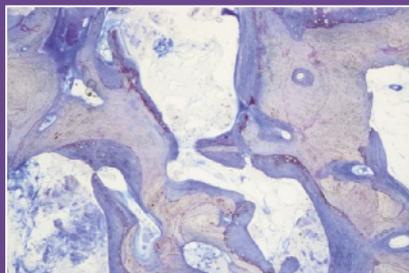


Fouad Khoury



# Knochen- und Weichgewebe- Augmentation in der Implantologie



Mit Beiträgen von:

R. Gruber, Th. Hanser, Ph. Keeve, Ch. Khoury, J. Neugebauer, J. E. Zöllner

Fouad Khoury



Knochen- und Weichgewebe-  
**Augmentation**  
in der Implantologie

Mit Beiträgen von:

R. Gruber, Th. Hanser, Ph. Keeve, Ch. Khoury, J. Neugebauer, J. E. Zöller

 **QUINTESSENCE PUBLISHING**

Berlin | Chicago | Tokio  
Barcelona | London | Mailand | Mexiko Stadt | Paris | Prag | Seoul | Warschau  
Istanbul | Peking | Sao Paulo | Zagreb



Ein Buch – ein Baum: Für jedes verkaufte Buch pflanzt Quintessenz gemeinsam mit der Organisation „One Tree Planted“ einen Baum, um damit die weltweite Wiederaufforstung zu unterstützen (<https://onetreepanted.org/>).



### **Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://dnb.ddb.de> abrufbar.



Quintessenz Verlags-GmbH

Ifenpfad 2–4

12107 Berlin

[www.quintessence-publishing.com](http://www.quintessence-publishing.com)

© 2024 Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Lektorat, Herstellung und Reproduktionen:  
Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin

ISBN 978-3-86867-597-9

Printed in Croatia by GZH

# Geleitwort



Der Einsatz dentaler Implantate zum Ersatz fehlender Zähne ist eine gängige und akzeptierte Therapieoption. Der Erfolg und die langfristige Stabilität von Implantaten hängen direkt mit der Quantität und Qualität des Knochens und des umgebenden Weichgewebes zusammen. Zur Regeneration eines unzureichenden Knochenangebots werden in der Literatur verschiedene Verfahren und Materialien vorgeschlagen. Obwohl kein einzelnes Verfahren oder Biomaterial in jeder Situation optimal ist, gilt autologer Knochen nach wie vor als der Goldstandard, und die vorliegende Arbeit veranschaulicht dieses Mantra umfassend.

Prof. Dr. Fouad Khoury ist weltweit als Autorität auf dem Gebiet der Oralchirurgie und der dentalen Implantologie anerkannt. In einzigartiger Weise ist er sowohl begabter Praktiker als auch inspirierender Lehrer. Prof. Khoury ist Geschäftsführer und Ärztlicher Direktor der Privatklinik Schloss Schellenstein in Olsberg sowie Professor der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Münster.

Prof. Khoury ist ein erfahrener und außergewöhnlicher Chirurg, der seine Karriere der Entwicklung innovativer Techniken zur Augmentation von Kieferkammdefekten mit autologem Knochen gewidmet hat. Seine Kenntnisse der Biologie des Knochens gaben den Anstoß zur Entwicklung des Protokolls für die Schalentechnik, die oft auch als „Schalentechnik nach Khoury“ bezeichnet wird. Dieser Ansatz hat sich als eine sehr vorhersagbare Methode für die dreidimensionale Rekonstruktion des Ober- und Unterkiefers bewährt. Sein großes Vertrauen in autologen Knochen führte zur Entwicklung weiterer Verfahren zur Hartgewebsaugmentation, wie der Bohrkerntechnik – oft auch als „Karottentechnik“ bezeichnet – oder auch der Knochendeckelmethode. Zudem betont seine Behandlungsphilosophie, dass die Grundlage ei-

ner erfolgreichen Knochenaugmentation ein sorgfältiges Weichgewebemanagement ist.

Dieses herausragende neue Buch stellt Techniken für Routinebehandlungen, aber auch für einige der schwierigsten Fälle, denen ein Chirurg begegnen kann, vor.

Für das vorliegende Buch konnte Prof. Khoury ein Team von angesehenen Wissenschaftlern und erfahrenen Chirurgen als Mitautoren gewinnen. Das umfassende Verständnis der Knochenbiologie ist entscheidend für die Findung rationaler klinischer Entscheidungen. Diese Grundlagen zur Biologie der Knochenregeneration und zu den einzigartigen Eigenschaften von autologem Knochen stellt Prof. Reinhard Gruber in hervorragender Weise vor. In den darauffolgenden Kapiteln, die von Dr. Thomas Hanser, Dr. Philip Keeve, Prof. Charles Khoury, Prof. Jörg Neugebauer und Prof. Joachim Zöller verfasst wurden, werden klinische Themen besprochen. Auf alle relevanten Themen einschließlich Diagnosefindung und Behandlungsplanung, Weichgewebemanagement, Entnahme von autologem Knochen, komplexer Implantatprothetik, Risikofaktoren und Komplikationen wird dezidiert eingegangen. Dabei werden die Verfahren klar und präzise anhand hochwertiger Fotos und umfangreicher Literatur präsentiert. Zudem befassen sich viele der Kapitel mit den interdisziplinären Aspekten der Behandlung, die gerade bei der Therapie komplexer Fälle entscheidend sind.

Prof. Khoury ist einer der großzügigsten und bescheidensten Dozenten, denen ich in der Zahnmedizin begegnet bin. Jahrzehntlang hat er nicht nur seine Patienten sorgfältig behandelt, sondern sein umfangreiches Wissen und seine Erfahrungen in Hörsälen und auf Konferenzen in aller Welt mit Studenten und Klinikern geteilt.

## Geleitwort

Zudem hat er sich der langfristigen Nachsorge samt Dokumentation seiner Fälle gewidmet, um seine Behandlungsphilosophie wissenschaftlich untermauern zu können. Das vorliegende Buch ist nur ein Beispiel für sein lebenslanges Engagement und seine Hingabe an die Lehre.

Es war mir eine besondere Ehre, Prof. Khoury im Laufe der Jahre als geschätzten Kollegen und Freund kennenzulernen. Wir teilen eine ähnliche Sichtweise auf die Bedeutung von autologen Transplantaten für vorhersagbare Augmentationen und langfristige Ergebnisse.

Ich möchte Prof. Khoury und seinen Mitautoren für ihre Beiträge und diese Leistung danken und ihnen gratulieren. Dieses hervorragende Werk wird sowohl für Studenten und Dozenten als auch für Praktiker bei der Behandlung ihrer Implantatpatienten ein unschätzbare Nachschlagewerk sein. Wir können

uns glücklich schätzen, dass uns Prof. Khoury und sein Team ihr Fachwissen in diesem neuen Buch zur Verfügung stellen.

Craig M. Misch, D.D.S, M.D.S  
im Mai 2021

Praxis für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie und Prothetik

Misch Implant Dentistry, Sarasota, Florida, USA

Außerordentlicher Professor der  
University of Michigan, School of Dentistry  
University of Alabama at Birmingham, School of Dentistry  
University of Pennsylvania, School of Dental Medicine  
University of Florida, College of Dentistry



# Geleitwort zum ersten Buch



Die zahnärztliche Implantologie hat sich zu einem überaus zuverlässigen und ergebnssicheren klinischen Routineverfahren für all jene Fälle entwickelt, in denen ein in Höhe und Breite adäquates Knochenangebot gegeben ist. Diese Voraussetzung ist jedoch nicht immer erfüllt. Gleichwohl wünschen heute auch Patienten, deren knöcherne Situation das Einbringen von Implantaten eigentlich nicht gestattet, eine Verbesserung der Funktion und der Ästhetik – ja sie erwarten diese sogar als selbstverständlich.

Dieses herausragende Lehrbuch stellt Behandlungstechniken sowohl für Routinefälle als auch für solche dar, die zu dem Schwierigsten gehören, was uns in der zahnärztlichen Praxis begegnet. Fouad Khoury ist einer der führenden Oralchirurgen und unter diesen zweifelsohne eines der größten Talente. Er verfügt über eine schier unerschöpfliche Erfahrung zu jedem klinischen Aspekt der Transplantatchirurgie und vereint diese mit unbestechlicher Wissenschaftlichkeit. Er verkörpert die ungemein seltene Mischung eines herausragenden Klinikers und eines begnadeten Lehrers.

Für das vorliegende Buch konnte Fouad Khoury ein wunderbares Team von Wissenschaftlern und Hochschullehrern als Mitautoren gewinnen, die ihre Erfahrung und ihr Wissen in gewinnbringender Weise mitteilen. Klar und präzise beschreiben sie ihre Behandlungstechniken und bieten umfangreiche Literaturhinweise am Ende eines jeden Kapitels. Zusätzlich beleuchten sie die interdisziplinären Aspekte der Behandlung – ein Umstand der besondere Beachtung

verdient, da allzu viele Kollegen dazu neigen, die Probleme der Patienten nur aus ihrem spezialisierten Blickwinkel zu betrachten. Wir sollten nicht vergessen, ab und zu einen Schritt zurück zu treten und die Behandlung als einheitliches Ganzes zu begreifen, nicht nur als eine bloße Abfolge von Behandlungsschritten, so wichtig jeder einzelne von diesen auch sein mag.

Fouad Khoury ist einer der innovativsten Chirurgen, die ich kenne. Seit Jahrzehnten gehört er zur Avantgarde bei der Entwicklung neuer und kreativer Ideen für die Versorgung seiner Patienten. Seine Innovationen hat er immer rückhaltlos mit der Allgemeinheit geteilt. Dieses Buch ist ein weiteres Beispiel für sein lebenslanges Engagement als Lehrer.

Man kann Fouad Khoury und seine Mitautoren zu dieser herausragenden Arbeit nur beglückwünschen. Sie stellt die zu Papier gebrachte Summe eines ärztlichen Lebenswerkes dar. Wir dürfen sie betrachten, studieren und – das Wichtigste – bei der Behandlung unserer Patienten daraus schöpfen. Indem sie ihr Wissen darüber, welches Vorgehen Erfolg verspricht und welches nicht, mit uns teilen, haben Fouad Khoury und sein Team einen echten Beitrag zur Weiterentwicklung der Zahnheilkunde geleistet. Für all die aufgewandte Mühe sind wir ihnen zu großem Dank verpflichtet.

Prof. Dennis P. Tarnow D.D.S.  
Direktor der Abteilung  
für Parodontologie und Implantologie  
am College of Dentistry der New York University

# Vorwort



Die Rehabilitation mithilfe von dentalen Implantaten ist heutzutage eine zentrale Säule der restaurativen Zahnheilkunde. Seit den ersten wissenschaftlichen Veröffentlichungen in den frühen 1960er Jahren wurden viele Fortschritte gemacht, vor allem bei augmentativen Verfahren durch neue Materialien und Techniken. Die steigende Nachfrage von Patienten nach ästhetisch perfekter und funktioneller Rehabilitation, selbst in schwierigen anatomischen Situationen, hat zur Entwicklung unterschiedlicher Methoden geführt, die es heute ermöglichen, fast alle Patientenwünsche nach einer Versorgung zu erfüllen, die nicht nur der ursprünglichen anatomischen Situation gleicht, sondern auch sehr gute Langzeitergebnisse aufweist.

In den letzten 30 Jahren wurden verschiedene Techniken und Materialien für die Rekonstruktion alveolärer Defekte empfohlen, darunter autologer Knochen, allogene oder alloplastische Materialien. Obwohl die Entwicklung dieser Materialien, unter Verwendung der gesteuerten Geweberegeneration, von Tag zu Tag voranschreitet, sind die Reproduzierbarkeit und die Vorhersagbarkeit im Vergleich zu autologem Knochen, der nach wie vor der Goldstandard ist, immer noch begrenzt. Das Hauptproblem von xenogenen und allogenen Transplantaten, insbesondere in Blockform, ist ihr geringes Potenzial zur Revaskularisierung. Dies führt in der kontaminierten Mundhöhle zu Früh- und Spät komplikationen und somit zum Misserfolg.

Die Überlegenheit von autologem Knochen gegenüber anderen Knochenersatzmaterialien wurde auf biologischer und immunologischer Basis sowie im klinischen Alltag nachgewiesen. Aufgrund seiner Transplantatmorphologie verfügt autologer Knochen

über mechanische (kortikale) und osteogene (spongiöse) Eigenschaften, die eine frühe Revaskularisierung und einen funktionellen Umbau mit niedrigen Komplikationsraten ermöglichen, die von keinem Allograft, Xenograft oder alloplastischen Material erreicht oder gar übertroffen werden.

Durch das zunehmende Verständnis der biologischen Prozesse der Knochenheilung, einschließlich der Zellinteraktion, der Gefäßversorgung und des Knochenumbaus sowie durch Modifikationen der chirurgischen Methoden, ist es heute möglich, fast allen Patienten eine implantatgetragene Versorgung anzubieten. Der Alveolarfortsatz kann selbst bei starkem Knochenverlust sicher und reproduzierbar rekonstruiert werden, sodass nach der Planung eine sichere Implantatinsertion in prothetisch korrekter Position erfolgen kann. Dabei zeigen Implantate, die in regenerierten Knochen inseriert wurden, ähnliche Langzeitergebnisse und Erfolgsraten wie Implantate, die in ortsständigen Knochen inseriert wurden.

In den letzten drei Jahrzehnten wurden verschiedene Techniken für die Augmentation mit intraoralen Knochentransplantaten mit sehr vorher-sagbaren Langzeitergebnissen entwickelt. Mithilfe dieser Methoden können fast alle Situationen, angefangen bei kleinen Defekten, die mit lokal gewonnenen Knochentransplantaten minimalinvasiv therapiert werden können, bis hin zur äußerst komplizierten 3D-Rekonstruktion des gesamten Ober- und/oder Unterkiefers, abgedeckt werden.

Dies ist das dritte Buch, das ich zum Thema Knochenaugmentation in der oralen Implantologie herausgegeben habe. Das erste wurde 2006 auf Englisch veröffentlicht und das zweite erschien 2009/2010 in mehr als 10 Sprachen. In diesem neuen Buch über

Knochenaugmentation und Weichgewebemanagement in der oralen Implantologie liegt der Schwerpunkt vor allem auf Techniken, die in den letzten drei Jahrzehnten in unserer Klinik entwickelt, modifiziert und von unserem Team langfristig nachuntersucht wurden. Das erste Kapitel befasst sich mit der Biologie der Knochenheilung, insbesondere nach Augmentationen, und das zweite mit den Grundlagen der Diagnostik und Behandlungsplanung. Das Weichgewebemanagement in Zusammenhang mit Knochenaugmentationen ist ein sehr wichtiges Thema, das einen großen Einfluss auf den Erfolg der Augmentation hat. Aus diesem Grund nimmt das dritte Kapitel mit detaillierten Schritt-für-Schritt-Anleitungen zu den verschiedenen Techniken eine Sonderstellung ein. Das zentrale Thema und der wichtigste Teil des Buches ist natürlich das vierte Kapitel über die sichere Knochenentnahme und vorhersagbare Augmentation bei allen Arten von Knochendefiziten. Dabei werden zunächst minimalinvasive Techniken zur Augmentation kleiner Knochendefekte und anschließend umfangreiche Knochenaugmentationsverfahren für schwerste dreidimensionale Knochendefizite beschrieben. Alle Techniken werden Schritt für Schritt anhand zahlreicher klinischer Bilder visualisiert, wodurch ein gutes Verständnis der beschriebenen Methoden ermöglicht wird. Die Langzeitstabilität der verschiedenen Techniken wurde sowohl mit Röntgenbildern als auch mit klinischen Bildern über einen Zeitraum von bis zu 27 Jahren dokumentiert. Das Buch enthält ein spezielles Kapitel mit dem Schwerpunkt auf unserem Restaurationskonzept für die Behandlung von Patienten nach umfangreichen autologen Augmentationsverfahren infolge komplexer, knöcherner Defekte. Die Verfahren werden Schritt für Schritt vom Provisorium bis hin zur definitiven Versorgung erklärt. Im letzten Kapitel werden mögliche Risiken und Komplikationen in Verbindung mit Augmentationsverfahren erörtert und der Umgang mit diesen Risiken sowie die Methoden zur Vorbeugung und Behandlung erläutert.

In diesem Buch möchte ich unser klinisches Wissen, das auf biologischen Prinzipien beruht, sowie unsere langjährigen Erfahrungen denjenigen vorstel-

len, die ihre klinischen Fähigkeiten und ihren wissenschaftlichen Hintergrund erweitern möchten, um ihren Patienten die bestmögliche Behandlung im Bereich der Knochen- und Weichgewebeaugmentation zu bieten.

## Danksagung

Zunächst möchte ich mich bei all meinen Mitarbeitern für die hervorragende Zusammenarbeit und die hohe Qualität ihrer Arbeit bedanken. Darüber hinaus möchte ich mich bei allen meinen Alumni bedanken, nicht nur für ihre Hilfe bei der Behandlung komplexer Fälle, sondern auch für die präzise Dokumentation der Langzeitergebnisse, einschließlich der hervorragenden klinischen Bilder. Besonders hervorheben möchte ich meinen Mitarbeiter und Stellvertreter Dr. Thomas Hanser für seine Freundschaft und unermüdlige Loyalität. In den letzten 28 Jahren habe ich etwa 45 Postgraduierte und Assistenzärzte aus verschiedenen Ländern in unserem oralchirurgischen Weiterbildungsprogramm aufgenommen und bis zum Fachzahnarzt für Oralchirurgie begleitet. Diese Alumni sowie die aktuellen Mitarbeiter und Assistenzärzte sind neben Dr. Thomas Hanser u. a.: Dr. Friedrich Pape (Leiter der restaurativen Abteilung in Olsberg und verantwortlich für die meisten der in diesem Buch vorgestellten prothetisch behandelten Fälle), Dr. Frank Spiegelberg, PD Dr. Arndt Happe, Dr. Alessandro Ponte (Turin, Italien & Lugano, Schweiz), Dr. Klaus Engelke, Dr. Stefan Bihl, Dr. Frank Berger, Dr. Jochen Tunkel, Dr. Luca de Stavola (Padova, Italien), Dr. Pierre Keller (Strasbourg, Frankreich), Dr. Herman Hidajat, Dr. Jenny Schmidt, Dr. Şerif Küçük, Dr. Frank Zastrow, Dr. Joel Nettey-Marbel, Dr. Ayoub Alsifawo (Libyen), Dr. Alexander Friedberg, Dr. Ingmar Braun, Dr. Stefano Trasarti (Teramo, Italien), Dr. Romain Dolveux (Lyon, Frankreich), Dr. Marco Vuko Tokic (Kroatien), Dr. Thuy-Duong Do-Quang (Niederlande), Dr. Jan Jansohn, Dr. David Wiss (Wien, Österreich), Dr. Michael Berthold, Dr. Elisabeth Schmidtmayer, Dr. Philip Keeve, Dr. Valentin Loriod (Besançon, Frankreich), Dr. Erik Faragó (Budapest, Ungarn), Dr. Christopher Schmid, Dr. Andrea Savo (Rom, Italien), Dr. Oliver

## Vorwort

Dresbach, Dr. Kathrin Spindler, Dr. Alexander Zastera, Dr. Sarah Romer, Dr. Jan Wildenhof, Dr. Scott Wagner, Dr. Tristan Hampe, Dr. Ulrich Jacob, Dr. Christoph Polly und Dr. Sophia Hüggenberg. Mein besonderer Dank gilt meinem früheren Weiterbildungsassistent, Dr. Carsten Becker, für seine Hilfe bei der Digitalisierung analoger Abbildungen sowie für die hervorragenden Illustrationen einiger chirurgischer Techniken (siehe Kapitel 3). Darüber hinaus möchte ich dem gesamten Team der Privatklinik Schloss Schellenstein in Olsberg für die Hilfe und Loyalität in den vergangenen drei Jahrzehnten danken.

Dank gilt auch meinem früheren Partner an der Klinik in Olsberg, Dr. Joachim Schmidt, für seine Unterstützung in all den Jahren, aber auch dem ehemaligen Direktor der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Münster, Prof. Dr. mult. Ulrich Joos, sowie dem derzeitigen Direktor, Prof. Dr. Dr. Johannes Kleinheinz, für ihre Freundschaft und wissenschaftliche Unterstützung.

Mein aufrichtiger Dank gilt dem gesamten Team des Quintessenz Verlags, insbesondere Herrn Dr.

Horst W. Haase, Herrn Christian Haase, Herrn Johannes Wolters und Frau Anita Hattenbach, für ihre Unterstützung und Geduld über die Jahre. Vielen Dank auch an Frau Avril du Plessis für die hervorragende englische Korrektur und Frau Viola Lewandowski für das Lektorat sowie an Frau Ina Steinbrück für das perfekte Layout.

Der wichtigste Dank gilt schließlich meiner Frau Michaela und meinen Kindern Chantal, Elias und Chérine für ihre Liebe, ihre große Unterstützung und ihr unendliches Verständnis.



Fouad Khoury  
Olsberg, Weihnachten 2023

# Herausgeber und Autoren



## Herausgeber und Autor

### **Prof. Dr. Fouad Khoury**

Direktor  
Privatklinik Schloss Schellenstein  
Am Schellenstein 1  
59939 Olsberg, Deutschland  
www.implantologieklinik.de  
Professor  
Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der  
Universität Münster,  
Waldeyerstr. 30  
48149 Münster

## Mitautoren

### **Prof. Dr. Reinhard Gruber**

Professor für Orale Biologie  
Universitätszahnklinik Wien  
Sensengasse 2a, A-1090 Wien

### **Dr. Thomas Hanser**

Stellvertretender Direktor  
Privatklinik Schloss Schellenstein  
Am Schellenstein 1  
59939 Olsberg, Deutschland  
Fachzahnarzt für Oralchirurgie  
DG PARO-Spezialist für Parodontologie  
Dozent  
Goethe-Universität Frankfurt am Main

### **Dr. Philip L. Keeve**

Fachzahnarzt für Oralchirurgie  
Fachzahnarzt für Parodontologie  
Fachzahnarzt Zentrum Weser  
Süntelstraße 10-12  
31785 Hameln

### **Prof. Dr. Charles Khoury DDS, DES, CES, DU, MS**

Professor  
Abteilung für Prothetik  
St. Joseph Universität Beirut, Libanon

### **Prof. Dr. Jörg Neugebauer**

Fachzahnarzt für Oralchirurgie  
Praxis Dr. Bayer und Kollegen  
von-Kühlmann-Str. 1  
86899 Landsberg am Lech

### **Prof. Dr. Dr. Joachim E. Zöller**

Rösberger Str. 4  
50968 Köln

# Inhaltsverzeichnis



<b>Geleitwort</b>	<b>v</b>	<b>3 Weichgewebemanagement und Knochenaugmentation in der Implantologie</b>	<b>75</b>
<b>Geleitwort zum ersten Buch</b>	<b>vii</b>		
<b>Vorwort</b>	<b>viii</b>		
<b>Herausgeber und Autoren</b>	<b>xi</b>	3.1 Einleitung	76
		3.2 Die Grundlagen von Inzisionen, Nahttechniken und Weichteilheilung	80
		3.3 Instrumente	84
		3.4 Weichgewebemanagement vor der Augmentation	85
		3.5 Weichgewebemanagement während Knochenaugmentation und Implantation	104
		3.6 Weichgewebemanagement während der Implantatfreilegung	155
		3.7 Weichgewebemanagement nach prothetischer Versorgung	187
		3.8 Literatur	197
<b>1 Biologie der Knochenregeneration bei augmentativen Eingriffen</b>	<b>1</b>	<b>4 Mandibuläre Knochenblocktransplantate: Diagnostik, Instrumentarium, Entnahmetechniken und chirurgisches Vorgehen</b>	<b>205</b>
Reinhard Gruber	1		
1.1 Einleitung	2	4.1 Einleitung	206
1.2 Die Knochenzellen	3	4.2 Biologisches Verfahren zur mandibulären Knochentransplantation	206
1.3 Biologie der Knochenregeneration	6	4.3 Techniken und Methoden der intraoralen Knochenentnahme	229
1.4 Autotransplantat-Resorption	14	4.4 Augmentationstechniken	314
1.5 Osteokonduktive Eigenschaften von Autotransplantaten	15	4.5 Knochenremodeling und Volumenänderungen nach Transplantation	449
1.6 Osteogene Eigenschaften von Autotransplantaten	16	4.6 Schlussfolgerung	459
1.7 Osteoinduktive Eigenschaften von Autotransplantaten	17	4.7 Literatur	472
1.8 Zusammenfassung	18		
1.9 Literatur	18		
<b>2 Diagnostik und Planung des Augmentationsverfahrens</b>	<b>23</b>		
2.1 Einleitung	24		
2.2 Patientenberatung	26		
2.3 Anamnese	26		
2.4 Spezifische Befunde	34		
2.5 Wahl der Augmentationstechnik	54		
2.6 Schlussfolgerung	62		
2.7 Literatur	70		



<b>Besonderer Anhang</b>	<b>477</b>	<b>5 Knochentransplantate von extraoralen Stellen</b>	<b>503</b>
A. Verwendung der Tuberositas maxillaris (MT) in der Technik der dentoalveolären Sofortversorgung (IDR)	478	5.1 Einleitung	504
B. Das palatinale Knochenblocktransplantat (PBBG)	482	5.2 Knochenentnahme aus der Calvaria	504
C. Fallberichte von Alumniees	485	5.3 Knochenentnahme aus der Tibia	508
C.1 Vertikale Knochenaugmentation im anterioren Oberkiefer nach schwerer parodontaler Erkrankung	485	5.4 Knochenentnahme aus dem Beckenkamm	515
C.2 Dreidimensionaler Knochenaufbau im anterioren Oberkiefer nach traumatischer Verletzung	487	5.5 Literatur	535
C.3 Bilaterale 3D-Knochenaugmentation im posterioren Unterkiefer	489	<b>6 Distractionsosteogenese: Klinischer und wissenschaftlicher Hintergrund der Geweberegeneration mittels Kallusdistraction</b>	<b>539</b>
C.4 Vertikale Knochenaugmentation im posterioren Oberkiefer	492	6.1 Einleitung	540
C.5 Dreidimensionale Knochenaugmentation im posterioren Oberkiefer	495	6.2 Geschichtliche Entwicklung der Kallusdistraction	540
C.6 Dreidimensionale Knochenaugmentation im Oberkieferfrontzahnbereich und minimalinvasive Augmentation im Unterkieferfrontzahnbereich	497	6.3 Prinzipien der Kallusdistraction	541
C.7 Dreidimensionale Knochenaugmentation im posterioren Oberkiefer mit der Tunneltechnik	499	6.4 Distraktorsysteme	542
		6.5 Chirurgisches Vorgehen	543
		6.6 Distraction in verschiedenen Bereichen	548
		6.7 Schlussfolgerung	550
		6.8 Literatur	554



<b>7 Komplexe implantatgetragene Rehabilitation von der provisorischen bis zur definitiven Versorgung</b>	<b>557</b>	<b>8 Risikofaktoren und Komplikationen bei augmentativen Maßnahmen</b>	<b>615</b>
7.1 Einleitung	558	8.1 Einleitung	616
7.2 Temporäre Restaurationen im Rahmen umfangreicher Kieferkammaugmentationen	558	8.2 Risikofaktoren	616
7.3 Definitive implantatgetragene Restaurationen nach umfangreichen Kieferkammaugmentationen	581	8.3 Intraoperative Komplikationen	633
7.4 Schlussbemerkungen	605	8.4 Postoperative Komplikationen	667
7.5 Literatur	612	8.5 Komplikationen im Rahmen der Implantatinsertion nach Knochenaugmentation	708
		8.6 Komplikationen im Rahmen der Implantatfreilegung	720
		8.7 Spätkomplikationen nach der prothetischen Restauration	725
		8.8 Literatur	740
		<b>Sachregister</b>	<b>747</b>



# 3 Weichgewebe- management und Knochenaugmentation in der Implantologie

Weichgewebemanagement bei  
Augmentation, Implantation und  
Freilegung

#### 3.1 Einleitung

Neben der rein funktionellen Rehabilitation gewinnt die ästhetische Qualität von Implantatbehandlungen in der modernen Implantologie zunehmend an Bedeutung. Vor allem das Erscheinungsbild des periimplantären Weichgewebes und der prothetischen Suprakonstruktionen wird von den Patienten als entscheidend angesehen.<sup>181</sup>

Für eine ästhetisch ansprechende Implantologie zu prothetischen Zwecken ist die Pflege und der Erhalt des vorhandenen Weich- und Hartgewebes natürlich unerlässlich. In vielen Fällen, in denen Gewebe nicht erhalten werden konnte, sind funktionelle und ästhetische Ergebnisse ohne Knochenaugmentation in Kombination mit einem entsprechenden Weichgewebemanagement nicht möglich. Eine präoperative ästhetische Analyse ist in nahezu allen Fällen zu empfehlen, um das Implantat in seiner anatomisch korrekten Position einzusetzen und das Verhältnis zu Nachbarzahn und Weichgewebe optimal darzustellen. Deshalb hat das Management der Weichgewebe bei jeder chirurgischen Intervention entscheidende Bedeutung für das Gesamtergebnis der augmentativen Behandlung.

Nach Rosenquist<sup>149</sup> gibt es vier Faktoren, die das funktionelle und ästhetische Erscheinungsbild des Weichgewebes grundlegend bestimmen: 1) die Breite und Position der befestigten keratinisierten Gingiva/Mukosa, 2) das bukkale Volumen und die Kontur des Alveolarfortsatzes, 3) die Höhe und das Profil der marginalen Gingiva sowie 4) die Größe und das Aussehen der interdentalen bzw. interimplantären Papillen. Ästhetische Ergebnisse sind jedoch in der Literatur oft schlecht dokumentiert und werden nur selten als Kriterium für den Behandlungserfolg herangezogen.<sup>16</sup>

Die adäquate Breite der befestigten und/oder keratinisierten Mukosa wurde und wird hingegen in der klinischen Literatur vielfach diskutiert. In einem systematischen Review konnte gezeigt werden, dass statistisch signifikant mehr Plaqueakkumulation, mukosale Entzündungen, Rezessionen und Attachmentverlust an Implantaten mit inadäquater keratinisier-

ter Mukosabreite auftraten.<sup>115,147</sup> Allerdings muss auch erwähnt werden, dass Parameter wie Blutung auf Sondierung, Sondierungstiefen und radiografischer Knochenverlust keine Auswirkungen durch fehlende keratinisierte Mukosa haben.<sup>115</sup> In einer Untersuchung der Autoren konnten bei 77 Patienten mit 105 Implantaten über eine durchschnittliche Beobachtungszeit von 8 Jahren ebenfalls statistisch signifikant geringere Plaqueakkumulation, Rezessionen und mukosale Entzündungen an Implantaten mit mindestens 2 mm befestigter Mukosa beobachtet werden.<sup>94</sup> Aufgrund der strukturellen anatomischen Unterschiede zwischen Zähnen und Implantaten, die vor allem in fehlenden suprakrestalen Fasern zum Zahnwurzelzement bei Titan- oder Keramikoberflächen bestehen, ist bereits nach der Freilegung ein kompromittiertes transmukosales Attachment an Implantaten zu erwarten.<sup>158</sup> Eine bestmögliche Fixierung der umgebenden Mukosa um Implantate kann zumindest eine bessere tägliche Plaquekontrolle gewährleisten und die damit verbundenen entzündlichen Prozesse reduzieren.<sup>178</sup> In sichtbaren Bereichen ist die Keratinisierung des Gewebes aus ästhetischen Gründen (u. a. im Hinblick auf Rezessionsbildung) unabdingbar; das scheint für den funktionellen und ästhetischen Erfolg eines Implantates unerlässlich. Es ist sicherlich empfehlenswert, bei der Implantation oder Freilegungsoperation keratinisierte oder zumindest befestigte Schleimhaut in ausreichender Breite zu schaffen.

Ein anderer wichtiger Aspekt des Weichgewebemanagements ist die Dicke der periimplantären Schleimhaut. Wissenschaftliche Studien haben bewiesen, dass man eine Mindesthöhe von 2 mm anstreben sollte.<sup>117</sup> Eine systematische Übersichtsarbeit bestätigte, dass dickere periimplantäre Weichgewebeschichten (> 2 bis 3 mm) zu signifikant weniger Knochenverlust um Implantate herum führen.<sup>171,178</sup> Es ist daher sinnvoll, nicht nur die Breite, sondern auch die Dicke der anhaftenden Weichgewebsmanschette – insbesondere in ästhetischen Bereichen – so vorzubereiten, dass langfristige Erfolgsraten optimal erzielt werden können.

Die Größe und Form der an die Implantate angrenzenden Papillen wird durch anatomische, chirurg-

gische und restaurative Faktoren bestimmt. Um die interimplantäre Knochenresorption nach einer prothetischen Behandlung zu minimieren und einen signifikant größeren Knochenverlust zu verhindern, sollte der Abstand zwischen zwei Implantaten nicht weniger als 3 mm und der zwischen einem Implantat und einem natürlichen Zahn nicht weniger als 1,5 mm betragen.<sup>65,176</sup>

Die vertikale Ausprägung der Interdentalpapillen ist zu 98 % vorhanden, wenn der Abstand zwischen Limbus alveolaris und dem prothetischen Kontaktpunkt geringer als 5 mm ist. Bei Vergrößerung des Abstands auf 6 oder 7 mm zeigt sich eine geringere Stabilität der Papille, die sich dann nur in 56 % respektive 27 % ausbildet.<sup>177</sup>

Problematischer ist die Ausbildung der Papille zwischen benachbarten Implantaten. Eine Vorhersagbarkeit einer interimplantären Papille ist nur bis zu einem Abstand zwischen Alveolarknochen und dem Kontaktpunkt von 3 mm gegeben.<sup>53</sup> Eine Papille kann sich wahrscheinlich zwischen einem Implantat und einem Zahn bei einem entsprechenden vertikalen Abstand von 4,5 mm bilden.<sup>152,175</sup>

Bei Pontic-Lösungen hingegen ist die Papillenhöhe bei einem Abstand von 5,5 bis 6 mm zwischen dem Alveolarknochen und dem Kontaktpunkt vorhersagbar.<sup>152</sup> Diese anatomischen Richtwerte gelten als unverzichtbar, garantieren allerdings nicht die Ausbildung einer Papille nach chirurgischen Eingriffen.<sup>190</sup>

Das Weichgewebemanagement ist ein sehr wichtiger Faktor bei der Knochenaugmentation aus folgenden Gründen: 1) für die primäre Sicherheit des Eingriffs; 2) für das ästhetische Ergebnis im Frontzahnbereich, da knöcherne Defekte auch mit schlechter Weichgewebequalität einhergehen; 3) für die Funktion, indem die Muskelaktivität um den transplantierten Knochen und die Implantate reduziert wird; und 4) für die langfristige Stabilität der endgültigen Ergebnisse. Ein primärer, spannungsfreier Wundverschluss ist bei augmentativen Maßnahmen – Knochentransplantaten oder gesteuerter Geweberegeneration – unabdingbar und eine entscheidende Voraussetzung für die bakterienfreie Einheilung des Transplantats sowie für eine letztendlich erfolgreiche

Behandlung. Gingivaquantität und -qualität sind wichtige Faktoren, nicht nur für eine gute primäre Einheilung des transplantierten Knochens, um das Risiko von Gewebnekrosen und einer Freilegung des Transplantats zu reduzieren, sondern auch für die langfristige Stabilität des transplantierten Bereichs. In vielen Fällen ist es wichtig, die Qualität und Quantität des Weichgewebes vor einem Knochentransplantationsverfahren zu verbessern.

Eine Periostschlitzung im Sinne der Rehrmann-Plastik vergrößert die Elastizität des Lappens, sodass die Lappenränder spannungsfrei mit externen horizontalen Matratzennähten und Einzelknopfnähten im zweischichtigen Verfahren verschlossen werden können. Nachteilig wirkt sich bei diesem Verfahren die Koronalverschiebung der mukogingivalen Grenze während Augmentation und Implantation aus, die nachfolgend aus ästhetischen und funktionellen Gründen durch Freilegungseingriffe als Zweit- bzw. Dritteingriffe korrigiert werden muss.<sup>97</sup> Das Weichgewebemanagement spielt daher eine entscheidende Rolle bei der Wiederherstellung der funktionellen und ästhetischen Weichgewebsharmonie.

### 3.1.1 Anatomie und Vaskularisierung des Weichgewebes

Ein Verständnis der makro- und mikroanatomischen Struktur des parodontalen und periimplantären Gewebes ist Voraussetzung für das Verständnis der Prinzipien der plastischen Weichgewebeschirurgie und der Freilegungstechniken. Die verschiedenen anatomischen Aspekte werden in den folgenden Unterabschnitten kurz dargestellt und erläutert.

#### 3.1.1.1 Gingiva

Die Gingiva besteht aus dem gingivalen Bindegewebe und dem darüber liegenden Epithel. Ihre Oberfläche ist, mit Ausnahme der Interdenträume, keratinisiert. Die Gingiva befindet sich zwischen dem Gingivarand und der mukogingivalen Grenzfläche. Die Dicke dieser Schicht liegt zwischen 1 und 9 mm,<sup>23</sup> mit einer durchschnittlichen Dicke von etwa 1 mm.<sup>52</sup> Sie ist im Oberkiefer-Frontzahnbereich am dicksten und im

Unterkiefer-Lingualbereich am dünnsten.<sup>5</sup> Die Breite der Gingiva wird maßgeblich durch die Stellung der Zähne beeinflusst,<sup>151</sup> und verändert sich mit dem Kieferwachstum.<sup>9</sup> Die kieferorthopädische Bewegung der Zähne in bukkoraler Richtung kann daher die Gingivabreite entsprechend beeinflussen.<sup>10</sup>

Das keratinisierte, geschichtete Plattenepithel reicht bis zur Schmelz-Zement-Grenze und geht in Richtung Parodontalraum bis zu einer physiologischen Tiefe von etwa 0,5 mm in das Sulkusepithel über. Das orale Sulkusepithel ähnelt histologisch dem gingivalen Epithel, ist aber weniger parakeratinisiert. Es schließt sich am Boden des Sulkus an das marginale Epithel an, mit einem 1 bis 2 mm breiten Epithelansatz an der Schmelzoberfläche. Das marginale Epithel ist stratifiziert und nicht keratinisiert und hat eine sehr hohe Turnover-Rate.<sup>156</sup> Es wird alle 4 bis 6 Tage durch proliferierende Zellschichten vollständig regeneriert. Wenn die Randepithelien benachbarter Zähne oder Implantate aneinandergrenzen, bildet sich ein nicht keratinisierter Papillenstumpf.<sup>81</sup> Dieser nimmt im interdentalen Bereich eine sattelartige Form an und ist abhängig von der Form und Dimension des approximalen Kontaktpunktes. Die Funktion des Randepithels ist der Schutz des darunterliegenden Knochens vor eindringenden Mikroorganismen. Diese Kontakt- und Reaktionszone sorgt dafür, dass der Organismus eine immunologische Auseinandersetzung mit der Chemotaxis und der humoralen Abwehr knochenfern austrägt.

Die bis zur mukogingivalen Grenze reichende befestigte Gingiva ist unverschieblich gegen den Alveolarfortsatz, und die Bindegewebsmatrix besteht zu etwa 60 % aus kollagenen Fasern. Durch sie wird der supraalveoläre respektive suprakrestale Faserapparat des Zahns oder Implantats ausgebildet. Dabei inserieren die kollagenen Fasern an Zähnen mit dreidimensionaler, positionsstabilisierender Ausbreitung als Funktionseinheit des Parodontiums in den Wurzelzement und den Alveolarknochen.<sup>66</sup>

Dabei ist die Keratinisierung des gingivalen Epithels keine Folge funktioneller Beanspruchung, sondern wird durch genetische Faktoren im darunterliegenden Bindegewebe bestimmt.<sup>91,92</sup>

#### 3.1.1.2 Periimplantäre Schleimhaut

Die Ausprägung und Anatomie des periimplantären Weichgewebes ist von der Implantatposition, dem Implantatsystem und der Freilegungstechnik einschließlich resultierender Wundheilung abhängig und ähnelt makroskopisch der klinischen Situation an einem natürlichen Zahn.<sup>18,112,155</sup> Im Hinblick auf die Verankerung muss berücksichtigt werden, dass das Implantat anstelle eines parodontalen Ligaments mit physiologischer Beweglichkeit eine osseointegrative Verbindung zum Alveolarknochen eingeht. Dabei kommt es im suprakrestalen Bereich zur parallelen Ausrichtung der periimplantären Bindegewebsfasern am Abutment- bzw. der Implantatoberfläche statt zur Insertion in den Zahnwurzelzement.<sup>1,2,17,18</sup> Periimplantäres Bindegewebe hat auch einen höheren Anteil an Kollagenfasern und einen geringeren Anteil an Fibroblasten und ist damit unter histomorphometrischen Gesichtspunkten einem Narbengewebe sehr ähnlich.<sup>124,157</sup>

Während die vaskuläre Versorgung der Gingiva durch die drei anastomosierenden Bereiche der Interdentalsepten, des parodontalen Ligaments und der oralen Mukosa gewährleistet wird, ist das periimplantäre Bindegewebe vergleichsweise schwach vaskularisiert. Durch die Osseointegration sind die Gefäße des parodontalen Ligaments nicht mehr vorhanden, sodass die vaskuläre Versorgung der periimplantären Schleimhaut fast ausschließlich durch suprapariostale Gefäße und wenige aus dem Knochen austretende Gefäße gewährleistet ist.<sup>19</sup> Die äußeren Knochenoberflächen sind von einer dünnen, unelastischen und kollagenreichen Bindegewebschicht – dem sog. Periost – bedeckt. Das Periost enthält neben Osteoblasten, Osteoklasten und den entsprechenden Vorläuferzellen auch eine große Anzahl von Blutgefäßen und Nerven, die für die Regeneration des frisch augmentierten Knochens von besonderer Bedeutung sind und bei Freilegungsmaßnahmen oberhalb der Implantatdeckschrauben nur mit größtmöglicher Sorgfalt beim Einsetzen des Gingivaformers durchtrennt werden dürfen.

Insbesondere beim chirurgischen Weichgewebemanagement um Implantate herum sollte die ver-

narbte Histomorphometrie des Implantats, das Fehlen von verankerten Fasern und die vergleichsweise schlechte Vaskularisation der periimplantären Mukosa berücksichtigt werden. Basierend auf diesen Unterschieden ist aufgrund der schlechteren vaskulären Versorgung eine geringere Widerstandsfähigkeit gegenüber mechanischen und mikrobiologischen Einflüssen sowie ein beeinträchtigt Heilungspotenzial nach chirurgischen Eingriffen zu erwarten.<sup>116</sup>

### 3.1.1.3 Biologische Breite

Der spezifische Aufbau des gingivalen Gewebes um Zähne und Implantate stellt eine einzigartige anatomische Situation dar, in der die epitheliale Integrität unterbrochen ist. Dabei bildet sich eine Kombination aus epitheliale Attachment gegen mikrobiologische Einflüsse und einem bindegewebigen Attachment gegen mechanische Einflüsse, die als biologische Breite bezeichnet wird.<sup>84</sup>

Um Zähne herum hat die biologische Breite eine vertikale Ausdehnung von 2,04 mm, wovon durchschnittlich 1,07 mm aus bindegewebigem Attachment und 0,97 mm aus epitheliale Attachment bestehen.<sup>66</sup> An Implantaten bildet sich ebenfalls eine biologische Breite nach der Freilegung aus. Das bindegewebige Attachment um Implantate ist im Vergleich zu dem von Zähnen sehr konstant und hat eine Breite von etwa 1 mm, während das epitheliale Attachment – auch als langes marginales Epithel bezeichnet – wesentlich ausgeprägter ausfällt.<sup>157</sup> Das lange Saumepithel bildet über Hemidesmosomen und die interne Basallamina einen Kontakt zum Implantat oder zur Abutmentoberfläche.

Tierexperimente haben gezeigt, dass unabhängig von geschlossener oder offener Einheilung ein geringes Maß an vertikalem Knochenverlust um Implantate herum zu erwarten ist, im Durchschnitt 1,1 bis 1,3 mm apikal der Implantat-Abutment-Verbindung.<sup>54-56</sup> Am Mikropalt zwischen Abutment und Implantat wurde ein koronales plaque-assoziiertes und konnektions-assoziiertes entzündliches Infiltrat entdeckt. Trotz der topographischen Nähe des krestalen Knochens war allerdings immer ein physiologisches Band aus Bindegewebe vorhanden, welches das drei-

dimensionale Infiltrat vom Knochen abschirmt.<sup>54,55</sup> Dennoch ist insbesondere bei zweiteiligen Implantatsystemen von einem vertikalen Knochenverlust auszugehen, der sich bis ca. 2 mm apikal der Verbindungsstelle erstreckt<sup>75-77</sup> und auch durch das Material des Abutments beeinflusst wird.<sup>158</sup>

Unabhängig vom Implantatdesign wird daher empfohlen, dass idealerweise eine Mindestdicke des periimplantären Weichgewebes von 2 bis 3 mm nach Freilegungseingriffen zur Selbstschutzreaktion vorhanden sein sollte. Andererseits reagiert der Organismus mit gesteigertem periimplantären Knochenabbau.<sup>30,39</sup>

Das Ziel des Einsetzens von Gingivaformern oder Abutments während der Freilegungsoperation ist es, die horizontale Dimension der biologischen Breite nach dem Platform-Switching-Prinzip zu verändern und damit den Erhalt des periimplantären Knochengewebes zu gewährleisten.<sup>36,110</sup> Der knochenerhaltende Effekt sollte zusätzlich durch möglichst wenige Auswechslungen prothetischer Gingivaformer oder Abutments mit geringer Traumatisierung des transmukosalen Weichgewebes unterstützt werden.<sup>1</sup> Die biologische Breite sollte daher immer berücksichtigt werden, auch in Bezug auf die Implantate. Die biologische Breite ist also auch bei Implantaten auf keinen Fall zu missachten, und würde durch fehlende Hartgewebsunterstützung langfristig sichtbar werden sowie zu ästhetischen Misserfolgen wie Rezessionen oder Papillenverlusten führen.

### 3.1.1.4 Gewebebetyp

Aus klinischer Sicht können parodontale Gewebetypen nach Form, Profil und Dicke klassifiziert werden. Es werden normale, dicke und dünne Biotypen unterschieden.<sup>161</sup> Dicke Biotypen haben ein flaches Knochen- und Gingivaprofil mit einer signifikanten Breite der keratinisierten Gingiva. Rechteckige oder quadratische Zahnformen sind hier mitvergesellschaftet, und es besteht eine Korrelation zu dickeren bukkalen Alveolenwänden.<sup>169</sup> Aus diesem Grund wird bei dicken Biotypen seltener eine Knochendehiszenz oder Fenestration beobachtet. Dünne Biotypen lassen sich anhand eines steileren, girlandenartigen

Gingivaverlaufs mit tendenziell dreieckigen Zahnformen und einer geringeren Breite der keratinisierten Gingiva identifizieren. Patienten mit einem dünneren Biotyp werden als Hochrisikopatienten eingestuft, denn sie haben durch Traumatisierungen jeglicher Art als Locus minoris resistentiae ein signifikant höheres Risiko, bukkale, aber auch proximale Rezessionen zu entwickeln.<sup>61,185</sup> Durch augmentative Freilegungstechniken lassen sich dünne in dicke Phänotypen konvertieren und die damit verbundenen Risiken minimieren.

Eine direkte Messung des Gewebebiotyps und seiner Dicke kann durch einen klinischen Test auf Basis der „durchscheinenden Parodontalsonde“ erfolgen.<sup>49</sup>

#### 3.1.1.5 Befestigtes und keratinisiertes Gewebe

Die Entstehung keratinisierter Gingiva um Zähne ist durch eine genetische Determination der Basallamina als biologischer Entwicklungsprozess zu verstehen und aus diesem Grund immer, zumindest minimal vorhanden. Beim periimplantären Gewebe hingegen muss dieses Phänomen durch korrekte Freilegungstechniken geschaffen werden.

Seit Lang und Loe<sup>106</sup> 1972 zeigen konnte, dass Zähne mit einer Breite der keratinisierten Gingiva von weniger als 2 mm nach Gingivalindizes deutlichere Entzündungszeichen aufwiesen, wurde dieser Schwellenwert als adäquate Größe für den Erhalt der parodontalen Gesundheit angesehen. Wennström und Lindhe<sup>183,184</sup> demonstrierten im Tierversuch, dass sich die Größe und die apikale Ausdehnung des entzündlichen Infiltrats sowie die Inzidenz von parodontalem Attachmentverlust zwischen solchem mit adäquater von inadäquater keratinisierter Gingivabreite nicht unterschieden. In einem systematischen Review konnte belegt werden, dass statistisch signifikant mehr Plaqueakkumulation, mukosale Entzündungen, Rezessionen und Attachmentverlust an Implantaten mit inadäquater keratinisierter Mukosabreite auftraten.<sup>115,148</sup> Allerdings muss auch erwähnt werden, dass durch fehlende keratinisierte Mukosa bei Parametern wie Blutung auf Sondierung, Sondierungstiefen und radiografischem Knochenverlust keine negativen Auswirkungen

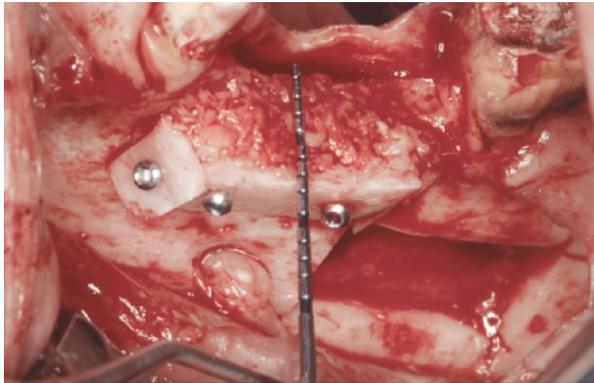
zu erkennen waren.<sup>115</sup> Ungeachtet einer Untersuchung von Keeve und Khoury<sup>94</sup> werden in den meisten wissenschaftlichen Arbeiten jedoch nicht Erfolgskriterien, sondern Implantat-Überlebensraten untersucht, anhand derer es schwer zu zeigen ist, ob befestigte Mukosa eine Verbesserung bewirkt. Die Autoren empfehlen aber dringend die Wiederherstellung befestigter Mukosa als wesentliches Ziel der Freilegungstechniken. Besonders aus ästhetischen Gründen und zum Erhalt einer entzündungsfreien, blass rosafarbenen, gestippten und keratinisierten Oberfläche um Implantate als gelungene „rote Ästhetik“ ist eine Keratinisierung des Gewebes und der damit einhergehende Schutz – auch vor Rezessionsbildungen – unverzichtbar.

### 3.2 Die Grundlagen von Inzisionen, Nahttechniken und Weichteilheilung

Das Ziel der Weichgewebeeinheilung ist ein gutes ästhetisches und funktionelles Endergebnis, das eine vollständige morphofunktionelle Wiederherstellung nach dem Vorbild der ursprünglichen Strukturen beinhaltet. Die Inzision, die Lappenbildung, das Wundrandmanagement und die Nahttechniken müssen sorgfältig berücksichtigt werden, um die Lappeneinheilung und die Transplantatempfänglichkeit zu optimieren und die Narbenbildung speziell in der ästhetischen Zone zu reduzieren.

Prinzipiell gibt es intraoral – und je nach Indikation – zwei Lappendesigns:

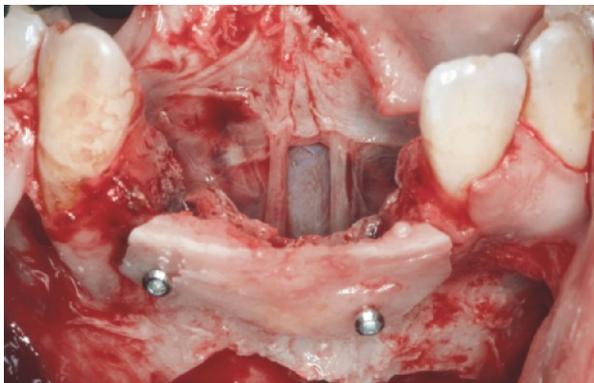
- Der Full-Thickness-Flap, der Schleimhaut, Muskel und Periost umfasst. Diese Art von Lappen, auch Mukoperiostlappen genannt, wird am häufigsten bei intraoralen Eingriffen, einschließlich Knochenaugmentationen, verwendet.
- Der Partial-Thickness-Flap, der nur die Schleimhaut oder auch den Muskel umfasst. Diese Art von teilschichtigem Lappen erfordert mehr Erfahrung des Chirurgen bei der Präparation einer Schleimhautschicht über dem Muskel. Sie ist bei einigen speziellen Operationen indiziert, wobei das



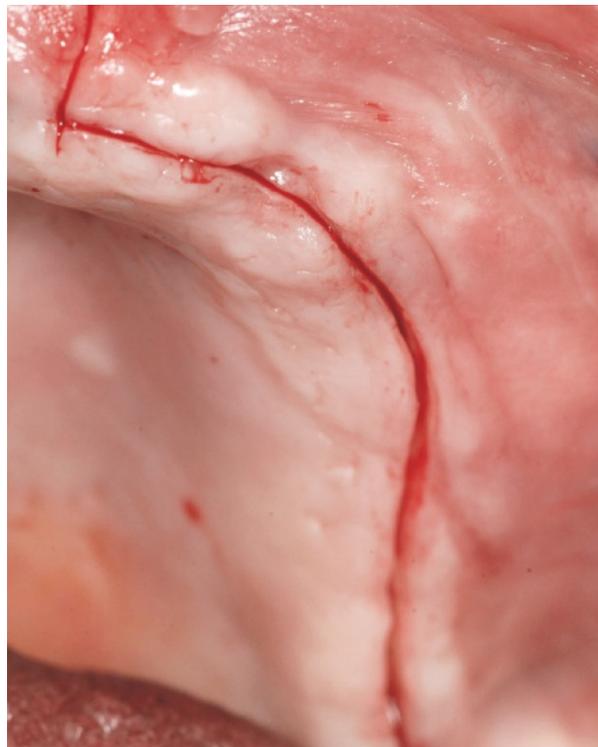
**Abb. 3-1a** Die Freilegung des Nervus mentalis ist eine Voraussetzung bei jeder Implantat- oder Augmentationsoperation im Bereich der Prämolaren/des ersten Molaren des Unterkiefers.



**Abb. 3-1b** Senkrecht zum Knochen verlaufende Blutgefäße.



**Abb. 3-1c** Wichtige Verzweigungen der Arteria lingualis im Unterkiefer-Frontzahnbereich.



**Abb. 3-1d** Typische Inzision in der Mitte des Kieferkamms im zahnlosen Oberkiefer mit der vertikalen Entlastung im Frenulum für die Implantat- und Augmentationschirurgie, wobei eine ausreichende Gefäßversorgung für eine gute postoperative Heilung erhalten bleibt.

Periost auf dem Knochen belassen wird, und ist als Kazanjian-Vestibulumplastik, Knochenerweiterungsplastik (siehe Kapitel 4) oder als lateraler Zugang zur Knochenaugmentation bekannt.

Inzisionen und Lappendesign für Knochenaugmentation und Implantatinsertion müssen die allgemeinen Regeln der Chirurgie beachten:

- Inzisionen müssen die Verletzung von wichtigen anatomischen Strukturen wie Nerven oder wichtigen Blutgefäßen vermeiden (Abb. 3-1a und b).

- Inzisionen müssen den Verlauf der Blutgefäße berücksichtigen, um einerseits die maximale Vaskularisierung des Lappens zu erhalten und andererseits starke Blutungen während des Eingriffs zu vermeiden (Abb. 3-1c und d).
- Inzisionen und Lappendesign müssen die bestmögliche Sicht und den bestmöglichen Zugang für den Chirurgen bieten.
- Inzisionen müssen eine breite Lappenbasis bieten, um das Risiko einer Lappennekrose zu reduzieren.



**Abb. 3-1e** Ausgeprägte Narbengewebsbildung im Oberkiefer-Frontzahnbereich nach horizontalen Inzisionen (mehrere Wurzelspitzenresektionen).

- Inzisionen und Lappendesign sollten das Risiko von Narbengewebe reduzieren, insbesondere im ästhetischen Bereich (Abb. 3-1e).
- Atraumatische Inzisionen, Lappenpräparation und spannungsfreie Nähte sind wichtige Faktoren, um das Risiko von Lappennekrosen zu reduzieren (Abb. 3-1f).

Im Zusammenhang mit den Freilegungsmaßnahmen werden zwei Wundheilungsprozesse unterschieden. Bei der primären Wundheilung (*per primam intentionem*) sollten die Wundränder durchgehend korrekt reponiert werden, was zu einem direkten Verschluss der oberflächlichen Wundschichten durch die Bildung eines Fibrinnetzwerks mit optimaler Fibrinogensynthese und Neoangiogenese führt. Die Zugfestigkeit des Gewebes ist jedoch erst nach vollständiger Abheilung der Submukosa nach etwa 1 bis 3 Wochen wiederhergestellt. Im Gegensatz dazu wächst bei der sekundären Wundheilung (*per secundam intentionem*) submuköses Granulationsgewebe über Gewebekontinuitätsdefekte, das bis zur endgültigen Epithelisierung der Wunde durch neutrophile polymorphkernige Leukozyten und Makrophagen bestimmt wird.



**Abb. 3-1f** Klinische Situation im rechten Unterkiefer 2 Wochen postoperativ: Inzision in der Mitte des Kammes, genäht mit 6-0 monofilem resorbierbarem Nahtmaterial.

#### 3.2.1 Zelluläre und molekulare Heilungsmechanismen

Die Wundheilung beinhaltet sowohl die Reparatur als auch die Regeneration des geschädigten Gewebes. Der entzündliche Heilungsprozess besteht im Wesentlichen aus der Reepithelisierung, der Neoangiogenese und der Aktivierung von Bindegewebszellen, die auch den Abbau der Proteine der extrazellulären Matrix und deren Resynthese zur Folge hat.<sup>159</sup> Die Regulation dieser Prozesse wird durch Wechselwirkungen zwischen Proteinen der Matrix und Epithelzellen sowie Zytokinen und Wachstumsfaktoren bestimmt. Nach Abschluss dieser drei Wundheilungsphasen ist das Ergebnis entweder ein Bereich mit Narbengewebe, das sich durch Reparaturheilung gebildet hat, oder ein Bereich mit exakter Regeneration durch ursprüngliches, morphologisch funktionelles Gewebe.

##### 3.2.1.1 Entzündungsphase (Tag 0 bis 3)

Auf eine kurzzeitige Vasokonstriktion und die Bildung des Blutgerinnsels aus einem plasmatischen Netzwerk von Thrombozyten und Erythrozyten folgt eine erhöhte Gefäßpermeabilität und die Freisetzung von Zytokinen. Die Fibrinogensynthese im Blutgerinnsel polymerisiert Fibrin und stimuliert die Migration und Proliferation von marginalen Epithelzellen. Thrombozyten setzen auch chemotaktische Zytokine wie TNF- $\alpha$  und IL-1 für neutrophile Granulozyten und Makro-

phagen frei.<sup>79</sup> Durch diese Immunabwehr wird die Wunde durch Phagozytose, zellvermittelte Immunabwehr und Peroxide dekontaminiert, bevor lymphozytenrekrutierende Makrophagen in das Gewebe einlagern. Die lymphozytäre Reaktion folgt einer Antigenpräsentation, die spezifisch für die molekularen Muster verschiedener Mikroorganismen ist.

### 3.2.1.2 Proliferative und fibroblastische Phase (Tag 3 bis 12)

Die Proliferations- und Migrationsaktivität der Fibroblasten wird durch von Makrophagen exprimierten Wachstumsfaktoren gesteigert und führt zu einer erhöhten Kollagensynthese sowie zu einer Neoangiogenese, die durch VEGF und  $\beta$ -FGF ausgelöst wird.<sup>168</sup> Die Reepithelisierung der Wundränder stellt die Integrität der anatomischen Strukturen wieder her. Integrine fungieren als Rezeptoren für chemotaktische Faktoren, die mit Kollagen und Fibronectin interagieren, und es kommt durch PDGF von Thrombozyten und TGF- $\beta$  von Makrophagen zur Aktivierung der mesenchymalen Zellen und damit zur Bildung des Granulationsgewebes.<sup>44,79</sup> Glykosaminoglykane, Proteoglykane, Tenascin und Thrombospondin dringen in die extrazelluläre Matrix ein, und Myofibroblasten differenzieren sich zur Kontraktion des Wundbereichs.

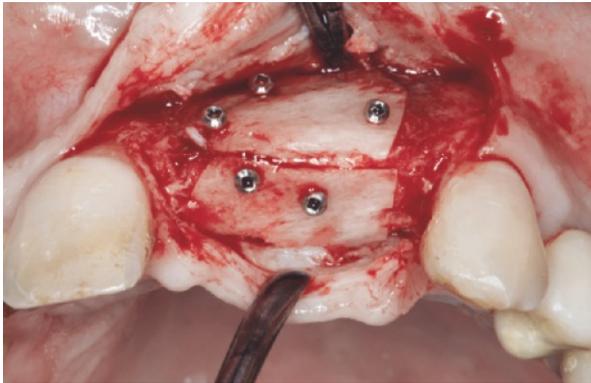
### 3.2.1.3 Reifungsphase (Tag 6 bis 14)

Matrixmetalloproteinasen lösen Kollagenolyse und -synthese aus, um die extrazelluläre Matrix und das Granulationsgewebe zu reorganisieren. Die fibroblastische Phase wird durch die Bildung von Kollagen Typ III und I bestimmt und verbessert die Zugfestigkeit und Elastizität des neuen Gewebes. Integrine in den Zellmembranen festigen die provisorische Matrix durch  $\alpha$ -/ $\beta$ -heterodimere Proteine und ermöglichen die Reepithelisierung. Integrin  $\alpha 5 \beta 1$  stimuliert dabei nicht nur die Adhäsion und Migration, sondern hat durch „signalling“ auch einen entscheidenden Einfluss auf das Zellwachstum.<sup>12,86,109</sup>

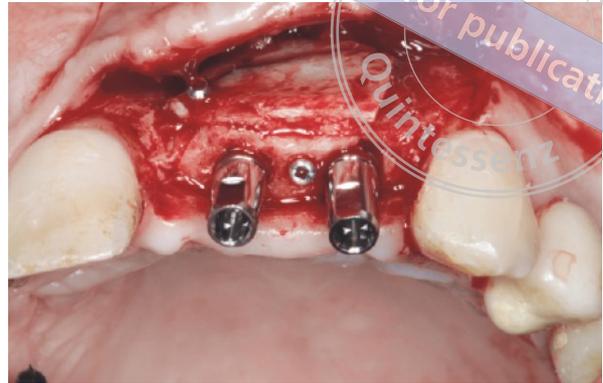
### 3.2.2 Die Reaktionen des Gewebes auf Nahtmaterial

Nahtmaterial als Fremdkörper im Gewebe führt unweigerlich zu leichten Entzündungsreaktionen, die die Infektionsresistenz lokal vermindern können. Insbesondere Nadel- und Fadenpenetrationsstellen stellen biologische Nischen dar, in denen bakterielle Invasionen möglich sind.<sup>6</sup>

Die Wundheilung in der Mundhöhle ist größeren bakteriellen Kontaminationsrisiken, dem sog. Wick-Effekt, ausgesetzt. Die Biofilmbildung muss daher durch die Verwendung monofiler Fäden so weit wie möglich reduziert werden. Nahtmaterialien müssen eine hohe Zug- und Reißfestigkeit, gute Knüpfesigenschaften und Knotenfestigkeit erfüllen.<sup>174</sup> In diesem Zusammenhang wurde gezeigt, dass die atraumatische mikrochirurgische Anwendung die Lappen- und Wundheilung signifikant unterstützt.<sup>25</sup> Die Verwendung von atraumatischen monofilen Nahtfäden mit einer maximalen Dicke von 0,01 mm (d. h.  $\leq 6-0$ ) ist daher aufgrund der geringeren bakteriellen Besiedlung,<sup>114</sup> des geringeren histologischen Entzündungsinfiltrats und der reduzierten Narbenbildung indiziert. Zum Zeitpunkt der Nahtentfernung nach 14 Tagen ist das Epithel bereits keratinisiert,<sup>159</sup> und der Faden ist geringfügig mit stäbchen- und spindelförmigen Bakterien besiedelt. Beim Weichgewebemanagement wird aufgrund von komplexen Nahttechniken auf mehreren Ebenen zur Erzielung eines ästhetischen und funktionellen Resultats resorbierbares Nahtmaterial empfohlen, das aufgrund seiner ca. 60-tägigen metabolischen Degradationsprozesse durchaus nach 14 Tagen bei Zugänglichkeit entfernt werden sollte. Dies führt zu einem höheren Patientenkomfort und ist insbesondere bei zweischichtigen Wundverschlüssen obligatorisch. Die chirurgische Nadel sollte mit einer Bogenlänge von 11–13 mm und einem dreieckigen, im vorderen Anteil geschliffenen und polierten Querschnitt aus hochwertigem Edelstahl bestehen, um bestmögliche Stabilität unter maximaler Schonung der Gewebe zu erzielen (Abb. 3-2a bis d).



**Abb. 3-2a** Freilegung eines 3D-geformten Knochentransplantats im anterioren Oberkiefer 3 Monate postoperativ unter Verwendung der gleichen Inzisionslinie, die während des Transplantationsvorgangs angelegt wurde, einschließlich der Entlastungsinzision im mesialen Drittel des Eckzahns.



**Abb. 3-2b** Insertion von zwei Implantaten in den vertikal transplantierten Knochen.



**Abb. 3-2c** Wundverschluss mit 6-0 monofilem resorbierbarem Nahtmaterial.



**Abb. 3-2d** Klinische Situation 4 Wochen postoperativ.

### 3.3 Instrumente

Im Weichteilmanagement haben sich mikrochirurgische Konzepte etabliert.<sup>46,189</sup> Unter dem Begriff Mikrochirurgie versteht man chirurgische Verfahren, die optische Vergrößerungshilfen, miniaturisierte Instrumente und entsprechend angepasste Nahtmaterialien erfordern. Das atraumatische Management von Gewebe und der optimale Wundverschluss durch mikrochirurgische Techniken führen zu deutlich verbesserten Ergebnissen. Den verbesserten und vorhersagbaren Wundheilungsverlauf beschrieben schon Burkhardt und Lang<sup>25</sup> als sie makro- mit mikrochirurgischem Vorgehen verglichen.

Die Form des Instrumentengriffs sollte rund und gut ausbalanciert sein und eine Länge von mindes-

tens 16 cm aufweisen. Insbesondere bei längeren Eingriffen kann ein solches ergonomisches Arbeiten in den posterioren Kieferabschnitten von Vorteil sein. Runde Griffformen ermöglichen eine deutlich präzisere Führung der Instrumente im Federhaltergriff ohne Handgelenksbewegungen.

Eine Inzision ohne Verlust von Gewebe ist einerseits mit einseitig geschliffener Klinge Nr. 15c mit graziler Spitze und entsprechender Auflagefläche bei zweischichtigen Präparationen und andererseits mit der doppelseitig geschliffenen Mikroskalpell-Klinge Nr. SM69 gut möglich. Auch bei der Wahl der Raspatorien sollte auf eine möglichst grazile Gestaltung, wie beim Raspatorium nach Partsch, geachtet werden. Größere Raspatorien dienen nur zum atraumatischen Abhalten eines Lappens. Es sollte mindestens eine



**Abb. 3-3a** Abgewinkeltes Skalpell für besseren Zugang von der palatinalen Seite.



**Abb. 3-3b** Eine supraperiostale Lappenpräparation im posterioren Oberkiefer wird durch ein abgewinkeltes Skalpell erleichtert.

anatomische und eine chirurgische Pinzette in mikrochirurgischer Ausführung vorhanden sein. Bei fehlendem Hakenzug kann ein graziler Lappen oder ein freies sowie gestieltes Bindegewebstransplantat mit der chirurgischen Pinzette nach Cooley ohne starken Druck optimal gefasst werden. Bei übermäßiger Druckaufwendung bei anatomischen Pinzetten kommt es zu einer nicht unerheblichen Traumatisierung bzw. Quetschung des feinen Lappens. Bei sehr dünnen Lappen oder freien Schleimhauttransplantaten ist eine anatomische Pinzette die beste Wahl für eine atraumatische Handhabung ohne Perforationsgefahr. Beim Knüpfen der Naht eignet sich entweder eine anatomische oder eine chirurgische Pinzette mit Greifplateau, um das Nahtmaterial beim Greifen nicht zu beschädigen. Bei der Wahl des Nadelhalters spielen neben der zu verwendenden Nadelgröße auch der Erfahrungsgrad und die Gewohnheiten des Operateurs eine entscheidende Rolle. Verschiedene Größen in der gewünschten Form sowie eine schlanke Ausführung sind erforderlich, um einen angemessenen Zugang zu den Interdentalbereichen zu gewährleisten. Mikrochirurgische Nadelhalter sind in der Regel nicht mit einer Arretierung ausgestattet, obwohl diese in der Oral- und Parodontalchirurgie für kontrollierte Drehbewegungen von großem Nutzen ist. Der Nadelhalter von Castroviejo ist z. B. mit einer sanften Arretierung ausgestattet. Bei den Mikroschere

ren bewährt. Einige Spezialinstrumente, z. B. das mehrfach abgewinkelte Skalpell, können sehr nützlich sein, um für bestimmte Eingriffe Zugang zu verschiedenen intraoralen Bereichen zu erhalten (Abb. 3-3a und b).

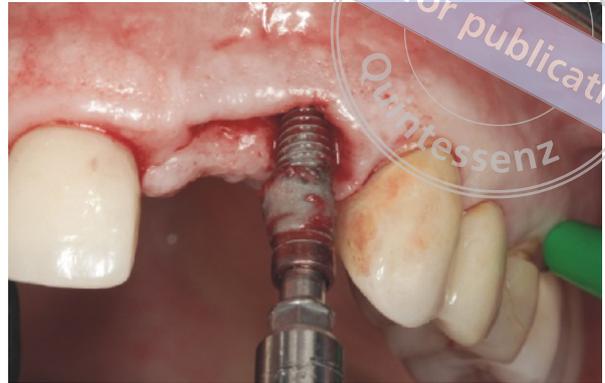
### 3.4 Weichgewebemanagement vor der Augmentation

Entzündliche Prozesse und Zahnextraktionen führen mitunter zu ausgeprägten Schäden an Hart- und Weichgewebe. Gerade in Fällen mit infizierten Biomaterialien oder fehlgeschlagenen Implantationsversuche einschließlich multipler vorangegangener operativer Eingriffe leidet die Qualität samt Regenerationseigenschaften und Quantität des Weichgewebes erheblich. In all diesen Situationen kann es von Vorteil sein, die Qualität des Weichgewebes in diesem Bereich vor den eigentlichen augmentativen Maßnahmen zu verbessern. Dies ermöglicht einen einfacheren und sichereren Verschluss, vor allem in Bezug auf vertikale Knochenaugmentationen. Die Verbesserung des Weichgewebes ist am häufigsten bei Patienten mit einem dünnen gingivalen Biotyp indiziert, da das verbesserte Weichgewebe eine schützende Wirkung auf das Hartgewebetransplantat hat und ein besseres langfristiges ästhetisches Ergebnis gewährleistet.

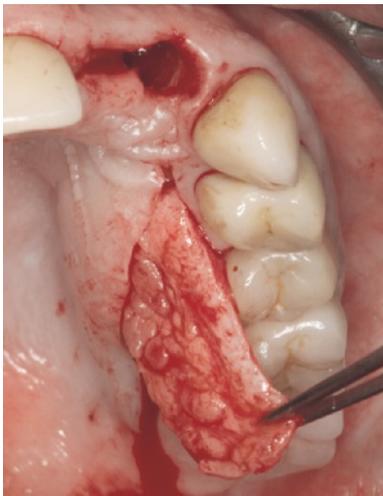
### 3 Weichgewebemanagement und Knochenaugmentation in der Implantologie



**Abb. 3-4a** Schlechte ästhetische Situation nach der Lockerung eines Implantats an der Position des ersten linken zentralen Schneidezahns sowie Knochen- und Weichgewebeverlust am Implantat an der Position des seitlichen Schneidezahns.



**Abb. 3-4b** Nach Entfernung der Krone Explantation des Implantats mit dem BTI-Explantationssystem (BTI, Vitoria-Gasteiz, Spanien).



**Abb. 3-4c** Präparation eines gestielten Bindegewebstransplantats im linken Gaumen.



**Abb. 3-4d** Das gestielte Bindegewebstransplantat wird unter einer Weichteilbrücke durchtunnelt, um den Defekt abzudecken und die Qualität des Weichgewebes zu verbessern.

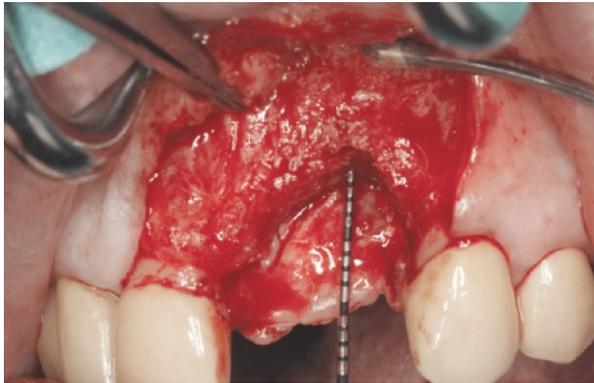


**Abb. 3-4e** Wundverschluss mit 6-0 Nähten ohne Entlastungsinzision.



**Abb. 3-4f** Klinische Situation 2 Monate postoperativ.

Ein dünner Biotyp lässt sich leicht durch Sondieren diagnostizieren, wenn die Parodontalsonde durch das Gewebe hindurch sichtbar ist, und er ist ein prädisponierender Faktor in der Entstehung von Rezessionen. Es kann daher sinnvoll sein, den Biotyp unter Berücksichtigung der Ästhetik von dünn auf dick umzuwandeln. Dies kann sowohl durch freie Gingiva- und Bindegewebstransplantate als auch durch gestielte palatinale Bindegewebstransplantate erreicht werden (Abb. 3-4a bis l). Rotationslappen können epithelisiert oder entepithelisiert von der bukkalen Mukosa oder vom Gaumen präpariert werden. Außer-



**Abb. 3-4g** Freilegung des knöchernen Defekts.



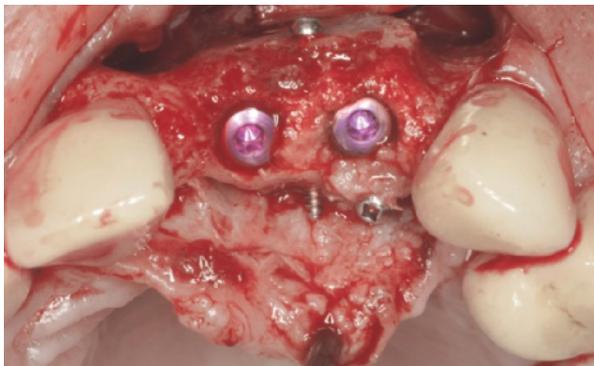
**Abb. 3-4h** Vertikale Knochenaugmentation mit Knochen-  
transplantaten aus dem linken mandibulären retromolaren Bereich  
nach dem Protokoll der SBB-Technik.



**Abb. 3-4i** Verschluss der Wunde mit 6-0 Monofilamentnähten  
(für den Wundverschluss war nur eine Entlastungsinzision erfor-  
derlich).



**Abb. 3-4j** Klinisches Erscheinungsbild 3 Monate postoperativ.



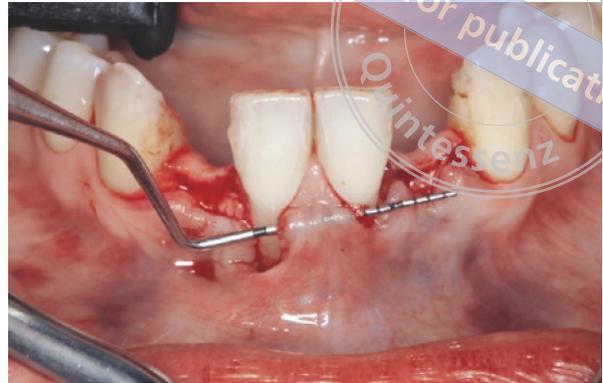
**Abb. 3-4k** Freilegung des Knochens unter Verwendung dersel-  
ben Inzisionslinie, die bei der Transplantation angelegt wurde:  
Insertion von zwei Implantaten im transplantierten Bereich.



**Abb. 3-4l** Klinische Situation nach der definitiven Versorgung.



**Abb. 3-5a** Weichgewebsrezession an den beiden mittleren Schneidezähnen des Unterkiefers und Agenesie der beiden seitlichen Schneidezähne.



**Abb. 3-5b** Präparation eines teilschichtigen Lappens im Bereich der lateralen Schneidezähne und Tunnelung der bukkalen Schleimhaut der zentralen Schneidezähne.



**Abb. 3-5c** Aus dem Gaumen entnommenes Bindegewebstransplantat für die Weichgewebsaugmentation.



**Abb. 3-5d** Das Bindegewebstransplantat wird unter die getunnelte Schleimhaut gelegt und im Bereich der seitlichen Schneidezähne mit 6-0-Nähten stabilisiert.

dem lassen sich Volumen und Qualität des Weichgewebes durch freie Gingiva- oder Bindegewebestransplantate verbessern, was zugleich einer Verlagerung der mukogingivalen Grenze entgegenwirken kann.

#### 3.4.1 Inzisionen bei Weichteilaugmentationen vor der Knochenaugmentation

Die korrekte Schnittführung ist schon von Beginn an für den späteren ästhetischen Erfolg von erheblicher Bedeutung. Bei dünnem, vorhandenem Gewebe ist zu empfehlen, die Inzision stringent vertikal zu führen, um zwei gleich dicke Lappenränder zu erreichen und so Nahtverschluss, Heilung und resultierendes Ergebnis zu optimieren. Unabhängig von der Phase des Weichteilmanagements sollte die Inzision die

notwendige Zugänglichkeit des Operationsgebietes gewährleisten und die erforderlichen Mobilisierungsmöglichkeiten bieten. Bei sulkulären Schnittführungen wird mit der unter Zahnkontakt und parallel zur Zahnachse geführten Klinge die gesamte Gingiva in den Lappen einbezogen. Auf Entlastungsinzisionen in die marginale Gingiva sollte vor Knochenaugmentation vollständig verzichtet werden; ausgenommen sind hilfreiche vertikale Zugangsinzisionen in der Mukosa zur Einbringung von Bindegewebsstransplantaten. In der präaugmentativen Phase gilt es, sich möglichst ausschließlich auf Mukosalappen, sog. Spalthautlappen, zu beschränken (Abb. 3-5a bis o). Wenn eine dünne Schicht Bindegewebe und Periost auf dem Knochen belassen wird, heilen die Bindegewebsstransplantate aufgrund der Gefäßversorgung von allen Seiten verbessert ein.<sup>134</sup> Außerdem kann die

Copyright by Quintessenz  
not for publication



**Abb. 3-5e** Wundverschluss.



**Abb. 3-5f** Okklusale Ansicht des transplantierten Bereichs.



**Abb. 3-5g** Klinisches Erscheinungsbild 6 Wochen postoperativ. Das Provisorium ist als Maryland-Brücke ausgeführt.



**Abb. 3-5h** Okklusalan­sicht mit der geätzten Restauration.



**Abb. 3-5i** Freilegung des atrophierten krestalen Knochens.

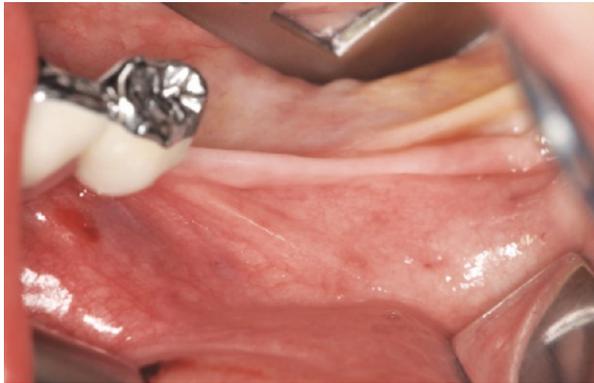
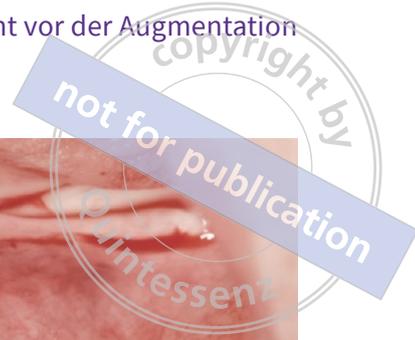


**Abb. 3-5j** Entnahme eines Knochenblocks aus dem apikalen Bereich.

resultierende Knochenresorption bei einer Split-thickness-Lappendisektion im Vergleich zu Mukoperiostlappen mit Denudation des Knochens minimiert werden.<sup>60,135,166,187</sup> Ausnahmen von diesem Konzept sind Situationen, in denen die Weichgewebeaugmen-

tation mit der Entfernung von Fremdmaterialien (z. B. Biomaterialien nach einer Infektion) kombiniert werden muss. In solchen Fällen muss die Lappenpräparation eine Knochenfreilegung zur Entfernung der Fremdmaterialien beinhalten.





**Abb. 3-6a** Starke Knochenatrophie im posterioren Unterkiefer mit extrem dünnem gingivalen Biotyp.



**Abb. 3-6b** Tunnelpräparation für die Weichgewebetransplantation.



**Abb. 3-6c** Aus dem Gaumen entnommenes Bindegewebs-  
transplantat durch den Tunnel geschoben und mit Nähten stabilisiert.



**Abb. 3-6d** Klinische Situation am Ende des Eingriffs.

des Transplantats erfolgt über eine Zugnaht am distalen Ende des Tunnels, die dann im gleichen Arbeitsschritt zu einer Matratzennaht geknüpft werden kann. Das Transplantat sollte mittels mindestens zweier Matratzennähte rotationsstabil an der korrekten Lokalisation fixiert sein, bevor die vertikale Zugangsinzision mit wenigen Einzelknopfnähten unkompliziert verschlossen werden kann. (Abb. 3-7a bis l).

### 3.4.3 Freie Bindegewebstransplantate vor der Knochenaugmentation

Bindegewebstransplantate werden in erster Linie vom lateralen Gaumen entnommen, unabhängig von der Phase des Weichgewebsmanagements. Weitere Entnahmestellen sind das Tuber maxillae und die mandibuläre Retromolarregion. Freie Gewebetransplantate können in Bindegewebstransplantate,



**Abb. 3-6e** Klinische Situation 2 Monate postoperativ mit verbessertem Aussehen des Weichgewebes vor der Knochen-  
transplantation.

Schleimhauttransplantate und Transplantate kategorisiert werden, wobei Letzteres eine Kombination der ersten beiden ist. Die Spenderstelle „lateraler Gaumen“ sollte jedoch weiter spezifiziert werden, da das Gewebe in der Prämolarenregion des Gaumens am



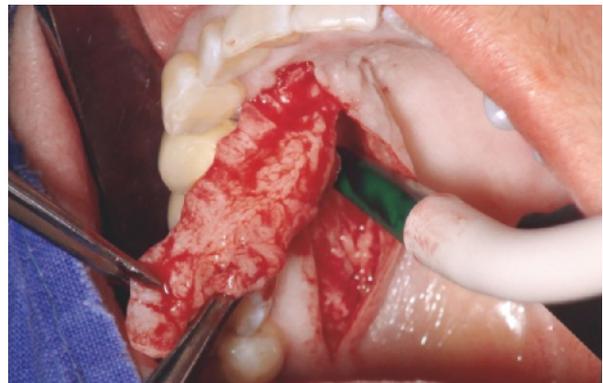
**Abb. 3-7a** Dünner gingivaler Biotyp im atrophierten rechten Unterkiefer.



**Abb. 3-7b** Tunnelpräparation auf der vestibulären Seite.



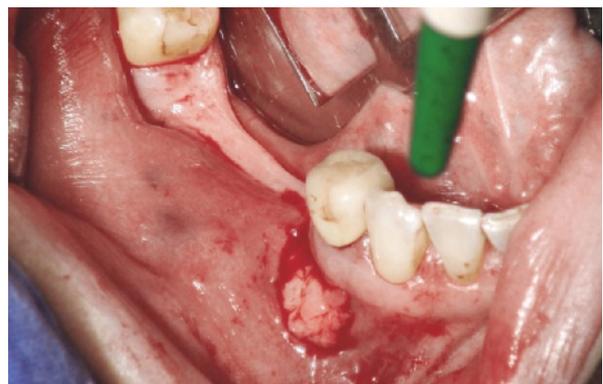
**Abb. 3-7c** Bindegewebsstransplantat aus dem rechten Gaumen entnommen.



**Abb. 3-7d** Entnahme eines Bindegewebsstransplantats aus dem rechten Gaumen.



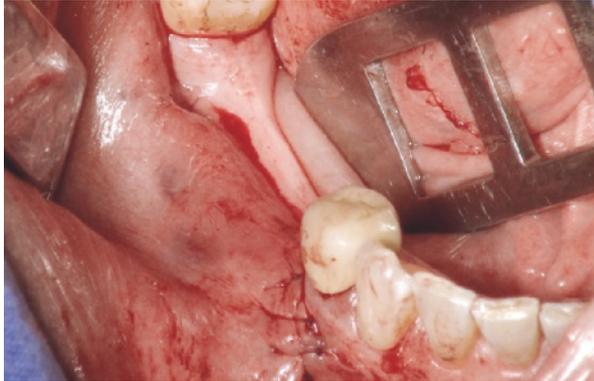
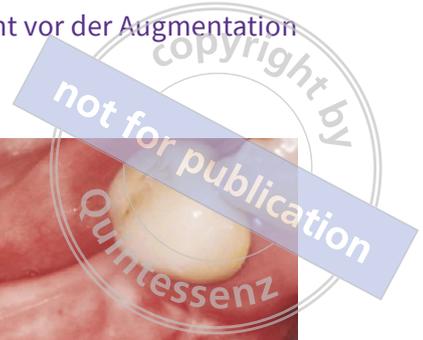
**Abb. 3-7e** Wundverschluss im rechten Gaumen.



**Abb. 3-7f** Das Bindegewebsstransplantat wird in den vorbereiteten Tunnel eingesetzt.

dicksten ist. Bei superepithelialen Transplantaten werden neben kollagenen Bereichen patientenindividuell Fett- und Drüsengewebe mitgewonnen (Abb. 3-5c und 3-7d). Die zu schonende Arteria palatina tritt in Höhe des Approximalraums des 2. und 3. Molaren aus dem Foramen palatinum major aus<sup>101</sup> und zieht in Re-

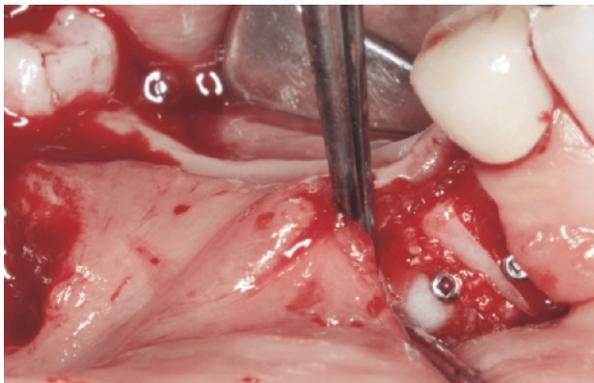
lation zur Höhe des Gaumendaches<sup>123</sup> mit einem durchschnittlichen Abstand von 12–14 mm vom Gingivarand<sup>142</sup> nach anterior. Bei der Vielzahl beschriebener Entnahmetechniken von subepithelialen Transplantaten wird heute die sog. „Single-Incision-Technique“ bevorzugt,<sup>83,107</sup> da hier eine bessere post-



**Abb. 3-7g** Wundverschluss.



**Abb. 3-7h** Klinische Situation 2 Monate postoperativ.



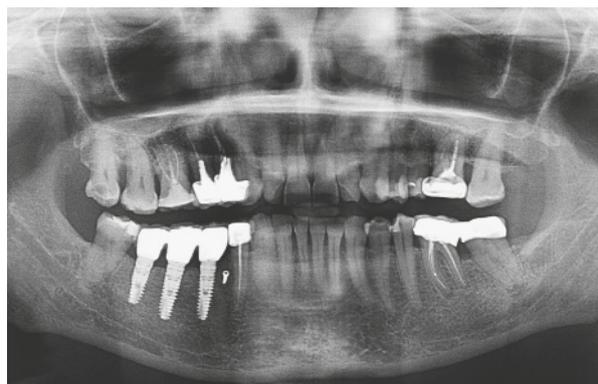
**Abb. 3-7i** Knochenblocktransplantation durch den Tunnelzugang.



**Abb. 3-7j** Postoperatives Röntgenbild.



**Abb. 3-7k** Klinische Situation 6 Jahre postoperativ.



**Abb. 3-7l** Radiologische Kontrolle 6 Jahre postoperativ.

operative Heilung und Patientenmorbidity nachgewiesen werden konnte. Dabei wird nach horizontaler gaumenseitiger Inzision unterminierend unterhalb der Oberfläche scharf präpariert. Bei einem Versatz der Entnahmeinzision von 1–1,5 mm zur ersten Inzision lassen sich die Wundränder optimal stabilisie-

ren. Patientenindividuell muss vor Entnahme entschieden werden, ob das Transplantat stumpf vom Knochen oder mittels einer weiteren Spaltlappenpräparation gehoben werden soll. So kann beim stumpfen Vorgehen ein voluminöseres, stabileres Transplantat mit Periost bei geringfügig höherer



**Abb. 3-8a** Klinische Situation vor der Extraktion des linken zentralen Schneidezahns aufgrund einer Längsfraktur.



**Abb. 3-8b** Okklusales Erscheinungsbild.



**Abb. 3-8c** Klinische Situation nach atraumatischer Extraktion des zentralen Schneidezahns.

Patientenmorbidity gewonnen werden. Zur Nahtversorgung wird eine Kombination aus gekreuzten Umschlingungsnahten, Einzelknopfnähten und einer Gaumenschutzplatte empfohlen (Abb. 3-7e).

Wenn Bindegewebe mit einem höheren Anteil an Kollagen und weniger Fett- und Drüsengewebe benötigt wird, wird ein deepithelisiertes Gingiva-/Bindegewebestransplantat empfohlen. Alternativ wird die Tuberositasregion als sekundäre Spenderstelle empfohlen. Transplantate, die durch eine distale Keilexzision gewonnen werden, schrumpfen aufgrund ihrer Struktur weniger und haben eine spezielle Form, die eine Revaskularisierung erschwert. Aus diesem Grund bleibt die Tuberositasregion die sekundäre Spenderstelle.

Neben körpereigenen gewebespezifischen Proteinen werden bei autologen Bindegewebestransplanta-

ten eine erhebliche Menge an Fibroblasten mittransplantiert, die mehrheitlich der initialen plasmatischen Zirkulation sowie der nachfolgenden Revaskularisierung gut zugänglich sind und daher eine günstige Prognose haben.

#### 3.4.4 Punch-Technik

Zum Verschluss von Extraktions- oder Explantationsalveolen kann bei fehlenden akuten Entzündungszeichen die sog. Punch-Technik<sup>90</sup>, ein kombiniertes Transplantat aus Bindegewebe und Schleimhautarealen, genutzt werden. Diese Technik führt zu einer optimalen Stabilität des Koagulums in der Alveole und kompensiert das Volumen und die Keratinisierung des Weichgewebes. Das Transplantat kann aus dem Tuberbereich hinter dem letzten Molaren entnommen werden, wenn in diesem Bereich eine breite keratinisierte Gingiva vorhanden ist (Abb. 3-8a bis j), oder aus dem Gaumen im Bereich der Prämolaren. Im Falle des Gaumens kann ein rotierter Stanzbohrer verwendet werden, um die Entnahme zu erleichtern (Abb. 3-9a bis l). Die Form des Transplantats beinhaltet ein zentriertes Schleimhautareal mit dem Durchmesser der Alveolenöffnung und zusätzlich zwei über die Single-Incision-Technique gewonnene Bindegewebszungen anterior und posterior des seitlichen Gaumens. Im Bereich der Alveole wird mit einem teilschichtigen Lappen ohne Inzisionen sowohl auf der bukkalen als auch auf der oralen Seite im Sinne der Tunneltechnik präpariert. Die Dimensionierung sollte

Das vorliegende Buch beschreibt die Methoden der vertikalen und horizontalen Knochenaugmentation mit autologem Knochen zur 3D-Rekonstruktion alveolärer Defekte im Rahmen von Implantatbehandlungen. Der Schwerpunkt liegt vor allem auf Techniken, die in den letzten drei Jahrzehnten vom renommierten Autorenteam entwickelt, modifiziert und nunmehr langfristig erfolgreich nachuntersucht wurden. Diese ermöglichen es, Patientenwünsche nach einer ästhetischen Versorgung mit sehr guter Langzeitprognose selbst in schwierigen anatomischen Situationen zu erfüllen.

Neben den wissenschaftlichen Grundlagen und den Prinzipien der biologischen Reaktion auf Knochentransplantate werden die verschiedenen Augmentationstechniken sowie das damit verbundene Weichgewebemanagement vorgestellt. Dabei spielen die wesentlichen Erfolgskriterien ebenso eine Rolle wie mögliche Komplikationen und deren Behandlung. Umfassend bebilderte Fallberichte stellen sämtliche Techniken Schritt für Schritt dar und machen das Buch zu einem einzigartigen Nachschlagewerk für alle auf diesem Gebiet tätigen Personen.



Prof. Dr. Fouad Khoury absolvierte sein Studium der Zahnmedizin an der Saint-Joseph-Universität in Beirut/Libanon und spezialisierte sich an den Universitäten Freiburg und Münster auf Oralchirurgie. An der Universität Münster wurde er zum Oberarzt ernannt und schloss dort auch seine Habilitation ab. Seit 1994 ist er Professor an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Münster und Direktor der Privatzahnklinik Schloss Schellenstein, Olsberg, Deutschland. Prof. Khoury ist seit vielen Jahren Gastprofessor an mehreren Universitäten, u. a. Murcia (Spanien) und Michigan (USA), Vorsitzender der Prüfungskommission für Oralchirurgie und Mitglied des Redaktionsausschusses zahlreicher internationaler Fachzeitschriften. Außerdem

war er erster Vorsitzender der Arbeitsgemeinschaft für Oral- und Kieferchirurgie (AGOKI) in der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) und ist Mitherausgeber des International Journal of Oral Implantology. Er hat mehrere Auszeichnungen erhalten (u. a. den Pioneers in Dentistry Award 2016 der AUB und den William R. Laney Award der American Academy of Osseointegration 2017) und ist Inhaber zahlreicher Patente. Prof. Khoury ist Autor und Herausgeber von vier Lehrbuch-Bestsellern, die in mehr als 10 Sprachen übersetzt wurden.

ISBN 978-3-86867-597-9



www.quintessence-publishing.com