

Hendrik Terheyden



AUGMENTATIONS- CHIRURGIE

A series of four cross-sectional diagrams of a jawbone. The first three diagrams show the process of bone grafting: a graft is placed into a defect, covered by a membrane, and then a bone substitute is added. The fourth diagram shows a dental implant being placed into the augmented bone. Arrows indicate the progression of the procedure from left to right.

Biologische Grundlagen
Operationstechniken
Klinische Herausforderungen

Hendrik Terheyden

AUGMENTATIONS- CHIRURGIE



Hendrik Terheyden



AUGMENTATIONS- CHIRURGIE

Biologische Grundlagen
Operationstechniken
Klinische Herausforderungen

 QUINTESSENCE PUBLISHING

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



Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek

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



Postfach 42 04 52; D-12064 Berlin

Ifenpfad 2-4, D-12107 Berlin

© 2021 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: 978-3-86867-548-1

Printed in Croatia

Vorwort



Die Knochenaugmentation des Alveolarfortsatzes ist für die Medizin etwas Besonderes. Neben den zahnprothetischen Optionen besteht hier die Möglichkeit der echten biologischen Regeneration des Kieferknochens, einer Restitutio ad integrum. Der neue Knochen kann dank der Zahnimplantate langfristig funktionell erhalten werden. Die Knochenaugmentation ist im Grundsatz daher eine funktionell begründete medizinische Rehabilitation, deren ästhetische Aspekte nicht außer Acht gelassen werden dürfen. „Bringst Du die Funktion in Ordnung, dann fällt Dir die Ästhetik in den Schoß“, pflegte mein Lehrer Prof. Dr. Dr. Franz Härle dazu zu sagen.

Das Buch richtet sich an zahnärztliche Kolleginnen und Kollegen zur Einführung in das Thema Augmentation und soll erfahrenen Kolleginnen und Kollegen, Oral- und MKG-Chirurginnen und -Chirurgen viele praktisch umsetzbare Hinweise bieten. Es herrscht in den neuen Medien ein relativ breites Informations- und Fortbildungsangebot – man kann sich sogar auf Videoportalen operationstechnisch schulen lassen kann. Es gilt im Wissensmanagement, die Spreu vom Weizen zu trennen, aus der Menge das Relevante zu destillieren. Es bedarf viel Urteilskraft, um aus der Fülle der Neuheiten besser abschätzen zu können, was sich in Zukunft bewähren wird und was daher heute bereits eine Investition in Praxis und Klinik wert ist. Daher besteht auch in der modernen Medienwelt weiterhin Platz für ein klassisches wissenschaftliches Lehrbuch. Dieses Buch soll einen Beitrag zum Wissensmanagement und zur Urteilskraft leisten, vor dem praktischen Hintergrund einer Versorgungsklinik und -praxis.

Das Buch beinhaltet die Themenbereiche biologische Grundlagen, Operationstechniken sowie klinische Herausforderungen und Entscheidungsfindung.

Die *biologischen Grundlagen* werden in dem Ausmaß angesprochen, wie sie klinische Konsequenzen

haben. Grundsätzlich war die klassische Zahnheilkunde lange Zeit relativ materialwissenschaftlich basiert, folglich auch die akademische Ausbildung. Dies war konsequent, denn die klassische konservierende und prothetische Zahnheilkunde fand außerhalb der ektodermalen Barriere, also im Prinzip außerhalb des Körpers statt. Durch die Zahnimplantate ist der Zahnarzt heute vermehrt invasiv im Inneren des Körpers tätig, sodass die klassischen Ausbildungsinhalte einer Ergänzung bedürfen. Heute kommen unter anderem die Biologie der Wundheilung, die Reaktion des Körpers auf Antigene und Fremdmaterialien, Antibiotika und Resistenzen, aber auch die ärztliche Führung eines invasiv behandelten Patienten und die Reaktion auf Komplikationen mehr in den Vordergrund.

Die *Operationstechniken* setzen die Chirurgie voraus, es sein denn, man spezialisiert sich auf die prothetische Versorgung von Zahnimplantaten. Aber auch dann ist zur Beratung des Patienten eine Kenntnis der chirurgischen Möglichkeiten hilfreich. Auch wenn man zunächst selber wenig augmentiert, sollte man die Augmentationsmöglichkeiten, aber auch deren Limitationen bei Risikopatienten kennen, um gezielt an spezialisierte Institutionen überweisen zu können. Generell ist eine gewisse Zurückhaltung bei der Vermittlung von chirurgischen Techniken über Zeichnungen und Animationen geboten, denn Papier ist bekanntermaßen geduldig, weshalb dieses Buch mehr auf die Verdeutlichung durch reale klinische Fälle setzt.

Zur Bewältigung *klinischer Herausforderungen und zur Entscheidungsfindung* gehört Erfahrung und die Kenntnis der biologischen Hintergründe, denn Zahnheilkunde ist ein naturwissenschaftlich begründetes Fach. Differenzialindikation bedeutet Nutzen-Risiko-Abwägung, welches Verfahren für welche Situation und welchen Patienten die höchste Sicherheit und den besten Effekt bietet. Dieses Buch versucht diesen

Schritt in Form eines Indikationsschemas für den oder die Kliniker/in zu erleichtern. Es handelt also von der Entscheidungsfindung, möglichst im Konsens mit den Patienten als partizipative Entscheidung.

Ich danke dem Quintessenz Verlag, speziell Herrn Seniorchef Dr. h. c. Horst-Wolfgang Haase für die Aufforderung und Herrn Geschäftsführer Christian Haase für die verlegerische Umsetzung trotz Koinzidenz mit der Corona-Krise. Mit Herrn Dr. rer. hum. biol. Alexander Ammann bin ich unter anderem durch die Arbeit in der Film- und Buchreihe „Visual biology“ seit Jahren in engem Kontakt und ihm auch für dieses Buch für zahlreiche intellektuelle Anregungen zu großem Dank verpflichtet. Frau Anita Hattenbach und Frau Viola Lewandowski danke ich für das Lektorat, ebenso meinem Sohn cand. med. dent. Hendrik Immo Terheyden. Die Geduld und das Können beim Umsetzen meiner Wünsche in perfekte Zeichnungen sind einen besonderen Dank an Frau Christine Rose wert. Für die Herstellung konnte ich auf Frau Ina Steinbrück vertrauen. Nicht zuletzt danke ich den zahlreichen Kolleginnen und Kollegen im wissenschaftlichen Austausch in-

ternational und national. Besonders die Teilnehmer an meinen Kursen und Fortbildungen haben mich stets zum Weiterdenken und Praxisbezug in der Knochenaugmentation angeregt, indem sie Fragen gestellt und von den Herausforderungen ihrer Praxistätigkeit berichtet haben. Hier ist besonders das Curriculum Implantologie der Deutschen Gesellschaft für Implantologie und der Akademie für Praxis und Wissenschaft der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde sowie der Studiengang Master of Science zu nennen. Nicht der letzte Dank gebührt meiner Frau Dr. med. Eva Ulrike Terheyden Niemann für ihre fachlichen Anregungen und Korrekturen und die Unterstützung während des zeitintensiven und nicht sehr familienfreundlichen Unternehmens Buchschreiben. Den letzten Satz möchte ich an Sie, geehrte Leserinnen und Leser, mit der Bitte richten, mit mir in den Austausch zu treten und die Inhalte zu diskutieren – nur so kommt unser Gebiet voran. Herzlichen Dank, dass Sie sich die Zeit nehmen, Ihr

Prof. Dr. Dr. Hendrik Terheyden

Autor



Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Hendrik Terheyden ist Chef- arzt der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der DRK-Kliniken Nordhessen in Kassel.

Hendrik Terheyden absolvierte von 1983–1989 das Zahn- medizinstudium an der Univer- sität Kiel. 1989 war er Stabsarzt der Marine in Flensburg. 1989–1992 studierte er Humanmedizin an der Universität Kiel. 1993 wurde er Fachzahnarzt für Oralchirurgie und 1997 Facharzt für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie mit der Zusatzbezeichnung Plastische Operationen (1999). 1999 folgte die Habi-

litation an der Universität Kiel. Er erhielt den Wass- mund-Preis der Deutschen Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG). 2004 wurde er apl. Professor an der Universität Kiel. Von 2009 bis 2012 war er Präsident der Deutschen Gesellschaft für Implantologie und von 2017 bis 2019 erster Vorsit- zender der Arbeitsgemeinschaft Oral- und Kieferchi- rurgie der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK). Seit 2006 ist Prof. Terheyden Section Editor des International Journal of Oral & Maxillofacial Surgery und seit 2012 Editor in Chief des International Journal of Implant Dentis- try. Seit 2021 ist er im Vorstand des Arbeitskreises leitender Krankenhausärzte der Deutschen Gesell- schaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie tätig.

Inhaltsverzeichnis



A BIOLOGISCHE GRUNDLAGEN 1

1 Allgemeine Grundlagen der Augmentationschirurgie 3

- 1.1 Knochen als Erfolgsfaktor in der Implantologie 3
- 1.2 Ziele der Knochenaugmentation: Funktion – Ästhetik – Prognose 4
- 1.3 Alveolarfortsatzatrophie 7
- 1.4 Klassifikationen der Alveolarkamm-atrophie 8
- 1.5 Alternativen zur Alveolarkamm-augmentation 11
- 1.6 Defektprothetischer versus regenerativer Therapieansatz 11
- 1.7 Weichgewebeaugmentation und Weichgewebemanagement 12
- 1.8 Risikomanagement SAC-Klassifikation 13
- 1.9 Teamwork 13
- 1.10 Literatur 14

2 Biologische Grundlagen der Knochenregeneration und Wundheilung 15

- 2.1 Aufbau des Knochengewebes 15
- 2.2 Wundheilung 18
- 2.3 Wundgleichgewicht – proinflammatorisches und antiinflammatorisches Wundmilieu 20

- 2.4 Knochenumbau 22
- 2.5 Resorptionsschutz von Knochentransplantaten 25
- 2.6 Osteokonduktion und Osteoinduktion 28
- 2.7 Einflussfaktoren auf das Heilungspotential von Knochendefekten 30
- 2.8 Defektklassen und Augmentations-techniken 30
- 2.9 Mechanismus der gestörten Wundheilung und der Wunddehiszenz 32
- 2.10 Biofilm als auslösender Faktor der gestörten Wundheilung 33
- 2.11 Das Wettrennen der Bakterien gegen die Angiogenese 34
- 2.12 Klinische Konsequenzen, Vorbeugung der Wunddehiszenz 34
- 2.13 Verzicht auf die plastische Deckung 36
- 2.14 Zunehmende Antibiotikaresistenz 36
- 2.15 Literatur 37

3 Knochentransplantate 39

- 3.1 Biologische Wirkung von Knochentransplantaten 39
- 3.2 Das Transplantatlager 44
- 3.3 Der Goldstandard – das autologe Beckenknochentransplantat 44
- 3.4 Spenderorte, Qualität und Entnahmemorbidität autologer Knochentransplantate 44
- 3.5 Literatur 54

4 Materialien zur Augmentations- chirurgie 55

- 4.1 Eigenschaften von Fremdmaterialien 55
- 4.2 Knochenersatzmaterialien 57
- 4.3 Dentin als Knochenersatzmaterial 58
- 4.4 Knochenprodukte: allogene und xenogene
Knochentransplantate 59
- 4.5 Weichgewebeersatzmaterialien 63
- 4.6 Klinische Differenzialindikation von
autologen Materialien versus Fremd-
materialien 65
- 4.7 Membranen 65
- 4.8 Bioaktive Materialien und Tissue
Engineering 67
- 4.9 Schlussfolgerung zu bioaktiven Materialien
und Tissue Engineering 79
- 4-10 Literatur 81

B OPERATIONSTECHNIKEN 85

5 Patientenführung und Operationsvorbereitung 87

- 5.1 Wahleingriff (elektive Chirurgie) 87
- 5.2 Patientenselektion nach Risikofaktoren 87
- 5.3 Aufklärung des Patienten 92
- 5.4 Realistische Erwartungshaltung des
Patienten 92
- 5.5 Partizipative Entscheidung 92
- 5.6 Antinfektiöse Patientenvorbereitung 93
- 5.7 Operationsvorbereitung, Anästhesie,
Sedierung und Narkose 94
- 5.8 Perioperative Medikation inklusive
perioperative Antibiose 96
- 5.8 Provisorische prothetische Versorgung 98
- 5.9 Literatur 105

6 Knochentransplantation – Standards und Operationstechnik 107

- 6.1 Bedingungen für Knochen-
transplantationen 107
- 6.2 Gemischte Knochentransplantate 112
- 6.3 Resorptionsschutz von Knochenblock-
transplantaten 115
- 6.4 Instrumente 115
- 6.5 Chirurgisches Vorgehen 118
- 6.6 Ein- oder zweizeitige Implantatinserion bei
der Knochentransplantation 125
- 6.7 Literatur 126

7 Weichgewebemanagement und Weichgewebe-augmentationen 127

- 7.1 Dimensionen der Weichgewebe am Zahn-implantat 127
- 7.2 Zugangsschnittführungen 128
- 7.3 Lappenformen 130
- 7.4 Vestibulumplastik und weitere Weichgewebe-plastiken 131
- 7.5 Lappenspannung und Lappenmobilisati-on 132
- 7.6 Nahttechnik und Nahtmaterial 133
- 7.7 Implantatfreilegungstechnik im Zusammen-hang mit Knochenaugmentationen 134
- 7.8 Weichgewebeaugmentation zur Verbreiterung der keratinisierten befestigten Gingiva an Zahnimplantaten 136
- 7.9 Weichgewebeaugmentation zur Verdickung befestigter Gingiva an Zahnimplantaten 146
- 7.10 Weichgewebeaugmentation in Verbindung mit einer Sofortimplantation 146
- 7.11 Weichgewebeaugmentation anstelle einer knöchernen Augmentation (GBR) 146
- 7.12 Weichgewebeaugmentation zur Rezessions-deckung an Zahnimplantaten 146
- 7.13 Deckung durch vaskularisierten Binde-gewebelappen 150
- 7.14 Tunnelierungstechniken 150
- 7.15 Kontraindikationen 151
- 7.16 Literatur 157

8 Standardoperationstechniken zur Augmentation 159

- 8.1 Einlagerungsosteoplastiken 159
- 8.2 Interpositionsosteoplastiken 167
- 8.3 Anlagerungsosteoplastiken 187
- 8.4 Auflagerungsosteoplastiken 198
- 8.5 Literatur 204

9 Alternativen und Ergänzungen zu den Standardaugmentations-techniken 207

- 9.1 Titanmeshes und CAD/CAM-gedruckte patientenindividuelle Titangitter 207
- 9.2 Partielle Zahnextraktionen 213
- 9.3 Implantatlagerpräparation durch Kondensation, Knochendehnungsschrauben und konische Implantate und Bone spreader 213
- 9.4 Vertikale Distraktionsosteogenese (DOG) des Alveolarfortsatzes 215
- 9.5 Knochenringtechnik mit simultaner Implantatinserterion 222
- 9.6 Extraorale Zeltpfostentechnik im anterioren Unterkiefer und Lower-border-Augmentation 223
- 9.7 Schalen- und Zelttechnik 223
- 9.8 Spitzkammumkehrplastik 225
- 9.9 Apikales U-Splitting 225
- 9.10 Literatur 226

10 Die Behandlung der Extraktionsalveole 227

- 10.1 Schonende Zahnextraktion und chirurgische Versorgung der Extraktionswunde 227
- 10.2 Ziele der Ridge Preservation 228
- 10.3 Alveolenfüllung in intakten Alveolen 230
- 10.4 Alveolenfüllung von Defektalveolen 230
- 10.5 Primäre Wandrekonstruktion von Extraktionsalveolen durch Knochen-blöcke 238
- 10.6 Socket Seal Surgery 238
- 10.7 Augmentierte Sofortimplantation 239
- 10.8 Socket-Shield-Technik 243
- 10.9 Literatur 244

C KLINISCHE HERAUSFORDERUNGEN UND ENTSCHEIDUNGSFINDUNG 245

11 Entscheidungsfindung nach Defektstadium 247

- 11.1 Defektorientiertes Konzept zur Differenzialindikation der Augmentationsverfahren 247
- 11.2 Defektstadium 1/4 248
- 11.3 Defektstadium 2/4 252
- 11.4 Defektstadium 3/4 255
- 11.5 Defektstadium 4/4 262
- 11.6 Literatur 262

12 Entscheidungsfindung im anterioren Kiefer – ästhetischer Bereich 267

- 12.1 Anatomische Besonderheiten des anterioren Oberkiefers 267
- 12.2 Anatomische Besonderheiten des anterioren Unterkiefers 268
- 12.3 Gingivaler Biotyp 268
- 12.4 Gingivahöhe und Rückwärtsplanung 269
- 12.5 Präzise Augmentation durch Resorptionsvermeidung 270
- 12.6 Implantatpositionierung 271
- 12.7 Augmentationen bei Zahnnichtanlagen und Jugendlichen 272
- 12.8 Vertikalaugmentation zur Rettung von benachbarten Zähnen 274

- 12.9 Implantate bei Vertikaldefekten im parodontal geschädigten Gebiss 276
- 12.10 Versorgung von Knochendefekten im anterioren Oberkiefer 277
- 12.11 Versorgung von Knochendefekten im anterioren Unterkiefer 293
- 12.12 Literatur 306

13 Der seitliche Kiefer – Freundsituationen 307

- 13.1 Klinik der Freundsituationen 307
- 13.2 Weichgewebeheilung bei Freundsituationen im Vergleich Ober- zu Unterkiefer 308
- 13.3 Allgemeines zu Kurzimplantaten versus reguläre Implantate 308
- 13.4 Allgemeines zu durchmesserreduzierten Implantaten versus reguläre Implantate 310
- 13.5 Pro und kontra vertikale Augmentation im seitlichen Unterkiefer 311
- 13.6 Pro und kontra Sinuslift im seitlichen Oberkiefer 313
- 13.7 Fazit zur Differenzialindikation Augmentation versus s/n/t-Implantate im seitlichen Kiefer 314
- 13.8 Differenzialindikation von Knochenaugmentationsverfahren im posterioren Unterkiefer 314
- 13.9 Differenzialindikation von Knochenaugmentationsverfahren im posterioren Oberkiefer 319
- 13.10 Literatur 323

14 Der atrophiierte zahnlose Kiefer 325

- 14.1 Funktion (Kauen und Sprechen) und Alveolarfortsatzatrophie 325
- 14.2 Ernährung und Alveolarfortsatzatrophie 326
- 14.3 Demenz und Alveolarfortsatzatrophie 327
- 14.4 Lebensqualität und Alveolarfortsatzatrophie 327
- 14.5 Gesichtsästhetik und Alveolarfortsatzatrophie 327
- 14.6 Zahnprothetische Besonderheiten bei schwerer Alveolarfortsatzatrophie 333
- 14.7 Schritt 1: Differenzialindikation von implantatgestützter Deckprothese versus implantatgetragenen Zahnersatz 337
- 14.8 Schritt 2: Differenzialindikation festsitzender oder abnehmbarer implantatgetragener Zahnersatz 340
- 14.9 Schritt 3: Differenzialindikation pro und kontra vertikale Augmentation 346
- 14.10 Extremitätenatrophien 347
- 14.11 Differenzialindikation zur augmentationsfreien Versorgung und Sofortbelastung auf schrägen Implantaten im Rahmen der „Alles auf vier“-Methoden 356
- 14.12 Differenzialindikation zur augmentationsfreien Versorgung des Oberkiefers durch Zygomaimplantate 359
- 14.13 Differenzialindikation zur augmentationsfreien Versorgung des atrophiierten Unterkiefers bei Cawood-Klassen V bis VI mit Kurzimplantaten 359

- 14.14 Differenzialindikation zur augmentationsfreien Versorgung durch Subperiostalimplantate 360
- 14.15 Empfehlungen zur augmentativen Versorgung von atrophiierten zahnlosen Kiefern 360
- 14.16 Literatur 364

15 Reparaturchirurgie und Komplikationsmanagement 367

- 15.1 Reparaturchirurgie und Zweitimplantation 367
- 15.2 Augmentative Behandlung der Periimplantitis 372
- 15.3 Infektiöse Komplikationen bei Augmentationen 376
- 15.4 Präoperative Maßnahmen zur Vermeidung von Wunddehiszenzen bei Augmentationen 378
- 15.5 Intraoperative Maßnahmen zur Vermeidung von Wunddehiszenzen bei Augmentationen 379
- 15.6 Postoperative Maßnahmen zur Vermeidung von Wunddehiszenzen bei Augmentationen 380
- 15.7 Komplikationen und deren Vermeidung beim Sinuslift 384
- 15.8 Allgemeine Komplikationen bei Augmentationsoperationen 390
- 15.9 Literatur 391

A



BIOLOGISCHE GRUNDLAGEN



Allgemeine Grundlagen der Augmentationschirurgie

Information war nie so umfassend verfügbar wie heute. Dies gilt besonders für die zahnärztliche Implantologie, die viele Jahrzehnte nach ihrer Etablierung immer noch stark im Fluss ist. Im dynamischen Wechselspiel von Produktentwicklern und Klinikern kommen fast täglich neue Biomaterialien und Augmentationsverfahren in die Praxis. Zu allem gibt es zahllose Publikationen und verlockende Fortbildungsangebote. Die Kunst der (Zahn-)Ärztin und des (Zahn-)Arztes ist es, die Menge an Innovationen und Informationen zum Wohle der Patienten richtig einzuordnen. Was ist gut für meine/n Patienten/in und was ist schlecht, riskant und was ist vorhersagbar, was ist effektiv und was ist unnötig, was zahlt sich aus und was kostet nur, was ist Mode und was beständig? Die Basis der Urteilsfähigkeit ist Erfahrung und profundes Wissen.

Die Zahnheilkunde ist traditionell stark durch Materialwissenschaften geprägt, denn sie fand bis vor wenigen Jahren überwiegend außerhalb der Ektodermhülle des Körpers statt. Unter anderem durch die Implantologie hat sich das Behandlungsspektrum in das Innere des Körpers unserer Patienten erweitert. Das erfordert eine zusätzliche theoretische Basis für die Zahnheilkunde, die sich aus Biologie und Medizin

speist. Die Leistung des Operators und der Operateurin bei Augmentationen ist nicht nur die handwerklich korrekte Ausführung, sondern vor allem die richtige therapeutische Empfehlung unter Abwägen zahlreicher Einflussfaktoren. Dieses Buch soll dem/der Praktiker/in dabei helfen, Selbstbewusstsein und kritische Urteilskraft für gute Entscheidungen aufzubauen und ein wenig Freude auslösen, wenn die Biologie hinter den eigenen klinischen Beobachtungen erkennbar wird und sich ein nachhaltiger Erfolg einstellt.

1.1 Knochen als Erfolgsfaktor in der Implantologie

Die Chance auf eine funktionell und biologisch vollwertige Geweberegeneration ist ein Privileg der Zahnheilkunde im Vergleich zu anderen Sparten der Medizin. Die Knochenregenerationstechniken erlauben heute Zahnärztinnen und Zahnärzten, fast keine Formabweichung des Kieferknochens als gegeben hinnehmen zu müssen, sei sie erworben durch Unfall, Tumor oder durch Atrophie des Alveolarkamms nach Zahnverlust oder angeboren bei Zahnnichtanlagen.

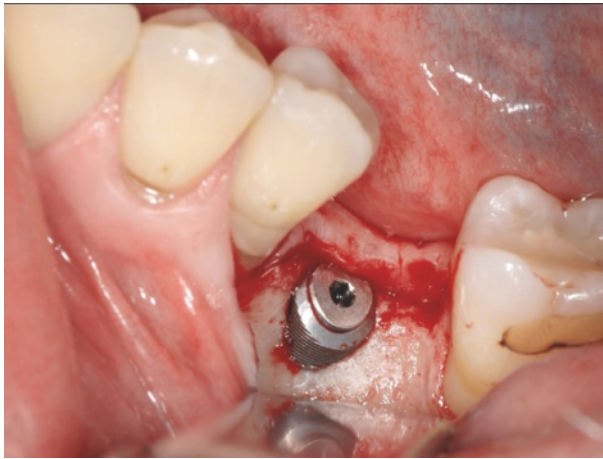


Abb. 1-1 Das Schicksal des Implantats entscheidet sich auf dem ersten Millimeter. Aufgeraute Implantatanteile dürfen nicht in Kontakt mit den Bakterien des Sulkus kommen. Hier besteht Augmentationsbedarf.



Abb. 1-2 Fotomontage. Ersatz der nicht angelegten Zähne 12 und 22 durch Titanimplantate. Das graue Durchschimmern des Titans sollte durch ausreichend dicken Knochen und Weichgewebe verhindert werden.

Das bezieht sich auch auf Bisslage- und Bisshöhenkorrekturen der Kiefer. Die Grundlagen zu chirurgischen Korrekturmöglichkeiten des Knochens und der bedeckenden Weichgewebe zur Vorbereitung einer Zahnersatzbehandlung wurden zum großen Teil durch die Fachvertreter der präprothetischen Chirurgie in den siebziger und achtziger Jahren gelegt¹. Knochenaugmentationen sind auch ein langfristiges sicheres Verfahren. Zu allen wesentlichen Techniken bestehen heute Daten aus 10-Jahres-Studien.

Das Schicksal des Implantats entscheidet sich auf dem obersten Millimeter² (Abb. 1-1). Ein zirkulär vollständiger Ring von Knochen, der allseits alle aufgerauten Anteile des Implantats bedeckt, kann ein Tiefenwachstum des Saumepithels und damit Taschenbildung verhindern³ und ist eine Voraussetzung für die dauerhafte Implantatgesundheit⁴. Zirkulärer Knochen von mindestens 1 mm, besser 2 mm Dicke ist eine Voraussetzung für eine gute Langzeitprognose und die Basis für einen abdichtenden Weichgewebefixationsapparat. Ausreichend dicker Knochen erzeugt eine vitale Gingivafarbe, indem er ein Durchschimmern des dunklen Titans verhindert (Abb. 1-2). Der Knochen ist generell die Basis der Ästhetik, indem er die Höhe der Gingiva definiert (Abb. 1-3) und die Gesichtsteile verankert. Der Alveolarfortsatz muss ausreichend breit sein, um einem stabilen Implantat mit ausreichender Materialstärke Platz zu bieten, das sich unter Mastikation nicht verformt oder gar frakturiert. Außerdem

muss der Knochen ausreichend hoch sein, damit keine langen Zahnkronen und interdental PlaqueRetention resultieren. Der Knochen sollte in der prothetischen und damit in der funktionellen Belastungsachse der Restauration stehen. Dadurch kann die Prothese zierlicher ausfallen (Abb. 1-4 bis 1-6).

1.2 Ziele der Knochenaugmentation: Funktion – Ästhetik – Prognose

Mit den genannten Vorgaben ergeben sich folgende Ziele der Knochenaugmentation:

- Funktion
- Ästhetik
- Prognose

Die Implantologie hat als oberstes medizinisches Ziel die kaufunktionelle Rehabilitation. Bei einer guten Funktion ergibt sich häufig die Ästhetik automatisch. Zudem rückt die Ästhetik als Therapieziel mehr in den Vordergrund. Die Lage der Knochenschulter bestimmt die Lage der darüber liegenden Weichgewebe und damit die gingivale (rosa) Ästhetik. Diese Zusammenhänge werden in dem englischen Merkspruch zusammengefasst:

*The tissue is the issue,
but the bone sets the tone,
and the clue is the screw.* (D. Garber, Atlanta)

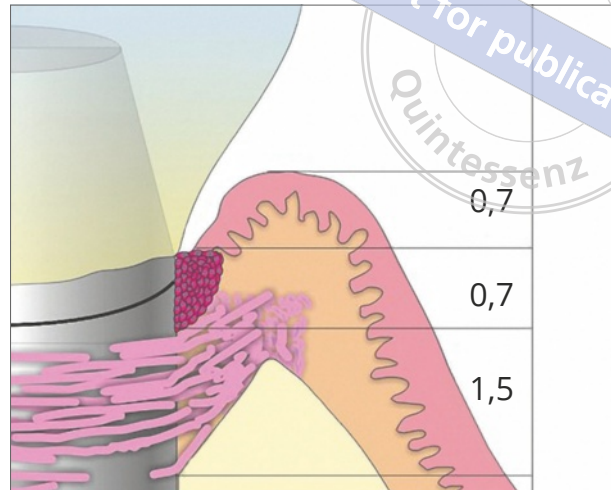
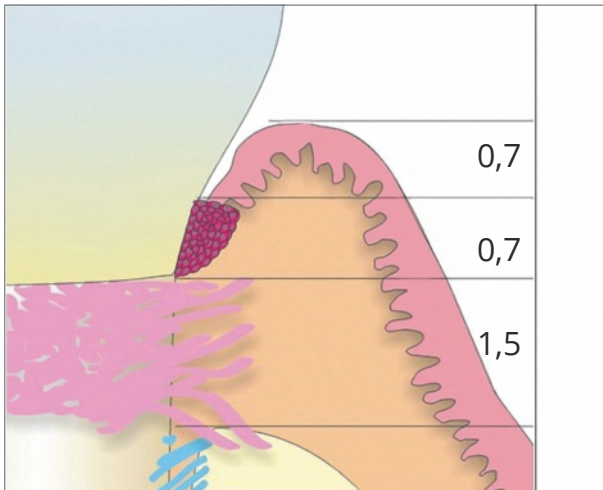


Abb. 1-3 Die Weichgewebebehöhe (biologische Breite) ergibt sich aus den Elementen Bindegewebeanheftung, Saumepithel und Sulkustiefe bzw. freie Gingiva. Sie ist bei Zahn und Implantat gleich hoch, im Mittelwert etwa 3 mm. Weil die Höhe konstant ist, kann man durch Augmentation der Knochenhöhe die Weichgewebebehöhe vorplanen.

Abb. 1-4 Bei der implantatprothetischen Versorgung des Oberkiefers kann man die Implantate unter Vermeidung der Sinusbodenaugmentation im vorderen Bereich intersinusoidal setzen. Dann muss allerdings die Prothese tegumental gelagert werden (Deckprothese) oder die Prothese muss zur Vermeidung eines Bruches sehr massiv gearbeitet werden. Bei großem Unterstützungspolygon nach Augmentation unter Verwendung von 6 bis 8 Implantaten kann eine abnehmbare Arbeit viel zierlicher gestaltet werden, weil die Bruchgefahr gering ist.

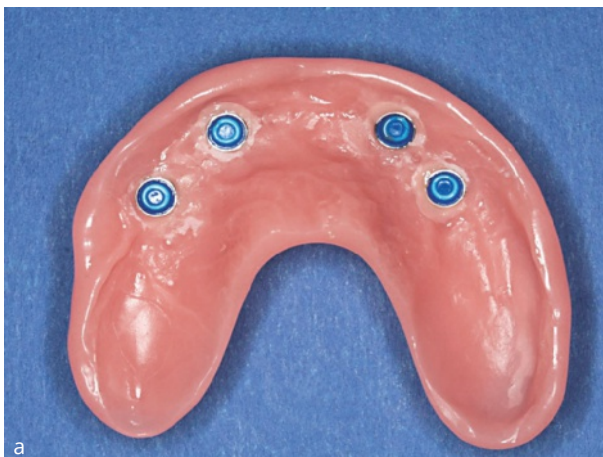
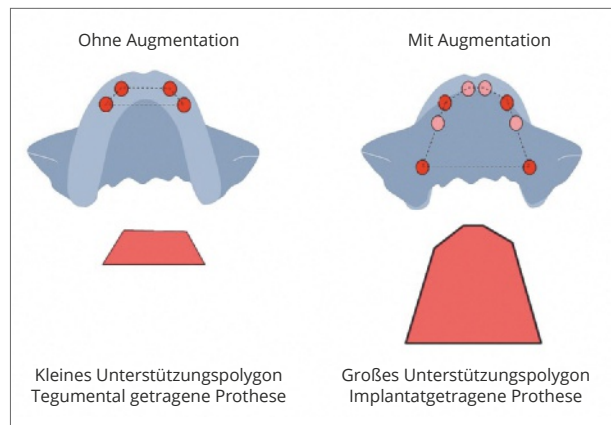


Abb. 1-5 Oberkieferversorgung ohne Augmentation. a. Tegumental gelagerte Deckprothese für den Oberkiefer bei intersinusoidal gesetzten Implantaten unter Augmentationsvermeidung. **b.** Durch mangelnde Unterspülbarkeit der Deckprothese kommt es zu Rötung des Gaumens (Prothesenstomatitis, Candidiasis) und Gingivahyperplasie an den Implantaten mit Pseudotaschenbildung. Die kaufunktionelle Belastbarkeit ist durch die mangelnde Pfeilerspreizung relativ gering.



Abb. 1-6 Oberkieferversorgung mit Augmentation. **a.** Durch Sinusbodenaugmentation konnte eine Pfeilerergänzung vorgenommen werden. **b.** Panoramaschichtaufnahme nach Sinusbodenaugmentation beidseits. **c.** Prothetische Versorgung durch zierlich gearbeitete abnehmbare und unterspülbare Prothese (Prof. M. Kern, Kiel). **d.** Galvanoteleskope. **e.** Interdentale Reinigungsmöglichkeit und Unterspülbarkeit. **f.** Lippenbild mit natürlicher Ästhetik.

1.3 Alveolarfortsatzatrophie

Der Alveolarfortsatz in Ober- und Unterkiefer ist im Gegensatz zur Kieferbasis embryologisch nicht chondral präformiert. Der Alveolarfortsatzknochen wird als desmaler Knochen von den Zähnen im Rahmen ihrer Anlage gebildet und entlang ihres Durchbruchs zur Okklusionsebene mitgenommen. Entsprechend schwindet dieser Knochen nach Verlust der Zähne auch wieder. Die Alveolarkammatrophie ist physiologisch und keine Krankheit, allerdings können die Folgen, der Verlust des Kauorgans und die Prothesenunfähigkeit, eine Krankheit bedeuten, zumal die Atrophie bei einigen Patienten sehr schnell verläuft. Die Resorption des Alveolarknochens beginnt an der bukkalen Knochenlamelle und erfasst später auch die orale Knochenlamelle. Die Resorption der oberen Alveolarfortsatzanteile wird auch durch das Prinzip des Bündelknochens erklärt (Abb. 1-7). Dieser Knochentyp des Körpers besteht aus den verkalkten Insertionen von Ligamenten. Am Alveolarfortsatz sind dies die Insertionen der Sharpey-Fasern (nach William Sharpey, Anatom in London). Nach Zahnextraktion schwindet das Parodontalligament und zwangsläufig auch der Bündelknochen, der die gesamte faziale Lamelle der Zahnfächer ausmachen kann. Der Verlust des Alveolarfortsatzes wird unter anderem beschleunigt durch die marginale Parodontitis, durch traumatische Zahnextraktion, durch instabile tegumental getragene Prothesen und durch eine generalisierte Osteoporose. Besonders starke Atrophien mit Schlotterkamm- und Lappenfibrombildung werden beim Kombinationssyndrom (Abb. 1-8) im anterioren Oberkiefer gesehen, wenn ein hartes unteres Restgebiss oder untere Zahnimplantate gegen eine nur tegumental gelagerte obere Vollprothese beißen. Im Zuge der Atrophie kommt es auch zu einer verminderten Durchblutung der Kiefer, die einen reversen Strom in der Arteria mentalis auslösen kann. Die Frakturgefahr steigt durch die Querschnittsminderung des Unterkiefers.

Da die Zähne und der Alveolarfortsatz im Oberkiefer physiologisch nach bukkal geneigt stehen und eine enge apikale Basis vorliegt, ergibt sich bei Höhenreduktion des Knochens eine Verlagerung der

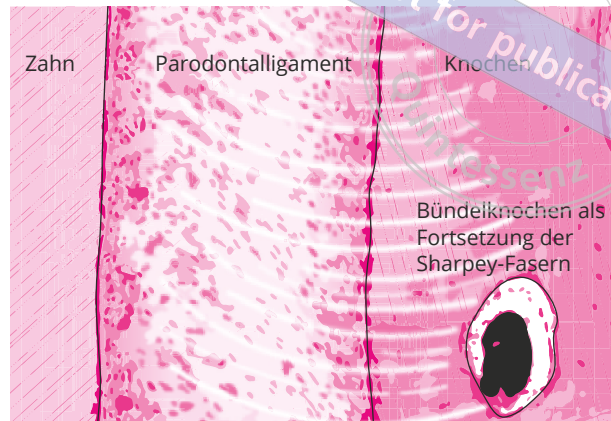


Abb. 1-7 Der Bündelknochen ist die Verankerung von Sehnen und Ligamenten in das Skelett. Der Alveolarfortsatz besteht vor allem im oberen Teil fast durchgehend aus Bündelknochen. Dieser wird von den zur Okklusionsebene durchbrechenden Zähnen mitgenommen. Wenn die Zähne verloren gehen, schwindet auch der Bündelknochen wieder, zunächst bukkal, später lingual beziehungsweise palatinal. Dieser Effekt erklärt den schnellen Volumenverlust von Extraktionsalveolen und die Alveolarkammatrophie als physiologisches und nicht aufzuhaltendes Phänomen, es sei denn, man kann durch Zahnimplantate den Knochen wieder physiologisch belasten (knochenprotektiver Effekt der Zahnimplantate).

Kieferkammmitte nach innen – die zentripetale Atrophie des Oberkiefers (Abb. 1-9). Bei breiter apikaler Basis im Unterkiefer und nach innen geneigten Zähnen tritt im Unterkiefer das Gegenteil ein. Die Kammmitte wandert mit der Höhenreduktion des Alveolarfortsatzes nach außen – die zentrifugale Atrophie des Unterkiefers. Dieser Effekt kann zu einer Veränderung der Kieferrelation führen und eine Pseudoprogenie und Kreuzbisse im Seitenzahnbereich bedingen. Die Pseudoprogenie wird noch verstärkt, weil der Biss im Laufe des Lebens unter anderem durch Zahnattrition, Abrasion, Zahnextraktionen und durch parodontale Zahnwanderung in der Regel immer weiter absinkt. Dadurch rotiert das Kinn im Kiefergelenk nach vorne.

Durch den Schwund ihrer knöchernen Ansatzstellen am zahntragenden Alveolarfortsatz verlieren die perioralen mimischen Muskeln ihre Vorspannung. Die Lippen rollen sich ein und verschmälern sich. Wegen des Wegfalls der Stütze der Zähne und

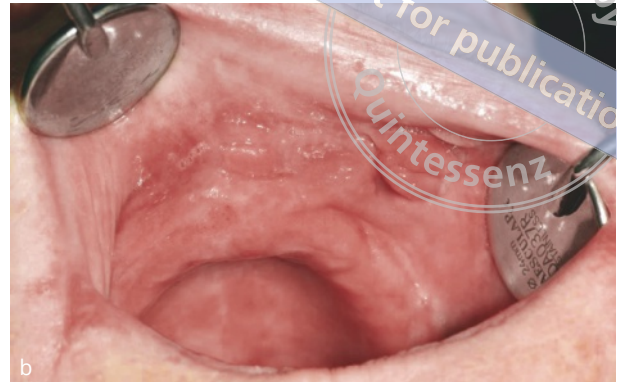
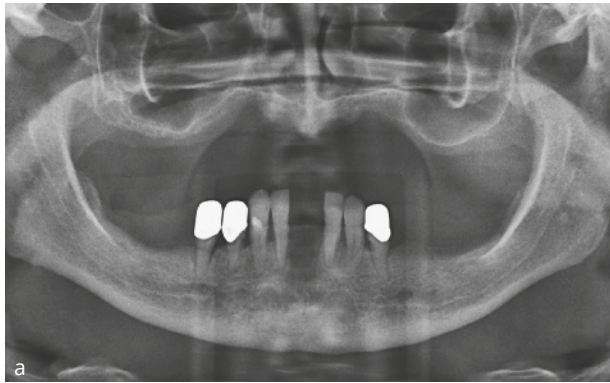


Abb. 1-8 Patient mit Kombinationssyndrom. a. Die Panoramaschichtaufnahme zeigt die isolierte Alveolarkamm-atrophie im anterioren Oberkiefer. Der harte Aufbiss der unteren Restbezahnung trifft auf die tegumental gelagerte obere Prothese, die insbesondere unter Protrusionskontakten immer wieder nach vorne abkippt und so die physiologische Alveolarkamm-atrophie lokalisiert beschleunigt. **b.** Lappenfibrome durch schlecht sitzende obere Vollprothesen im anterioren Oberkiefer. Diese pathologischen Reizzustände der Vestibulumschleimhaut ergeben sich insbesondere, wenn Vollprothesen anterior weit über den Kamm vorgebaut sind. Wenn sie durch ein Kombinationssyndrom anterior überlastet werden und die Okklusion nicht balanciert ist, können die Prothesen bei Vorschub vermehrt nach vorn abkippen. Parallel zeigt hier der Mundwinkel eine Perlèche (Candidiasis).

Alveolarfortsätze fallen Wangen und Lippe ein. Infolge der Bissabsenkung entwickelt sich eine negative Mundspaltenrundung (umgekehrter Smiley) und es kann zur Lippeninkontinenz an den Mundwinkeln mit Speicheltröpfeln und Candidabefall kommen. Der Musculus mentalis verliert zunehmend seinen Ansatz am vorderen Alveolarfortsatz und das Kinn kann tropfenartig herunterhängen, das sogenannte Tropfenkinn bildet sich. Insgesamt entsteht so das stigmatisierende typische Untergesicht des zahnlosen Greises. Die nachlassende Kau-fähigkeit bedingt häufig eine Nahrungsumstellung auf diabetogene Kost und ist mit dem verfrühten Eintritt von Demenz statistisch korreliert⁵, ohne dass ein ursächlicher Zusammenhang bewiesen ist. Die schwere Alveolarkamm-atrophie ist also keine simple Alterserscheinung, sondern ein pathologischer Zustand mit Folgen für den Gesamtorganismus. Die kaufunktionelle Rehabilitation durch Zahnimplantate verfolgt ein allgemeinmedizinisches Ziel.

1.4 Klassifikationen der Alveolarkamm-atrophie

Die Atrophie der zahnlosen Kiefer insgesamt wird am besten durch die internationale Klassifikation nach Cawood und Howell (1991) beschrieben⁶ (Abb. 1-10).

Das Resorptionsstadium des einzelnen Implantat-situs kann durch die Viertelregel nach Terheyden 2010^{7,8} (Abb. 1-11) klassifiziert werden. Diese Klassifikation basiert auf dem typischen Muster der Resorption des Alveolarfortsatzes nach Zahnextraktion und hat den Vorteil, dass den Stadien jeweils passende Behandlungsmethoden zugeordnet werden können (Kapitel 12).

Zunächst atrophiert im Regelfall die faziale Alveolenwand. Wenn deren obere Hälfte geschwunden ist, kann noch ein Implantat primär stabil gesetzt werden, aber es liegt ein vestibulärer Dehiszenzdefekt vor (erstes Viertel). Bei weiterer Atrophie wird die gesamte bukkale Wand resorbiert und es ergibt sich ein Spitzkamm (zweites Viertel) bei noch stehender oraler Wand (entspricht Cawood-Klasse IV). In diesem Stadium reicht der Knochen in der Regel nicht mehr, um ein Implantat zu stabilisieren, sodass man zweizeitig augmentieren muss. Als nächstes Stadium entsteht

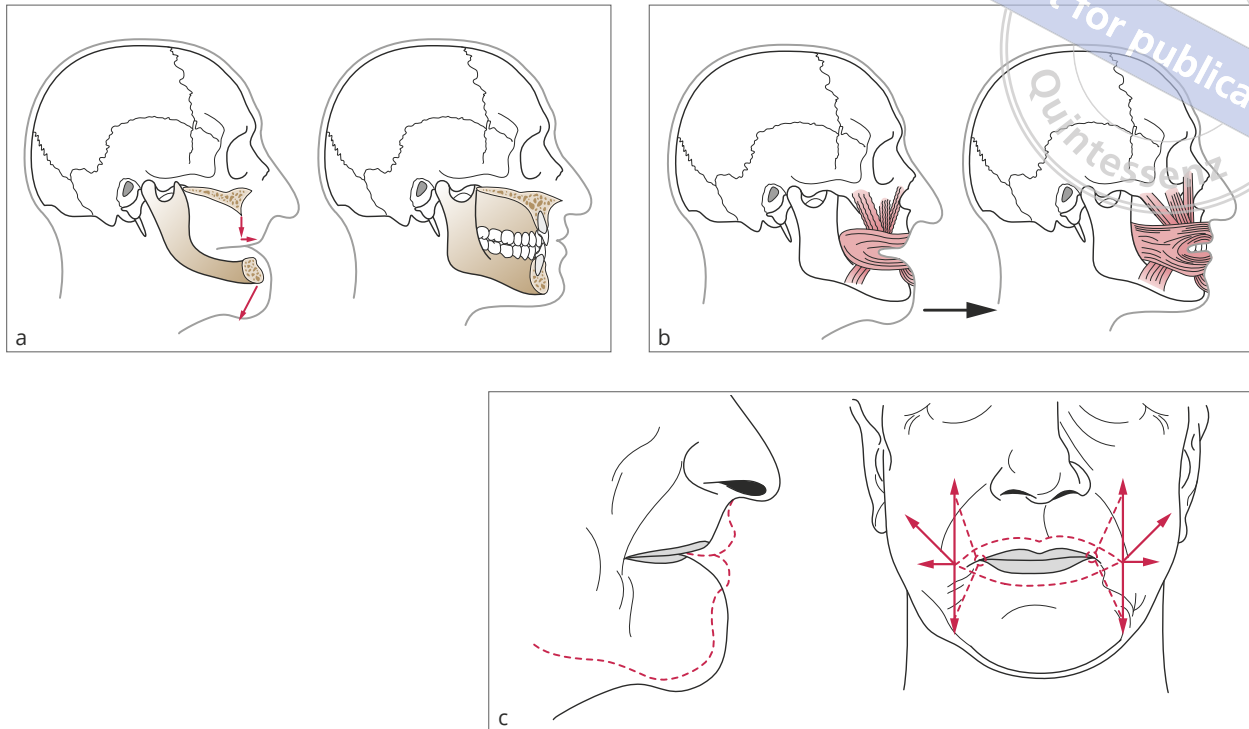


Abb. 1-9 Effekte der Augmentation bei Alveolarkammatrophie. **a.** Die Alveolarkammatrophie hat aufgrund der Schrägstellung des oberen Alveolarfortsatzes und der engen apikalen Basis des Oberkiefers zu einer Rücklage des Oberkiefers geführt (linkes Bild). Die reduzierte Bisshöhe aufgrund der Alveolarkammatrophie hat zu einer Vorrotation des Unterkiefers gegen den Uhrzeigersinn im Drehpunkt des Kiefergelenks geführt. Das hat eine Pseudoprogenie verursacht. Die Augmentation (z. B. durch Le-Fort-I-Interposition im Oberkiefer und Sandwich-Interposition im Unterkiefer) führt zu einer Bewegung der Alveolarfortsätze in Richtung der roten Pfeile. Das Ziel ist, durch Zahnimplantate wieder den Zustand bei Vollbezahnung (rechts) zu erzeugen. **b.** Durch die Alveolarkammatrophie sind die mimischen Muskeln nicht vorgespannt. Die Lippen rollen sich ein und insbesondere der Musculus mentalis verliert seinen oberen Ansatzpunkt auf Höhe der Wurzeln der unteren Schneidezähne. Dadurch sackt das Kinn herunter, was als Tropfenkinn bezeichnet wird. Passives Unterfüttern der Lippen durch zahnprothetische Mittel verbessert die Muskelansätze und damit die Muskelzugrichtungen nicht. Durch knöcherne Regeneration der Alveolarfortsätze kann wieder ein Zustand wie vor dem Zahnverlust erzeugt werden. **c.** Durch implantatgestützte Zahnprothesen kann im Gegensatz zu konventionellen Vollprothesen eine bessere Vorspannung der mimischen Muskeln erreicht werden, weil diese sich bei Gegenzug der Lippen nicht so leicht lösen wie konventionelle Totalprothesen. Wenn zusätzlich die Alveolarfortsätze durch Augmentation knöchern rekonstruiert werden, bekommen die mimischen Muskeln wieder ihre korrekten Ansatzpunkte. Zusätzlich kann durch Bisshebung eine Streckung des Untergesichts und eine Rücknahme des Kinns erreicht werden, sodass sich die Nasolabial- und Supramentalfalte glättet. Das Ziel ist ein entspannter und jüngerer Gesichtsausdruck als Nebeneffekt einer kaufunktionellen Rehabilitation (modifiziert nach Cawood JJ, in: Härtle, Atlas of Craniomaxillofacial Osteosynthesis, Thieme, Stuttgart 1999).

eine Höhenreduktion des Kamms insgesamt, aber die orale Wand steht noch teilweise (drittes Viertel), bis am Ende der Alveolarfortsatz vollständig resorbiert ist (viertes Viertel) (entspricht Cawood-Klasse V).

Diese Betrachtung im Querschnitt des einzelnen Implantatsitus sollte noch durch die Längsbetrach-

tung des zahnlosen Abschnitts in Form des sogenannten Envelopes (Abb. 1-12) ergänzt werden. Der Begriff des „Alveolar bone envelope“ ist ein feststehender Sprachgebrauch ursprünglich aus der kieferorthopädischen und parodontologischen Literatur⁹ und beschreibt die bukkale Konturverbindungsline des

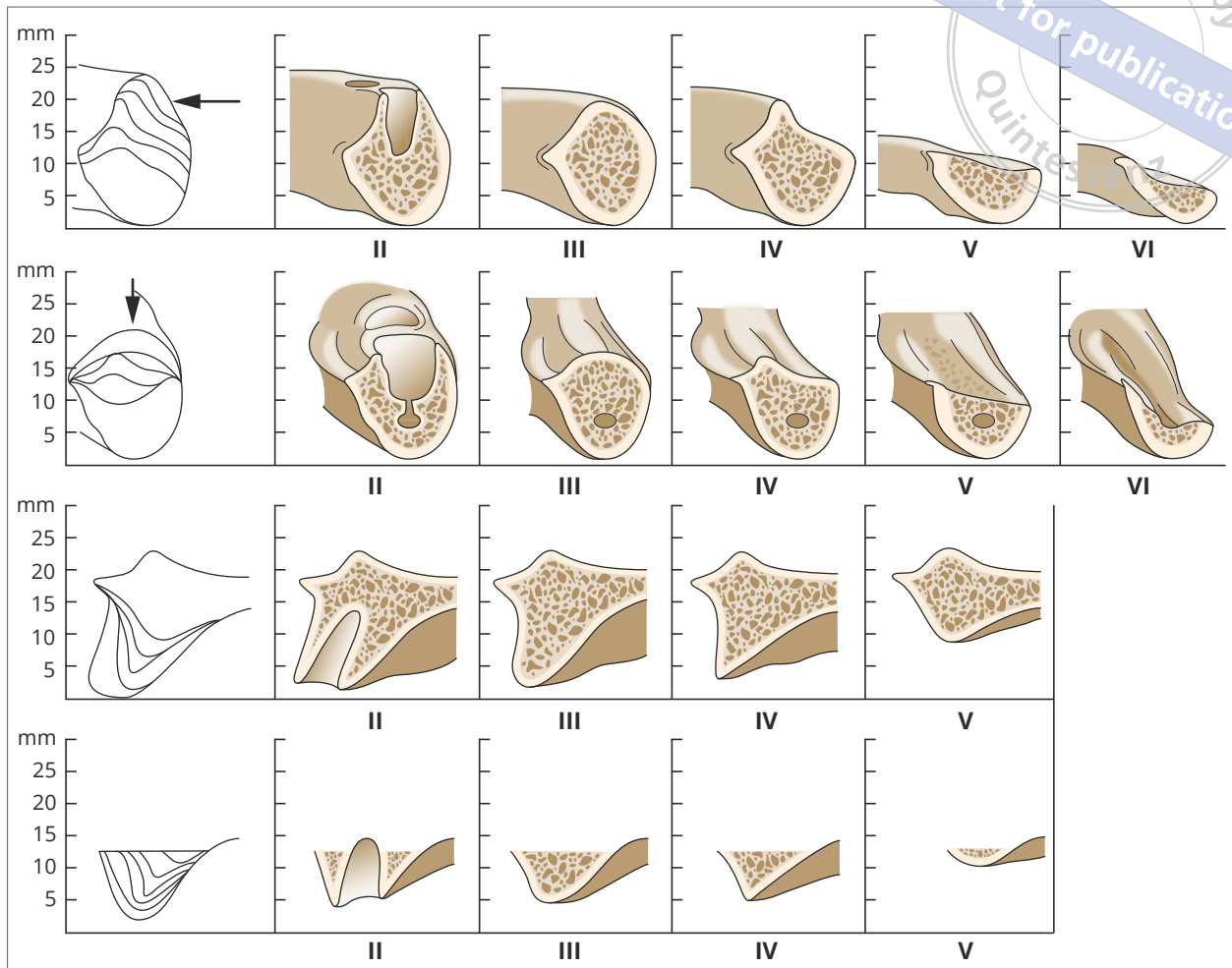


Abb. 1-10 Die Klassifikation der Alveolarfortsatzatrophie des zahnlosen Gesamtkiefers nach Cawood und Howell⁶ (modifiziert nach Cawood JI, in: Härle F. Atlas of Craniomaxillofacial Osteosynthesis, Thieme, Stuttgart 1999).

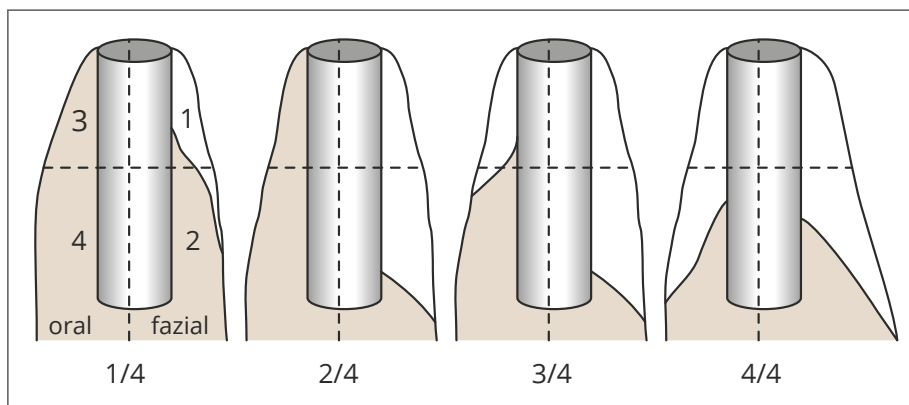


Abb. 1-11 Klassifikation der Resorptionsstadien des Kiefers im Implantatsitus nach Terheyden⁷ in Viertelstadien.

Alveolarknochens im Zahnbogen. Wenn in einer Einzelzahnücke intakte Nachbarparodontien vorliegen spricht man von einem umschlossenen Defekt innerhalb des Envelopes (Einzel- oder Doppelzahnücke mit intakten Nachbarparodontien). Die Situa-

tion wird schwieriger bei längeren Lücken oder Lücken ohne Nachbarparodontien mit schlecht definiertem Envelope oder im zahnlosen Kiefer mit undefiniertem Envelope.

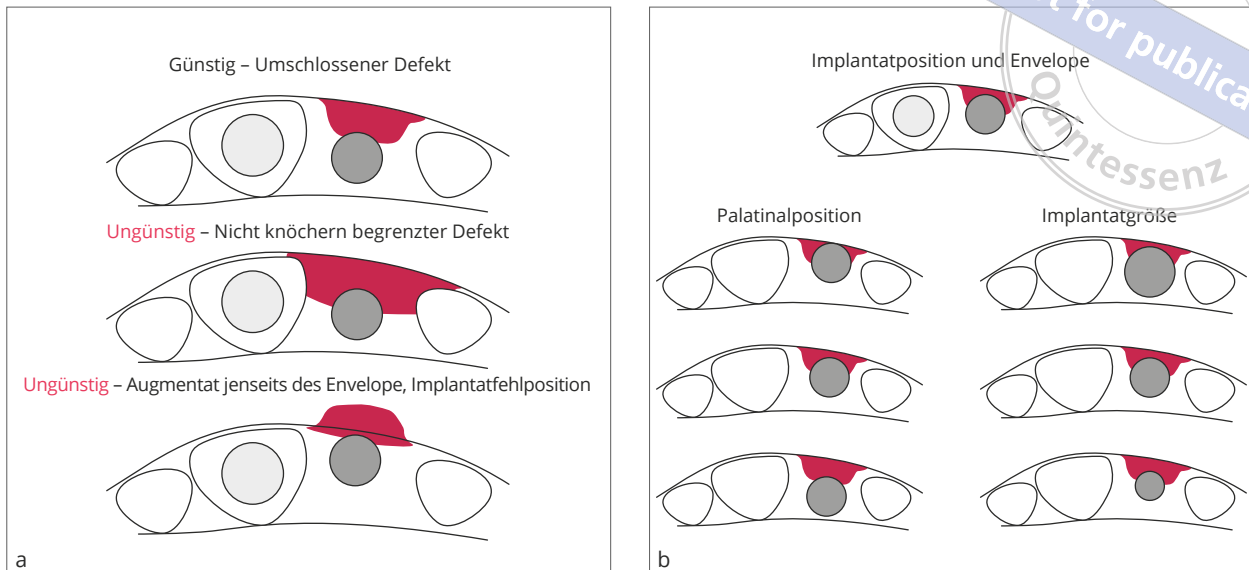


Abb. 1-12 a. Für die Erfolgsaussichten einer lokalisierten Augmentation ist die Lage im Envelope wichtig (Konturverbindungslinie des Zahnbogens). Zweitens ist es für den Erfolg günstig, wenn ein Defekt von knöchernen Wänden umschlossen ist (contained defect). **b.** Die Erfolgsaussichten einer lokalisierten Augmentation steigen, wenn das Augmentationsvolumen innerhalb des Envelopes liegt. Daher sollte das Implantat im Regelfall an die palatinal-/linguale Wand gesetzt werden und nicht zu groß im Durchmesser gewählt werden.

1.5 Alternativen zur Alveolar-kammaugmentation

Augmentationschirurgie hat immer einen Preis, auch in Form von Operationsbelastung, Beschwerden und Kosten für den Patienten, operativer Komplexität für Zahnärzte und ihre Teams sowie durch erhöhte Komplikationsmöglichkeiten. Risiko und Nutzen der Augmentationschirurgie sollten immer gut kommuniziert und abgewogen werden. Es gibt daher viele Bemühungen, die operative Belastung der Knochenaugmentation durch Alternativen und minimalinvasive Techniken zu reduzieren.

Insgesamt zeigt sich in der Implantologie die Entwicklung, gestützt durch neue Materialien, auch ohne augmentative Maßnahmen eine gute Kaufunktion zu erreichen. Besondere Relevanz hat dies für Patienten unter antiresorptiven Therapien, die gar keine Knochenaugmentationschirurgie erlauben. Des Weiteren wird der Therapieerfolg weniger abhängig vom individuellen Können eines Arztes gemacht, was ein genereller Trend in der Medizin ist. Beispiele für die augmentationsfreie Implantatchirurgie sind Zygomaimplantate oder die Renaissance der Subperiostal-

implantate bei schwerer Alveolarkammatrophie (siehe Kapitel 14).

1.6 Defektprothetischer versus regenerativer Therapieansatz

Jede Bewegung erzeugt nach Newton eine Gegenbewegung (actio = reactio). Viele Patienten und Zahnärzte sind heute nicht mehr nur mit der Osseointegration eines Implantates an beliebiger Stelle zur reinen Fixierung einer Deckprothese zufrieden, sondern das Implantat wird an der funktionellen und ästhetischen Idealposition erwartet. Ein defektprothetischer Ansatz in der Implantologie kann von einem regenerativen Therapieansatz differenziert werden, wodurch zwei Polarisierungen eines Kontinuums der Optionen beschrieben sind (Abb. 1-13).

Beim defektprothetischen Ansatz wird fehlendes Gewebe und fehlende Funktion durch Fremdmaterial, eine Prothese aus Kunststoff, Keramik und Metall ersetzt, ähnlich wie eine Prothese bei fehlenden Gliedmaßen. Das Zahnimplantat ist bei diesem Therapieansatz ein Halteanker gegen das Herausfallen



Abb. 1-13 Defektprothetik versus Regeneration.

der Prothese. Weil das Implantat durch die Gefahr biologischer Komplikationen auch ein Risikofaktor für die Gesamtprothese ist, werden konsequenterweise so wenig wie möglich Implantate als potenzielle Störstellen geplant, bis hin zu nur einem einzigen. Der Patient kann sich in dieser Logik in seinen Hygienebemühungen auf einige wenige Pfosten konzentrieren und weniger Implantate werfen weniger Kosten auf.

Der Ersatz fehlender Körperteile durch eine Prothese ist in vielen medizinischen Feldern das herkömmliche Verfahren; im regenerativen Ansatz der Augmentation wird die Zukunft gesehen¹⁰. Dieser Ansatz verfolgt weitergehende Ziele als den reinen Prothesenhalt, unter anderem eine funktionell und biologisch vollwertige Regeneration des fehlenden Gewebes durch körpereigenes Material und eine langfristige, wenn nicht lebenslange Prognose von Implantaten. Im regenerativen Ersatz hat das Implantat mehr die Funktion einer Zahnwurzel zur Einleitung der Kaukräfte in den Kiefer. Erst die eingeleiteten Kaukräfte setzen den funktionellen Umbau der Gewebe in Gang, der ihren lebenslangen Erhalt sichert. Im Körper wird nur das erhalten, was funktionell definiert ist. Daher besteht bei diesem Ansatz auch eher die Tendenz zu einer höheren Zahl von

Zahnimplantaten bis hin zum Einzelzahnersatz. In diesem Konzept geht es um einen zierlichen reduzierten Zahnersatz bis hin zu Einzelkronen mit wenig Metall und anderen Fremdmaterialien, fast ein Ansatz wie in der konservierenden Zahnheilkunde.

In der Praxis relativiert sich diese Diskussion zwischen beiden Therapieansätzen meistens schon durch das Alter der Patienten, indem Jüngere und Gesunde sich eher für den regenerativen und Ältere und Kranke eher für den defektprothetischen Ansatz qualifizieren. Das hängt mit der körperlichen Belastbarkeit, der Nutzungsdauer, der Ausgangslage der Defekte, der Hygienefähigkeit und der gewünschten Kaufunktion zusammen.

1.7 Weichgewebeaugmentation und Weichgewebemanagement

Aus didaktischen Gründen werden die Knochenaugmentation und die Weichgewebeaugmentation häufig in getrennten Vorträgen und Lehrbüchern behandelt. In der klinischen Praxis ist diese Trennung schwer möglich. Dieses Buch möchte einen gemeinsamen Weg gehen, denn für eine gute Implantatprognose wird eine Dicke der befestigten Gingiva von 3 mm¹¹ und Breite der Keratinisierung von 2 mm¹² benötigt, die den Dimensionen der biologischen Breite entspricht. Auch heilen Knochentransplantate unter dicken Weichgeweben besser als unter dünnen und werden weniger resorbiert. Einen Teil der Ziele der Knochenaugmentation, wie z. B. das Verhindern des grauen Durchschimmerns des Titans (Abb. 1-14), kann man zwar auch durch Weichgewebetransplantate erreichen, aber deren Langzeitstabilität¹³ ist mit 1- bis 3-Jahres-Daten nicht so gut wissenschaftlich dokumentiert wie beim Knochen, für den in der gleichen Indikation 10-Jahres-Daten vorliegen¹⁴. Die Weichgewebe dürfen aber auch nicht zu hoch sein oder überaugmentiert werden, um eine Bildung von Pseudotaschen als Raum für eine pathogene Taschenflora zu vermeiden. Schließlich wird eine Knochenaugmentation nur dann verlustfrei heilen, wenn die Weichgewebewunde darüber zuverlässig abheilt. Ein gutes Weichgewebemanagement ist daher ein un-



Abb. 1-14 Durchschimmern des Titans.

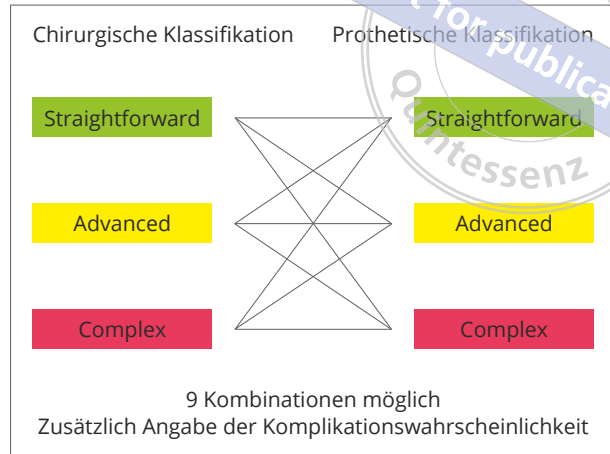


Abb. 1-15 Die SAC-Klassifikation des International Team for Implantology¹⁵ (ITI) für den chirurgischen und prothetischen Teil einer Implantatbehandlung.

trennbarer Teil und Grundvoraussetzung der Augmentationschirurgie (siehe Kapitel 7).

1.8 Risikomanagement SAC-Klassifikation

Augmentationsoperationen haben im Regelfall einen erhöhten Schwierigkeitsgrad gegenüber der einfachen Implantation und gehören in die Gruppen A und C der SAC-Klassifikation¹⁵ (Abb. 1-15). Augmentationsoperationen stellen erhöhte Anforderungen an die Ausbildung und Ausstattung des Operateurs als Implantatoperationen des S-Levels.

- **Straightforward:** Keine Augmentation. Dies entspricht einer Standardbehandlung ohne erhöhte anatomische Risiken operationstechnische und/oder prothetische Probleme.
- **Advanced:** Einzeitige Augmentation. Noch genug Restknochen für eine simultane Implantatinsertion. Hier ist eine anspruchsvolle Behandlung mit erhöhtem chirurgischen und/oder prothetischen Risikopotential und entsprechender Ausbildungs- und Ausbildungsanforderung an das Team gemeint.

- **Complex:** Zweizeitige Augmentation. Nicht genug Knochen für eine gleichzeitige Implantation. Eine komplexe implantologische Behandlung auf Spezialistenniveau mit damit verbundenen Risiken ist erforderlich.

1.9 Teamwork

Wegen der Belastung und der Risiken eines operativen Eingriffs entscheiden sich viele Patienten und Kollegen bei Knochenmangel gegen eine implantologische Behandlung, obwohl vielleicht beide Seiten von einem osseointegrierten Zahnersatz profitieren würden. Durch Zusammenarbeit mit chirurgisch spezialisierten Kollegen mit entsprechender Expertise kann diese Schwelle gesenkt werden. Die mit der Wundheilung verbundenen Unannehmlichkeiten können von einem überweisenden Zahnarzt zeitweise zum Chirurgen ausgegliedert werden. Die anschließende prothetische Behandlung wird wieder in der Heimatpraxis durchgeführt. In so einem Team funktioniert der Hauszahnarzt als Architekt der Gesamtbehandlung, der die einzelnen Gewerke koordiniert und den Patienten danach in seiner Betreuung weiterführt.

1.10 Literatur

- 1 Härle F. Atlas der präprothetischen Operationen. Hanser: München, 1989.
- 2 Schwarz F, Sahm N, Becker J. Impact of the outcome of guided bone regeneration in dehiscence-type defects on the long-term stability of peri-implant health: clinical observations at 4 years. *Clin Oral Implants Res* 2012;23:191–196.
- 3 Iglhaut G, Schwarz F, Winter RR, Mihatovic I, Stimmelmayer M, Schliephake H. Epithelial attachment and downgrowth on dental implant abutments – a comprehensive review. *J Esthet Restor Dent* 2014;26:324–331.
- 4 Schwarz F, Giannobile WV, Jung RE. Groups of the 2nd Osteology Foundation Consensus Meeting. Evidence-based knowledge on the aesthetics and maintenance of peri-implant soft tissues: Osteology Foundation Consensus Report Part 2-Effects of hard tissue augmentation procedures on the maintenance of peri-implant tissues. *Clin Oral Implants Res* 2018;29 Suppl 15:11–13.
- 5 Cardoso MG, Diniz-Freitas M, Vázquez P, Cerqueiro S, Diz P, Limeres J. Relationship between functional masticatory units and cognitive impairment in elderly persons. *J Oral Rehabil* 2019;46:417–423.
- 6 Cawood JJ, Howell RA. Reconstructive preprosthetic surgery. I. Anatomical considerations. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1991;20:75–82.
- 7 Terheyden H. Knochenaugmentationen in der Implantologie. *Dtsch Zahnärztl Z* 2010;65:320.
- 8 Cordaro L, Terheyden H. ITI Treatment Guide 7. Ridge augmentation procedures in implant patients. Berlin: Quintessenz, 2014.
- 9 Wennström JL, Lindhe J, Sinclair F, Thilander B. Some periodontal tissue reactions to orthodontic tooth movement in monkeys. *J Clin Periodontol* 1987;14:121–129.
- 10 Eckert SE. Time to bid adieu to removable dental prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014;29:535.
- 11 Linkevicius T, Puisys A, Steigmann M, Vindasiute E, Linkeviciene L. Influence of Vertical Soft Tissue Thickness on Crestal Bone Changes Around Implants with Platform Switching: A Comparative Clinical Study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2015;17:1228–1236.
- 12 Giannobile WV, Jung RE, Schwarz F. Groups of the 2nd Osteology Foundation Consensus Meeting. Evidence-based knowledge on the aesthetics and maintenance of peri-implant soft tissues: Osteology Foundation Consensus Report Part 1-Effects of soft tissue augmentation procedures on the maintenance of peri-implant soft tissue health. *Clin Oral Implants Res* 2018;29 Suppl 15:7–10.
- 13 Rotundo R, Pagliaro U, Bendinelli E, Esposito M, Buti J. Long-term outcomes of soft tissue augmentation around dental implants on soft and hard tissue stability: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2015;26 Suppl 11: 123–138.
- 14 Chappuis V, Rahman L, Buser R, Janner SFM, Belser UC, Buser D. Effectiveness of Contour Augmentation with Guided Bone Regeneration: 10-Year Results. *J Dent Res* 2018;97:266–274.
- 15 Dawson A, Chen S, Buser D, Cordaro L, Martin W, Belser U. Die SAC-Klassifikation in der zahnärztlichen Implantologie. Berlin: Quintessenz, 2011: 19 ff.

B



OPERATIONS- TECHNIKEN

Knochen transplantation – Standards und Operationstechnik

Im Gegensatz zu den meisten anderen Geweben kann Knochen auch in größeren Volumina und Schichtdicken frei avaskulär transplantiert werden. Beim Knochen ist im Gegensatz zu vielen Weichgeweben nicht unbedingt ein Überleben aller Zellen des Transplantates erforderlich, denn durch den BMP-gesteuerten Umbau können auch avitale Transplantate wieder zu vitalem funktionellem Knochen werden. Die natürliche Regenerationspotenz des autologen Knochens kann therapeutisch in Form und Geschwindigkeit durch Augmentationsmaterialien stimuliert und gesteuert werden.

6.1 Bedingungen für Knochen- transplantationen

Unsteriles Umfeld und Defensine

Obwohl die Mundhöhle kein steriles OP-Feld ist, heilen Knochenwunden im Mund mit erstaunlicher Geschwindigkeit im Vergleich zu anderen Körperregionen und es kann sogar Knochen über intraorale Zugänge frei transplantiert werden. Dies liegt unter anderem an den β -Defensinen¹. Defensine sind eine

Gruppe kleiner Proteine mit hohem Anteil von kationischen und hydrophoben Aminosäuren, die eine hohe Affinität zu nicht cholesterinhaltigen Zellmembranen haben, wie sie nur in Bakterien vorkommen. Dort bilden sie Membranporen, die zum Tod des Mikroorganismus führen. Defensine sind Teil des genetisch uralten angeborenen (innaten) nicht adaptiven Immunsystems und machen einen Großteil des Inhalts der Granula von neutrophilen Granulozyten aus, denen die Defensine zum Abtöten von Bakterien dienen. Sie werden auch in hoher Konzentration von Zellen der oralen Mukosa und des Kieferknochens exprimiert^{2,3}. Trotz dieser besonderen Abwehrlage im Mundraum ist eine sorgfältige präoperative Keimzahlreduktion und steriles Instrumentarium Voraussetzung für den klinischen Erfolg einer Augmentation.

Bei Knochentransplantationen ist auf eine vollständige Einblutung der Defekte zu achten, die im Zweifelsfall durch Zumischen von Venenblut zu den Knochentransplantaten ergänzt werden kann. Den Zellen der Markhöhle muss gegebenenfalls durch Auffräsen des kompakten Knochens der Anschluss zum Defekt ermöglicht werden. Das Perforieren des Lagerknochens bei Augmentationen führte in einer

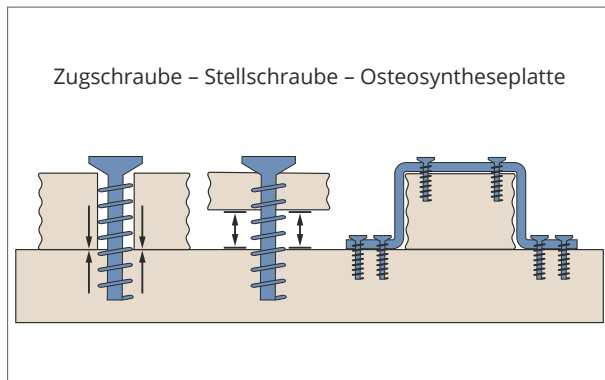


Abb. 6-1 Drei Arten der Osteosynthese bei intraoralen Knochentransplantationen: Zugschraube, Stellschraube (auch Positionierungsschraube genannt) und Plattenosteosynthese.

kleinen humanen Studie zu einer höheren und schnelleren Vaskularisation der Transplantate und zu einer besseren Knochenbildung⁴.

Lagerung von Knochentransplantaten

Knochenproteine sind bis etwa 60 Grad Celsius stabil, darüber denaturieren sie, vor allem die BMPs. Dies ist neben der Zellvitalität der Grund, warum man am Knochen nur unter guter reichlicher Wasserkühlung bohren sollte. Zur Kühlung reicht normale sterile physiologische Kochsalzlösung.

Zu den Lagerungsbedingungen von autologen Knochentransplantaten nach Entnahme auf dem Instrumententisch gibt es experimentelle Daten. Die Vitalität der Knochenzellen der Knochentransplantate sinkt durch trockene Lagerung signifikant im Vergleich zur Lagerung in physiologischer Kochsalzlösung oder Abdeckung mit in physiologischer Kochsalzlösung angefeuchteten Kompressen. Die Lagerung in aufwändigeren Medien wie Zellkulturmedium brachte demgegenüber keinen signifikanten Vorteil⁵. Auch Platelet poor plasma brachte keinen Vorteil gegenüber Kochsalzlösung⁶. Da die Zellvitalität schon zwei Stunden nach der Entnahme signifikant abnahm, sollten Knochentransplantate möglichst erst unmittelbar vor dem Einbau gehoben werden⁷. Eiskühlung (ohne Gefrieren) erhöhte die Zellvitalität gegenüber der Lagerung bei Raumtemperatur⁸. Vitale Zellen in einem Knochentransplantat führten in einer experi-

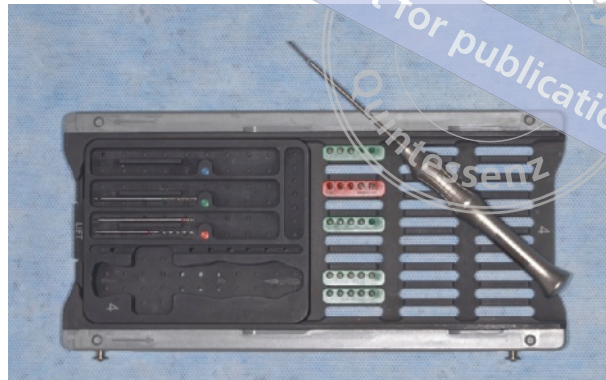


Abb. 6-2 Handelsübliches Mikroschrauben-Osteosyntheset im sterilisierbaren Container (1,5 mm Center-drive System®, KLS Martin, Tuttlingen).

mentellen Studie zu 30 % mehr Knochenwachstum als Transplantate ohne vitale Zellen⁹.

Mechanische Ruhe

Mechanische Ruhe in der Einheilungsphase soll durch gute Fixierung der Knochentransplantate durch Schrauben und durch Abhalten von Weichgewebedruck gewährleistet werden.

Die innere Resorption des Knochentransplantats ist im Sinne der „Creeping Substitution“ (s. o.) erwünscht und erforderlich. Über die Einheilphase hinaus kommt es zu einer gewünschten inneren Resorption im Rahmen des funktionellen Umbaus des Knochens, die von der Lagerseite des Knochentransplantats ausgeht. Nach etwa 3–4 Jahren ist der größte Teil eines aufgelagerten freien Knochenpannes intern resorbiert und durch nachgewachsenen neuen körpereigenen Knochen ersetzt worden. Verantwortlich für den Umbau sind die Knochenbohrkerne. Damit die Knochenbohrkerne aus dem Lagerknochen in das Transplantat störungsfrei vordringen können, ist eine formschlüssige Adaption eines Knochenblocks an den Lagerknochen oder zumindest die Unterfütterung mit autologen Spänen hilfreich. Eine Zwischenschicht Knochenersatzmaterial sollte daher unter Knochenblöcken vermieden werden, und bei der Schalentchnik mit autologen Kompaktblöcken sollten autologe Späne zum Hinterfüllen der Schale verwendet werden.

Fixierung von Knochenblocktransplantaten

Mechanische Stabilität ist für die Knochenheilung unerlässlich. In der Mundhöhle herrscht durch Kauen, Zungenbewegungen und Schlucken fast unentwegt Unruhe. Deshalb ist es bei Augmentationen wichtig, Knochentransplantate zuverlässig gegen Bewegung zu sichern. Dies geschieht durch Zugschrauben, Stellschrauben oder Plattenosteosynthese. Passende Schraubengrößen (z. B. 1,5 mm Mikro System, Fa. Martin, Tuttlingen) sind bei Osteosynthesematerialherstellern im Angebot (Abb. 6-2).

Die Schraube wird als Zugschraube angelegt, indem das Gleitloch im Transplantat größer gebohrt wird als der größte Schraubendurchmesser. Dann zieht der Schraubenkopf beim Eindrehen das Transplantat gegen die Knochenunterlage und verkeilt dieses. Wenn das Anziehen nicht gewünscht wird, ist eine Stellschraube indiziert, die auch Positionierungsschraube genannt wird. Diese werden z. B. bei Schalentechiken gebraucht (Abb. 6-3). Hierzu wird das Loch im Fragment genauso klein gebohrt, wie in der Unterlage. Beim Eindrehen der Positionierungsschraube wird zunächst der Abstand zwischen Transplantat und Unterlage eingestellt. Der Abstand verändert sich auch bei stärkstem Anziehen der Schraube nicht mehr. Wenn kein Platz zur Befestigung einer Zugschraube, beispielsweise aufgrund von vorhandenen Implantaten oder Zahnwurzeln besteht, kann das Transplantat auch unter etwas erhöhtem Material- und Kostenaufwand mit Osteosyntheseplatten befestigt werden (Abb. 6-4).

Pro Block werden im Regelfall mindestens zwei Schrauben gesetzt, um ihn gegen Drehbelastung zu sichern. Um den Block sollten kleinere Transplantate und Knochenersatzmaterial als Füller angelegt werden. Kleine Transplantate, die keine Schrauben tragen können, sind durch das Blutkoagulum und die Spannung des unverletzten Periostes etwas stabilisiert (Abb. 6-5).

Eine Membran leistet gute Dienste zur Lagefixierung kleinerer Transplantate. Aber das Blocktransplantat bringt nach Osteosynthese ungleich mehr Stabilität als alle Membrantechniken. Bei richtiger Handhabung liegt es stabil wie ein Fels in der Bran-

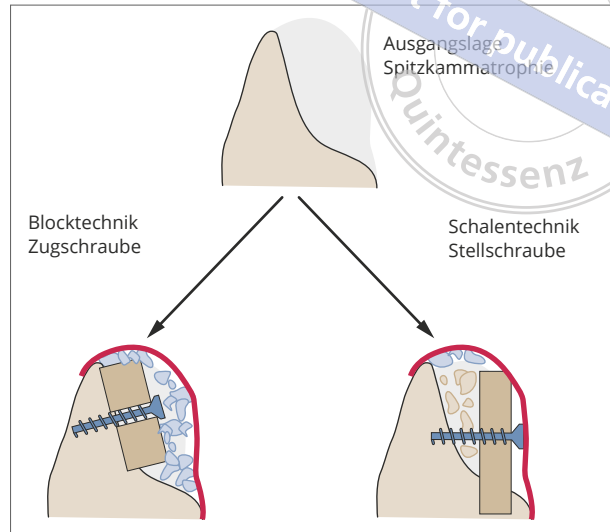


Abb. 6-3 Zwei Arten der Befestigung eines intraoralen Knochenblocktransplantats. Knochenschalen sollten nicht mit Knochenersatzmaterial und nur mit autologen Chips hinterfüllt werden, um einen schnellen Umbau durch Knochenbohrkerne zu ermöglichen.

dung, sodass auch häufiger einzeitig implantiert werden kann, auch wenn die Implantate gar nicht mehr ausreichend im ortsständigen Knochenangebot Halt finden. Zudem sind das Regenerationspotential und die Resorptionsstabilität des Blocktransplantats auch in kritischen Fällen höher als das von partikulären Materialien bei der GBR. Die Osteosynthesematerialentfernung nach 4 Monaten sollte nach Möglichkeit über Stichinzisionen minimal invasiv erfolgen, denn eine erneute Denudierung des Blocks kann diesen gefährden und erzeugt eine unnötige Oberflächenresorption (Abb. 6-6).

Heilungszeit von Knochen- transplantationen

Für den Praxisablauf ist es sinnvoll, die Heilungszeiten der zweizeitigen Knochentransplantate einheitlich auf etwa 4 Monate bis zur Implantatinserktion einzustellen. Dieser Zeitraum wird vom autologen Blocktransplantat von der Linea obliqua zur Kammaugmentation mit 4 Monaten vorgegeben. Wenn man bei autologen Blocktransplantaten weniger als 4 Monate wartet, kann der Block sich bei der Implantatbohrung mangels fester Verbindung vom Lager lösen.

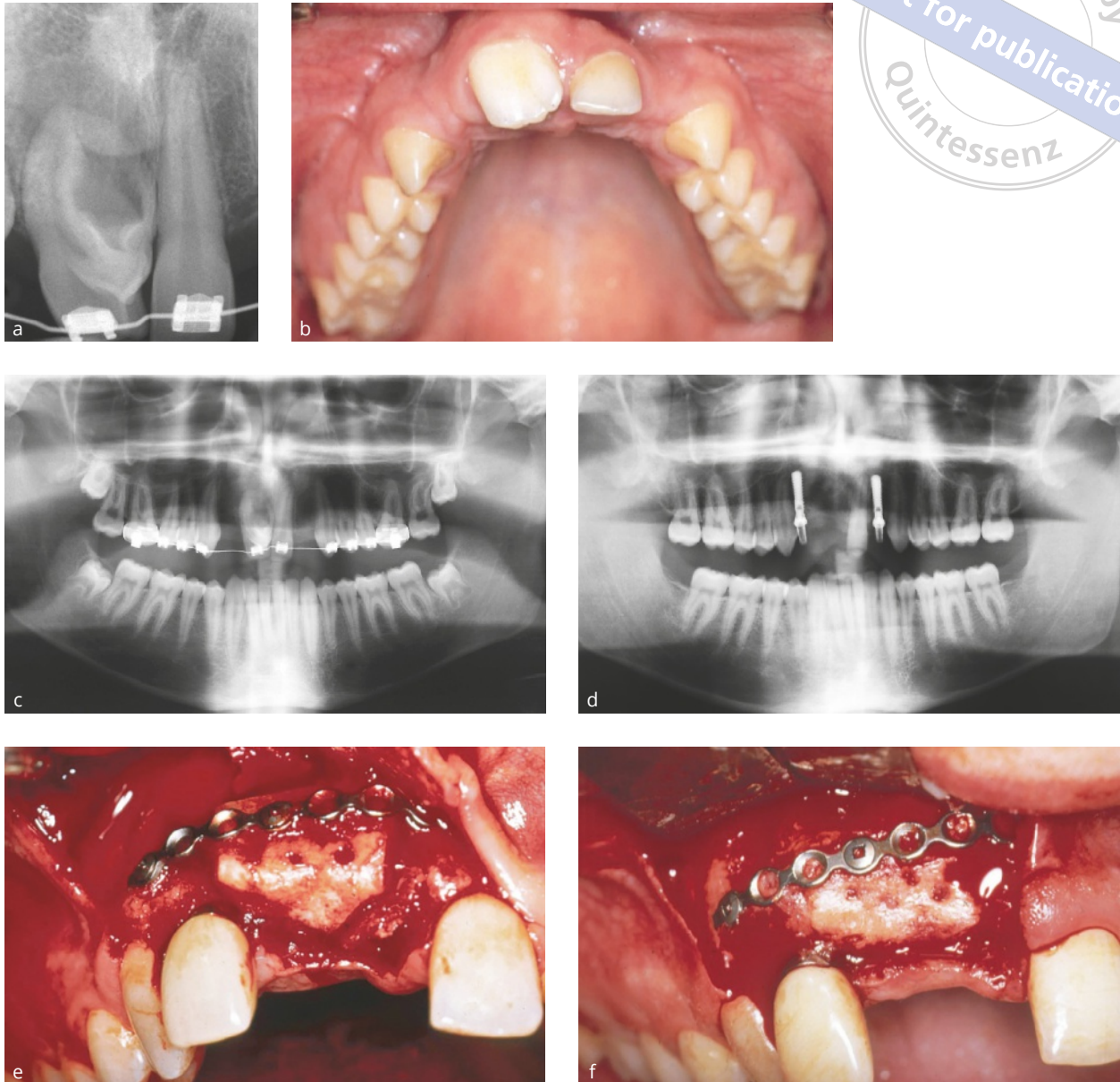


Abb. 6-4 Langzeitbeobachtung einer Knochenblocktransplantation. **a.** Zahnfehlbildung regio 11 mit apikaler Aufhellung bei einem 17-jährigen Patienten. **b.** Klinisches Bild der Zahnfehlbildung kombiniert mit Nichtanlagen der Zweier. **c.** Panoramaschichtaufnahme nach Lückenöffnung. **d.** Panoramaschichtaufnahme nach Behandlung der Nichtanlagen durch Zahnimplantate unmittelbar nach Lückenöffnung. **e.** Defekt nach Entfernung der Zahnfehlbildung durch ein konturiertes autologes Knochenblocktransplantat von der Linea obliqua gefüllt, Plattenosteosynthese. Der Block wurde multipel perforiert, um den Einbau zu beschleunigen. **f.** 4 Monate nach Transplantation Osteosynthesematerialentfernung und Insertion des Zahnimplantats. Es blutet aus den Perforationsbohrungen als Zeichen der beginnenden vitalen Einheilung des Blocks.



Abb. 6-4 Langzeitbeobachtung einer Knochenblocktransplantation. **g.** Zahnfilm nach Implantatinserion in den Block. **h.** Periimplantärer Knochenabbau als Zeichen des Remodelings mit Ausbildung einer periimplantären Weichgewebemanschette (biologische Breite). **i.** Spiegelaufnahme des Oberkiefers nach prothetischer Versorgung. **j.** Zahnfilm 7 Jahre später, identisches Bild wie in Abb. 6-4i, kein weiterer marginaler Knochenabbau, das Remodeling ist abgeschlossen, der Knochen ist jetzt funktionell definiert. **k.** Intraorale Situation im Alter von 24 Jahren. Eine leichte Rezession deutet sich an den Implantaten an der Stelle der Nichtanlagen an. An der Stelle der Knochentransplantation stabile Gewebeverhältnisse. **l.** Intraorale Situation im Alter von 33 Jahren. Stabile Gewebeverhältnisse im Bereich der Knochenblocktransplantation.

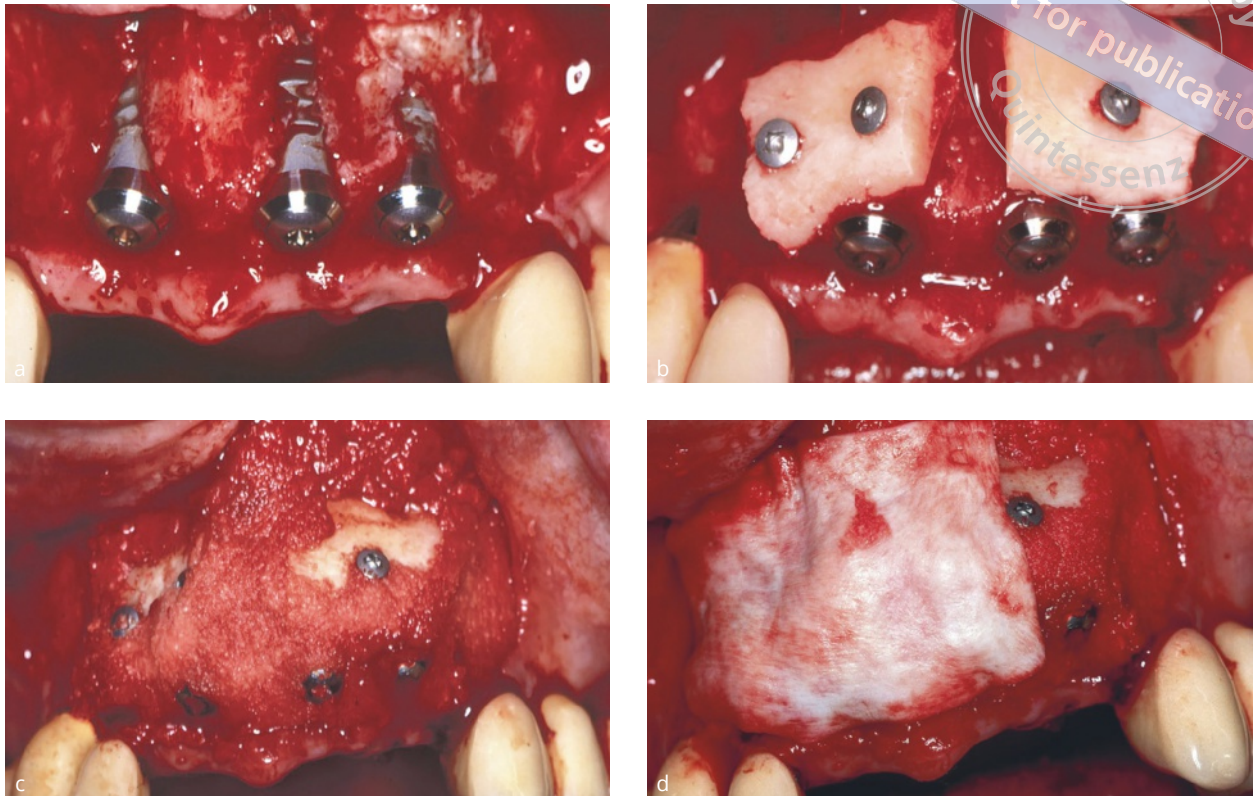


Abb. 6-5 Knochentransplantation bei langstreckigem Oberkieferdefekt. **a.** Dehiszenzdefekt (1/4) an den Implantaten 11, 21, 22 bei einseitiger Implantation. **b.** Zwei autologe Knochenblöcke von der Linea obliqua. Der Block in regio 11 wurde regelhaft mit zwei Schrauben befestigt, um ihn gegen Drehbewegung zu sichern. Der Block in regio 21 beklemmte sich auf der Unterlage, sodass eine Schraube ausreichte. **c.** Autologe Knochenaspäne aus dem Knochenfilter wurden zur Konturfüllung verwendet. **d.** Abdeckung mit einer Kollagenmembran zur Lagestabilisierung der Knochenaspäne und als Resorptionsschutz der Blocktransplantate.

Wenn man viel länger wartet, dann schreitet die Oberflächenresorption zu sehr fort.

Den Sinuslift kann man ebenfalls auf 4 Monate einstellen, da er im zahnlosen Oberkiefer auch häufig zusammen mit Blocktransplantaten durchgeführt werden muss. Mit autologer Beckenspongiosa heilt ein Sinuslift in 4 Wochen, nur Knochenersatzmaterial benötigt 8 Monate. Der Mittelwert von 4 Monaten wird durch ein gemischtes Knochentransplantat (25%/75%) erreicht.

Auch die Sandwich-Interposition bei Segmenten und zahnlosen Kiefern benötigt 4 Monate, wie auch die GBR mit einem gemischten Transplantat und das Splitting.

6.2 Gemischte Knochen-transplantate

Autologe Spongiosa ist reich an Zellen und BMPs und osteoinduktiv. Das Material heilt schnell innerhalb von etwa 4 Wochen ein, neigt aber auch zur schnellen Resorption. Mineralisches Knochenersatzmaterial ist frei von Zellen und BMPs und braucht daher viele Monate zur Heilung von den Defektwänden durch Osteokonduktion, wenn es überhaupt voll verknöchert. Dafür ist zum Beispiel xenogenes Knochenmineral sehr resorptionsstabil, sodass eine gewählte Augmentationshöhe auch so lange gehalten wird, bis die Implantate osseointegriert sind und ab dann durch funktionelle Belastung zum Erhalt des Augmentates beitragen können. Die beste Strategie ist daher, autologe Chips mit dem resorptionsstabilen

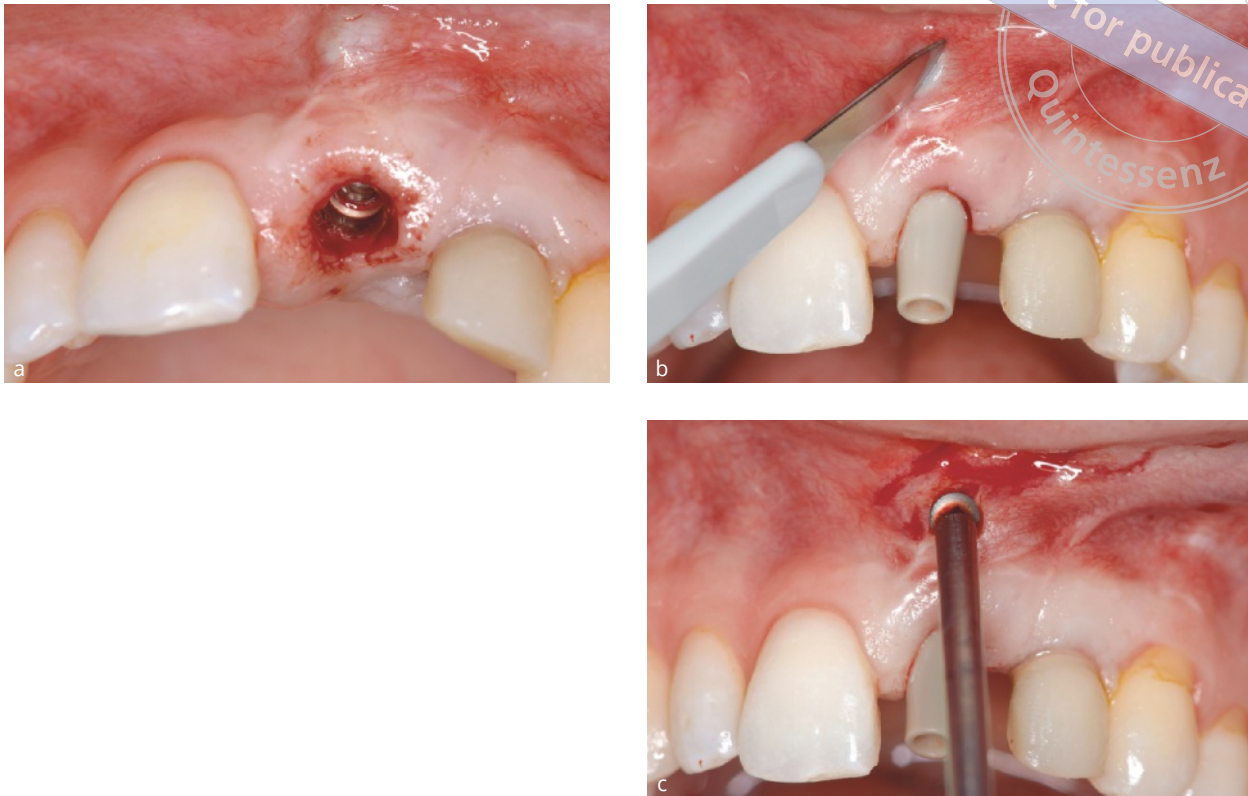


Abb. 6-6 Minimalinvasive Osteosynthesematerialentfernung. **a.** Implantatfreilegung nach einseitiger Knochenblocktransplantation. Die Lage der Osteosyntheseschraube ist anhand der Vorwölbung und Anämie im Vestibulum nach Palpation erkennbar. **b.** Um den Block nicht durch erneute Deperiostierung zu gefährden, wird die Schraube per Stichinzision minimalinvasiv aufgesucht. **c.** Der Vierkant des Centerdrive-Ansatzes (KLS Martin, Tuttlingen) rastet in die Aufnahme im Schraubenkopf in der Tiefe selbsttätig ein, auch ohne direkte Sicht. So kann die Schraube ohne Lappenbildung und Aufklappung entfernt werden.

Knochenersatzmaterial zu mischen. Das Mischungsverhältnis ist ein Kompromiss zwischen guter Heilung und guter Resorptionsstabilität. Nach tierexperimentellen Daten zum Sinuslift ist dieser Kompromiss am besten bei dem Verhältnis 25 % autologer Chips zu 75 % Knochenersatzmaterial gegeben¹⁰. Kammaugmentationen sind als Defektform anspruchsvoller als der Sinuslift, hier kommt es noch mehr auf die Osteoinduktion an. In einer klinischen Studie zur Kammaugmentation war der autologe Knochen in einem 90:10-Gemisch zu niedrig dosiert, denn eine 60:40-Mischung schnitt besser ab¹¹.

Autologe Chips haben den Nachteil, dass sie meistens in der kontaminierten Mundhöhle gewonnen wurden und daher selber bakteriell kontaminiert sind. Wenn man poröses Knochenersatzmaterial mit Bakterien beimpft, dann besteht eine Gefahr der Biofilm-

bildung und damit der Infektion des Augmentates. Dies kann man dadurch minimieren, dass man das poröse Knochenersatzmaterial zunächst mit sterilem Venenblut in einer sterilen Schale mischt. So werden alle Hohlräume des Knochenersatzmaterials mit steriler Flüssigkeit und alle Oberflächen mit sterilem Blutprotein versiegelt, sodass Bakterien erst einmal keine Grenzfläche vorfinden, um sich abzusiedeln. Das Blut gerinnt aber noch nicht nach dieser Vermischung, sodass die Partikel des Knochenersatzmaterials nicht zusammenhalten und schwer zu applizieren sind.

Für die Gerinnung ist zur Aktivierung des extrinsischen Weges Gewebethrombokinase (Tissue factor) notwendig. Es ist in der Natur sinnvoll, dass in einer Extraktionswunde die Blutung auf Höhe der Alveolenöffnung zum Stehen kommt. Dafür sorgt der Speichel, der eine reiche Quelle für Gewebethromboki-

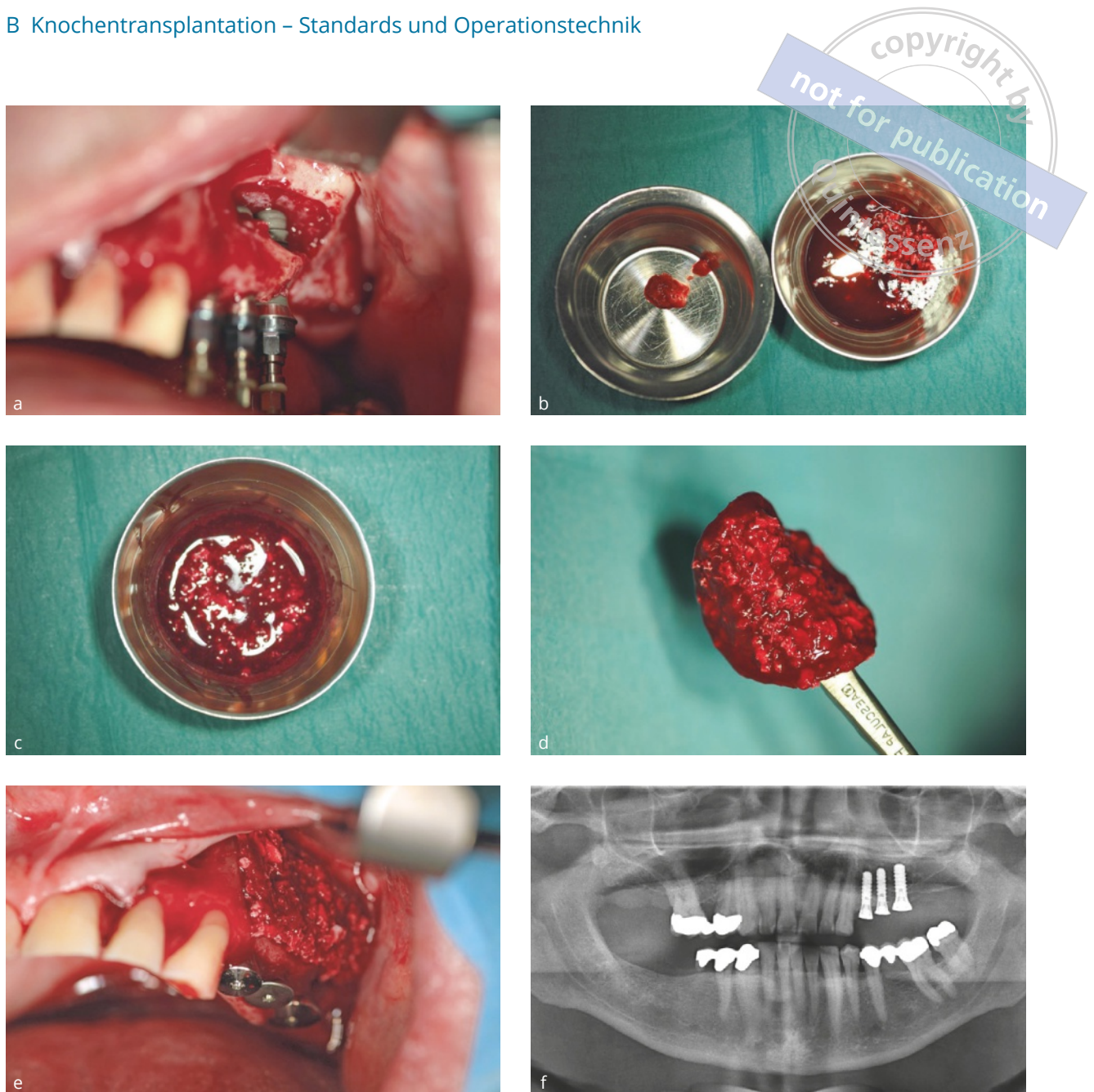


Abb. 6-7 Gemischtes Knochentransplantat. **a.** Sinusliftfall mit einseitiger Implantatinserion. **b.** Knochenersatzmaterial wird mit sterilem Venenblut vermischt. Dieses gerinnt aber nicht. Knochenchips aus dem Knochenfilter (links) können die Gerinnung auslösen. **c.** Die Gerinnung dauert einige Minuten. In diesem Fall liegt der Volumenanteil der autologen Chips deutlich unter 10 %, weil an der fazialen Kieferhöhlenwand und bei der Implantatbohrung nur wenig Spanmaterial anfiel. **d.** Durch die Gerinnung entstehen gut handhabbare Stücke von Knochenersatzmaterial, die mit einer Pinzette gefasst werden können und in der Wunde eine Eigenstabilität haben. **e.** Das Gerinnsel wird in den Sinusboden eingelegt, die Stücke werden wie ein Teppich auf die freiliegenden Implantate modelliert. **f.** Postoperative Panoramaschichtaufnahme.

se ist¹². Wenn man etwas Filterknochen zum Blut/Knochenersatzmaterialgemisch hinzufügt, gerinnt das Blut, es sei denn, der Patient nimmt Gerinnungshemmer ein. Filterknochen enthält bei intraoraler Gewinnung immer etwas Speichel und damit Gewe-

bethrombokinase. Nach einigen Minuten entsteht ein fester Teppich aus miteinander verklebten Knochen und Knochenersatzmaterialpartikeln, der mit einer Pinzette gegriffen und in der Wunde ohne zusätzliche Stabilisierung appliziert werden kann (Abb. 6-7).



Abb. 6-8 Standardinstrumententisch für intraorale Knochentransplantationen.

6.3 Resorptionsschutz von Knochenblocktransplantaten

Ein zuweilen störender Nachteil von avaskulären Knochenblocktransplantaten ist ihre schwer vorher-sagbare, initiale Oberflächenresorption in der Einheilphase und später. Zum Ausgleich der Oberflächenresorption kann man Augmentationen mit Knochentransplantaten 1–2 mm überkonturieren und sicherheitshalber mehr autologen Knochen entnehmen als man zu benötigen glaubt. Vorbeugend gegen die Oberflächenresorption von autologen Blocktransplantaten wirkt sich die Überdeckung des Transplantats mit Knochenersatzmaterial^{13,14} sowie alternativ¹⁵ oder zusätzlich mit Membranen aus¹⁶. Diese klinischen Maßnahmen gründen auf der Idee, dass die Osteoklasten aus Blutgefäßen des bedeckenden Weichgewebes auf die Knochenoberfläche vordringen und man diesen Weg blockiert, um die unerwünschte Oberflächenresorption solange zu verlangsamen, bis die interne Resorption über Knochenbohrkerne den Block stabilisiert und zur Einheilung gebracht hat. Ein weiterer Weg zur Verlangsamung der Oberflächenresorption ist die Verwendung sehr harter, stark mineralisierter Knochenarten wie beispielsweise das Blocktransplantat von der Linea obliqua. Noch härter und damit resorptionsresistenter sind Knochenblöcke vom Schädeldach. Osteoklasten bauen Knochen initial mit Säure ab. Diese Kapazität erschöpft sich bei hohem Mineralge-

halt des abzubauenen Knochens. Einen ähnlichen säurepuffernden Effekt am Osteoklasten hat die oben bereits angesprochene Überschichtung eines Knochentransplantats mit Knochenersatzmaterial. Experimentell haben wir in unserer Gruppe auch eine medikamentöse Hemmung der Oberflächenresorption durchgeführt, indem die Osteoklasten durch topisch applizierte Bisphosphonate gehemmt wurden¹⁷.

Nur wenn ein am Alveolarfortsatz aufgelagertes Knochentransplantat nach der Einheilphase gar nicht durch Implantate oder Zähne funktionell belastet wird, kommt es im Regelfall innerhalb einiger Jahre zu einem vollständigen Abbau der aufgelagerten Knochensubstanz. Hierbei spielt auch die Einordnung des Transplantats innerhalb des natürlichen Alveolarbogens eine Rolle (englisch Envelope genannt). Transplantate außerhalb dieser natürlichen Begrenzungen sind stärker resorptionsgefährdet als innerhalb des Envelopes.

6.4 Instrumente Grundinstrumentarium

Das Grundinstrumentarium ist ein reduzierter, aber hochwertiger Standardinstrumentensatz als Basis für die Oralchirurgie (Abb. 6-8). Für Transplantationen im Bereich der plastischen Parodontalchirurgie empfiehlt sich ein Set von Mikroinstrumenten (Abb. 6-9). Wichtig ist für Implantateingriffe ein kleiner Mess-

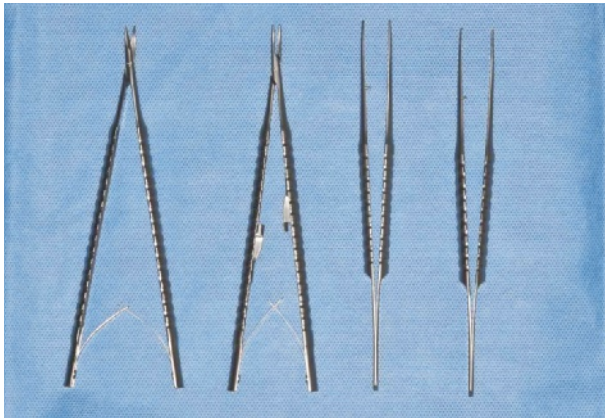


Abb. 6-9 Mikroinstrumentarium für Transplantationen in der plastischen Parodontalchirurgie.

zirkel zur Vermessung von Defektlängen, Kamm-breiten, Lückenbreiten und Abständen zu Zähnen.

Als Ergänzung für Kieferhöhlenbodeneingriffe wird ein Set von Sinusliftküretten benötigt, zum Beispiel das Set nach A. Kirsch (Helmut Zepf GmbH, Seitingen-Oberflacht) (Abb. 6-10). Gracey-Küretten und anderes wird eingriffstypisch bei Bedarf zugerüstet.

Optische Vergrößerungshilfen

Das Basis-Set wird um ein mikrochirurgisches Instrumentenset erweitert, wenn unter optischer Vergrößerung gearbeitet wird. Optische Vergrößerungshilfen oder die Nutzung des OP-Mikroskops liegen in der Präferenz und Sehgewohnheit der individuellen Operateure, sind aber in der Knochenchirurgie eher ungewöhnlich. Beim Einsatz rotierender Instrumente wie der Lindemannfräse ist vielmehr eine gute Übersicht des Umfelds wichtig, um zum Beispiel Nekrosen durch Reibungshitze am Lippenrand zu vermeiden (Abb. 6-11), die unter dem kleinen Ausschnitt des Mikroskops oder der Lupe der Aufmerksamkeit des Operators entgehen können. Am ehesten profitiert die Exaktheit des Nahtverschlusses von der Vergrößerung, und es ist aus Trainingsgründen zu empfehlen, hin und wieder unter dem Mikroskop zu nähen. Mit Ausnahme der Wurzelspitzenresektion, für die ein besserer Outcome für den Einsatz von Vergrößerungshilfen für die Herstellung und Dichtigkeitskontrolle des apikalen Verschlusses belegt

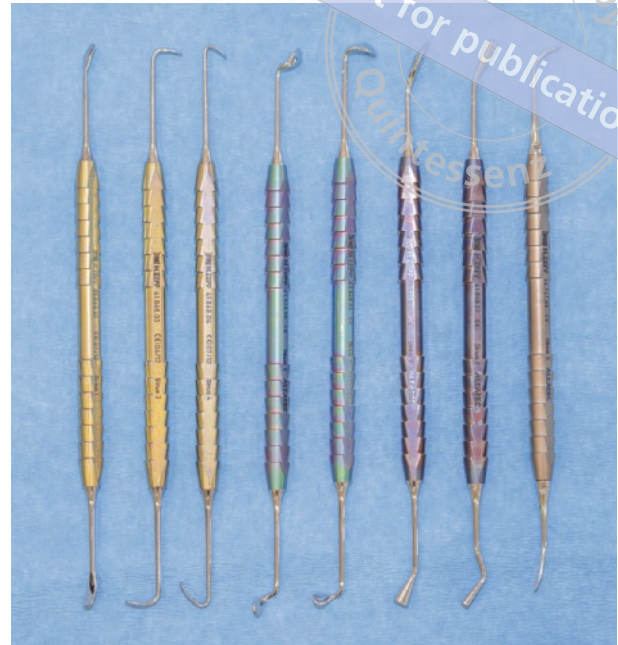


Abb. 6-10 Standardsatz von abgerundeten und gewinkelten Spezialküretten für den externen Sinuslift (Helmut Zepf GmbH, Seitingen-Oberflacht).

ist¹⁸, gibt es für die Knochenchirurgie keine ausreichende Literaturevidenz für die optische Vergrößerung. In der Parodontalchirurgie gibt es Studienhinweise auf Vorteile für die Nutzung optischer Vergrößerungshilfen und für ein mikrochirurgisches Vorgehen¹⁹.

Instrumente zur Osteotomie

Zur Basisausstattung gehört ein grünes Winkelstück und ein blaues Handstück. Bei den Osteotomien wird die Basisarbeit mit Stahlkugelfräsen, Lindemannfräsen und Diamantkugeln verrichtet (Abb. 6-12).

Mit der Verwendung eines Piezogerätes ist ein Zusatzaufwand zu den rotierenden Instrumenten verbunden, die wegen der Implantatinserterion ohnehin am Tisch sind. Bestimmte Arbeiten, wie zum Beispiel die Freilegung eines Nervus alveolaris inferior, gelingen besser mit der Piezotechnik. Dessen Hauptvorteile sind das selektive Schneiden und die materialschonende schmale Schnittbreite. Bei der Freilegung der Schneider-Membran zeigte sich in Bezug auf die Perforationsrate aber kein Vorteil für die Piezomethode²⁰. Das Piezogerät hat den Nachteil einer geringeren Arbeitsgeschwindigkeit und höheren Hitzeentwicklung. Ver-



Abb. 6-11 Komplikation: Verbrennung der Unterlippe durch Fräsenchaft bei unzureichendem Überblick durch zu starke optische Vergrößerung.



Abb. 6-12 Sterile Fräsendose mit Standard-Knochenfräsern. Hintere Reihe: Kugelfräsen aufsteigender Größe, ganz rechts Technikfräse zum Bearbeiten von Kunststoffprovisoren. Vordere Reihe: Lindemannfräse, Diamantflamme und Diamantkugelfräse (Komet®, Gebr. Brüsseler GmbH & Co. KG, Lemgo).

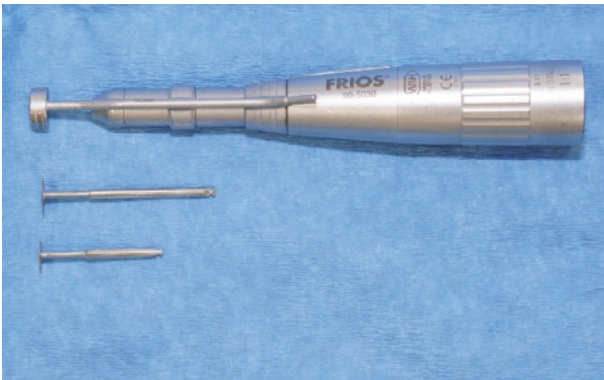


Abb. 6-13 Frios Micro Saw nach Khoury (Dentsply Sirona, Bensheim).

glichen mit der Lindemannfräse kommt bei den geringen Osteotomiebreiten der Piezosurgery das Kühlmittel schlechter in die Tiefe von Osteotomien, zum Beispiel bei der Blockentnahme. Zweitens wird am Osteotomieband schon ein Großteil der Schwingungsenergie absorbiert, sodass Schnitte in der Tiefe sehr mühselig werden. Häufiger gibt es beim Splitting, bei der Blockentnahme und beim Zugang zur Kieferhöhle Indikationen zur Verwendung der Frios Micro Saw nach Khoury (Dentsply Sirona, Bensheim), die ebenfalls mit einem Chirurgiemotor betrieben wird (s. Abb. 6-13).

Für Splittings empfiehlt sich ein scharfes Blattosteotom (Blattmeißel) von 8 mm Breite mit einem Hammer. Kleinere Splittings können auch gut mit



Abb. 6-14 8-mm-Blattosteotom (Meißel) und chirurgischer Hammer.

dem Beinschen Hebel vorgenommen werden, der sich bereits im Standardinstrumentarium befindet (Abb. 6-14).

Für Kondensationen und interne Sinusbodenaugmentationen sollte ein größensortiertes Set von genormten Osteotomen zur Verfügung stehen, die ebenfalls mit einem Hammer betätigt werden (z. B. Stoma Dental, Emmingen-Liptingen) (Abb. 6-15).

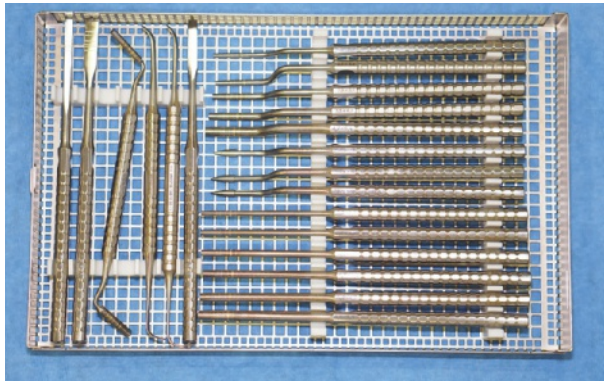


Abb. 6-15 Set von Osteotomen für den internen Sinuslift (Stoma Dental, Emmingen-Liptingen).

Zur Knochengewinnung bieten sich Einmalscraper (Safescraper Twist®, Geistlich, Baden-Baden) und ein sterilisierbarer Knochenfilter zur Wiederverwendung an (Schlumbohm GmbH & Co. KG, Brokstedt). Es gibt viele verschiedene Knochenmühlen, die sich vor allem in der Größe unterscheiden. Für die Alveolarkammatrophy und für das Dünnschleifen von Blocktransplantaten eignet sich die mittelgroße MBM (Mondeal Bone Mill, Mondeal GmbH, Mühlheim a. d. Donau). Etwas kräftiger ist die Knochenmühle nach Quetin (Hess Medizintechnik GmbH, München) konstruiert (Abbildungen Kapitel 3).

Ein Set von Trepanbohrern verschiedener Durchmesser ergänzt das Instrumentarium.

Fakultativ können für den Normtransfer von Knochenblöcken, für mechanische Splittings Spezialinstrumentensets zum Beispiel aus dem Bone Management®-Programm (Hager & Meisinger GmbH, Neuss) dazugestellt werden.

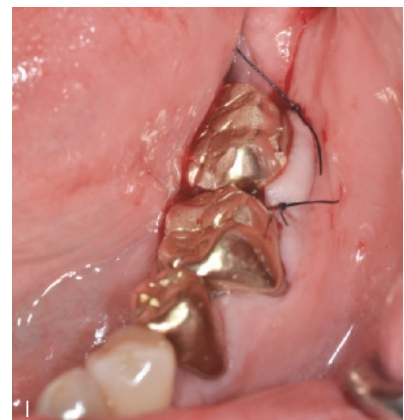
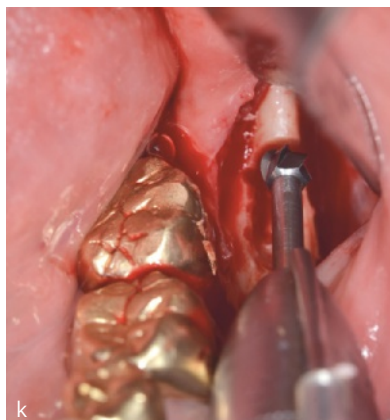
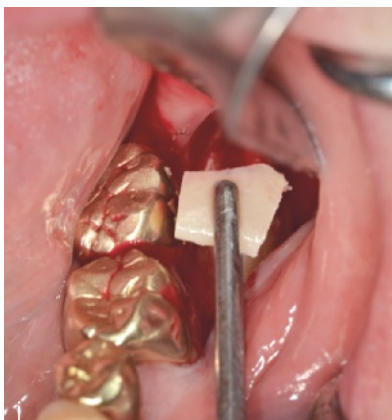
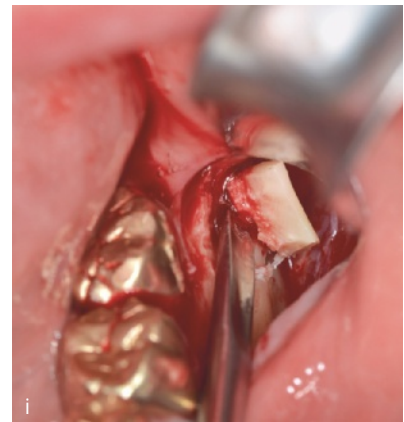
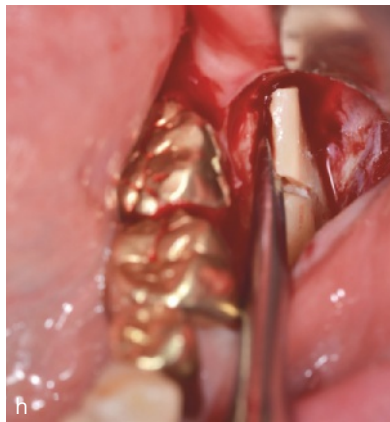
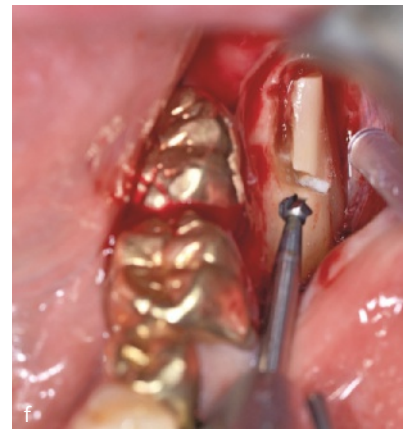
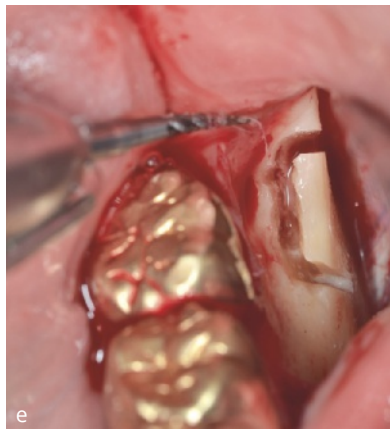
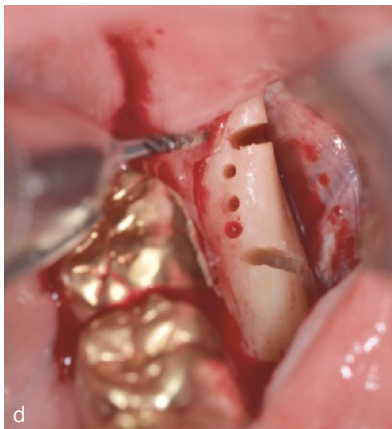
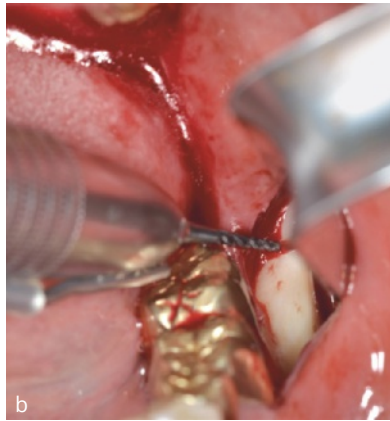
6.5 Chirurgisches Vorgehen

Entnahme Blocktransplantat von der Linea obliqua

Das Blocktransplantat der Linea obliqua wird in der Regel über einen Zahnfleischrandschnitt an den letzten drei Zähnen mit der Lindemannfräse seitlich der Zähne aus dem Unterkiefer gewonnen (Abb. 6-16). Der distale Entlastungsschnitt erfolgt 45 Grad zur Zahnreihe auf den aufsteigenden Unterkieferast. Er soll nicht länger als 1 cm sein, weil ansonsten der Nervus buccalis gefährdet wird. Die Beweglichkeit des Lappens wird eher durch das subperiostale Ablösen des Lappens auf den aufsteigenden Unterkieferast erzeugt. Da der Nervus alveolaris inferior teilweise direkt unter der bukkalen Kompakta liegen kann, ist ein präoperatives DVT sinnvoll, aber nicht zwingend erforderlich.

Die Fräse ist stets streng parallel zur Außenkortikalis zu führen, um keine Binnenstrukturen des Unterkiefers zu verletzen. Die Fräse soll nur bis zur ersten Blutung eingesenkt werden als Anzeichen der ausschließlichen Kortikotomie. Die anfängliche Begeisterung für die Piezosurgery bei der Weisheitszahnentfernung hat sich gelegt, aktuelle Studien zeigen keinen Vorteil für Piezo, aber den Nachteil einer längeren Operationsdauer²¹. Piezosurgery hat den Nachteil, dass Knochentransplantate wegen der Hitzeentwicklung manchmal verkochen, denn die dünnen Osteotomiespalten erlauben im Gegensatz zu den breiten Spalten der konventionellen Fräse wenig Kühlmittelzutritt. Die breiten Spalten sind aber

Abb. 6-16 (rechte Seite) **Knochenblockentnahme Linea obliqua.** **a.** Darstellung über Zahnfleischrandschnitt und kurzen Entlastungsschnitt 45° auf den aufsteigenden Kieferast. **b.** Mit der Lindemannfräse erfolgt unter guter Kühlung ein monokortikaler Entlastungsschnitt im Knochen vor und hinter dem Blocktransplantat. Die Fräse steht stets parallel zur Außenwand des Kiefers. **c.** Die Entnahmestelle liegt in der Regel seitlich des Achters. Die senkrechten Knochenschnitte reichen quer durch die Kortikalis, aber nicht weiter. **d.** Der Längsschnitt wird durch eine Reihe von Punkten markiert. **e.** Die Punkte werden mit der Lindemannfräse monokortikal verbunden. Es wird nicht tiefer als bis zum ersten Blutungspunkt durch die Kortikalis gefräst. **f.** Der Apikalschnitt erfolgt durch die halb eingetauchte Kugelfräse. **g.** Die Fräse erzeugt eine apikale Rille als Sollbruchstelle, anfallende Späne werden im Filter aufgesammelt. **h.** Ein Beinscher Hebel luxiert den Knochenblock sanft heraus. **i.** Der Block ist ein reines Kortikalistransplantat, innen haftet nur wenig Spongiosa an. **j.** Der Block wird mit einer Pinzette entnommen und feucht zwischengelagert. **k.** Weiteres Spanmaterial wird mit der Kugelfräse entnommen und im Filter gesammelt. Dadurch werden scharfe Kanten im Entnahmedefekt geglättet. **l.** Wundverschluss durch zwei Einzelknopfnähte Supramid 5-0 (Resorba, Nürnberg).



kein Nachteil, weil man die Späne ohnehin als Filterknochen benötigt. Es ist deshalb ratsam, einen Knochenfilter zum Auffangen der recht großen Spanmengen mitlaufen zu lassen. Eine prospektive vergleichende Studie der Piezosurgery zur Diamanttrennscheibe nach Khoury erbrachte eine dreimal so lange Operationszeit und ein geringes Blockvolumen für die Piezosurgery bei gleichen Patientenbeschwerden. Es gibt aus Sicht des Autors wenig Gründe, für die Blockentnahme ein zweites Osteotomiesystem am OP-Tisch aufzurüsten, weil die rotierende Instrumente ohnehin wegen der Implantatinsertionen vorgehalten werden müssen.

Der Block von Linea obliqua ist etwa 2–3 mm dick. Der apikale Schnitt kann durch die Diamantkreissäge nach Khoury erfolgen, einfacher ist es, eine 4 mm Kugelfräse halb einzutauchen und eine entsprechende Rille als Sollbruchstelle zu schaffen.

Der Block kann in dünnere Knochenschalen gespalten werden. Auch ein Zermahlen des Blocks in Späne ist möglich. Bei den meisten Knochenmøhlen kann das Zermahlen so dosiert werden, dass Späne entstehen und ein dünnerer flächiger Block zurückbleibt, der dann z. B. für die Schalentekniken eingesetzt werden kann²² (Abb. 6-17).

Im Querschnitt hat das Transplantat von der Linea obliqua häufig das Aussehen des Buchstaben „J“ und wird daher auch als J-Graft bezeichnet. Der blockförmige Kompaktaspan von der Linea obliqua wird im horizontalen Ast des Unterkiefers seitlich des zweiten Molaren und des Weisheitszahns gewonnen. Weil die Linea obliqua normalerweise den größten Teil der Kaukräfte in den horizontalen Kieferast einleitet, sollte die Blockentnahme nicht zu weit oben am aufsteigenden Ast, sondern eher seitlich der Zähne erfolgen. Für 6 Wochen nach Knochenentnahme sollte der Patient nicht allzu fest beißen. Eine bikortikale Entnahme im aufsteigenden Ast erzeugt die Gefahr von Kieferwinkelfrakturen, denn in diese belastete Struktur zieht die Sehne des stärksten Kaumuskels, des Musculus temporalis.

Komplikationen der Blockentnahme von der Linea obliqua sind u. a. Geføhlstörung des N. alveolaris inferior und Zahnschäden. Der Autor hat einen verzögerten Kieferbruch bei einer Osteoporosepatientin beobachtet, der konservativ behandelt wurde. Ge-

føhlstörungen sind bei richtiger Entnahme des J-Grafts selten, wenn die Schnitttiefe der Instrumente streng auf die Kompakta begrenzt bleibt. Auch eine Zweitentnahme von Knochen an derselben Stelle wurde berichtet²³, denn der nicht atrophierende und funktionell definierte Knochen der Linea obliqua wächst beim Menschen nach. Es besteht kein Bedarf für eine Defektauffüllung mit Knochentransplantaten. Manchmal ist bei Implantatpatienten die operative Entfernung von retinierten Weisheitszähnen angezeigt und damit der operative Zugang ohnehin vorgegeben.

Entnahmeteknik Beckenknochen

Voraussetzung ist ein Steriloperationssaal, chirurgische Hautdesinfektion, sterile Abdeckung und ein Vorgehen entsprechend den Regeln der aseptischen Chirurgie.

Der Hautschnitt ist etwa 4 cm lang und liegt innerhalb der Crista iliaca deutlich dorsal der Spina iliaca anterior (Abb. 6-18). Der Schnitt wird medial der Crista iliaca gelegt, denn man möchte die Narbe nicht in die vom Hosengürtel belasteten Areale direkt auf dem Knochenkamm legen. Nach Präparation durch das Hautfett etwas nach lateral stellt man die weiße Aponeurose zwischen Musculus glutaeus und Musculus obliquus externus dar, und trennt diese in der Mitte der Crista. Mit dieser Technik ist eine schmerzfreie oder zumindest schmerzarme Entnahme ohne Verletzung der Muskulatur möglich.

Nun wird das Periost der Beckeninnenseite und vom medialen Teil der Crista iliaca abgelöst. So kann man die Sicht auf verschiedene Stellen des Knochens durch Verschieben des Weichgewebemantels einstellen. Im Regelfall werden monokortikale Späne unter Mitnahme der inneren Hälfte der Rundung der Crista von der Innenseite entnommen. Die Innenrundung wird durch eine Lindemannfräse oder oszillierende Säge in mehreren Längsstücken entnommen, die im Querschnitt etwa 1x1 cm messen. Von diesem Defekt aus können jetzt wie Klaviertasten monokortikal Streifen Richtung Zentrum der Beckenschaufel mit der oszillierenden Säge entnommen werden. Sie werden durch Entlanggleiten eines breiten Meißels von der Außenkortikalis abgelöst. Man muss wissen, dass

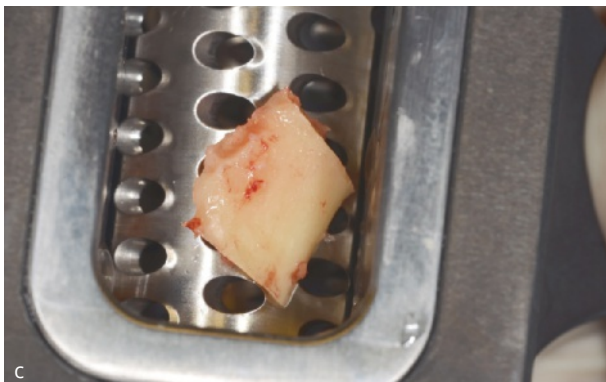
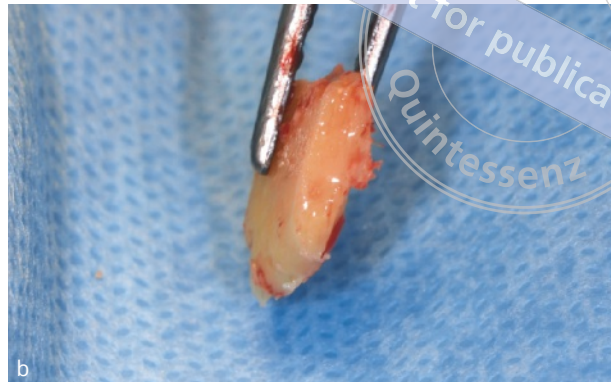
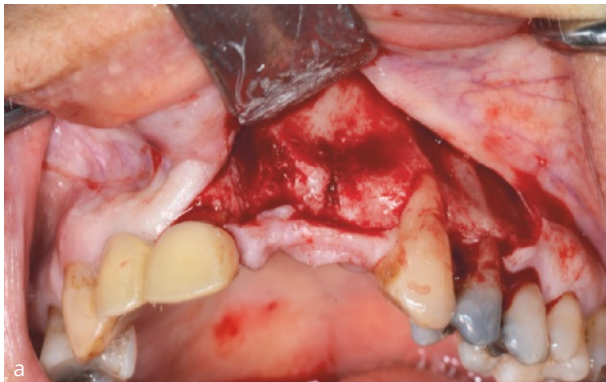
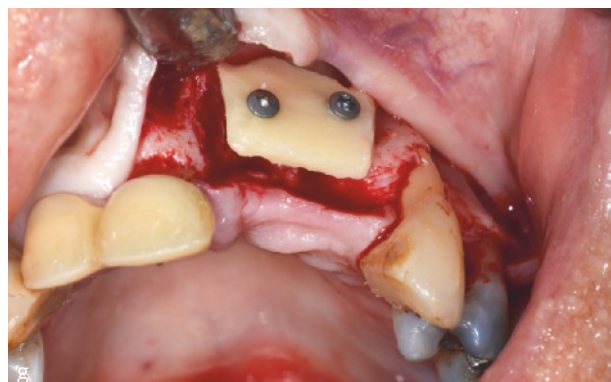


Abb. 6-17 Knochenblocktransplantation in Schalen-technik. **a.** Ausgangslage mit horizontalem Kieferkammdefekt (1/2) regio 21, 22. **b.** Knochenblock von der Linea obliqua. **c.** In einer Knochenmühle (Ustomed, Ulrich Storz, Tuttlingen) wird der Block zu einer Schale dünn- geschliffen. **d.** Dies erfolgt in mehreren Arbeitsgängen bis zur gewünschten Dicke von 1 mm. **e.** In der Trommel der Knochenmühle sammeln sich die Kortikalischips. **f.** Alle autologen Knochenmaterialien werden bis zur Verwendung feucht zwischengelagert. **g.** Die Schale definiert im Defekt die zukünftige Außenkontur des Alveolarfortsatzes mit einem Aufschlag für die Resorption von etwa 1 mm in Breite und Höhe. Sie wird mit zwei Stell- schrauben positioniert (1,5-mm-System, KLS Martin, Tuttlingen).



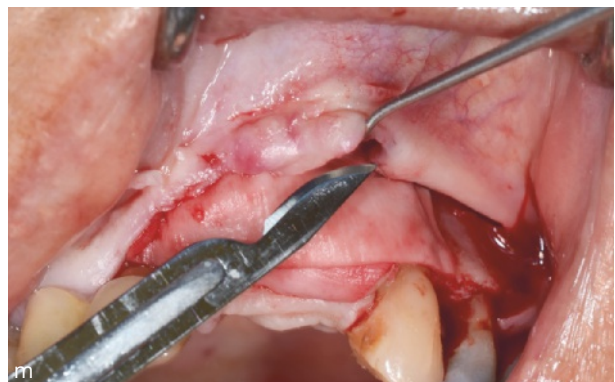
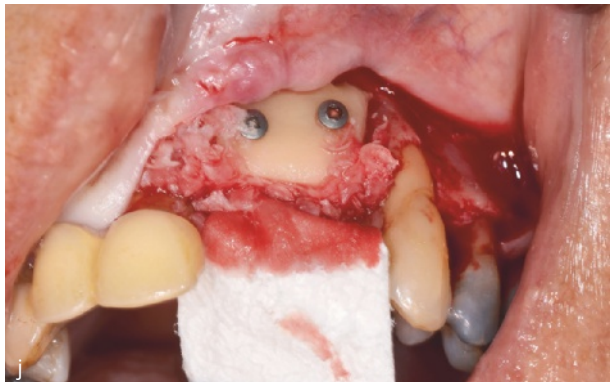
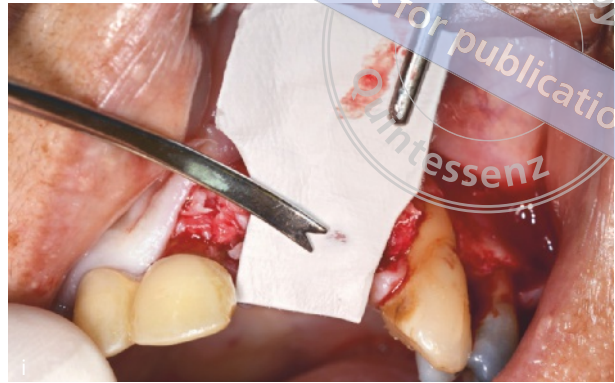
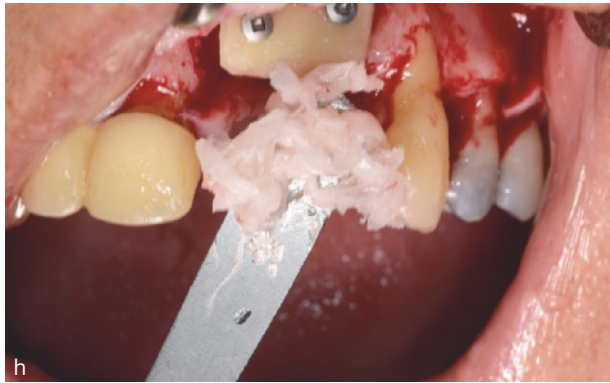


Abb. 6-17 Knochenblocktransplantation in Schalen-

technik. **h.** Die Schale wird ausschließlich mit autologen Chips hinterfüllt. **i.** Eine Membran aus nativem Kollagen (Bio-Gide®, Geistlich, Baden-Baden) wird zungenförmig zugeschnitten und mit dem Tamponadestopfer nach Lunnatschek adaptiert. **j.** Die Zunge der Membran wird unter den palatinalen Lappen gesteckt. **k.** Die Membran wird mit einigen Tropfen Kochsalzlösung befeuchtet und ist selbstadaptierend. **l.** Ein Abschnitt der Membran wird als Doppellage im Bereich der höchsten Resorptionsgefährdung aufgelegt. **m.** Die Lappenmobilisation erfolgt

durch Einzinkerhäkchen und 15c-Skalpell. **n.** Der Wundverschluss gelingt mit wenigen Einzelknopfnähten sehr dicht, weil sich der Zahnfleischrandschnitt und der Kieferkammrandschnitt aufgrund der derben marginalen Gingiva gut adaptieren lassen.

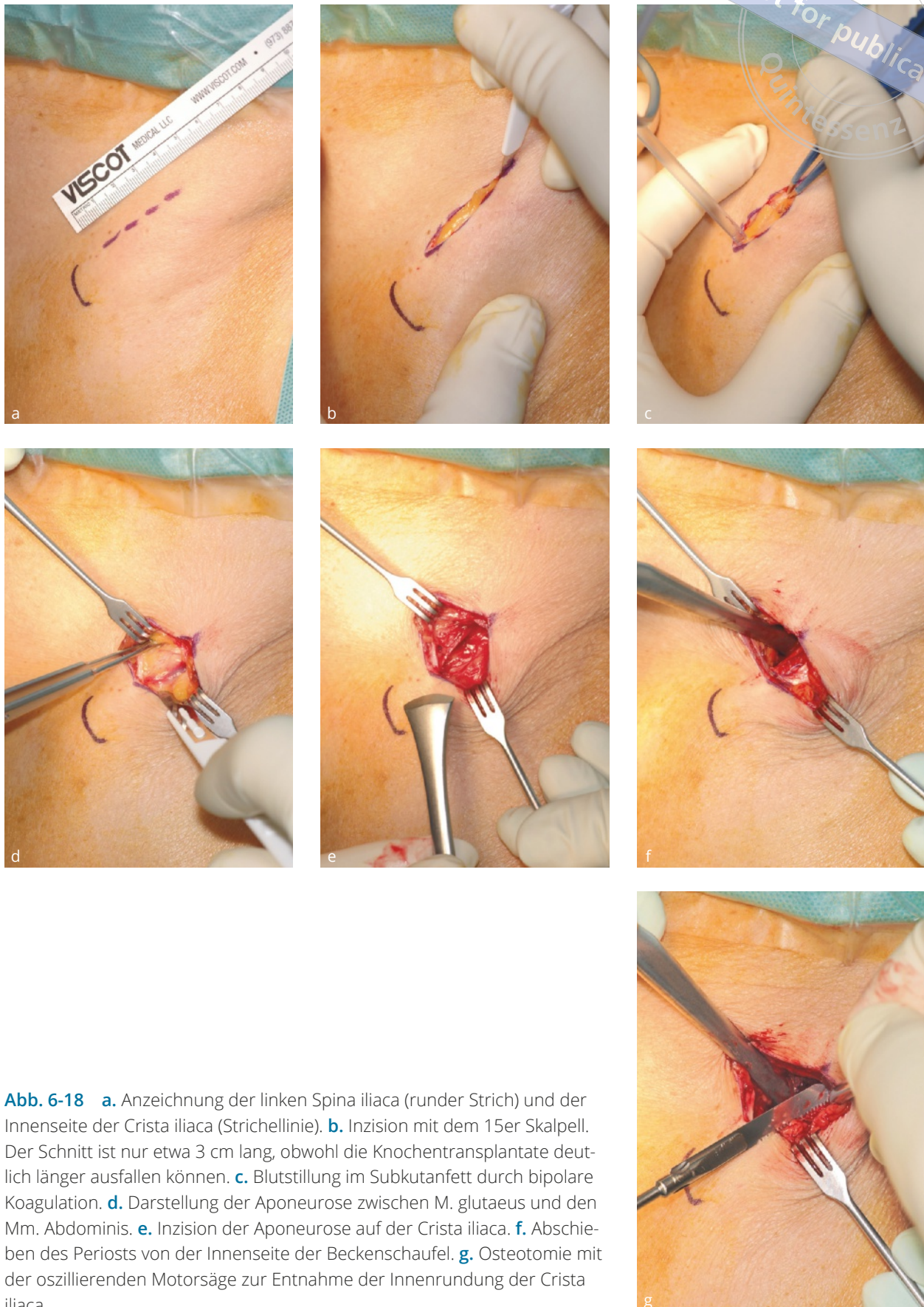


Abb. 6-18 **a.** Anzeichnung der linken Spina iliaca (runder Strich) und der Innenseite der Crista iliaca (Strichellinie). **b.** Inzision mit dem 15er Skalpell. Der Schnitt ist nur etwa 3 cm lang, obwohl die Knochentransplantate deutlich länger ausfallen können. **c.** Blutstillung im Subkutanfett durch bipolare Koagulation. **d.** Darstellung der Aponeurose zwischen M. gluteus und den Mm. Abdominis. **e.** Inzision der Aponeurose auf der Crista iliaca. **f.** Abschieben des Periosts von der Innenseite der Beckenschaufel. **g.** Osteotomie mit der oszillierenden Motorsäge zur Entnahme der Innenrundung der Crista iliaca.

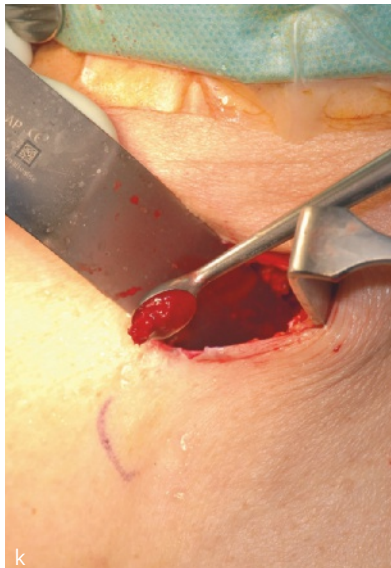
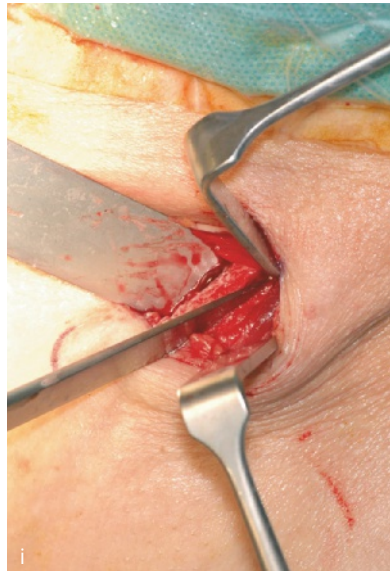
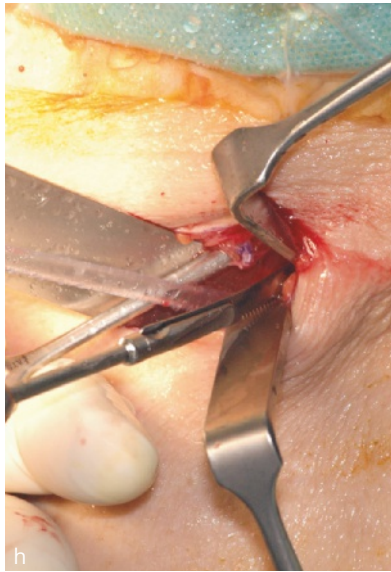


Abb. 6-18 **h.** Längsosteotomie auf dem Beckenkamm mit der oszillierenden Säge. **i.** Entnahme der Innenrundung der Crista iliaca mit einem Meißel. **j.** Die Innenrundung als monokortikales Knochentransplantat mit hohem Spongiosaanteil. **k.** Durch vertikale Osteotomien (Klaviertasten) können monokortikale Streifen aus der Innenrundung der Beckenschaukel entnommen werden. **l.** Aus der Spongiosa der Beckeninnenseite wird mit einer kräftigen Kürette weiterer Knochen gewonnen. **m.** Ein Drainageschlauch wird ohne Sog eingebracht. Wenn nötig kann die Blutstillung aus dem Knochen mit Knochenwachs erfolgen, meistens blutet es aber kaum. **n.** Eine Injektion mit Bupivacain nimmt für die ersten 24 Stunden einen Großteil des Wundschmerzes.

diese unterhalb der Crista relativ schnell nach medial zieht und sich mit der Innenkortikalis verbindet. Man sollte eine Perforation der Außenkortikalis (bikortikale Entnahme) für implantologische Zwecke vermeiden.

Zum Abschluss empfiehlt sich eine Infiltration mit Bupivacain 0,5 %, eine Drainage ohne Sog und eine elastische Bandage zur Stützung der Weichgewebe.

Die Komplikationen der Beckenknochenentnahme umfassen eine Gefühlsstörung des Nervus cutaneus femoris lateralis, der medial der Spina iliaca anterior verläuft und hier gefährdet ist. Bei bikortikaler Entnahme ist der Nervus gluteus superior gefährdet, der den Musculus tensor fasciae latae innerviert und bei Ausfall eine Gangstörung verursachen kann. Insbesondere bei Osteoporosepatienten und starkem Einsatz von Meißeln kann eine Fraktur des Beckenrandes auftreten, die meistens konservativ behandelt werden kann. Um diese zu vermeiden, sollte man die Enden von Sägeschnitten durch eine Kugelfräse rund gestalten und nicht schlitzzartig auslaufen lassen, um keine Sollbruchstelle durch Kerbwirkung zu setzen. Blutergüsse können auftreten und sollten durch gute Blutstillung der Knochenmarkhöhle gegebenenfalls durch Knochenwachs vermieden werden. Infektion treten bei Erfüllung der oben genannten Vorgaben der Antisepsis praktisch nicht auf.

Transplantation eines Knochenblocks von der Linea obliqua

Man stellt zunächst einmal den Empfängerdefekt durch vollschichtigen Lappen subperiostal dar und vermisst ihn mit einem Messzirkel oder einem Lineal. Dann wird der Knochen mit einer Kugelfräse von Weichgeweberesten befreit und mit einem kleinen Rosenbohrer multipel perforiert. Bei diesen Arbeiten läuft der Knochenfilter mit. Die Oberfläche kann zur Gewinnung von Spänen und zur Entfernung der Kambiumschicht mit dem Scraper abgetragen werden. Nun wird der Linea-obliqua-Block entsprechend der gemessenen Länge, die mit dem Zirkel übertragen wird, gehoben (siehe Kapitel 3), dabei wird die Empfängerwunde mit einigen provisorischen Nähten zwischenzeitlich verschlossen, um möglichst wenig Bakterien Zugang zu geben. Der Block wird probe-

weise an den Defekt angelegt. Danach wird er zuge richtet, indem scharfe Kanten mit der Diamantkugelfräse gebrochen werden. Meistens muss apikal eine Rille in den Lagerknochen gefräst werden, damit der Block am Kamm möglichst bündig anliegt. Der Block wird am Alveolarkamm in der Höhe so eingestellt, dass er 3 mm unter der prospektiven Gingivahöhe liegt. In der Horizontalen soll er leicht außerhalb des Envelopes liegen. Danach wird die Osteosynthese ausgeführt (siehe unten). Zur Erhöhung der Präzision kann man einen Resorptionsschutz aus feinkörnigem Knochenersatzmaterial auftragen (Bio-Oss®, Geistlich, Baden-Baden). Wichtig ist, dass man Konturlücken am Alveolarkamm in mesiodistaler Richtung und auf dem Kieferkamm mit einem gemischten Knochentransplantat ausgleicht, damit später keine Rillen oder Buckel entstehen. Wichtig ist auch, scharfe Kanten zu brechen und mit dem Finger abzutasten, da ansonsten Lappennekrosen drohen. Eine resorbierbare Kollagenmembran wirkt als Schutz vor Dehiszenzen, indem sie den Block gegen den Lappen abpolstert.

6.6 Ein- oder zweizeitige Implantatinserktion bei der Knochentransplantation

Grundsätzlich ist das zweizeitige Vorgehen, zunächst die Augmentation und nach erfolgter knöcherner Einheilung des Augmentats die Implantation, die sicherere Alternative gegenüber der gleichzeitigen Implantatinserktion.

Das zweizeitige Vorgehen ist deshalb das sicherere Verfahren, weil in diesem Fall das Implantat in ein bereits vaskularisiertes Knochenlager eingebracht wird und deshalb mit höherer Wahrscheinlichkeit störungsfrei einheilt. Zudem gelingt im Regelfall die Ausrichtung des Implantats besser im bereits regenerierten Knochenlager als im Stadium der Atrophie.

Beim einzeitigen Vorgehen liegt die Implantatoberfläche dem zeitweise devitalen Augmentationsmaterial an, das zunächst einheilen muss, bevor sich Knochen an die Implantatoberfläche anlagern kann. Einfach gesprochen funktioniert totes Knochenmaterial schlecht auf toter Implantatoberfläche. Der

Vorteil des einzeitigen Verfahrens ist die verkürzte Gesamtbehandlungsdauer und die geringere Operations- und Kostenbelastung des Patienten. Beim einzeitigen Vorgehen muss noch ausreichend Knochen zur Stabilisierung des Implantats vorhanden sein, was in der Regel nur beim 1/4-Defekt der Fall ist. Bei der

Sinuslift-Operation hängt die benötigte Knochenresthöhe am Kieferhöhlenboden vom verwendeten Implantatsystem ab. Implantate mit besonders scharfen Gewinden oder einer Pressfit-Passung im zervikalen Anteil können auch bei 1–2 mm Restknochenhöhe durchaus noch primärstabil sein.

6.7 Literatur

- 1 Lee PH, Chen MY, Lai YL, Lee SY, Chen HL. Human Beta-Defensin-2 and -3 Mitigate the Negative Effects of Bacterial Contamination on Bone Healing in Rat Calvarial Defect. *Tissue Eng Part A*. 2018;24:653–661.
- 2 Warnke PH, Springer IN, Russo PA, Wiltfang J, Essig H, Kosmahl M, Sherry E, Acil Y. Innate immunity in human bone. *Bone* 2006;38:400–408.
- 3 Warnke PH, Voss E, Russo PA, Stephens S, Kleine M, Terheyden H, Liu Q. Antimicrobial peptide coating of dental implants: biocompatibility assessment of recombinant human beta defensin-2 for human cells. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013;28:982–988.
- 4 Danesh-Sani SA, Tarnow D, Yip JK, Mojaver R. The influence of cortical bone perforation on guided bone regeneration in humans. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2017;46:261–266.
- 5 Maus U, Andereya S, Gravius S, Siebert CH, Schippmann T, Ohnsorge JA, Niedhart C. How to store autologous bone graft perioperatively: an in vitro study. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008;128:1007–1011.
- 6 Rocha FS, Batista JD, Zanetta-Barbosa D, Dechichi P. Effect of different storage media on the regenerative potential of autogenous bone grafts: a histomorphometrical analysis in rabbits. *J Oral Implantol* 2013;39:635–642.
- 7 Laursen M, Christensen FB, Bünger C, Lind M. Optimal handling of fresh cancellous bone graft: different peroperative storing techniques evaluated by in vitro osteoblast-like cell metabolism. *Acta Orthop Scand* 2003;74:490–496.
- 8 Hassanein AH, Greene AK, Arany PR, Padwa BL. Intraoperative cooling of iliac bone graft: an experimental evaluation of cell viability. *J Oral Maxillofac Surg* 2012;70:1633–1635.
- 9 Kruyt MC, Delawi D, Habibovic P, Oner FC, van Blitterswijk CA, Dhert WJ. Relevance of bone graft viability in a goat transverse process model. *J Orthop Res* 2009;27:1055–1059.
- 10 Jensen T, Schou S, Gundersen HJ, Forman JL, Terheyden H, Holmstrup P. Bone-to-implant contact after maxillary sinus floor augmentation with Bio-Oss and autogenous bone in different ratios in mini pigs. *Clin Oral Implants Res* 2013;24:635–644.
- 11 Mordenfeld A, Aludden H, Starch-Jensen T. Lateral ridge augmentation with two different ratios of deproteinized bovine bone and autogenous bone: A 2-year follow-up of a randomized and controlled trial. *Clin Implant Dent Relat Res* 2017;19:884–894.
- 12 Brand HS, Ligtenberg AJ, Veerman EC. Saliva and wound healing. *Monogr Oral Sci* 2014;24:52–60.
- 13 Maiorana C, Beretta M, Salina S, Santoro F. Reduction of autogenous bone graft resorption by means of bio-oss coverage: a prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:19–25.
- 14 Wiltfang J, Jätschmann N, Hedderich J, Neukam FW, Schlegel KA, Gierloff M. Effect of deproteinized bovine bone matrix coverage on the resorption of iliac cortico-spongy bone grafts – a prospective study of two cohorts. *Clin Oral Implants Res* 2014;25:e127–132.
- 15 Antoun H, Sitbon JM, Martinez H, Missika P. A prospective randomized study comparing two techniques of bone augmentation: onlay graft alone or associated with a membrane. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:632–639.
- 16 Cordaro L, Torsello F, Morcavallo S, di Torresanto VM. Effect of bovine bone and collagen membranes on healing of mandibular bone blocks: a prospective randomized controlled study. *Clin Oral Implants Res* 2011;22:1145–1150.
- 17 Möller B, Wiltfang J, Acil Y, Gierloff M, Lippross S, Terheyden H. Prevention of the surface resorption of bone grafts by topical application of bisphosphonate on different carrier materials. *Clin Oral Invest* 2014;18:2203–2211.
- 18 Setzer FC, Kohli MR, Shah SB, Karabucak B, Kim S. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature – Part 2: Comparison of endodontic microsurgical techniques with and without the use of higher magnification. *J Endod* 2012;38:1–10.
- 19 Francetti L, Del Fabbro M, Calace S, Testori T, Weinstein RL. Microsurgical treatment of gingival recession: a controlled clinical study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:181–188.
- 20 Atieh MA, Alsabeeha NH, Tawse-Smith A, Faggion CM Jr, Duncan WJ. Piezoelectric surgery vs rotary instruments for lateral maxillary sinus floor elevation: a systematic review and meta-analysis of intra- and postoperative complications. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2015;30:1262–1271.
- 21 Menziletoglu D, Basturk F, Isik BK, Esen A. A prospective split-mouth clinical study: comparison of piezosurgery and conventional rotary instruments in impacted third molar surgery. *Oral Maxillofac Surg* 2020;24:51–55.
- 22 Stimmelmayer M, Beuer F, Schlee M, Edelhoff D, Güth JF. Vertical ridge augmentation using the modified shell technique – a case series. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2014;52:945–950.
- 23 Fontão FN, Diez GF, Bassi AP, Claudino M. Second harvest of mandibular ramus blocks in bone augmentation procedures: a case letter. *J Oral Implantol* 2014;40 Spec No: 397–400.

Die Augmentation des Alveolarfortsatzes ist in der Medizin etwas Besonderes, denn sie bietet die Möglichkeit der echten biologischen Regeneration des Kieferknochens. Mit seinem Buch leistet der Autor einen entscheidenden Beitrag zu Wissensmanagement und Urteilsfindung auf diesem dynamischen Gebiet. Es beginnt mit den Grundlagen zur Augmentationschirurgie, Knochenregeneration und Wundheilung sowie zu Transplantaten und Materialien. Die folgenden Kapitel umfassen die augmentativen Techniken wie Knochentransplantation, Weichteilmanagement und Standardoperationstechniken, wobei die verfügbaren Operationstechniken auch für anspruchsvolle Chirurgen vollständig erklärt werden. Das letzte Drittel des Buches ist den klinischen Herausforderungen und der Frage einer klinischen Entscheidungsfindung gewidmet, welches Verfahren für welche Situation und welchen Patienten die höchste Sicherheit und das beste Ergebnis bietet. Ergänzt werden die Kapitel durch step by step bebilderte klinische Fälle, die das jeweilige Thema anschaulich und nachvollziehbar machen. Das Buch richtet sich an alle Zahnärzte als Einführung in das Thema Augmentation. Gleichermäßen bietet es erfahrenen Kollegen, Oral- und MKG-Chirurgen viele praktisch umsetzbare Hinweise, insbesondere im Umgang mit Komplikationen.

ISBN 978-3-86867-548-1



9 783868 675481

www.quintessence-publishing.com