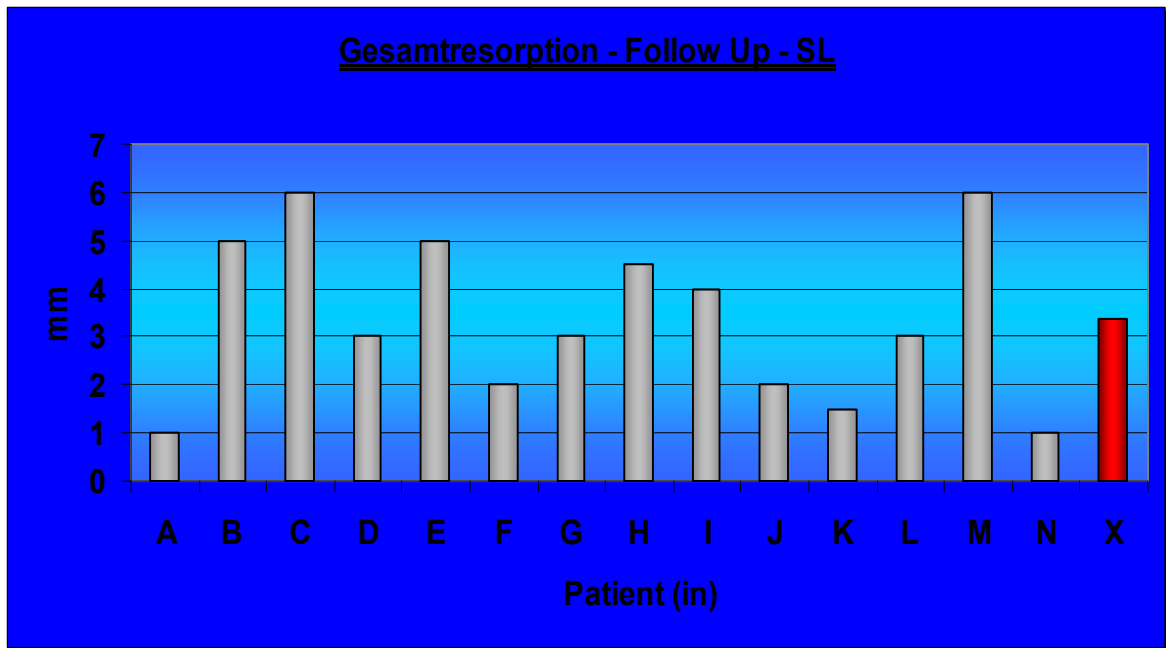


Abbildung 39

Der niedrigste gemessene Wert lag bei einem, der höchste bei sechs Millimeter. Die mittlere Gesamtresorption (X) belief sich auf 3,357 mm.

In Abbildung 40 ist die auf die Donorregion bezogene mittlere Resorptionsrate dargestellt.

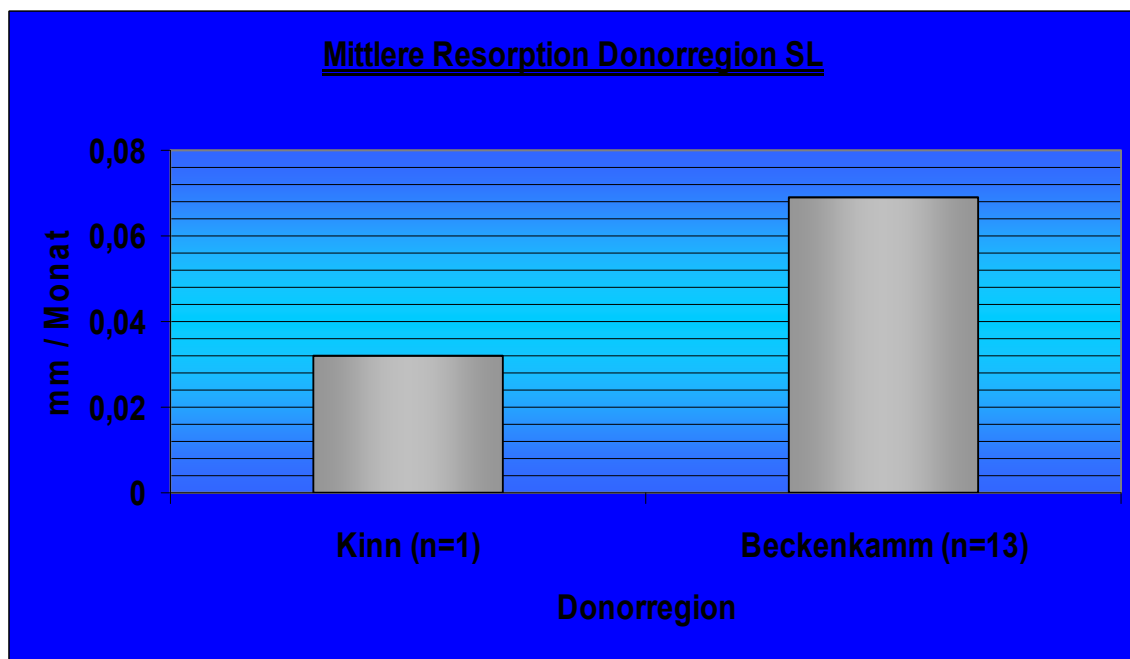


Abbildung 40

Die Beckenkammtransplantate zeigten eine mittlere Resorption von 0,069 mm / Monat, das Kinntransplantat resorbierte mit 0,032 mm / Monat.

Komplikationen:

Bei einer Patientin wurde der Einriß der Schneider`schen Membran über einem Septum festgestellt, die Adaptation derselben erfolgte mittels Fibrinkleber. In weiterer Folge konnte bei jener Patientin keine erhöhte Resorption ermittelt werden.

Bei dem Patienten mit dem Kinntransplantat trat einen Monat postoperativ eine Sinusitis maxillaris auf, die jedoch in Zusammenhang mit einem allgemeinen grippalen Infektes gesehen werden konnte. Nach chemotherapeutischer Intervention heilte diese komplikationslos aus.

## 7.4 Kombinationsosteoplastik – Gruppe 3

Die aus drei Patienten bestehende Kombinationsgruppe wurde von drei Frauen (100%) gebildet.

Das Minimalalter lag bei 50-, die obere Altersgrenze bei 69 Jahren, bei einem Durchschnitt von 51,3 Jahren.

Die Nachuntersuchung erfolgte im Minimum 18-, im Maximum 65 Monate postoperativ, der mittlere Nachuntersuchungszeitraum betrug 39,3 Monate.

Der gewonnene Knochen entstammt in allen drei Fällen (100%) dem Beckenkamm und wurde zu 100% bilateral ein- und aufgebracht.

Darin konnten minimal vier-, maximal sechs und durchschnittlich fünf Implantate inseriert werden. Insgesamt wurden in der Kombinationsgruppe 15 Implantate gesetzt.

Bei einer Patientin heilten zwei Implantate nicht knöchern ein und mußten explantiert werden.

Die gruppenspezifische Erfolgsrate lag bei unserem Kollektiv bei 86,7%.

Die implantäre Minimallänge betrug 9,5 mm bei einer Mittelwertlänge von 11,7 mm. Maximal waren 14 mm lange Implantate verankerbar.

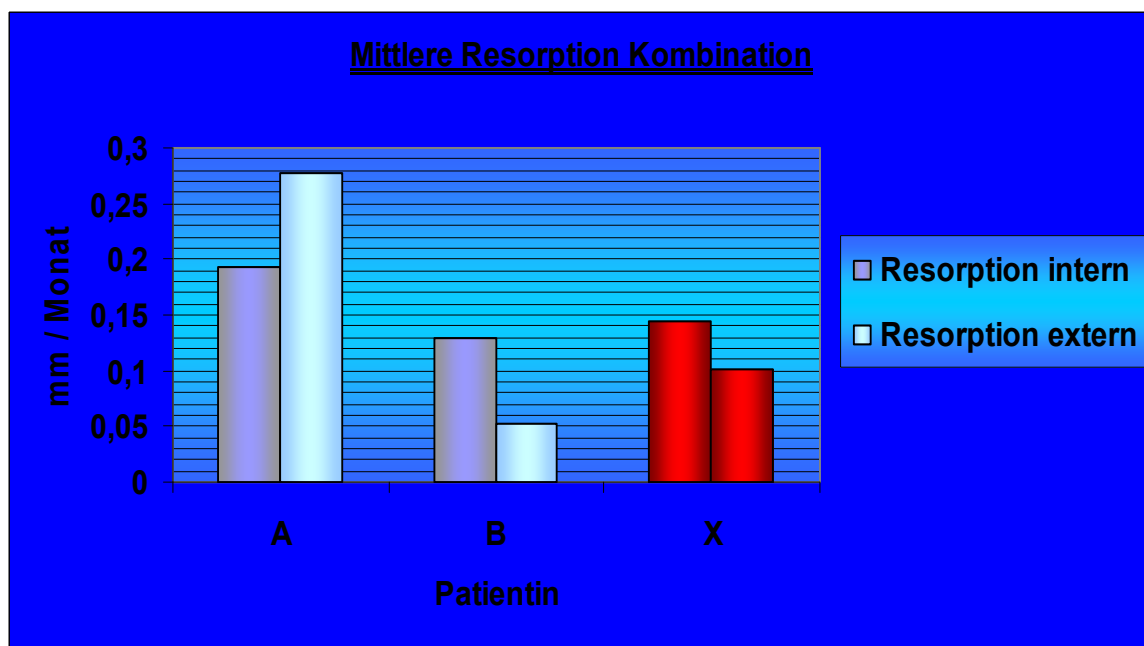
Bei einer Patientin (33,3%) erfolgte die Behandlung einzeitig, bei den zwei weiteren Patientinnen (66,6%) wurde zweizeitig vorgegangen.

Die Hospitalisierung belief sich minimal auf sechs-, maximal auf elf Tage, der Durchschnitt betrug 8,6 Tage.

Die Kombinationsgruppe setzte sich des Weiteren aus einer Nichtraucherin und zwei schwachen Raucherinnen zusammen.

Die Röntgenbilder einer Patientin waren radiologisch-vermessungstechnisch nicht verwertbar, daher wurde diese von der Vermessung ausgeschlossen.

Die mittlere Resorption (mm / Monat) der übrigen beiden Patientinnen wird in Abbildung 41 demonstriert.



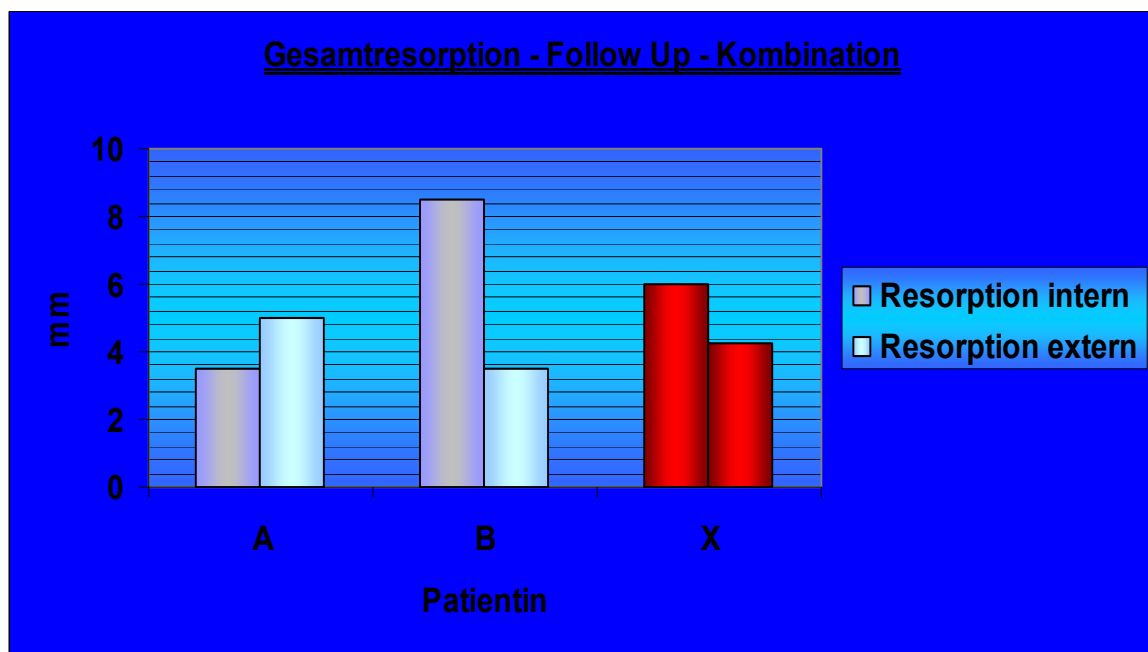
**Abbildung 41**

Bei den Kombinationsosteoplastiken werden die interne (Sinuslift) und die externe (Onlay-Osteoplastik) Resorption getrennt dargestellt.

Patientin „A“ wies eine mittlere interne Resorption von 0,194 mm / Monat auf, bei Patientin „B“ lag die mittlere interne Resorption bei 0,13 mm / Monat. Der Durchschnitt war mit 0,102 mm / Monat ermittelbar.

Bezüglich der externen Resorption zeigte Patientin „A“ eine mittlere Resorption von 0,277 mm / Monat, bei Patientin „B“ war eine mittlere Resorption von 0,053 mm / Monat feststellbar. Der Schnitt lag bei 0,144 mm / Monat.

Abbildung 42 zeigt die erhobenen Gesamtresorptionen.



**Abbildung 42**

Patientin „A“ verlor insgesamt 3,5 mm an internem Knochen, Patientin „B“ zeigte eine interne Resorption von 8,5 mm.

Extern aufgelagertes Knochengewebe resorbierte bei Patientin „A“ mit einem Wert von fünf Millimetern, Patientin „B“ verlor 3,5 Millimeter.

Der interne Resorptionsschnitt (X) lag bei sechs Millimetern, extern resorbierten im Mittel 4,25 mm.

Bei beiden Patientinnen handelte es sich um schwache Raucherinnen mit hohem SBI- und PI-Grad.

**Komplikationen:**

Bei Patientin „B“ trat eine bilaterale Ruptur der Schneider'schen Membran auf. Die Adaptation erfolgte mittels Biogide-Membran, postoperativ waren keine inflammatorischen Reaktionen feststellbar.

## 8. Diskussion

Multifaktorielle katabole Ätiologien beeinflussen die Knochenlager von Ober- und Unterkiefer in vertikaler und horizontaler Ausdehnung. Mit Eintritt bzw. der Progredienz devastierender Einflüsse verschlechtert sich die knöcherne Ausgangssituation und limitiert die Möglichkeit implantatgetragener prothetischer Restaurationen.

Im Falle einer rekonstruktiven Kieferkammaugmentation bietet insbesondere das autologe Knochentransplantat positive Aspekte wie Osteokonduktivität, Osteoinduktivität, Biotolerabilität, variable Transplantatgeometrie [48], im Fall enoraler Entnahmestellen die Möglichkeit der ambulanten Intervention unter lokaler Anästhesie, keine persistierende kutane Narbe [68] sowie die Nähe zwischen Spender- und Empfängerregion und dem damit verbundenen verhältnismäßig erleichtertem chirurgischen Zugang. Befürworter freier Knochentransplantate führen diese Gründe ins Treffen und bezeichnen autologen Knochen demnach als Goldstandard.

Gegenargumente inkludieren vor allem die Punkte Spendermorbidity, die unsichere Resorption freier Transplantate und im Fall extraoraler Entnahmestellen die notwendige Intubationsnarkose und Belastung des Patienten sowie hohe Kosten aufgrund der erforderlichen Hospitalisierung. Horch H.H. et al. [30] erörtern zudem die bakterielle Kontamination eines Transplantates bei intraoraler Knochenentnahme als bedenkenswerten potentiellen Nachteil.

Kuttenberger J.J. et al. [40] erbrachten in einer mikrobiologischen Untersuchung mittels Knochenkollektor bei Implantationen gewonnenen Materials den Nachweis von insgesamt 37 verschiedenen Bakterien in 87,2% der Proben. Im Durchschnitt waren 3,6 verschiedene Keime / Probe diagnostizierbar. Allerdings war nach Spülung der Knochenkollektoren mit 200ml 0,1% Chlorhexidinlösung bei 64,7% der kontaminierten Proben keine bakterielle Aktivität mehr nachweisbar. 23,5% zeigten eine signifikante Reduktion, bei 11,8% der Proben wurde keine Keimreduktion erreicht.

Aufgrund der zur Zeit den alloplastischen Knochenersatzmaterialien noch überlegenen synergistischen Positiva wird die Verwendung autologen Knochens in zahlreichen Studien zur Kieferkammerhöhung, Kieferkammverbereitung und der Sinusbodenelevation beschrieben.

Bezüglich der Sinusbodenaugmentation dominieren in der Literatur zum einen der auf Tatum zurückgeführte direkte externe faciale Fenster-Zugang, zum anderen die indirekte interne transkrestale Osteotomie nach Summers.

Tetsch J. et al [43] zeigten in einer planimetrischen Untersuchung der Orthopantomogramme von 100 PatientInnen bei externer Technik eine erreichte Flächenzunahme von 164%, bei internem Vorgehen hingegen wurde ein Zuwachs von 68% verzeichnet.

Alternativ wurden sinusbezogene Zugänge bzw. Techniken wie die Trepanosteotomie [42] der facialis Kieferhöhlenwand oder die Press-Fit-Technik (Dowel lift) [44] veröffentlicht.

Nach Emtiaz S. et al. [42] bietet die Trepanosteotomie die Vorteile eines reduzierten Zeitaufwandes, einer präziseren variablen Osteotomie sowie des membranlosen Verschlusses des Operationssitus durch den mittels Trepanbohrern entnommenen Knochen. Als Nachteil wird die systembezogene intraorale Zugänglichkeit erachtet.

Die Press-Fit-Technik [44] ermöglicht den minimalinvasiven Zugang in Kombination mit größerem Knochengewinn.

Bezüglich der Ablation der Schneidersch`en Membran stellten Benner K.-U. et al. [45] in einer präklinischen Studie an formalinfixierten Humanpräparaten alternativ die ballonassistierte Sinusbodenschleimhautelevation vor. Über einen minimalinvasiven transkrestalen Zugang erfolgt die flächige Anhebung der Schleimhaut durch Flüssigkeitsinsufflation eines Ballons. Rupturen der Membran wurden dabei nicht beobachtet.

Marx R. E. et al. [47] berichteten über die Applikation eines mit zwei Prozentigem Lidocain und 1:100.000 epinephringetränkten Wattebauschs. Die Vorteile liegen in

der verbesserten Darstellung des Operationsgebietes infolge Gefäßverengung und Blutstillung, einer behutsamen Elevationsoption der Sinussschleimhaut und in der richtungsweisenden Orientierungsinformation des benötigten Augmentationsvolumens.

Viele international publizierte Studien [48-61] befassen sich mit sinusrelevanten Nachuntersuchungen sowie mit intra- und postoperativen Komplikationen und deren Auswirkung auf das Operationsergebnis und die inserierten Implantate.

Alle Autoren zeigen sich über die sichere Behandlung der Sinuslifttechnik einig.

Die Implantatüberlebensrate lag den Studien zufolge bei über 90%.

Das Auftreten einer postoperativen Sinusitis war in bis zu 20% der Fälle [48] diagnostizierbar. Nach Therapie mittels Dekongestionsmitteln und Antibiotika heilten diese in überwiegender Zahl komplikationslos aus.

Timmenga M.N. et al. [53, 60] und Raghoobar G.M. et al. [56] beobachteten das Auftreten einer transienten Sinusitis vor allem bei prädispositionellen PatientInnen. Gesunde waren nur vereinzelt oder gar nicht betroffen.

Die konsekutive Schlußfolgerung besteht in einem präoperativem nasomaxillärem Screening und einer oralchirurgisch-präoperativen bedarfsorientierten Behandlung.

In einer Fallpräsentation berichtet Maksoud M. [54] über die Notwendigkeit, den Sinus maxillaris bei einer Sinusbodenelevation nicht unmittelbar bis zum Ostium naturale zu augmentieren, um nachfolgende Zirkulationsstörungen mit massiver Patientenbeeinträchtigung zu verhindern.

Bezüglich der intraoperativen Komplikationen wurde übereinstimmend mit absoluter Häufigkeit das Auftreten einer Perforation in bis zu 44% der Fälle [49] angeführt. Die Auswirkungen einer iatrogenen Ruptur der Schneider`schen Membran werden hingegen kontroversiell diskutiert.

Während manche Autoren [49, 55, 58, 61] keine Signifikanz zwischen Perforation und Implantatverlust sahen, veröffentlichten Hernandez-Alfaro F. et al. [59] gegenteilige Erkenntnisse. Sie teilten ihre Population in Abhängigkeit der

Perforationsgröße in drei Gruppen ein und stellten eine mit der Defektgröße signifikant verbundene Reduktion der Implantatüberlebensrate auf 74,14% fest.

Darüber hinaus beobachteten Ardekian L. et al. [55] bei einem residualen Alveolarkamm von 3 mm Höhe eine Perforation in 85% der Fälle, bei einer Höhe von 6 mm ruptierten 25%.

Sowohl Sinusbodenaugmentationen, vertikale, horizontale, als auch kombinierte Osteoplastiken mit autologem Knochen finden in vielfachster Weise Eingang in die internationale Literatur und erzielen konsensuell zufriedenstellende Ergebnisse. [66-68, 70-74]

Folgt man aber nach unseren Studienkriterien der aktuellen Literatur hinsichtlich alleiniger autologer Knochentransposition ohne den additiven Einsatz anderer Augmentationsverfahren bzw. Knochenersatzmaterialien, konnten - den nachfolgenden Erläuterungen entsprechend - kaum vergleichbare Ergebnisse gefunden werden.

Eine exemplarische literaturrepräsentative Arbeit wurde von Schwartz-Arad D. et al. [78] veröffentlicht. In dieser wird laut Titel eine - auf den autogenen Knochen bezogene - mehrstufige Augmentation mit intraoralen Knochentransplantaten aus dem Ramus- sowie Symphysenbereich dargestellt.

Folgt man jedoch der weiteren Deskription, wurden kortikospongiöse und bovine Partikel (Bio-Oss) zwischen Transplantat und Empfängerregion eingebracht. Darüber hinaus wurde die augmentierte Region mit einer resorbierbaren Membran (Bio-Gide) abgedeckt. Zuletzt wurde plättchenreiches- sowie plättchenarmes Plasma dem gesamten Augmentationsareal zugeführt.

Jede der erwähnten zusätzlich eingesetzten Maßnahmen ist für sich Gegenstand intensiver Forschung, findet aber weder im Titel, noch im zur Orientierung dienenden Abstract Erwähnung.

Für die spezifische Literaturrecherche mit nachfolgender Diskussion ist die derartige allgemeine Systematik einer Veröffentlichung irre- sowie nicht zielführend und verhindert einen direkten Vergleich.

Des Weiteren werden Informationen über die evidente jeweilige Knochenresorption in heterolog-kontroversieller Art publiziert.

So veröffentlichten Block M. S. et al. [66] eine Studie zur tomographischen Ermittlung des Knochenniveaus nach Sinuslifttherapie. Vermessen wurden die Höhe der verschiedenen Sinusaugmentate bis zum Alveolarkamm als Bone-level 1 sowie als Bone-level 2 die Höhe der Augmentate bis zum implantären Apex. In der einzigen „echten autologen Gruppe“ mit partikuliertem Beckenkamm wurde eine durchschnittliche Resorption von 1,8 mm für Bone-level 1 und 2,7 mm für Bone level (Gesamt 4,5 mm) eruiert.

Hinsichtlich des genauen zeitlichen Resorptionsverlaufs erfolgten keine Angaben.

Schlegel K. A. et al. [67] publizierten in ihrer Untersuchung den mittels Orthopanthomogrammebeurteilung eruierten rechnerischen vertikalen Knochenabbau. Die Resorption wurde als prozentualer Teil der Knochenaugmentation ausgedrückt, wobei die initiale Augmentationshöhe als Referenzwert mit 100% angenommen wurde. Nach fünf Jahren belief sich die durchschnittliche vertikale Resorption der Auflagerungsplastiken auf 24,97% (= 4,29 mm), bei den Sinuslifts wurden nach fünf Jahren durchschnittlich resorptive 29,09% (= 3,16 mm) festgestellt und bei den kombinierten Osteoplastiken waren nach fünf Jahren im Mittel noch 65,07% (= 8,28 mm) des Augmentats erhalten.

Levin L. et al. [68] vermaßen in Anlehnung an Haas R. et al. [69] in Orthopanthomogrammen das marginale Knochenniveau anhand der Implantatwindungen. Das zum Nachuntersuchungszeitpunkt aktuelle Knochenlevel wurde vom unmittelbar postimplantären Knochenniveau subtrahiert. Der periimplantäre distale und mesiale Knochenverlust wurden eruiert und zur Angabe der Knochenresorption gemittelt. Ohne konkrete Zuordnung des Nachuntersuchungsintervalls wurde der marginale Knochenverlust mit 0,0 – 3,3 mm beziffert.

Cordaro L. et al. [70] postulierten ihre Ergebnisse im Rahmen der Kieferkammaugmentation mit mandibulären Blocktransplantaten. Ihre zur krestalen Knochenvermessung vorgesehenen Referenzpunkte waren die vestibulären Höckerspitzen und Incisalkanten der den Augmentationsarealen benachbarten Zähne. Im Verlauf der Einheilung der Knochentransplantate stellten sie eine durchschnittliche vertikale Reduktion von 42% fest.

Chiapasco M. et al. [73] präsentierten ihre Untersuchungsergebnisse autogener Knochentransplantate zur Unterkieferrekonstruktion nach Tumorresektion. Ihre radiologische Ermittlung der Knochenresorption erfolgte durch periimplantäre mesiale und distale Messung der knöchernen Niveauunterschiede zwischen Implantatschulter und des koronalsten Teils des direkten Knochen-Implantat-Kontaktes. Maximal wurde eine Knochenverlustrate von drei Millimetern angegeben.

Verhoeven J. W. et al. [79] setzten in ihrer Arbeit die kephalometrische Röntgenuntersuchung zur Bestimmung der Knochenresorption ein. Die Höhenvermessungen der aufgelagerten Beckenkammtransplantate erfolgten genau 5,75 mm ventral sowie 7,5 mm distal parallel zur Längsachse der inserierten Implantate. Die verbliebene Höhe der aufgelagerten Transplantate wurde durch Subtraktion der präaugmentativen Höhe des Unterkieferkörpers von der postaugmentativ erreichten Gesamtdimension ermittelt.

Verhoeven J. W. et al. stellten dabei eine mittlere 25%-ige Abnahme der Gesamthöhe der Transplantate nach sechs Monaten fest. Während der weiteren Beobachtungszeit verifizierten sie keine zusätzliche transplantäre Reduktion.

In einer weiteren Arbeit stellten Verhoeven J. W. et al. [80] eine modifiziertere Meßmethode vor. In lateralen Schädelröntgenaufnahmen in Kombination mit einem Bildanalysesystem definierten sie mit drei Linien die präaugmentative obere und untere Kontur des Unterkiefers sowie die postaugmentative Grenze des Transplantates.

Abermals wurde durch Substraktion die verbliebene Knochenhöhe eruiert. Die radiographische Auswertung wurde an fünf parallel zur zentralen implantären Längsachse definierten Punkten vorgenommen. Diese befanden sich in zwei, fünf und zehn Millimeter dorsaler sowie zwei und fünf Millimeter ventraler Entfernung zum Implantatzentrum. Die vermessenen Werte wurden gemittelt und proportionell zur Transplantathöhe des ersten Röntgenbildes dargestellt.

Im Durchschnitt verblieben nach zehn bis elf Jahren 51% der aufgebauten Knochenhöhe. Dabei lagen 95% der Patienten in einer Bandbreite von 41-61% der residualen Transplantathöhe.

In einer anderen Studie vermaßen Schlegel K. A. et al. [83] in Orthopanthomogrammen den Knochenabbau. Als Referenzgröße für die eingetretene Knochenresorption wurden die Länge der inserierten Implantate verwendet. Der Knochenverlust wurde dabei als prozentualer Teil der Implantatlängen ausgedrückt.

Bei 36 Implantaten konnte kein Knochenabbau festgestellt werden, 29 Implantate wiesen einen periimplantären Knochenverlust auf, wobei bei 26 Implantaten bis zu 25 % und bei drei Implantaten bis zu 50% Knochenverlust beobachtet wurde.

In Hinblick einer internationalen Objektivierbarkeit assoziiert mit erweitertem Erkenntnisgewinn und gesteigerter Qualitätssicherung wäre eine standardisierte konsensuelle Meßmethodik und Dokumentation wünschenswert.

Zudem sollte eine genaue Darstellung, Trennung oder gegebenenfalls Summation der Augmentationstechniken bezüglich der eingesetzten Technologien stattfinden, um erzielte Ergebnisse einwandfrei beurteilen- und nach Möglichkeit einordnen zu können.

Welche Kriterien dabei in genauem Detail zu berücksichtigen sein werden, ist mit Sicherheit in weiterführenden umfassenden Diskussionen zu erwägen.

Zur grenzübergreifenden Verständigung wäre ein einheitlicher Score sicherlich einfacher und diskussionsloser zu erfassen.

Eine ähnliche Problematik veröffentlichten auch Buch R.S. et al [65] in ihrer Publikation zu den Erfolgskriterien in der Implantologie. Die Anwendung der Kriterien nach Albrektsson, Jahn-d'Hoedt, Buser, NIH und Naert auf dasselbe vorliegende Implantatkollektiv ergaben unterschiedlichste Erfolgsraten von 75 – 89% bei einer In-Situ Rate von 95% nach sechs Jahren.

Schwartz-Arad D. und Levin L. et al. [75-77] veröffentlichten in ihren Arbeiten in Hinblick der evaluierten Augmentate die Häufigkeitsverteilung von Komplikationen zwischen Rauchern und Nichtrauchern. Sie stellten fest, daß Raucher mit 50% eine gegenüber Nichtrauchern mit 23,1% erhöhte Komplikations – und Transplantatfehlrate aufwiesen. Die Autoren resümierten, die PatientInnen anzuhalten, das Rauchen präoperativ aufzugeben bzw. die Behandlungsmethodik der Alveolarkammaugmentation bei rauchenden PatientInnen nicht einzusetzen.

Potentielle Komplikationen im Rahmen der autologen Knochentransplantation wurden bereits in vorangegangenen Abschnitten diskutiert.

Einen interessanten Therapieansatz infizierter freier Knochentransplantate publizierten Lentrodt S. et al. [63] in einer Fallpräsentation.

Nach Tumorradikaloperation mit Zungen- und Mundbodenteilresektion, rechtsseitiger Neck dissection, linksseitiger suprahyoidaler Lymphknotenausräumung und postoperativer Nachbestrahlung wurde Jahre später eine ausgedehnte Osteoradionekrose mit pathologischer Fraktur des Unterkiefers diagnostiziert.

Vor der notwendigen mandibulären Kontinuitätsresektion unterzog sich der Patient einer hyperbaren Sauerstofftherapie. Postresektiv erfolgte die autologe freie Beckenkammtransplantation, wobei postoperativ Dehizenzen und Fistelungen auftraten.

Neben einer Antibiotikatherapie und lokaler Wundpflege unterzog sich der Patient fortführend der hyperbaren Sauerstofftherapie.

Aufgrund dieser Maßnahmen konnte das infizierte freie Transplantat trotz beeinträchtigter strahleninduzierter Ausgangssituation erhalten und funktionstüchtig integriert werden. Die hauptsächlich wirksamen Effekte der hyperbaren

Sauerstofftherapie liegen in der Unterstützung der Osteogenese, Anregung der (Neo-) Angiogenese und Multiplizierung der Sauerstoffdiffusionsstrecke .

## 9. Anhang

### 9.1 Literaturverzeichnis

1. Mombelli A., Van Oosten M. A. C., Schiirch E., Lang N. P., The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants, Oral Microbiol Immunol., 1987; 2: 145-151.
2. Hjørting-Hansen E., Bone grafting to the jaws with special reference to reconstructive preprosthetic surgery: A historical review, Mund Kiefer GesichtsChir., 2002; 6 : 6–14
3. Sadler T. W., Medizinische Embryologie, 9. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart / New York, 1998
4. Junqueira L.C., Carneiro J., Schiebler T.H., Zytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen unter Berücksichtigung der Histophysiologie, 4. Auflage, Springer Verlag, Berlin/ Heidelberg/ New York/ Barcelona / Budapest / Hongkong / London / Mailand / Paris / Santa Clara / Singapur / Tokio, 1996
5. Wachtler F., Lehrbuch der Zytologie, Histologie und Mikroanatomie des Menschen, 6. Auflage, Facultas-Universitätsverlag, Wien, 2000
6. Löffler G., Basiswissen Biochemie mit Pathobiochemie, 4. Auflage, Springer Verlag, Berlin / Heidelberg / New York / Barcelona / Hongkong / London / Mailand / Paris / Singapur / Tokio, 2001
7. Jerosch J., Bader A., Uhr G., Knochen, Georg Thieme Verlag, Stuttgart / New York, 2002

8. Fanghänel J., Pera F., Anderhuber F., Nitsch R., Waldeyer - Anatomie des Menschen, 17. Auflage, Walter de Gruyter Verlag, Berlin / New York, 2003
9. Wachter H., Hausen A., Reibnegger G., Chemie für Mediziner, 7. Auflage, Walter de Gruyter Verlag, Berlin / New York, 1996
10. Hafferl A., Thiel W., Lehrbuch der topographischen Anatomie, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin / Heidelberg / New York, 1969
11. Frick H., Leonhardt H., Starck D., Allgemeine Anatomie. Spezielle Anatomie I. Extremitäten - Rumpfwand - Kopf - Hals, 4. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart / New York, 1992
12. Platzer W., Taschenatlas der Anatomie, Band 1 – Bewegungsapparat, 8. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart / New York, 2003
13. Feneis H., Anatomisches Bildwörterbuch der internationalen Nomenklatur, 8. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart / New York, 1998
14. Leonhardt H., Tillmann B., Töndury G., Zilles K., Rauber / Kopsch – Anatomie des Menschen-Lehrbuch und Atlas, Band 1 Bewegungsapparat, 3. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart / New York, 2003
15. Schroeder H.E., Orale Strukturbiologie- Entwicklungsgeschichte, Struktur und Funktion normaler Hart- und Weichgewebe der Mundhöhle und des Kiefergelenks, 4. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart / New York, 1992
16. Horch H.-H. et al., Zahnärztliche Chirurgie, Praxis der Zahnheilkunde, Band 9, 4. Auflage, Urban & Fischer Verlag, München / Jena, 2003
17. Khoury F. et al., Augmentative Verfahren in der Implantologie, Quintessenz Verlag, 1. Auflage, Berlin / Chicago / Tokio / Barcelona / Istanbul / London /

Mailand / Moskau / Neu-Delhi / Paris / Peking / Prag / Sao Paulo / Warschau,  
2009

18. Wildburger A., Morbidität der Spenderregion nach enoraler Entnahme eines freien Knochentransplantates von Symphyse und Linea obliqua, Diplomarbeit, Medizinische Universität Graz, 2005; BMED 2006-569
19. Schwenzer N., Ehrenfeld M., Zahnärztliche Chirurgie, 4. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart / New York, 2009
20. Schroll K., Watzek G., Ausgewählte Kapitel der Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie, Band 3, Wilhelm Maudrich Verlag, Wien / München / Bern, 1998
21. Spiekermann H., Donath K., Jovanovic S., Richter J., Implantologie, Farbatlanten der Zahnmedizin, Band 10, Georg Thieme Verlag, Stuttgart / New York, 1994
22. Horch H.-H. et al., Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, Praxis der Zahnheilkunde, 4. Auflage, Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag, München / Jena, 2007
23. Schroll K., Watzek G., Zahnärztliche Chirurgie, Band 2, Wilhelm Maudrich Verlag, Wien / München / Bern, 1997
24. Schwenzer N., Ehrenfeld M., Zahn - Mund - Kieferheilkunde, Spezielle Chirurgie, Band 2, 3. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart / New York, 2002
25. Marx R. E., Garg A. K., Bone structure, Metabolism and Physiology: It's impact on dental Implantology, Implant Dent, 1998; 7: 267-276

- 26.** Van den Berg J. P. A., Bruggenkate ten C. M., Disch F. J. M., Tuinzing D. B., Anatomical aspects of sinus floor elevations, *Clin Oral Impl Res*, 2000; 11: 256–265.
- 27.** Boyne, P. & James, R. A., Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone, *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 1980; 17: 113–116.
- 28.** Tatum, O.H., Maxillary and sinus implant reconstruction, *Dental Clinics of North America*, 1986; 30: 207–229.
- 29.** Chrcanovic B. R., Custodio A. L. N., Inferior alveolar nerve lateral transposition, *J Oral Maxillofac Surg*, 2009; 13: 213-219
- 30.** Horch H. H., Pautke C., Regeneration statt Reparation. Eine kritische Bewertung des autogenen Knochentransplantates als „Goldstandard“ bei der rekonstruktiven Chirurgie im Kieferbereich, *Mund Kiefer GesichtsChir*, 2006; 10: 213–220
- 31.** Koymen R. et al., Anatomic evaluation of maxillary sinus septa: surgery and radiology, *Clinical Anatomy*, 2009; 22: 563–570
- 32.** Summers, R. B., The osteotome technique. Part 3 – less invasive methods of elevating the sinus floor, *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 1994; 15: 698–708.
- 33.** Pommer B., Unger E., Suto D., Hack N., Watzek G., Mechanical properties of the Schneiderian membrane in vitro, *Clin. Oral Impl. Res.*, 2009; 20/6: 633-637

34. Kaufman E., Maxillary sinus elevation surgery: An overview, J Esthet Restor Dent, 2003; 15: 272-283
35. Garg A. K., Augmentation Grafting of the Maxillary Sinus for Placement of Dental Implants: Anatomy, Physiology and Procedures, Implant Dent, 1999; 8: 36-46
36. Misch C. M., The Harvest of Ramus Bone in Conjunction With Third Molar Removal for Onlay Grafting Before Placement of Dental Implants, J Oral Maxillofac Surg, 1999; 57: 1376-1379
37. Beikler T. et al., Strategien zur Diagnose, Prävention und konservativen Therapie periimplantärer Komplikationen, Implantologie, 2005; 13/3: 211-222
38. Salvi G. E., Lang N. P., Diagnose des periimplantären Gesundheitszustandes, Implantologie, 2005, Sonderausgabe: 116-126
39. Hirsch E. et al., Präimplantäre Röntgendiagnostik - Informationsbedarf versus Strahlenbelastung, Implantologie, 2002; 10/3: 291-302
40. Kuttenger J. J. et al., Mikrobiologische Analyse - Mit Knochenkollektor bei dentaler Implantation gewonnenes Knochenmaterial, Mund Kiefer GesichtsChir, 2005; 9: 18-23
41. Woo I. et al., Maxillary Sinus Floor Elevation: Review of Anatomy and Two Techniques, Implant Dent, 2004; 13: 28-32
42. Emtiaz S. et al., An Alternative Sinus Floor Elevation Procedure: Trephine Osteotomy, Implant Dent, 2006; 15: 171-177
43. Tetsch J. et al., Planimetrische Untersuchungen nach Sinusbodenelevationen. Auswertungen prä- und postoperativer

Orthopanthomogramme von 100 Patienten, Deutscher Ärzte-Verlag Köln, Z Zahnärztl Impl, 2008; 24(2)

44. Draenert G. F., Ehrenfeld M., Eisenmenger W., Eine neue Technik zur indirekten Sinusbodenelevation mit Knochendübeln in Press-fit-Technik (Dowel-Lift). Kurze Vorstellung der ersten In-vitro-Ergebnisse., Mund Kiefer GesichtsChir, 2007; 11: 43–44
45. Benner K.-U., Bauer F., Heuckmann K.-H., Die ballonassistierte Sinusbodenschleimhaut (BASS) - Elevation - Anatomische Studien mit einer minimalinvasiven Technik des Sinuslifts, Implantologie, 2005; 13/1: 53-60
46. Underwood AS., An inquiry into the anatomy and pathology of the maxillary sinus, J Anat Physiol, 1910; 44: 354-69
47. Marx R. E., Garg A. K., A novel aid to elevation of the sinus membrane for the sinuslift procedure, Implant Dent, 2002; 11: 268-271
48. Block M. S., Kent J. N., Sinus Augmentation for Dental Implants: The use of autogenous bone, J Oral Maxillofac Surg, 1997; 55: 1281-1286
49. Schwartz-Arad D., Herzberg R., Dolev E., The prevalence of surgical complications of the sinus graft procedure and their impact on implant survival, J Periodontol, 2004; 75: 511-516
50. Wiltfang J., Merten H.-A., Ludwig A., Engelke W., Arzt T., Röntgenologische, endoskopische und sonographische Beurteilung der Kieferhöhle nach Sinuslift und simultaner Implantatinserktion, Mund Kiefer GesichtsChir, 1999; 3: 61-64

- 51.** Karabuda C., Arisan V., Özyuvaci H., Effects of Sinus Membrane Perforations on the succes of dental implants placed in the augmented sinus., J Periodontol, 2006; 77: 1991-1997
- 52.** Timmenga M. N., Raghoerbar G. M., Van Weissenbruch R., Vissink A., Maxillary sinusitis after augmentation of the maxillary sinus floor: a report of two cases., J Oral Maxillofac Surg, 2001; 59: 200-204
- 53.** Timmenga M. N., Raghoerbar G. M., Boering G., Van Weissenbruch R., Maxillary sinus function after sinus lifts for the insertion of dental implants, J Oral Maxillofac Surg, 1997; 55: 936-939
- 54.** Maksoud M. A., Complications after maxillary sinus augmentation: a case report, Implant Dent, 2001; 10: 168-171
- 55.** Ardekian L., Oved-Peleg E., Mactei E. E., Peled M., The clinical significance of sinus membrane perforation during augmentation of the maxillary sinus, J Oral Maxillofac Surg, 2006; 64: 277-282
- 56.** Raghoear G. M., Batenburg R. H. K., Timmenga M. N., Vissink A., Reintsema H., Morbidity and complications of bone grafting of the floor of the maxillary sinus for the placement of endosseous implants, Mund Kiefer GesichtsChir, 1999; 3/Suppl 1: 65–69
- 57.** Wilkert-Walter C., Jänicke S., Spüntrup E., Laurin T., Kieferhöhlenuntersuchung nach Sinusbodenelevation kombiniert mit autologer Onlay-Osteoplastik, Mund Kiefer GesichtsChir, 2002; 6 : 336–340
- 58.** Becker S. T., Terheyden H., Steinriede A., Behrens E., Springer I., Wiltfang J., Prospective observation of 41 perforations of the Schneiderian membrane during sinus floor elevation, Clin. Oral Impl. Res., 2008; 19: 1285–1289

- 59.** Hernandez-Alfaro F., Torradeflot M. M., Marti C., Prevalence and management of Schneiderian membrane perforations during sinus-lift procedures, *Clin. Oral Impl. Res.*, 2008; 19: 91–98
- 60.** Timmenga N. M., Raghoobar G. M., Van Weissenbruch R., Vissink A., Maxillary sinus floor elevation surgery, *Clin. Oral Impl. Res.*, 2003; 14: 322–328
- 61.** Zijdeveld S. A., Van den Bergh J. P. A., Schulten E. A. J. M., Ten Bruggenkate C. M., Anatomical and Surgical Findings and Complications in 100 Consecutive Maxillary Sinus Floor Elevation Procedures, *J Oral Maxillofac Surg*, 2008; 66: 1426-1438
- 62.** Bahat O., Fontanessi R., Komplikationen bei der Knochentransplantation im atrophierten zahnlosen oder teilbezahnten Kiefer, *Implantologie*, 2004; 12/ 1: 37-48
- 63.** Lentrodt S., Lentrodt J., Effekte der Hyperbaren Sauerstofftherapie (HBO) bei der Behandlung infizierter freier Knochentransplantate, *Mund Kiefer GesichtsChir*, 2006; 10: 263–268
- 64.** Schenck C., Schwartz A. Kaupe A. J. M., Wiltfang J., Neukam F. W., Erfahrungen mit autogenen Beckenkammtransplantationen im Ober- und Unterkiefer, *Dtsch Zahnärztl Z*, 2000; 55: 5
- 65.** Buch R. S., Weibrich G., Wagner W., Erfolgskriterien in der Implantologie, *Mund Kiefer GesichtsChir*, 2003; 7: 42-46
- 66.** Block M. S., Kent J. N., Kallukaran F. U., Thunthy K., Weinberg R., Bone maintenance 5 to 10 years after sinus grafting, *J OralMaxillofac Surg*, 1998; 56: 707-714

67. Schlegel K. A., Karascholi T., Fenner M., Nkenke E., Klinische und radiologische Ergebnisse nach Augmentationen - eine prospektive Studie, Mund Kiefer GesichtsChir, 2007; 11: 209-219
68. Levin L., Nitzan D. Schwartz-Arad D., Success of dental implants placed in intraoral block bone grafts, J Periodontol, 2007; 78: 18-21
69. Haas R., Mensdorff-Pouilly N., Mailath G., Watzek G., Branemark single tooth implants: A preliminary report of 76 implants. J Prosthet Dent, 1995; 73: 274-279.
70. Cordaro L., Sarzi Amade D., Cordaro M., Clinical results of alveolar ridge augmentation with mandibular block bone grafts in partially edentulous patients prior to implant placement, Clin. Oral Impl. Res., 2002; 13: 103–111
71. Bernstein S., Cooke J., Fotek P., Wang H.-L., Vertical bone augmentation: where are we now?, Implant Dent, 2006; 15: 219-228
72. Schwartz-Arad D., Levin L., Intraoral autogenous block onlay bone grafting for extensive reconstruction of atrophic maxillary alveolar ridges, J Periodontol, 2005; 76: 636-641
73. Chiapasco M., Colletti G., Romeo E., Zaniboni M., Brusati R., Long-term results of mandibular reconstruction with autogenous bone grafts and oral implants after tumor resection, Clin. Oral Impl. Res., 2008; 19: 1074–1080
74. Mc Allister B. S., Haghghat K., Bone augmentation techniques, J Periodontol, 2007; 78: 377-396
75. Schwartz-Arad D., Levin L., Sigal L., Surgical success of intraoral autogenous block onlay bone grafting for alveolar ridge augmentation, Implant Dent, 2005; 14: 131-138

76. Levin L., Schwartz-Arad D., The effect of cigarette smoking on dental implants and related surgery, *Implant Dent*, 2005; 14: 357-363
77. Levin L., Herzberg R., Dolev E. , Schwartz-Arad D., Smoking and complications of onlay bone grafts and sinuslift operations, *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2004; 19: 369–373
78. Schwartz-Arad D., Levin L., Multitier Technique for bone augmentation using intraoral autogenous bone blocks, *Implant Dent*, 2007; 16: 5-12
79. Verhoeven J. W. , Ruijter J., Cune M. S., Terlouw M., Zoon M., Onlay grafts in combination with endosseous implants in severe mandibular atrophy: one year results of a prospective, quantitative radiological study, *Clin Oral Impl Res.*, 2000; 11: 583–594
80. Verhoeven J. W., Cune M.S., Ruijter J., Perimucosal implants combined with iliac crest onlay grafts used in extreme atrophy of the mandible: long-term results of a prospective study, *Clin. Oral Impl. Res.*, 2006; 17: 58–66
81. Garg A. K., Morales M. J., Navarro I., Duarte F., Autogenous mandibular bone grafts in the treatment of the resorbed maxillary anterior alveolar ridge: rationale and approach, *Implant Dent*, 1998; 7: 169-176
82. Picos M. A., Block autografts for localized ridge augmentation: Part I. The posterior maxilla, *Implant Dent*, 1999; 8: 279-285
83. Schlegel K. A., Eitner S., Schultze-Mosgau S., Wiltfang J., Vergleichende klinische Ergebnisse bei Implantatinsertionen im posterioren Oberkieferbereich mit und ohne Sinusliftoperationen, *Implantologie*, 2004; 12/1: 49-66

## 9.2 Abbildungsverzeichnis

- I. Abbildung 1: Sadler T. W., Medizinische Embryologie, 9. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart / New York, 1998
  
- II. Abbildung 2: Moore K. L. et al., Embryologie – Entwicklungsstadien, Frühentwicklung, Organogenese, Klinik, 5. Auflage, Elsevier, Urban & Fischer Verlag, München / Jena, 2007
  
- III. Abbildung 3: Junqueira L.C., Carneiro J., Schiebler T.H., Zytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen unter Berücksichtigung der Histophysiologie, 4. Auflage, Springer Verlag, Berlin/ Heidelberg/ New York/ Barcelona / Budapest / Hongkong / London / Mailand / Paris / Santa Clara / Singapur / Tokio, 1996
  
- IV. Abbildung 4: Fanghänel J., Pera F., Anderhuber F., Nitsch R., Waldeyer - Anatomie des Menschen, 17. Auflage, Walter de Gruyter Verlag, Berlin / New York, 2003
  
- V. Abbildung 5, 6, 16: Tillmann B., Farbatlas der Anatomie. Zahnmedizin – Humanmedizin, Kopf – Hals – Rumpf, Georg Thieme Verlag, Stuttgart / New York, 1997
  
- VI. Abbildung 7: Schroeder H.E., Orale Strukturbiologie- Entwicklungsgeschichte, Struktur und Funktion normaler Hart- und Weichgewebe der Mundhöhle und des Kiefergelenks, 4. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart / New York, 1992

- VII.** Abbildung 8-14, 17, 18, 26: Spiekermann H., Donath K., Jovanovic S., Richter J., Implantologie, Farbatlanten der Zahnmedizin, Band 10, Georg Thieme Verlag, Stuttgart / New York, 1994
  
- VIII.** Abbildung 15: Horch H.-H. et al., Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, Praxis der Zahnheilkunde, 4. Auflage, Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag, München / Jena, 2007
  
- IX.** Abbildung 19-25, 29, 33, 34: Khoury F. et al., Augmentative Verfahren in der Implantologie, Quintessenz Verlag, 1. Auflage, Berlin / Chicago / Tokio / Barcelona / Istanbul / London / Mailand / Moskau / Neu-Delhi / Paris / Peking / Prag / Sao Paulo / Warschau, 2009
  
- X.** Abbildung 27, 30: Schwenzer N., Ehrenfeld M., Zahnärztliche Chirurgie, 4. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart / New York, 2009
  
- XI.** Abbildung 28, 31, 32: Horch H.-H. et al., Zahnärztliche Chirurgie, Praxis der Zahnheilkunde, Band 9, 4. Auflage, Urban & Fischer Verlag, München / Jena, 2003
  
- XII.** Abbildung 35-42: Eigene Grafiken

## 9.3 Patientenbrief

**Landeskrankenhaus - Universitätsklinikum Graz**

**Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde**

Klinikvorstand: Univ. Prof. Dr. Peter Städtler

A-8036 Graz, Auenbruggerplatz 12, Telefon: +43 (316) 385-2248, Fax: +43 (316) 385-3376

E-Mail: peter.staedtler@meduni-graz.at, Internet: <http://www.meduni-graz.at/>



**KAGes**



Steiermärkische Krankenanstaltengesellschaft m.b.H.

Medizinische Universität Graz

Klinische Abteilung für Mund-, Kiefer- und  
Gesichtschirurgie

Leiter

Univ. Prof. Dr. Hans Kärcher

Tel. +43 (316) 385-2565

Fax +43 (316) 385-3511

[hans.kaercher@meduni-graz.at](mailto:hans.kaercher@meduni-graz.at)

Graz, am 21. Juni 2007

Sehr geehrte

Bei Ihnen wurde an unserer Abteilung ein Kieferaufbau mit einem Knochentransplantat durchgeführt.

Um das Langzeitergebnis und die Stabilität des Knochentransplantats überprüfen zu können, möchten wir Sie zu einer Nachuntersuchung an unsere Abteilung einladen.

Wir bitten Sie daher

**am:                      um                      Uhr**

in die **Ambulanz der Kieferchirurgie Graz** zu einer Kontrolluntersuchung zu kommen.

Als Alternativtermin können wir den                      um                      anbieten.

Sollte es Ihnen nicht möglich sein einen dieser Termine wahrzunehmen, bitten wir Sie telefonisch einen neuen Termin mit uns zu vereinbaren. Tel.: 0316-385-2565 (Fr. Kaube- Fr. Stelzl)

Wir ersuchen Sie zu dieser Untersuchung die E-card mitzubringen.

Wir bedanken uns für Ihre Mühe im Voraus und verbleiben

mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr. Gert Santler

Cand. Med. Dent. Christoph God

Auenbruggerplatz 1  
A-8036 Graz  
Österreich

Tel. +43 (316) 385-0  
Internet: [www.klinikum-graz.at](http://www.klinikum-graz.at)  
E-Mail: [direktion@klinikum-graz.at](mailto:direktion@klinikum-graz.at)

FN 49003 p  
DVR 0468533  
ATU 28619206  
BIC HYSTAT2G

Landeshypothekenbank Steiermark  
BLZ 56000  
Konto 20241042007  
IBAN AT845600020241042007