



TIZIANO TESTORI FABIO GALLI MASSIMO DEL FABBRO

SOFORTBELASTUNG

Eine neue Ära der dentalen Implantologie

 **QUINTESSENZ VERLAG**

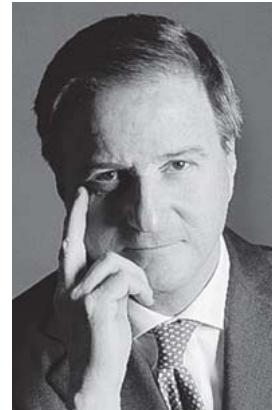
BERLIN, CHICAGO, TOKIO, BARCELONA, ISTANBUL, LONDON, MAILAND, MOSKAU,
NEU-DELHI, PARIS, PEKING, PRAG, SÃO PAULO, SEOUL, SINGAPUR UND WARSCHAU



Herausgeber

TIZIANO TESTORI

Dr. Tiziano Testori ist Leiter der Abteilung für Implantologie und orale Rehabilitation der Zahnmedizinischen Klinik am Istituto Ortopedico Galeazzi, Abteilung für Gesundheitstechnologien der Universität Mailand. Außerdem ist er Gastprofessor am New York University College of Dentistry in New York. Der ehemalige Präsident der Italienischen Gesellschaft für Oralchirurgie und Implantologie (SICOI) ist Gründungsmitglied der Advanced Implantology Study Group (AISG), Autor von mehr als 200 wissenschaftlichen Artikeln und Mitherausgeber von *Sinusbodenaugmentation. Chirurgische Techniken und alternative Konzepte* (Quintessenz, 2010). Dr. Testori betreibt eine Privatpraxis in Como.



FABIO GALLI

Dr. Fabio Galli ist Leiter der Prothetik an der Abteilung für Implantologie und orale Rehabilitation der Zahnmedizinischen Klinik am Istituto Ortopedico Galeazzi, Abteilung für Gesundheitstechnologien der Universität Mailand. Er ist Gründungsmitglied der Advanced Implantology Study Group (AISG) und Mitautor von *Sinusbodenaugmentation. Chirurgische Techniken und alternative Konzepte* (Quintessenz, 2010). Dr. Galli ist Dozent und Autor in den Bereichen zahnärztliche Implantologie und Prothetik und betreibt eine Privatpraxis in Monza.



MASSIMO DEL FABBRO

Dr. Massimo Del Fabbro ist Leiter der Abteilung für orale Pathophysiologie der Zahnmedizinischen Klinik am Istituto Ortopedico Galeazzi, Abteilung für Gesundheitstechnologien der Universität Mailand. Er ist Autor mehrerer Artikel auf den Gebieten Parodontologie, zahnärztliche Implantologie, Endodontologie, Physiologie und Biochemie. Außerdem ist er Mitherausgeber von *Sinusbodenaugmentation. Chirurgische Techniken und alternative Konzepte* (Quintessenz, 2010). Dr. Del Fabbro forscht auf den Gebieten Zahnheilkunde, orale Chirurgie und orale Medizin an der medizinischen Fakultät der Universität Mailand.





Inhalt

Seite	Kapitel	
XX		Geleitwort RICHARD LAZZARA, DENNIS TARNOW
XXII		Geleitwort ROBERTO LODOVICO WEINSTEIN
XXIII		Vorwort TIZIANO TESTORI, FABIO GALLI, MASSIMO DEL FABBRO
1	01	Biologische Grundlagen MASSIMO DEL FABBRO, PAOLO TRISI
17	02	Biologie und Biomechanik der Sofortbelastung PAOLO TRISI, MASSIMO DEL FABBRO
47	03	Bedeutung der Topografie der Implantatoberfläche bei der biologischen Stabilisierung JOHN DAVIES, MICHEL ARAÚJO, MASSIMO DEL FABBRO, VANESSA MENDES, TIZIANO TESTORI
65	04	Systematischer Literatur-Review MASSIMO DEL FABBRO, SILVIO TASCHIERI
93	05	Präoperative Diagnostik FABIO SCUTELLÀ, FABIO GALLI, TIZIANO TESTORI
163	06	Moderne bildgebende Diagnostik FRANCO PERONA, ALESSANDRO MOTRONI, GIORGIO CASTELLAZZI, TIZIANO TESTORI
189	07	Therapeutischer Ansatz der Implantologischen Abteilung des Istituto Ortopedico Galeazzi (Mailand) MASSIMO DEL FABBRO, TIZIANO TESTORI, FABIO GALLI, MATTEO CAPELLI, FRANCESCO ZUFFETTI, ANDREA PARENTI, LUCA FUMAGALLI, ILARIA FRANCHINI, MARIA CRISTINA ROSSI, CARLO VALTORTA, ROBERTO CASTELLANETA, LUIGI DAVERIO, MATTEO DEFLORIAN, MARCO FOSSATI, PIERPAOLO RACCO
	Teil 1:	Klinische Verfahren
	Teil 2:	Überblick über die Forschungsaktivitäten des implantologischen Teams am Istituto Ortopedico Galeazzi (Mailand)
295	08	Therapeutische Alternative für die Sofortrehabilitation des atrophischen Kiefers: Verwendung geneigter Implantate LUCA FRANCIOTTI, DAVIDE ROMEO, ENRICO AGLIARDI, MASSIMO DEL FABBRO
335	09	Komplexe Rehabilitationen bei unbezahnten Patienten LEO BISCARO, ALBERTO BECCATELLI, PAOLA MARIA POGGIO



- 361 **10** **Chirurgisch-prothetische Interaktionen bei der Sofortbelastung von Implantaten im ästhetischen Bereich**
ROBERTO COCCHETO, IGNAZIO LOI
- 377 **11** **Intraoperative Abformung und Kontrolle der spannungsfreien Passung bei Sofortbelastung**
ILARIA FRANCHINI, FABIO GALLI, MARIA CRISTINA ROSSI, MASSIMO DEL FABBRO
- 393 **12** **Provisorium bei Sofortbelastung: Herstellung am Stuhl und im Labor**
SERGE SZMUKLER-MONCLER, MITHRIDADE DAVARPANAH, PAUL KHOURY
- 421 **13** **Indikationen und Kontraindikationen für Mini-Implantate**
FABRIZIO MONTAGNA, JÖRG MICHAEL RITZMANN, LIVIA MONTAGNA
- 435 **14** **Okklusion implantatgestützter Prothesen unter Sofortbelastung und verzögerter Belastung**
STEFANO GRACIS, FABIO GALLI, LUCA FUMAGALLI
- 457 **15** **Orale Rehabilitation mit Sofortbelastung: noninvasive morphofunktionelle Beurteilung**
GIANLUCA TARTAGLIA, CHIARELLA SFORZA
- 471 **16** **Implantatpflege**
MATTEO BASSO, FRANCESCA BIANCHI
- 483 **17** **Patientenzentrierte Ergebnisse: die Sicht des Patienten**
MASSIMO DEL FABBRO, TIZIANO TESTORI
- 493 **18** **Management von Implantatpatienten: der aktuelle Stand**
JEFFREY GANELES, FRANCESCA BIANCHI, FEDERICO MANDELLI
- 511 **19** **Arzthaftungsrechtliche Aspekte und klinische Leitlinien der Sofortbelastung**
MARCO LORENZO SCARPELLI, LUCA FUMAGALLI, MASSIMO DEL FABBRO
- 519 **20** **Die Bedeutung der computerassistierten Chirurgie**
TIZIANO TESTORI, LUCA FUMAGALLI, MASSIMO DEL FABBRO
- 541 **21** **Leitlinien zur Sammlung und Organisation wissenschaftlicher Daten**
MASSIMO DEL FABBRO, TIZIANO TESTORI
- 552 **Sachregister**

T. TESTORI
F. GALLI
M. CAPELLI
F. ZUFFETTI
A. PARENTI
L. FUMAGALLI
I. FRANCHINI
M. C. ROSSI
M. DEL FABBRO
UND DAS
GALEAZZI-
IMPLANTATIONSTEAM

Therapeutischer Ansatz der Implantologischen Abteilung des Istituto Ortopedico Galeazzi (Mailand)





SOFORTBELASTUNG IM TEILBEZAHNTEN FRONTZAHNBEREICH

Für optimale ästhetische Ergebnisse bei einer implantatprothetischen Behandlung im Frontzahnbereich ist eine exakte präoperative Planung unabdingbar.^{23,24} Parameter, die in jedem Fall berücksichtigt werden müssen, sind die Hart- und Weichgewebssituation, die korrekte dreidimensionale Implantatposition, das Implantatdesign, Implantatdurchmesser und -plattform sowie die Dimensionen der zu ersetzenden natürlichen Zähne.²⁵ Insbesondere die vestibuloorale, mesiodistale und apikokoronale Position der Implantate wird evaluiert.²⁶

VESTIBULORALE IMPLANTATPOSITION

Die vestibulooral optimale Implantat-achse verläuft zwischen der Inzisalkante und dem Cingulum des geplanten Prothesenzahns. Bei dieser Ausrichtung ist der labiale Knochen am dicksten. Außerdem wird ein operatives Trauma der vestibulären Kortikalis vermieden und die physiologische horizontale Resorption des periimplantären Knochens nach Belastung eingeschränkt. Bei einer vestibulooralen Knochendicke von weniger als 2 mm kann es insbesondere bei dünnem gingivalem Biotyp zum Rückgang der periimplantären Gewebe kommen, wenn die Knochenresorption nach Belastung den koronalen Anteil der labialen Knochenwand einschließt. Bei labialer Ausrichtung eines Implantats ist der labiale Knochen nicht ausreichend dick, sodass es eher zu Knochenverlust und Weichgeweberezeption kommt.

Diese Ausrichtung ist besonders bei Implantation in Extraktionsalveolen wichtig. Vor Kurzem konnten Studien zeigen, dass bei einem Spalt von 2,0 mm zwischen der labialen Kortikalis und dem Implantat keine membrangeschützte Knochenregeneration erforderlich ist. Allerdings sollte ein langsam resorbiertes Biomaterial verwendet werden, um das Knochenvolumen zu erhalten **(ABB. 7-11)**.

MESIODISTALE IMPLANTATPOSITION

Da es am Implantat zur vertikalen und horizontalen Knochenresorption kommt, darf der Abstand zwischen Zahn und Implantat niemals unter 1,5 mm²⁷, der zwischen zwei Implantaten niemals unter 3,0 mm liegen.²⁸ Allerdings wird der interimplantäre Knochen bei einem Abstand der Implantate von 3 mm bestenfalls das Niveau der Implantatplattform halten, sodass es aufgrund der fehlenden knöchernen Abstützung zum Verlust der Papille kommt. Zum Erhalt eines approximalen Knochenniveaus, das höher als die Implantatschulter ist, muss der interimplantäre Abstand größer als 3,0 mm sein.^{28,29} Soll jeder im Frontbereich fehlende Zahn durch ein Implantat ersetzt werden, müssen die vorgenannten Parameter unbedingt berücksichtigt werden **(SIEHE ABB. 7-11N BIS U)**.

APIKOKORONALE IMPLANTATPOSITION

Zweiteilige Implantate können suprakrestal, krestal und subkrestal eingesetzt werden. Bei subkrestalen Implantaten befindet sich das gesamte Implantat einschließlich der Abdeckschraube unterhalb des Alveolarkammniveaus. Diese Position wird zum Erhalt des interimplantären Knochens für den Frontzahnbereich empfohlen, damit normale interimplantäre Papillen entstehen können. Der Implantat-Abutment-Übergang muss 3 mm apikal des zukünftigen Niveaus des periimplantären Gewebes liegen **(SIEHE ABB. 7-11G BIS K)**.

PROTHETISCHE PHASE

Die prothetische Phase umfasst eine Pick-up-Abformung mit einem sterilen Material (Elite Implant VPS Abformmaterial) und die Kieferrelationsbestimmung. Das Provisorium wird ohne zentrische oder exzentrische Okklusionskontakte zementiert oder verschraubt **(SIEHE ABB. 7-11H, L UND M)**.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Hauptziel im Frontzahnbereich ist nicht die Osseointegration durch Sofortbelastung, sondern ein ästhetisches Behandlungsergebnis³⁰; daher wird empfohlen, eine Sofortbelastung nur bei idealen klinischen Voraussetzungen anzustreben:

- kein vertikaler oder horizontaler Knochendefekt
- dicker parodontaler Biotyp
- freier Gingivarand koronal des zervikalen Randes der zukünftigen prothetischen Restauration

In allen Fällen, in denen Knochenvolumen und periimplantäres Gewebe erst wiederhergestellt werden müssen, wird eine verzögerte Belastung empfohlen. Außerdem sollte das ästhetische Ergebnis nach objektiven Parametern beurteilt werden.^{31–33} Testori und Kollegen³³ haben hierzu eine Skala entwickelt, mit der sich die Implantatästhetik bewerten lässt. Dieser sogenannte *Implantat Esthetic Score (IES)*³³ basiert auf folgenden fünf Parametern:

1. Harmonie der Gingivaränder
2. vorhandene und stabile Papille
3. Farbe und Erscheinungsbild des periimplantären Gewebes
4. Oberflächentextur des periimplantären Weichgewebes
5. Alveolarkammstabilität in vestibuloraler Richtung

Jedem dieser Parameter wird ein Punktwert zugewiesen, sodass der Fall anhand des erzielten ästhetischen Ergebnisses eingestuft werden kann³³:

1. Harmonie der Gingivaränder: 0 = deutliche Asymmetrie, 1 = akzeptable Asymmetrie, 2 = harmonische Ränder

2. Stabile und sichtbare mesiodistale Papille: 0 = keine Papille, 1 = Papille teilweise vorhanden, 2 = Papille füllt den Raum vollständig aus
3. Farbe und Erscheinungsbild des periimplantären Gewebes: 0 = Farbe und Erscheinungsbild anders als umgebende Bereiche, 1 = Unterschiede nur teilweise vorhanden und akzeptabel, 2 = Farbe und Erscheinungsbild wie Umgebungsgewebe
4. Oberflächentextur des periimplantären Weichgewebes: 0 = vollständiger Texturverlust, 1 = sieht nicht wie gesundes Gewebe aus, Textur ist aber zum Teil erhalten, 2 = sieht wie die gesunde Gingiva um natürliche Zähne aus
5. Alveolarkammstabilität in vestibuloraler Richtung: 0 = horizontale Resorption, 1 = keine horizontale Resorption

Beträgt die Gesamtpunktzahl 9, entspricht dies einem ausgezeichneten ästhetischen Ergebnis. Bei einer Punktzahl von 4–8 ist das ästhetische Ergebnis akzeptabel, bei weniger Punkten ist es nicht zufriedenstellend. Für ausgezeichnete ästhetische und funktionelle Ergebnisse müssen bei der Behandlungsplanung die vorgenannten Prinzipien befolgt werden. Außerdem ist zu beachten, dass die Implantatposition erheblichen Einfluss auf Ästhetik, Phonetik, Biomechanik und Mundhygiene hat.



Abb. 7-11 43-jähriger Mann, der wegen funktioneller und ästhetischer Beschwerden mit einer festsitzenden Prothese im oberen Frontzahnbereich vorstellig wurde.

INITIALE PHASE

Abb. 7-11a bis c Klinischer Ausgangsbefund.

11A

11B

11C

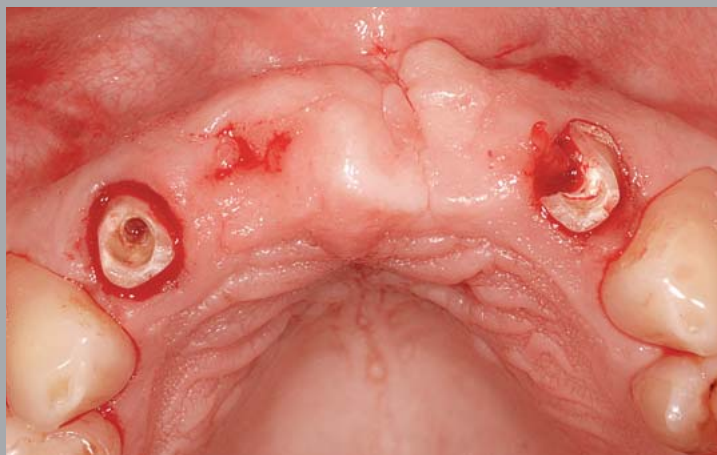


Abb. 7-11d bis f Klinische und röntgenologische Befunde nach Entfernen der festsitzenden Prothese. Die Zähne wurden aus endodontischer und konservierender Sicht als nicht erhaltungswürdig eingestuft. Nach Abklärung der therapeutischen Alternativen und mit Zustimmung des Patienten wurde entschieden, die beiden nicht erhaltungswürdigen Zähne zu extrahieren und eine Rehabilitation mit Sofortbelastung durchzuführen.

11D

11E

11F



11G

11H

CHIRURGISCHE PHASE

Abb. 7-11g und h (g) Einsetzen der vier Implantate. Die beiden Implantate in Position der seitlichen Schneidezähne werden in die Extraktionsalveolen inseriert, die beiden Implantate in Position der mittleren Schneidezähne in nativen Knochen. Aufgrund der hohen ästhetischen Bedeutung des Bereichs wurde entschieden, nur die beiden letztgenannten Implantate sofort zu belasten und die anderen beiden gedeckt einheilen zu lassen und erst nach Abschluss der Osseointegration zu belasten. In diesem Fall konnten vier Implantate mit korrektem interimplantärem Abstand platziert werden. (h) Naht und Platzierung von zwei Abformpfosten für eine intraoperative Abformung mit sterilem strahlendichtem Material.

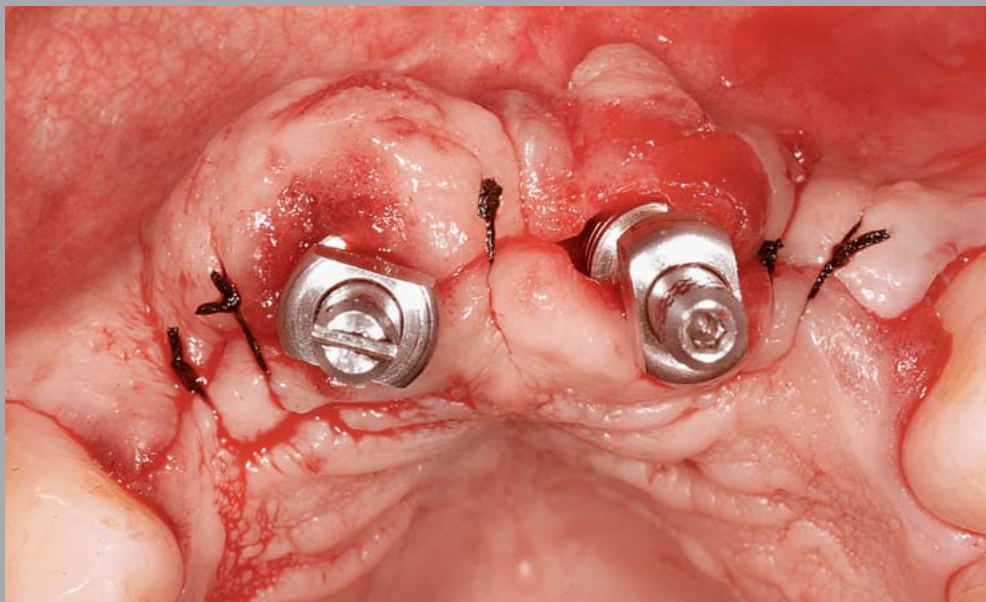
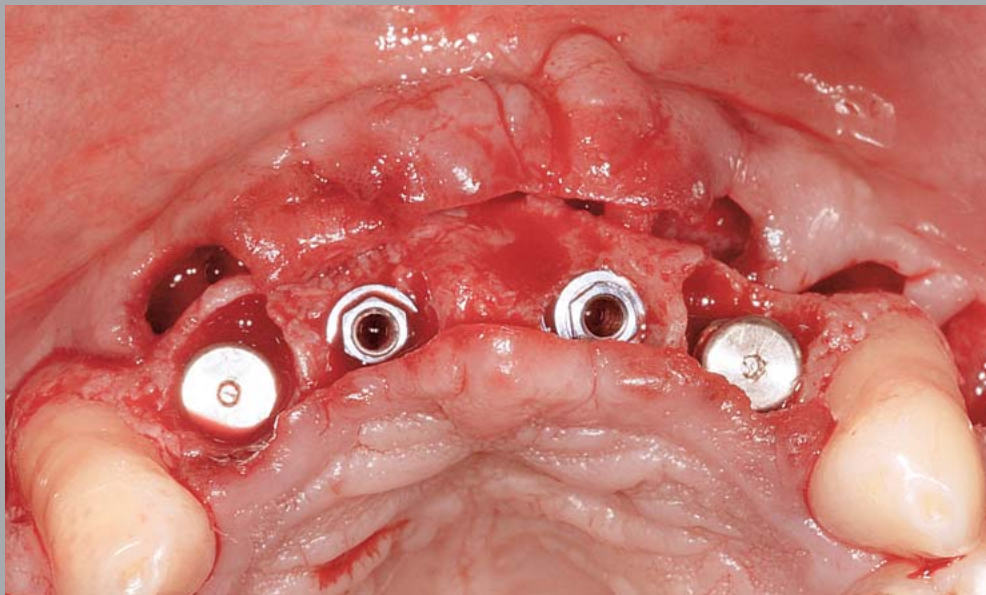
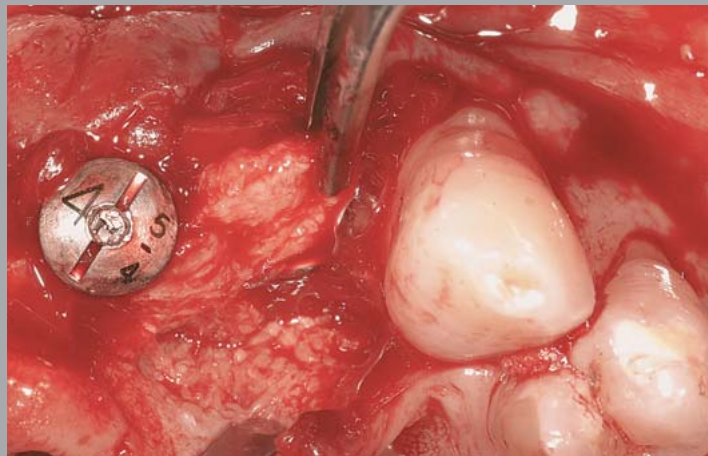
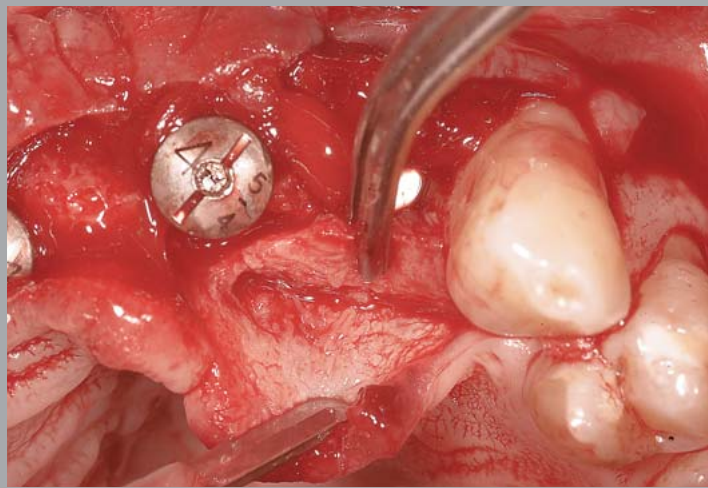
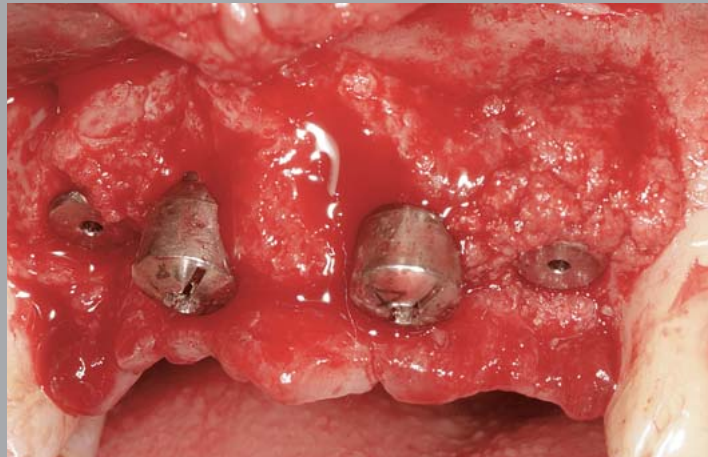


Abb. 7-11i bis k Nach der Abformung wird die chirurgische Phase abgeschlossen, wozu regeneratives Biomaterial in den Spalt der Extraktionsalveolen eingebracht und die Weichgewebisdicke mit einem Weichgewebetransplantat vergrößert wird, das vom weichen Gaumen entnommen und in seiner Dicke reduziert wurde.

11I

11J

11K



SOFORTBELASTUNG MIT DEM PROVISORIUM

11L

Abb. 7-11l und m Intraorale Ansichten
der auf die beiden Implantate im
nativen Knochen geschraubten
Provisorien 48 Stunden postoperativ.

11M



DEFINITIVE RESTAURATION

Abb. 7-11n und o Nach sechs Monaten erfolgte die Zweitoperation. Deutlich zu erkennen sind die angenehme Weichgewebskontur und Morphologie des periimplantären Gewebes nach der Abheilung. Dieses Ergebnis wurde durch das Einhalten der korrekten interimplantären Abstände und die Verwendung passender provisorischer Kronen möglich.

Abb. 7-11p und q Anschließende prothetische Phase mit vier Zirkonabutments und dem Provisorium aus einem Stück.

11N

11O

11P

11Q





Abb. 7-11r bis u Definitive Restauration: vier Vollkeramik-Einzelkronen. Kontrollröntgenbilder und Panoramaschichtaufnahme des Endbefundes.

11R

11S 11T 11U



SOFORTBELASTUNG VON EXTRAKTIONSSALVEOLEN

Die Sofortimplantation hat keinen Einfluss auf die physiologische Knochenresorption des Zahnfachs nach der Zahnextraktion. Nach dem Verlust von Zähnen wird der Alveolarkamm in der Regel vestibulär stärker als lingual und palatinal resorbiert; die horizontale Komponente ist dabei vorherrschend.^{37,38}

Die ersten Studien über die Knochenheilung nach Zahnextraktion aus dem Jahre 1952 erfolgten an Tieren.³⁹ Biopsien vom Menschen wurden erstmals 1969 untersucht.⁴⁰ Die morphologischen Veränderungen nach Zahnextraktion wurden erst vor Kurzem an diagnostischen Modellen und durch Messungen während der Implantation analysiert.⁴¹ Im ersten Jahr werden etwa 50% des ursprünglichen horizontalen Knochenangebots am Alveolarkamm resorbiert, zwei Drittel davon in den ersten drei Monaten.

In zahlreichen Studien wurden die morphologischen Veränderungen der Extraktionsalveolen untersucht,^{37,38} und es scheint klinische Einschränkungen für den Einsatz von Sofortbelastungsprotokollen in ästhetisch sensiblen Bereichen zu geben. In Tierstudien wurde gezeigt, dass innerhalb des Alveolenknochens der sogenannte Bündelknochen für die morphologischen Veränderungen nach einer Zahnextraktion entscheidend ist.⁴² Das Desmodont strahlt mit Fasern in den Bündelknochen ein, außerdem erhält der Bündelknochen seine Gefäßversorgung aus dem Desmodont und dem Periost, nicht aber dem Endost, das im schmalen koronalen Anteil der Extraktionsalveole nicht vorhanden ist. Nach der Zahnextraktion beginnt die erste Phase der Bündelknochenresorption, da die Gefäßversorgung über das Desmodont wegfällt. Die Gefäßversorgung über das Periost reicht nicht aus, um den Bündelknochen vollständig zu erhalten. Bei dünnem parodontalem Biotyp ist vestibulär der Bündelknochen oft die einzige

mineralisierte Struktur, sodass es hier zu einer ausgeprägten horizontalen Resorption kommt.

Aufgrund dieses Sachverhalts ist eine sorgfältige präoperative Diagnostik erforderlich, um zu ermitteln, ob eine Sofortimplantation mit Sofortbelastung in die Extraktionsalveole möglich ist oder ob besser Regenerationsverfahren mit verzögerter Belastung verwendet werden sollten. Zur Klassifizierung der klinischen Fälle wurden fünf diagnostische Schlüssel vorgeschlagen:⁴³ (1) der parodontale Biotyp, (2) der Verlauf der Zahnfleischgirlande, (3) die Zahnform, (4) die dreidimensionale Position der Zähne und (5) der Abstand des Alveolarkamms vom Zahnfleischsaum.

Der erste abzuklärende Punkt ist der *parodontale Biotyp*. Beim dicken parodontalen Biotyp besteht nach der Zahnextraktion eine geringere Gefahr für die physiologische Knochenresorption und den dieser folgenden Rückgang des Weichgewebes mit ästhetischen Defekten; er erweist sich als deutlich dimensionsstabiler als der dünne parodontale Biotyp. Daher empfehlen die Autoren bei Patienten mit dünnem parodontalem Biotyp eine Verstärkung des Weichgewebes.

Eng damit verbunden ist der *Verlauf der Zahnfleischgirlande*. Eine flache Zahnfleischgirlande, in der Regel verbunden mit einem dicken parodontalen Biotyp, maskiert die Resorption des interimplantären Knochens besser als eine stark skallopiierende.

Eine Korrelation mit dem parodontalen Biotyp zeigt auch die *Zahnform*. Vier- oder rechteckige Zähne, wie sie häufig beim dicken parodontalen Biotyp anzutreffen sind, erleichtern den Erhalt einer Papille, die den interimplantären Raum vollständig ausfüllt und keine unästhetischen Defekte aufweist.

Außerdem muss die *dreidimensionale Position* der Zähne ermittelt werden. Weiter palatinal liegende Zähne bedeuten eine größere vestibuläre Dicke der Weich- und Hartgewebe, die gemeinsam mit der Transplantation von Biomaterial und Weichgeweben



eine Rezession unwahrscheinlicher machen. Weiter apikal gelegene Zähne sind schwerer zu behandeln, da zwar nur eine geringe physiologische postoperative Rezession entsteht, diese aber trotzdem zu einem ungleichmäßigen Zahnfleischbogen führt.

Schließlich muss auch der *Abstand des Alveolarkamms vom Zahnfleischsaum* ermittelt werden. Ist er größer als 3 mm, lassen sich die korrekten Gewebeniveaus nur schwer erhalten; besser ist die Situation bei einem Abstand von höchstens 3 mm. Sind der Alveolarkamm und der Kontaktpunkt mehr als 4 mm voneinander entfernt, kann die Papille den Interdentalraum kaum noch ausfüllen und es entsteht ein Papillendefekt.

Diese Einschränkungen müssen im Zusammenhang mit der Lachlinie beurteilt werden. Eine niedrige Lachlinie ist ästhetisch weniger problematisch für die Rehabilitation, während die implantatprothetische Rehabilitation bei einer Lachlinie mit Gingivaexposition in perfekter Harmonie mit den Nachbargeweben erfolgen muss. Die beschriebenen Parameter müssen in der Zusammenschau betrachtet werden, allein sind sie nicht aussagekräftig. Das Team der Autoren empfiehlt bei mehr als einem Risikofaktor ein verzögertes Vorgehen.

In zahlreichen Studien wurden Operationsverfahren vorgeschlagen, durch die sich der Alveolarkamm nach Zahnextraktion erhalten lässt,⁴⁴⁻⁴⁷ insbesondere:

- die atraumatische Extraktion
- das Einlegen einer Membran
- die Transplantation in die Alveole

ATRAUMATISCHE EXTRAKTION

Ziel der atraumatischen Extraktion ist ein möglichst geringer Gefäßschaden der Nachbargewebe. Dazu werden Zugangslappen mit begrenzter mesiodistaler Ausdehnung angelegt und vor allem nur begrenzt Schleimhaut in apikokoronarer Richtung von der Knochenoberfläche abgehoben. Die Elevation größerer Lappen reduziert die Gefäßversorgung und führt

zu einer stärkeren Knochenresorption nach Extraktion. Da bei einer atraumatischen Extraktion zudem die Struktur des Alveolarknochens erhalten werden soll, sollte sie mit vorsichtigen, überwiegend mesiodistalen Bewegungen oder bei einwurzeligen Zähnen mit Rotationsbewegungen um die Zahnachse durchgeführt werden. Bei mehrwurzeligen Zähnen ist eine Wurzelspaltung erforderlich, um die Extraktion der einzelnen Wurzeln zu erleichtern. Zur Reduktion des Traumas der umgebenden Strukturen werden Instrumente wie Periotome, piezoelektrische chirurgische Aufsätze oder koaxiale Einzelwurzelextraktoren verwendet.

BARRIEREMEMBRANEN

Zur Verringerung der Alveolarkammresorption nach der Zahnextraktion wurde die Möglichkeit untersucht, die Extraktionsalveole mit resorbierbaren und nicht resorbierbaren Membranen zu schützen. Beide Membrantypen reduzieren die Alveolarkammresorption in gleichem Umfang. Lekovic et al.⁴⁵ fanden in den behandelten Bereichen sechs Monate nach dem Einlegen der Membran eine Resorption von durchschnittlich 1,31 mm, während sie an den Kontrollstellen bei durchschnittlich 4,56 mm lag – ein statistisch signifikanter Unterschied. Dieses Verfahren ist somit eine klinische Alternative zu komplexen Regenerationsoperationen.

TRANSPLANTATION IN DIE ALVEOLE

Zur Reduktion der Knochenresorption wurde auch das Einlegen von Knochentransplantaten in die Extraktionsalveolen vorgeschlagen. Da Transplantate den normalen Heilungsprozess stören können, wurde dieser Vorschlag sehr kritisch aufgenommen.⁴⁸ Studien am Menschen haben gezeigt, dass sechs bis neun Monate nach der Transplantation von demineralisiertem autologem Knochen oder verschiedenen alloplastischen Knochenersatzmaterialien die Granula des Transplantatmaterials von Bindegewebe oder unreifem Knochen umgeben waren.⁴⁹⁻⁵¹





Bei Hunden wurde die Transplantation von deproteinisiertem bovinem Knochen in Extraktionsalveolen im Unterkiefer untersucht, und die Autoren hoben hervor, dass dieses Material in der Lage sei, eine osteokonduktive Wirkung bei der Knochenneubildung zu entfalten.⁵² In einer anderen Studie wurde in 15 Extraktionsalveolen beim Menschen deproteinisierter boviner Knochen transplantiert. Neun Monate später wurden Biopsien entnommen.⁴⁹ Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass dieses Knochenersatzmaterial den Alveolarkamm erhalten kann. Die Ergebnisse widersprechen denen der vorgenannten Studie,⁴⁸ die nach drei bis sieben Monaten Granula des Transplantatmaterials nachweisen konnte. Eine weitere Gruppe⁵¹ berichtete, dass nur 40% der Oberfläche der Biomaterialpartikel Kontakt mit unreifem Knochen hatte, dass das Implantat jedoch aufgrund der Transplantatmenge und -qualität trotzdem erfolgreich eingesetzt werden konnte.

Viele Variablen erschweren den Vergleich der verschiedenen Studien: Art und Größe des Defekts, Verfahren zum Lappenschluss, Transplantatart und fehlende Bezugspunkte. Nur wenige Studien haben den Zusammenhang zwischen der Heilung des Zahnfachs und dem verwendeten Material mit reproduzierbaren Methoden untersucht.^{41,44,45,50}

Vor Kurzem wurde die Transplantation von deproteinisiertem bovinem Knochen mittels Computertomografie analysiert.⁴⁷ Dazu erfolgten präoperativ sowie 30 und 90 Tage postoperativ Computertomografien, mit denen das Ausmaß der labialen Knochenresorption untersucht wurde. Die Studie kam zu dem Schluss, dass der Knochen nach der Transplantation von deproteinisiertem bovinem Knochen weniger stark abgenommen hatte (20%) als in nicht transplantierten Bereichen (79%).

Die Notwendigkeit, das Operationstrauma zu minimieren, um möglichst viel Knochen zu erhalten, hat zur Sofortimplantation nach Zahnextraktion geführt.^{53–55} Die klinischen

Vorteile der Implantation in Extraktionsalveolen lassen sich wie folgt zusammenfassen⁴⁶:

- weniger chirurgische Eingriffe
- insgesamt kürzere Behandlungsdauer
- bessere Nutzung des Alveolarkamms

Trotz der zahlreichen Berichte über dieses Operationsverfahren fehlt bislang ein Konsens über das Management des zwischen der Implantatoberfläche und den Innenwänden der Extraktionsalveole verbleibenden Spalts. Man ging davon aus, dass dieser Spalt der Proliferation von Bindegewebe Vorschub leisten würde, was wiederum Qualität und Quantität des Knochens beeinträchtigen würde, der Kontakt mit der Implantatoberfläche hat, sodass das Implantatüberleben beeinträchtigt wäre.

In Studien am Tiermodell wurde untersucht, ob sich ein enger Kontakt zwischen Knochen und Implantatoberfläche erzielen lässt (TABELLE 7-2). Aufgrund der Ergebnisse scheint im Tiermodell bei einer Spaltbreite von 1–1,25 mm eine spontane Knochenregeneration möglich zu sein, sofern mindestens vier Monate abgewartet werden. Beim Menschen gibt es dafür weniger wissenschaftliche Belege, allerdings wurde in einigen Studien die Osseointegration von Implantaten in Extraktionsalveolen histologisch untersucht. Eine Studie⁵⁵ ermittelte einen anteiligen Knochen-Implantat-Kontakt (BIC) ähnlich dem bei Implantaten in natürlichem Knochen (70,6% im Unterkiefer, 64,8% im Oberkiefer). Nur in wenigen Fällen fanden die Autoren einen Anteil von 1–1,5 mm Bindegewebe ohne entzündliches Infiltrat am koronalen Implantatabschnitt. Eine andere Studie⁶¹ ermittelte einen BIC-Wert von 61,4% und 3,2 mm suprakrestales Bindegewebe. Bei einem menschlichen Modell⁶² ging ein 1,5 mm breiter Spalt mit einem durchschnittlichen BIC-Wert von 50% einher. Bei einer Breite von 4 mm war der BIC-Wert geringer.

Im Gegensatz zu bisherigen Berichten⁵³ bringt die Implantation in Extraktionsalveolen die Knochenresorption nach Extraktion



Tabelle 7-2
Studien zu
Implantaten in
Extraktions-
alveolen am
Tiermodell

Studie	Modell	Spalt (mm)	Biopsie	Restspalt (mm)	Knochenqualität
Schenk und Willenegger 1977 ⁵⁶	Kaninchen	0,35–0,85	6–12 Wo.	0,22–0,54 mm	NA
Caudill und Meffert 1991 ⁵⁷	Hund	1	9 Wo.	Unvollständige Knochen-Implantat- Heilung	NA
Knox et al. 1991 ⁵⁸	Hund	0,5–2	8 Wo.	Einfluss der initialen Spaltbreite	NA
Akimoto et al. 1999 ⁵⁹	Hund	0,5–1,4	12 Wo.	Klinisch gut, Spalt histologisch noch erkennbar	NA
Botticelli et al. 2003 ⁶⁰	Hund	1–1,25	4 Mon.	Keine mit und ohne Membran	Lamellenknochen > unreifer Knochen

nicht zum Stillstand. Der Knochenumbau wird deshalb von der genauen Berücksichtigung der biologischen Faktoren nach der Extraktion sowie der apikokoronalen und vestibuloralen Implantatposition bestimmt.⁶³

CHIRURGISCHE ASPEKTE

Implantationen in Extraktionsalveolen können abhängig vom Zeitplan der prothetischen Versorgung auf unterschiedliche Weise erfolgen:

- Implantation und sofortige Versorgung mit einem Provisorium (ABB. 7-12 BIS 7-14).
- Implantation und Aufsetzen von Heilungsabutments (einzeitig)
- Implantation mit gedeckter Einheilung (zweizeitig)

Für eine perfekte Osseointegration ist der Zeitpunkt der Implantatbelastung entscheidend, ebenso die Kontrolle von Mikrobewegungen am Knochen-Implantat-Kontakt. Die Toleranzschwelle für Mikrobewegungen hängt von der Makro- und Mikrogeometrie des Implantats ab.⁸ Die Primärstabilität eines Implantats wird von seiner Makrogeometrie sowie – vor allem bei zylinderförmigen Implantaten – vom apikalen Knochenangebot

in der Alveole bestimmt. Dieses Knochenangebot muss mindestens 3–4 mm betragen, damit die Primärstabilität des Implantats gewährleistet ist, und stellt damit eine entscheidende Voraussetzung für die Osseointegration dar (ABB. 7-15A BIS C UND KASTEN 7-1).

Bei unzureichendem apikalem Knochenangebot muss vor der Implantation die Knochenbildung abgewartet werden. Dies gilt vor allem, wenn die Zähne engen Kontakt zu anatomischen Strukturen haben, die eine apikale Ausdehnung des Implantatbetts verbieten, wenn auf diesem Wege versucht werden soll, Primärstabilität zu erreichen. Ist der Zahn mesiodistal kleiner als das Implantat, kann das Implantat sofort eingesetzt werden, ohne dass für das Erreichen der Primärstabilität in den apikalen Knochen eingedrungen werden muss, da die Reibung zwischen Knochen und Implantat entlang der axialen Oberfläche ausreicht.

Bei einem ausreichenden Angebot von dichtem Knochen, wie es in der Unterkiefersymphyse gegeben ist, lässt sich eine adäquate Primärstabilität leicht erzielen. Schwerer ist dies in weicherem Knochen, wie er sich insbesondere in den Seitenzahnbereichen

der Kiefer findet. Um in weichem Knochen eine ausreichende Primärstabilität zu erreichen, muss die Präparation häufig modifiziert werden, indem das Implantatbett in Durchmesser und Länge unterpräpariert wird.

Wichtig ist, dass die Osseointegration nicht länger als Voraussetzung für die prothetische Belastung von Implantaten gilt, während ausreichende Primärstabilität unabhängig von der Knochenqualität zur absoluten Voraussetzung geworden ist. Das für die Sofortbelastung vorgeschlagene minimale Eindrehmoment beträgt 32–50 Ncm.⁶⁴

Lässt sich keine ausreichende Primärstabilität schaffen, muss die Osseointegration ohne prothetische Belastung abgewartet werden. Durch diese lange Wartezeit und die allmählich zunehmende prothetische Belastung wird sichergestellt, dass eine sekundäre Implantatstabilität erzielt wird, die der Primärstabilität in dichtem Knochen entspricht.⁶⁵

Auf der Basis einer Modifikation der Knochenpräparation und Implantation mit Kompression des umgebenden Knochens haben einige Implantathersteller Implantate mit konischer Makrogeometrie statt der üblichen zylindrischen Form eingeführt, um eine größere Primärstabilität zu erzielen.

Chirurgisches Vorgehen

Wie bereits erwähnt, kann das Ablösen eines Mukoperiostlappens die Gefäßversorgung des Periosts stören, woraus eine Unterversorgung des umgebenden Knochens resultiert.⁶⁶ Dieser führt zur Alveolarkammresorption mit nachfolgendem Rückgang der Weichgewebe, vor allem bei dünnen parodontalen Biotypen. Um diesen negativen Aspekt abzuschwächen, wurde empfohlen, keinen Mukoperiostlappen abzuheben und die schlechtere intraoperative Sicht durch eine sorgfältige Diagnostik und mithilfe von Computertomografien auszugleichen.^{67–70}

Wegen des höheren Schwierigkeitsgrades von Implantationen ohne Elevation

Knochenqualität
Apikales Knochenangebot der Extraktionsalveole
Makrogeometrie des Implantats
Mikrogeometrie des Implantats
Technik der Implantatbettpräparation

eines Mukoperiostlappens sollten mehrere wichtige Punkte beachtet werden:

- Es sollte eine atraumatische Extraktion erfolgen.
- Die schlechtere Sicht sollte durch das Verwenden einer Operationsschablone ausgeglichen werden.
- Vor der Implantatbetaufbereitung sollte die Integrität der vestibulären Kortikalis durch Sondieren der vestibulären Knochenwand überprüft werden.
- Es sollte nicht die Achse des extrahierten Zahns, sondern eine davon abweichende Achse verwendet werden, wobei die palatinale Wand des Zahnfachs als Führung dient.
- Die Position von Implantaten im Frontzahnbereich sollte im Bereich zwischen der Inzisalkante und dem Cingulum der benachbarten Zähne liegen.

Gute ästhetische Ergebnisse hängen von der dreidimensionalen Implantatposition ab, die auch deswegen von besonderer Bedeutung ist, weil manche Zähne durch parodontale Läsionen keine Knochenabstützung mehr haben und schief stehen. In apikokoronaler Richtung muss die Implantatplattform 3 mm apikal des tiefsten Punktes des vestibulären Gingivasaums der Nachbarzähne liegen. Die Schmelz-Zement-Grenze der Nachbarzähne darf nicht als Bezugspunkt verwendet werden.

Im Seitenzahnbereich werden Implantate in Extraktionsalveolen in die Alveolenmitte gesetzt (ABB. 7-15D). Wichtig ist die Ermittlung



der vestibuloralen Ausdehnung des verbliebenen Zahnfachs. Ist sie sehr groß, muss das Implantat weiter vestibulär gesetzt werden (ABB. 7-15E). Damit ein korrektes Austrittsprofil erreicht werden kann, muss es mit seinem vestibulärsten Punkt 2 mm palatinal bzw. lingual der die Nachbarzähne verbindenden Tangente liegen. Diese Vorgaben sind im Bereich der Molaren leichter umzusetzen als in der Prämolarenregion, insbesondere beim ersten oberen Prämolaren, wo es wegen des unter sich gehenden Knochenkamms zur Fenestrierung der labialen Kortikalis kommen kann. Um diese intraoperative Komplikation zu verhindern, kann die Implantatachse nach vestibulär geneigt werden, während gleichzeitig die zentrale Position in der Alveole beibehalten wird.

Wie bereits erwähnt, bestehen Bedenken hinsichtlich der Möglichkeit, dass osteogene Zellen den Restspalt zwischen Implantatoberfläche und labialem Knochen ausfüllen, insbesondere wenn dieser Spalt breiter als 0,5 mm ist.⁵⁸ Studien an Tieren und am Menschen zur Evaluation des osteoblastischen Potenzials sind zu dem Ergebnis gekommen, dass diese Zellen auch größere Spalte auffüllen können, als bislang angenommen wurde.^{55,60} Am schwierigsten zu behandeln sind wegen des großen Restspalts die Bereiche der Prämolaren und Molaren. Damit es zur Osseointegration der Implantate kommt, muss das Epithel ferngehalten werden und das Koagulum während der Knochenheilung stabil bleiben. Deshalb wurde die Verwendung von Barrieremembranen vorgeschlagen.^{53,71} Durch die Implantation in eine Extraktionsalveole, gleich ob mit oder ohne Einlegen einer Membran, lässt sich die Knochenresorption nicht völlig verhindern. Ohne Membran kann die horizontale Knochenresorption vestibulär mehr als 50 %, palatinal mehr als 30 % betragen.^{42,72}

Die Heilung des periimplantären Spalts erfolgt durch Knochenanlagerung und -resorption, wobei Erstere Letztere übersteigt. Der Verlauf der Heilung ist abhängig von der Größe des Restspalts und dem gingivalen Biotyp.⁷³

Nach dem Aufsetzen des Abutments auf das Implantat bildet sich ein physiologischer resorptiver Konus von etwa 2 mm um zylindrische Implantate vom Typ Brånemark²⁹ (ABB. 7-15F). Da der vestibuläre Knochen dünner ist als der palatinal, findet dort auch eine stärkere vertikale Resorption statt, in deren Folge der Alveolarkammrand etwa 2,5 mm weiter apikal zu liegen kommt als palatinal.⁷⁴ Zur Minimierung der labialen Knochenresorption kann ein Transplantat aus deproteinisiertem bovinem Knochen in den Spalt zwischen Implantat und labialen Knochen eingebracht werden.^{75,76} Der Erhalt des Knochengewebes bildet die Grundlage für den Erhalt der Stabilität der darüber liegenden periimplantären Weichgewebe und stellt so die Langzeitfunktion und -ästhetik sicher.^{77,78}

Damit das Knochenangebot für die Ausbildung der periimplantären biologischen Breite ausreicht, müssen nicht nur die Abmessungen des periimplantären Spalts ermittelt werden, sondern auch der horizontale Abstand zwischen Implantatoberfläche und vestibulärer Kortikalis. Befindet sich in diesem Spalt kein Transplantat, wird der Knochen zu mehr als der Hälfte resorbiert werden.⁷² Das Einbringen eines langsam resorbierten Transplantats in den Restspalt kann die periimplantäre Knochenresorption über die Zeit reduzieren.⁴⁷

Abstand zwischen Implantat und labialem Knochen ≤ 4 mm

Beträgt der Abstand zwischen Implantat und labialem Knochen höchstens 4 mm, besteht aus klinischer Sicht eine eher ungünstige Situation, insbesondere in ästhetisch problematischen Fällen mit einem feinen, girlandenförmigen Biotyp. In diesen Fällen sollte Transplantatmaterial sowohl in den Alveolarspalt als von außen auf die vestibuläre Kortikalis gebracht werden (Innen-außen-Transplantat), um eine labiale Gesamtdicke von mindestens 4 mm zu erzielen. Nach der Knochenresorption sollte diese Menge von initialem Material zu einem Knochenvolumen





von mindestens 2 mm führen, was für die Bildung der periimplantären biologischen Breite ausreicht. Zur Stabilisierung des Transplantatmaterials sollte eine resorbierbare Membran eingelegt und in den nicht von Weichgewebe abgedeckten Abschnitten mit Kollagenschwamm bedeckt werden⁷⁹ (ABB. 7-16A BIS C). Dieses Vorgehen erhöht die Menge an keratinisierter periimplantärer Mukosa über eine Heilung per secundam intentionem. Bei mehreren Implantaten mit einer größeren Transplantatmenge kann mehr als eine Membran verwendet werden.

Dieses operative Vorgehen schließt weder das Einsetzen von Heilungsabutments aus noch die Verwendung eines sofortbelasteten Provisoriums, da die resorbierbare Membran vestibulär eingelegt und durch die Prothese nicht beeinträchtigt wird. In klinischen Fällen, in denen die Ästhetik stark im Vordergrund steht, sollte mehrzeitig vorgegangen werden, sodass die periimplantären Weichgewebe ungehindert abheilen können.

Abstand zwischen Implantat und labialem Knochen > 4 mm

Ist der Abstand zwischen Implantat und labialem Knochen größer als 4 mm, richtet sich das Management des Restspalts nach dem betroffenen Abschnitt des Zahnbogens. Bei Implantaten in Bereichen mit geringer ästhetischer Bedeutung soll das Transplantatmaterial vor allem die Funktion sicherstellen und wird vornehmlich deshalb in den Restspalt gefüllt wird (inneres Transplantat), um das Gerinnsel zu stabilisieren, die Osteokonduktion zu fördern und die Resorption der vestibulären Knochenwand zu verringern. Das Einlegen einer resorbierbaren Membran stabilisiert das Transplantatmaterial in der Frühphase der Heilung (ABB. 7-17A BIS C).

Bei Implantaten in ästhetisch wichtigen Bereichen sollte immer ein Innen-außen-Transplantat eingebracht werden, um den vestibulären Anteil zu vergrößern und ein optimales

ästhetisches Ergebnis sicherzustellen. In diesem Fall wird eine resorbierbare Membran verwendet, die das Transplantat während der Heilungsphase schützt (ABB. 7-19D). Wie im vorherigen Fall können sowohl Heilungsabutments als auch sofortbelastete Provisorien verwendet werden, in ästhetisch sehr wichtigen Bereichen jedoch vorzugsweise in einem zweizeitigen Vorgehen. Ist das Transplantat eingeeilt, erfolgt in diesen Fällen, sofern klinisch erforderlich, eine Weichgewebstransplantation.

IMPLANTATE IN EXTRAKTIONS-ALVEOLEN BEI ENDODONTISCHEN UND PARODONTALEN LÄSIONEN

Eine akut oder chronisch entzündete Extraktionsalveole gilt als Kontraindikation für eine Implantation. Es wurde vorgeschlagen, nach der Zahnextraktion sechs bis acht Wochen bis zum Abheilen der Infektion abzuwarten, um eine hohe Osteoblastenaktivität zu erzielen.⁸⁰ Dieses Konzept wurde kritisch überprüft und inzwischen gilt es als akzeptabel, Implantate auch in chronisch entzündete Alveolen einzusetzen. Der Grund, warum Implantate in Bereiche mit endodontischen oder parodontalen Läsionen eingesetzt werden können und erfolgreich sind, hängt eng mit der Immunkompetenz zusammen, die bei gut vaskularisierten Geweben hoch ist.

Es wurde gezeigt, dass die Periostabhebung vom darunter liegenden Knochen die Vaskularisierung und Knochenregeneration behindert und zu einer gewissen Resorption des Alveolarkamms führt. Wird ein Zahn ohne Lappenbildung extrahiert, werden die überwiegend vom Gefäßsystem getragenen Verteidigungsmechanismen erhalten und die Extraktion eliminiert lokale infektiöse Faktoren. Allerdings wurde auch festgestellt, dass Implantate in Regionen mit Parodontitis häufiger versagen (10,2%) als Implantate in nicht infizierten Bereichen, wobei die initiale Sondierungstiefe nicht mit der Überlebensrate der Implantate zusammenzuhängen scheint.⁸¹

Endodontische Läsionen

Periapikale endodontische Läsionen bestehen aus Granulationsgewebe, das heißt, histologisch gesehen, aus entzündlichem Gewebe, Kapillaren, Fibroblasten, Bindegewebsfasern, einem entzündlichen Infiltrat sowie in den meisten Fällen einer peripheren Kapsel aus Bindegewebsfasern.⁸² Wichtig ist dabei, dass das periapikale Gewebe nicht bakteriell kontaminiert ist. In den seltenen Fällen mit bakterieller Besiedlung im apikalen Wurzelbereich werden die Bakterien nach der Zahnextraktion eliminiert. Wurde das infizierte Material durch eine Wurzelkanaltherapie unter die Wurzelspitze transportiert, wird es durch Kürettage der Alveole entfernt. Somit sind endodontische Läsionen keine absolute Kontraindikation für Implantate in Extraktionsalveolen. Größere periapikale Läsionen können relative Kontraindikationen zur Sofortimplantation sein, da es schwieriger ist, Primärstabilität zu erreichen.

Parodontale Läsionen

Parodontale Läsionen sind abhängig von der Resorption des angulären Defekts unregelmäßig geformt und stark bakteriell besiedelt. Unter gesunden Bedingungen besteht die bakterielle Flora der Implantate überwiegend aus immobilen Kokken (64,2%), stäbchenförmigen Bakterien und einigen wenigen Spirochäten (2,3%).⁸³ Bei einer Periimplantitis hingegen verändert sich die bakterielle Flora der Implantate im Sinne einer Zunahme der Spirochäten (31–56%) und mobilen Stäbchen (15–31%) und Abnahme der Kokken.⁸⁴

Es wurde gezeigt, dass die Veränderung der bakteriellen Flora bei Periimplantitis ähnlich der bei Parodontitis ist.⁸⁵ Bei

Implantation in einen parodontal veränderten Bereich kann es zur Kontamination der Implantatoberfläche mit pathogener oraler Mikroflora kommen. Das Implantatüberleben in parodontal und endodontisch veränderten Bereichen wurde in klinischen Studien untersucht.^{8,59,86,87} Bei sorgfältiger Reinigung und Dekontaminierung der Extraktionsalveole führt die Sofortimplantation nach Zahnextraktion zu sehr vorhersagbaren Ergebnissen. So betrug die Implantatüberlebensrate in einer klinischen Serie von 20 Patienten mit endodontischen oder parodontalen Unterkieferläsionen, die mit sofortbelasteten Prothesen versorgt wurden, nach einer Beobachtungszeit von 14–44 Monaten 100% bei einer durchschnittlichen Knochenrandresorption von 0,7 mm (Standardabweichung = 1,2 mm).⁸⁷

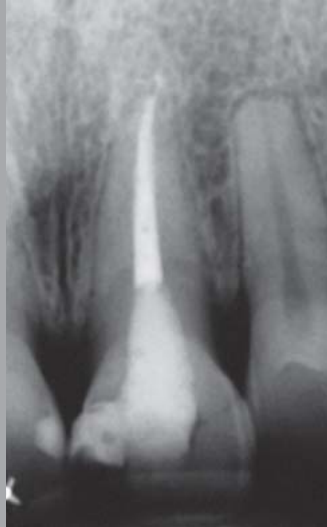
Eine weitere Studie ermittelte bei Patienten mit Parodontalerkrankungen, die mit sofortbelasteten Prothesen behandelt wurden, eine hohe Vorhersagbarkeit des Implantaterfolgs auch im Oberkiefer.³⁶ Dieses therapeutische Vorgehen ist bei parodontal erkrankten Zähnen beim Erwachsenen indiziert, bei dem alle Zähne extrahiert und Implantate eingesetzt werden sollen. Sofern die anteroposteriore Verteilung aus anatomischen Gründen eingeschränkt ist, können, ebenso wie beim unbezahnten Kiefer, auch in Extraktionsalveolen geneigte Implantate eingesetzt werden.²¹ Eine hohe Implantatüberlebensrate in Extraktionsalveolen wird nicht nur durch ein sorgfältiges chirurgisches Vorgehen, sondern auch durch den Ausschluss von Patienten mit Risikofaktoren (z. B. Rauchen und parafunktionelle Gewohnheiten) oder chirurgischen Risiken (z. B. unzureichende primäre Implantatstabilität) sichergestellt.



Abb. 7-12 34-jähriger Mann, der wegen ästhetischer und funktioneller Probleme mit den oberen mittleren Schneidezähnen vorstellig wurde.

DIAGNOSTISCHE PHASE

Abb. 7-12a und b Befund bei Erstvorstellung. (a) Die Röntgenaufnahme zeigt den endodontisch behandelten Zahn 21. (b) Bei der klinischen Untersuchung fallen nach dem Entfernen des Veneers kariöses Dentin und eine scharfe Fraktur auf, die apikal bis unter das Weichgewebe reicht. Eine kieferorthopädische Extrusion mit anschließender Kronenverlängerung und Versorgung des natürlichen Zahns mit einer Krone kam nicht in Betracht: Es wäre eine Extrusion von mindestens 4 mm erforderlich gewesen, was aus biomechanischer und ästhetischer Sicht nicht akzeptabel ist.



CHIRURGISCHE PHASE

Abb. 7-12c bis e (c und d) Intakte Extraktionsalveole. (e) Sondierung der Kortikalis, die intakt sein muss.

12A 12B

12C

12D 12E



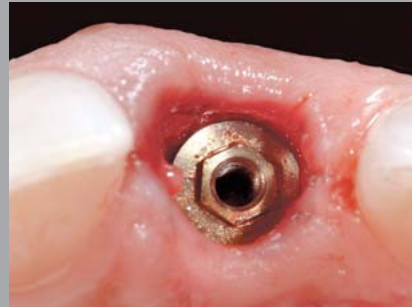
Abb. 7-12f Einsetzen des Implantats. Die Implantatplattform muss 3 mm apikal des vestibulären Weichgewebsrandes liegen.

12F

12G

12H

12I



PROVISORIUM

Abb. 7-12g bis i (g) Aufsetzen des provisorischen Abutments. (h und i) Das Provisorium nach Finieren und Politur in situ.





DEFINITIVE RESTAURATION

Abb. 7-12j bis l
(j) Die zementierte definitive Restauration.
(k) Detailsicht: ausgezeichnete Integration der Restauration in das Weichgewebe.
(l) Postoperative Röntgenkontrolle (Prothetik: Dr. S. Gracis).

12J

12K

12L



Abb. 7-13 35-jähriger Patient, der wegen einer versagenden Krone auf dem linken oberen Eckzahn vorstellig wurde.

INITIALE PHASE

Abb. 7-13a und b Klinisch ist eine scharfe Fraktur zu erkennen. Die klinische Krone müsste verlängert oder kieferorthopädisch extrudiert werden. Eine Implantattherapie wurde als besserer Lösung eingeschätzt.

13A

13B



CHIRURGISCHE PHASE

Abb. 7-13c bis e Atraumatische Extraktion mit einem koaxialen Extraktor (Benex Extraktor, Helmut Zepf Medizintechnik), um das chirurgische Trauma der Alveolenwände möglichst gering zu halten. Mit diesem System erfolgt die Extraktion parallel zur Längsachse des Zahns, sodass der Alveolenknochen geschont wird.

	13D
13C	
	13E

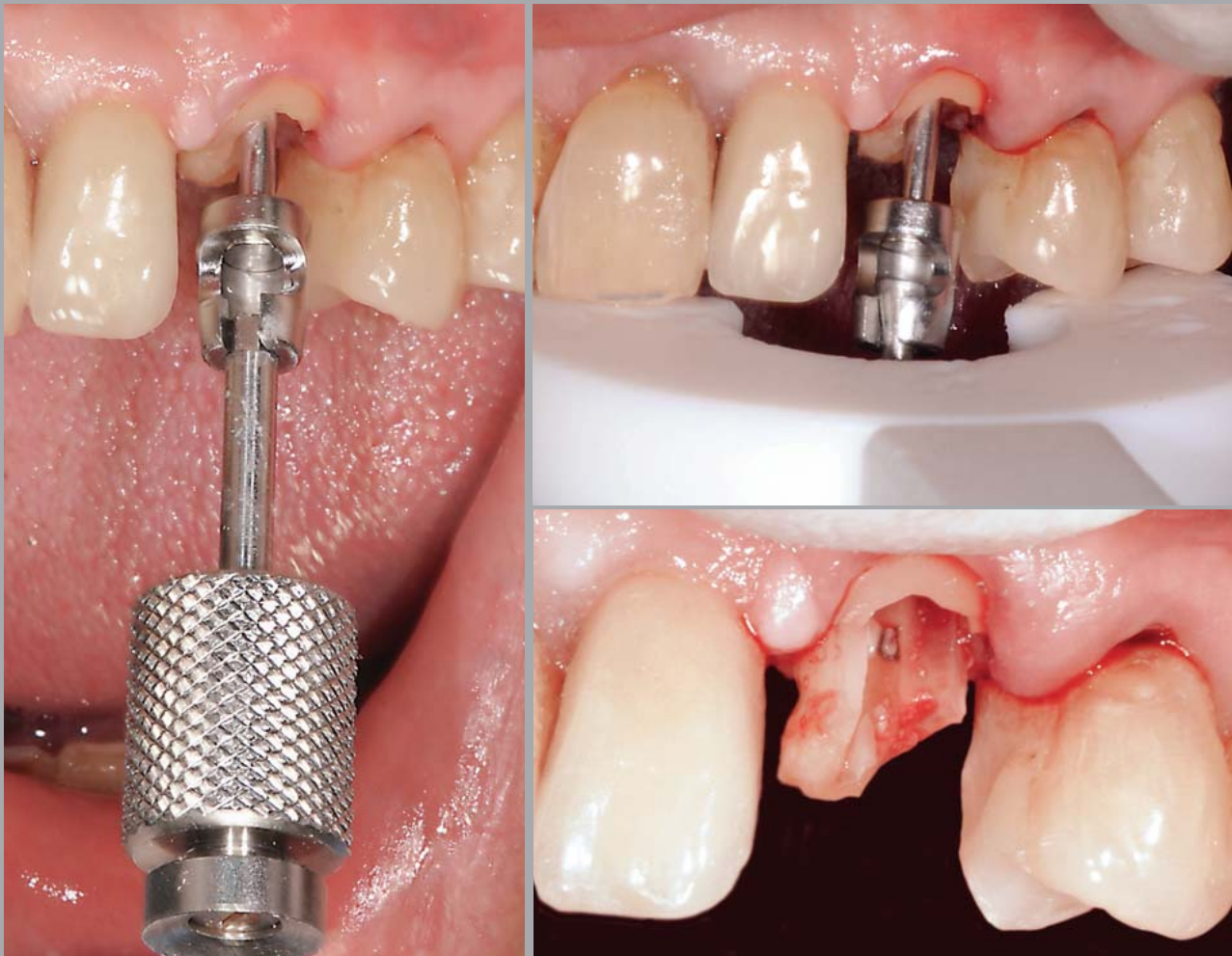


Abb. 7-13f bis h Für ein gutes klinisches Ergebnis ist der Erhalt der vestibulären Kortikalis von besonderer Bedeutung.

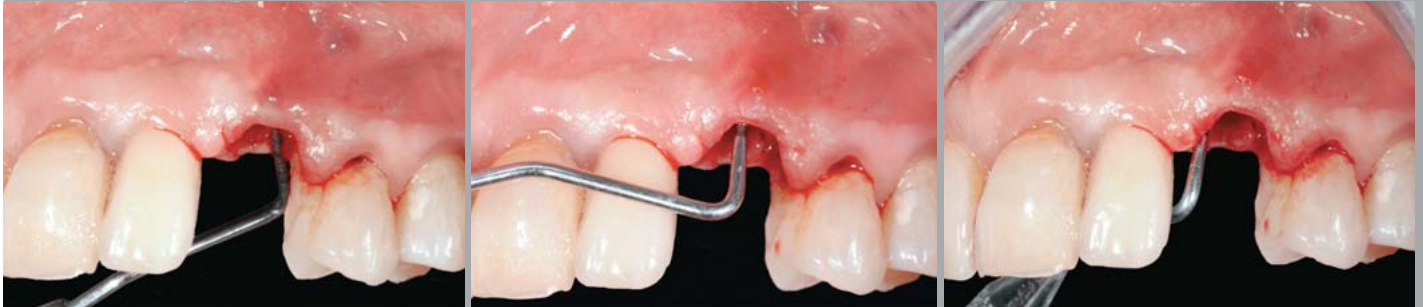


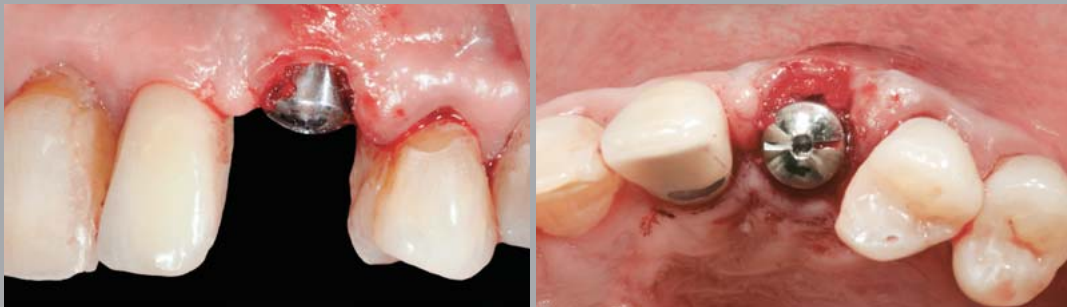
Abb. 7-13i und j Größe der Extraktionsalveole. Die vestibuläre Mukosa wird unmittelbar über dem Knochenrand mit der Sonde perforiert, um einen Bezugspunkt für die Platzierung der Implantatplattform zu schaffen.



Abb. 7-13k bis m (k) Einsetzen eines Pins in Übereinstimmung mit dem geplanten Implantat. Die Implantatplattform liegt 3 mm apikal des Weichgewebesaums. (l) Einbringen von Biomaterialien in den periimplantären Spalt zur Verringerung der Kontraktion der Alveole und zum Erhalt des Hart- und Weichgewebenvolumens. (m) Schutz der Biomaterialien durch Einlegen eines kleinen resorbierbaren Kollagenschwamms. Während der prothetischen Phase wird ein Heilungsabutment aufgesetzt, bis das Provisorium fertiggestellt ist.



Abb. 7-13n und o Intraorale Ansichten nach Abschluss der Operation.



PROVISORIUM

Abb. 7-13p bis r (p und q) Intraorale Ansichten des Provisoriums in situ. (r) Röntgenkontrolle.



DEFINITIVE RESTAURATION

Abb. 7-13s und t (s) Die definitive Metallkeramikkrone nach der Befestigung. (t) Röntgenkontrolle.



13F	13G	13H	13N	13O
13I	13J	13P	13Q	13R
13K	13L	13M	13S	13T

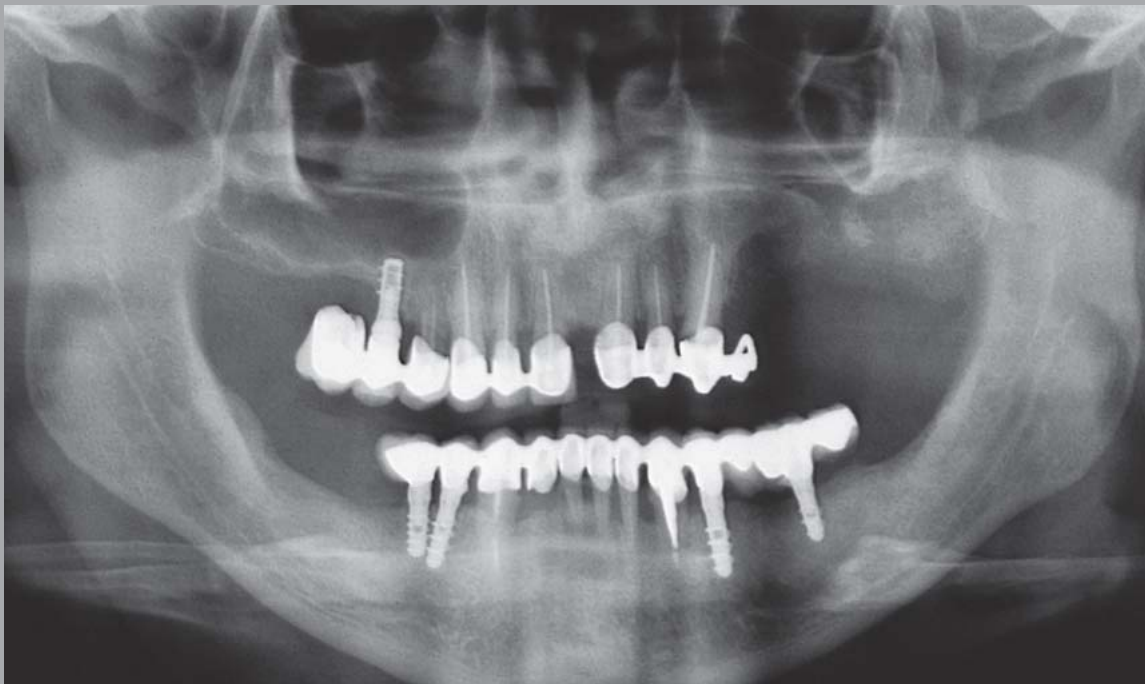
Abb. 7-14 65-jährige Patientin, die wegen einer versagenden Restauration im Unterkiefer vorstellig wurde.

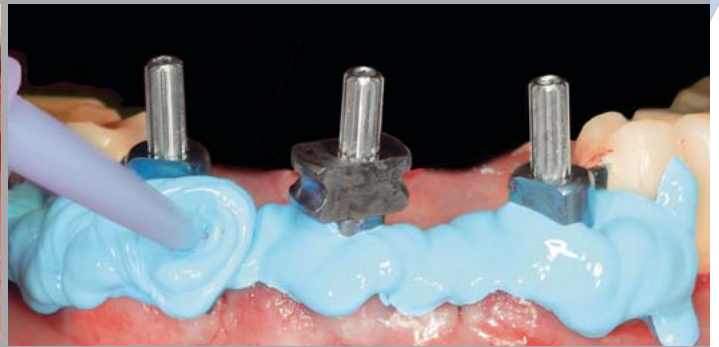
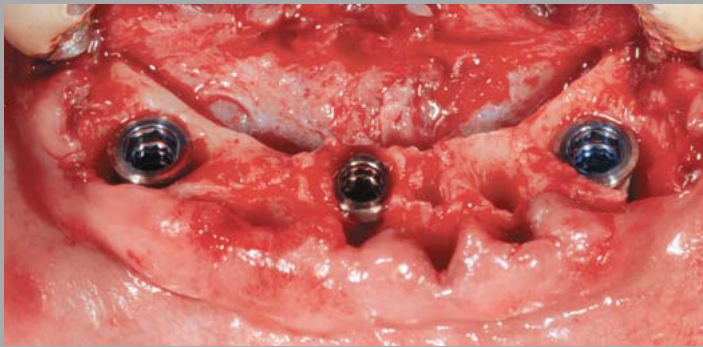
14A

14B

DIAGNOSTISCHE PHASE

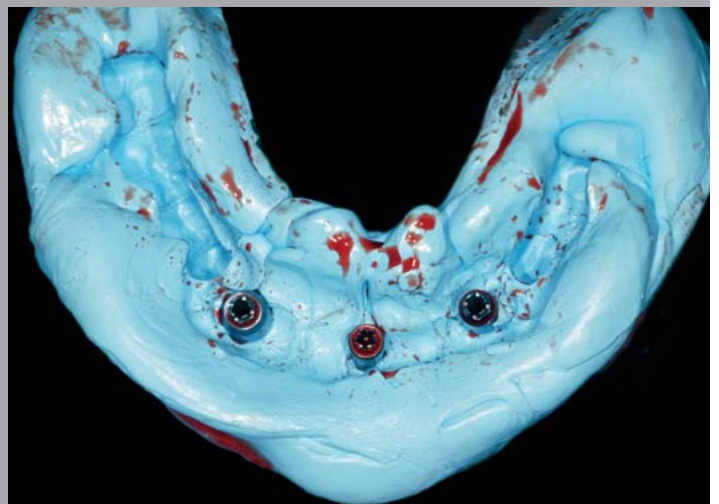
Abb. 7-14a und b Festsitzende Unterkieferrestauration bei Erstvorstellung. Die klinische und röntgenologische Untersuchung zeigt, dass die unteren Frontzähne aus parodontologischer Sicht nicht erhaltungswürdig sind.





CHIRURGISCH-PROTHETISCHE PHASE

Abb. 7-14c bis e (c) Die Operation umfasst die Extraktion aller Frontzähne und die Insertion von drei Implantaten in Extraktionsalveolen. (d und e) Anschließend werden Abformpfosten aufgesetzt. Die Abformung wird mit einem sterilen, biokompatiblen, strahlendichten Abformmaterial durchgeführt.



PROVISORIUM

Abb. 7-14f und g Klinisches Bild der provisorischen Prothese auf den Implantaten.

14C	14D
	14E
	14F
	14G

DEFINITIVE RESTAURATION

Abb. 7-14h bis j (h und i) Abschlussbefund der Rehabilitation mit einer Metallkeramikrestauration auf individualisierten Abutments. (j) Postoperative Panoramaschichtaufnahme.



14H

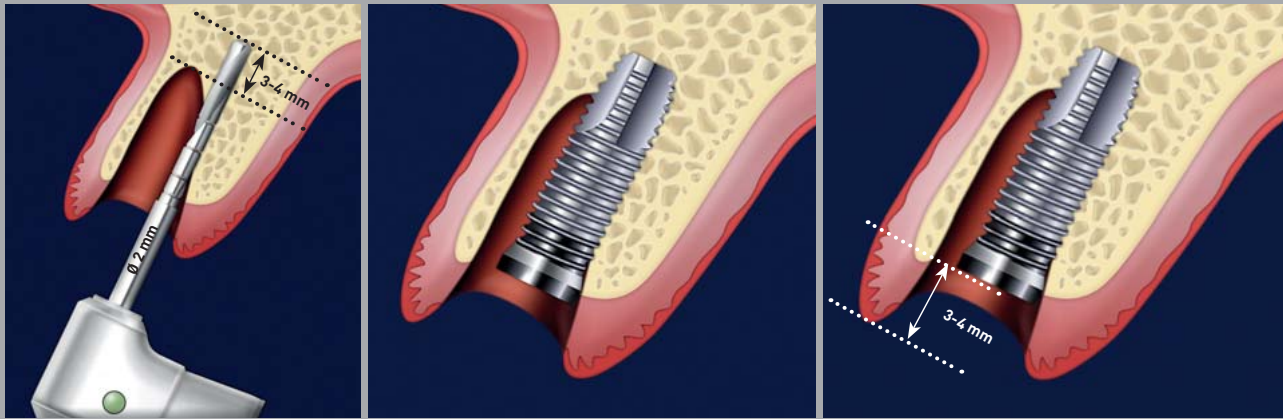


14I



14J

Abb. 7-15 Der Bohrer wird entlang der palatinalen Alveolenwand geführt. Die Ausrichtung des Bohrers auf Höhe des Cingulums erleichtert im Frontzahnbereich die korrekte Implantation.



15A	15B	15C
15D	15E	
	15F	

Abb. 7-15a Der für die Primärstabilität entscheidende Knochenbereich liegt im palatinalen Abschnitt der Alveole und reicht 3-4 mm apikal über den Boden der Alveole hinaus.

Abb. 7-15b Implantatposition in Bezug zur Extraktionsalveole. Das Implantat füllt die Alveole nicht mittig aus, sondern ist nach palatinal verlagert.

Abb. 7-15c Die Plattform muss 3-4 mm apikal des labialen Weichgewebes der Nachbarzähne liegen.

Abb. 7-15d und e Im Seitenzahnbereich liegt das Implantat in vestibuloraler Richtung in der Mitte der Alveole.

Abb. 7-15f Der physiologische Resorptionskegel beträgt etwa 2 mm.



16A	16B
16C	17A
17B	17C

Abb. 7-16a und b Ist die Implantatplattform weniger als 4 mm von der vestibulären Kortikalis entfernt, muss Transplantatmaterial sowohl in den Alveolenspalt als auch von außen auf den vestibulären Knochen gebracht werden, um einen ästhetischen Defekt durch den Resorptionskegel zu verhindern.

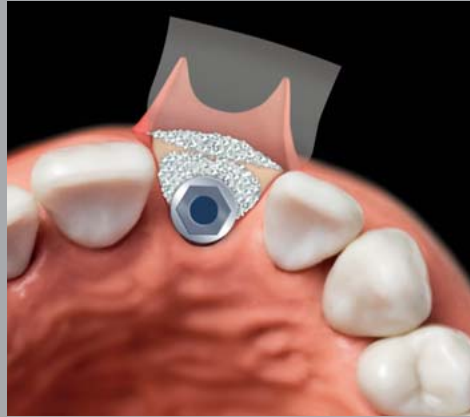
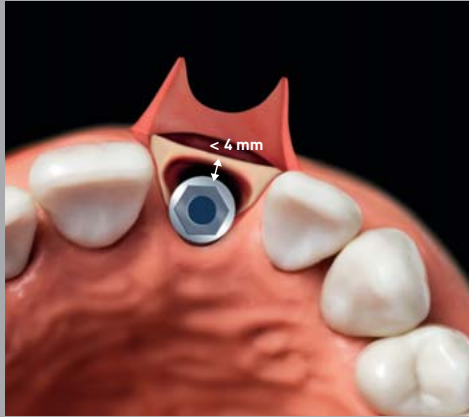
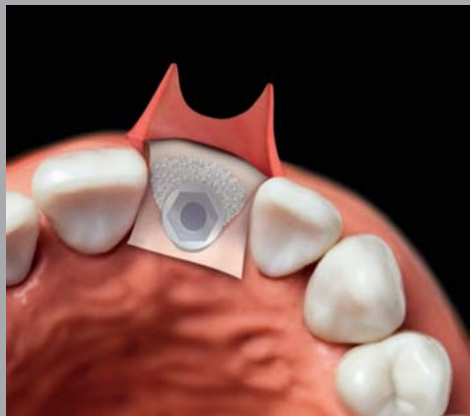
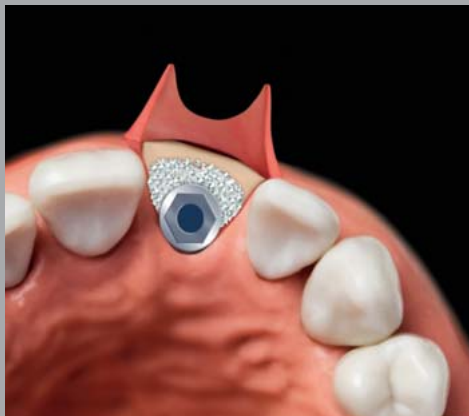
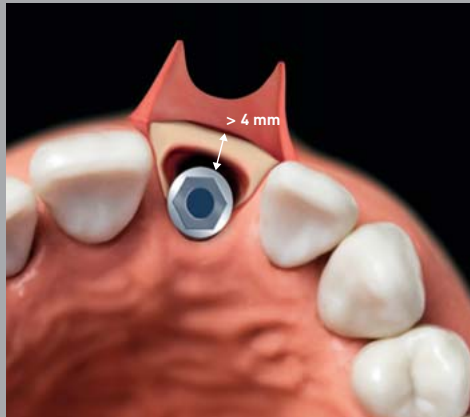
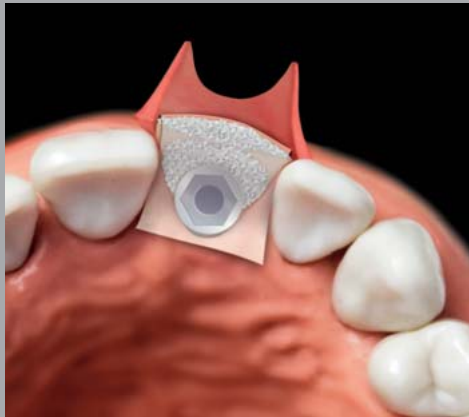


Abb. 7-16c Das Transplantatmaterial wird mit einer resorbierbaren Membran gesichert, die absichtlich exponiert bleibt.

Abb. 7-17a und b Ist die Implantatplattform mehr als 4 mm von der vestibulären Kortikalis entfernt, wird Transplantatmaterial nur in die Alveole eingebracht.

Abb. 7-17c Das Transplantatmaterial wird mit einer resorbierbaren Membran gesichert.





SOFORTBELASTUNG BEI TEILBEZAHNUNG IM SEITENZAHNBEREICH

Das chirurgische Vorgehen bei Sofortbelastung im Seitenzahnbereich unterscheidet sich nicht von dem bei klassischer Implantatinsertion. Wie bereits erwähnt, ist das Erreichen einer adäquaten Primärstabilität mit einem Eindrehmoment von 50–60 Ncm für Einzelzahnimplantate eine wichtige klinische Voraussetzung für die Sofortbelastung. Bei mehreren verblockten Implantaten kann das Eindrehmoment etwas geringer sein: Die klinischen Erfahrungen der Autoren und wissenschaftliche Studien haben gezeigt, dass hier ein Eindrehmoment von 30–40 Ncm für den klinischen Erfolg ausreicht. Primärstabilität lässt sich auch durch Unterpräparation des Implantatbetts erzielen, und das endgültige Eindrehmoment kann mit einer modernen Einheit zur Implantatbettauflbereitung quantifiziert werden. Die Resonanzfrequenzmessung ist im Rahmen klinischer Studien hilfreich, wird jedoch vom Team der Autoren während der ersten chirurgischen Phase nicht routinemäßig eingesetzt.

Eine Sofortbelastung ist sowohl bei Implantaten im unbezahnten Alveolarkamm als auch bei Implantaten in Extraktionsalveolen möglich. Im unbezahnten Alveolarkamm muss das Implantat so eingesetzt werden, dass sich die Plattform auf Kammhöhe befindet. Bei Implantaten mit externer Verbindung ragt nur der Sechskant aus dem Kamm.

Bei der Implantation in intakte Extraktionsalveolen liegt die Implantatplattform etwa 1 mm subkrestal in Bezug zum vestibulären Alveolarkamm, um die Knochenresorption auszugleichen. Bei morphologisch verändertem Zahnfach und fehlender vestibulärer oder linguale bzw. palatinaler Knochenplatte wird eine verzögerte Belastung in Kombination mit Geweberegenerationsverfahren empfohlen. Die Erfahrungen der Autoren mit der Sofortrehabilitation

stützen sich vornehmlich auf Fälle, in denen diese vom Patienten ausdrücklich gewünscht wurde und eine ästhetische Indikation bestand. In der Regel sind in diesen Fällen die Prämolaren mitbetroffen. Ansonsten wird ein zurückhaltenderes Vorgehen gewählt: Einzelne Molarenimplantate oder mehrere Implantate im distalen Seitenzahnbereich werden nicht sofortbelastet, da hier keine wirkliche ästhetische oder funktionelle Indikation besteht.

Für die Sofortbelastung im Seitenzahnbereich gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder kann eine verschraubte Krone eingesetzt werden, die direkt nach Abschluss der Operation am Stuhl angefertigt wird (ABB. 7-18 UND 7-19); oder es wird nach Abschluss der Operation mit einem modernen sterilen, biokompatiblen und strahlendichten Abformmaterial (Elite Implant VPS) ein Abdruck genommen, anhand dessen die provisorischen Kronen im Labor angefertigt und 48 Stunden postoperativ eingesetzt werden (ABB. 7-20). Aus ersten Ergebnissen des Teams der Autoren ist kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen verschraubten und zementierten Kronen zu erkennen. Im Rahmen der Sofortbelastung haben beide Ansätze Vor- und Nachteile. Bei zementierten Kronen ist die Operation zum Einsetzen der definitiven Abutments biologischer: Das hemidesmosomale Attachment wird nicht verletzt, da die bei verschraubten Kronen erforderliche Entnahme wegfällt. Wissenschaftliche Studien konnten belegen,^{34,35} dass jedes Mal, wenn ein prothetisches Abutment entfernt wird, das Verbindungsepithel weiter nach apikal wandert – mit nachfolgender Knochenresorption. Allerdings ist es bei zementierten Kronen, wenn das Gewebe noch nicht ausgeheilt ist, für den Arzt schwieriger, den Zement zu entfernen und das Abschlussniveau der Prothese zu bestimmen. Bei der ersten Möglichkeit muss zwar keine intraoperative Abformung erfolgen, allerdings verlängert das Einpassen der provisorischen Kronen direkt im Mund des Patienten die Stuhlzeit.

Bei der zweiten Option wird die Stuhlzeit zwar mithilfe der Abformung gegenüber der ersten Methode reduziert, dafür muss der Patient aber nach 48 Stunden erneut vorstellig werden, damit das verschraubte oder zementierte Provisorium eingesetzt werden kann.

In beiden Fällen empfiehlt es sich, die provisorische Krone ohne Okklusalkontakte bei zentrischen, exzentrischen und Seitwärtsbewegungen einzusetzen und zwei Monate zu belassen. Anschließend wird die prothetische Phase nach klinischer Überprüfung der Osseointegration mit den herkömmlichen Verfahren beendet.³⁶



Abb. 7-18 Patient mit Zahnlücken im Bereich des linken oberen ersten Prämolaren und mit einer vertikalen Wurzelfraktur des zweiten Prämolaren, der mit einer verschraubten Restauration versorgt wurde.

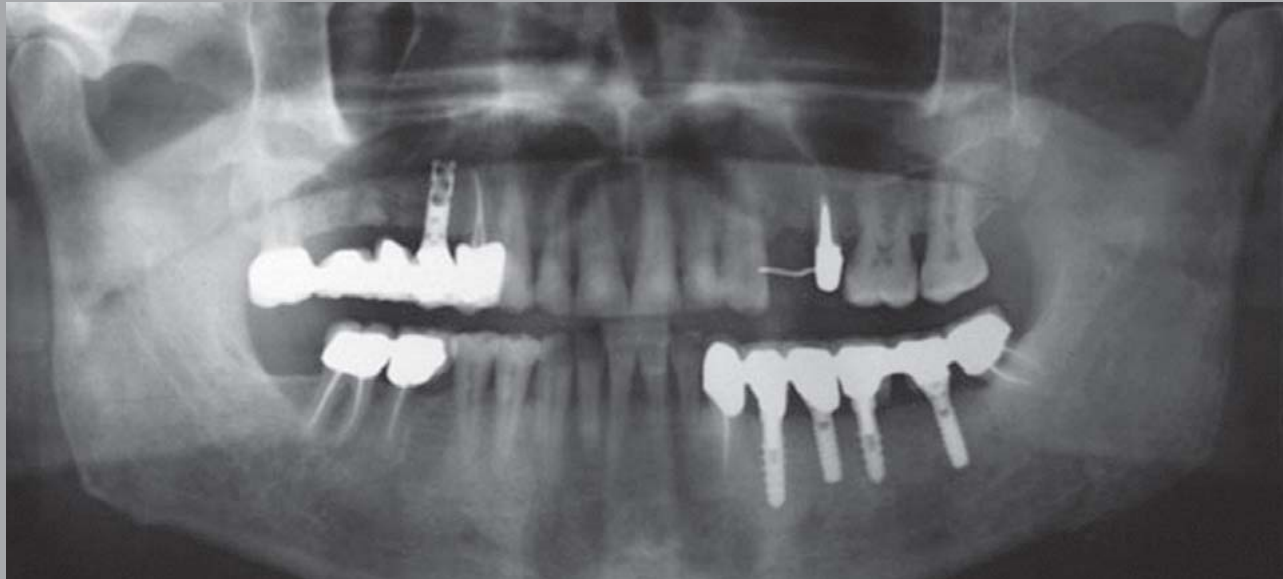
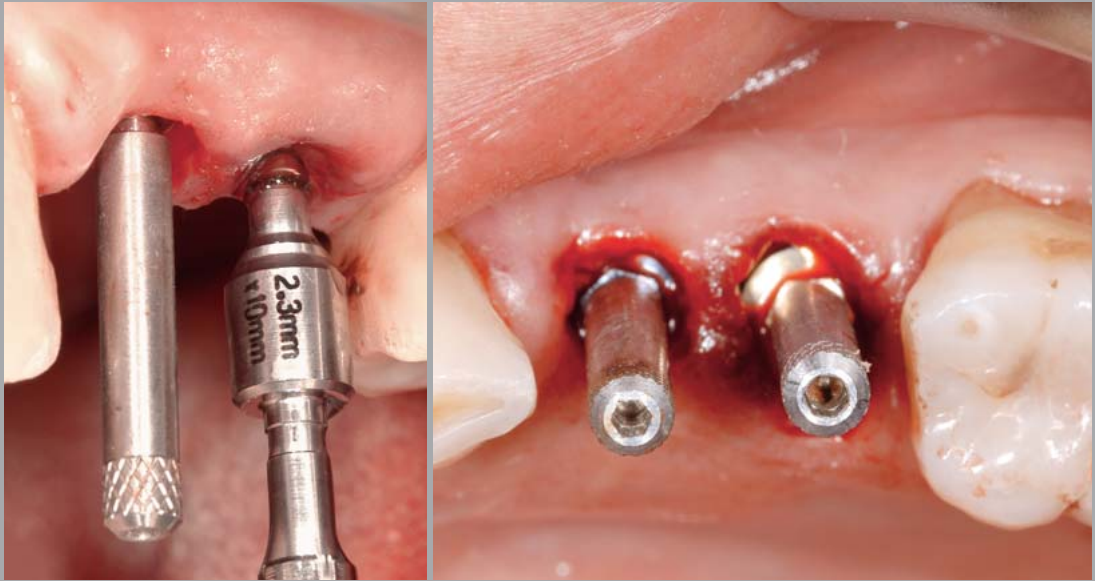


Abb. 7-18a bis d Röntgenaufnahme (a) und klinische Situation (b bis d) bei Erstvorstellung.

18A	
18B	
18C	18D



CHIRURGISCHE PHASE

Abb. 7-18e und f Implantate in der Position des linken oberen ersten und zweiten Prämolaren. Beachte den korrekten Verlauf der parallelen Achsen und den korrekten interimplantären Abstand.

18E 18F

PROVISORIUM

18G	18H	Abb. 7-18g bis j (g) Prothetische Komponenten für die Sofortbelastung von Implantaten. (h) Provisorische Zylinder und provisorische Kronen ohne okklusale Fläche. (i) Nach Aufsetzen der Zylinder und Isolierung des Operationsfeldes mit kälteterilisiertem Kofferdam werden die provisorischen Kronen mit selbsthärtendem Kunststoff unterfüllt. (j) Nach Finierung und Politur werden die Provisorien eingegliedert, wobei darauf zu achten ist, dass keine okklusalen Kontakte bestehen bleiben.
18I	18J	



DEFINITIVE RESTAURATION

18K

Abb. 7-18k und l Klinische (k) und Röntgenansicht (l) der definitiven Restauration. Die definitive Restauration wurde nach dem Standardvorgehen mit Polyether-Abformung, Einsetzen der Abutments, Abformung der Position und Eingliederung der definitiven Restauration hergestellt.

18L

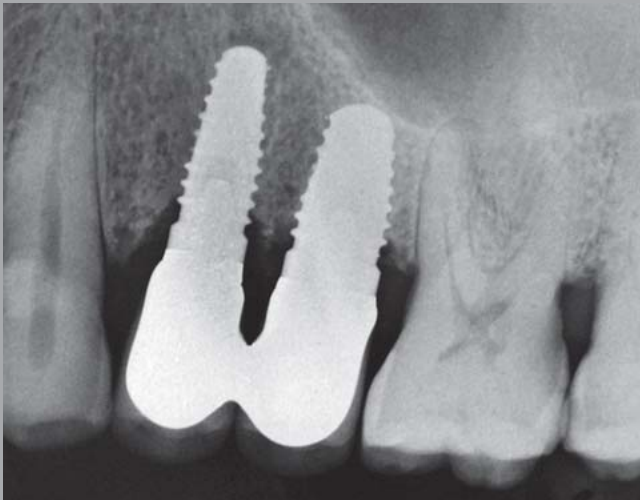


Abb. 7-19 65-jähriger Patient mit Beschwerden durch eine Wurzelfraktur des oberen ersten rechten Prämolaren, der eine möglichst schnelle ästhetische Lösung wünschte.

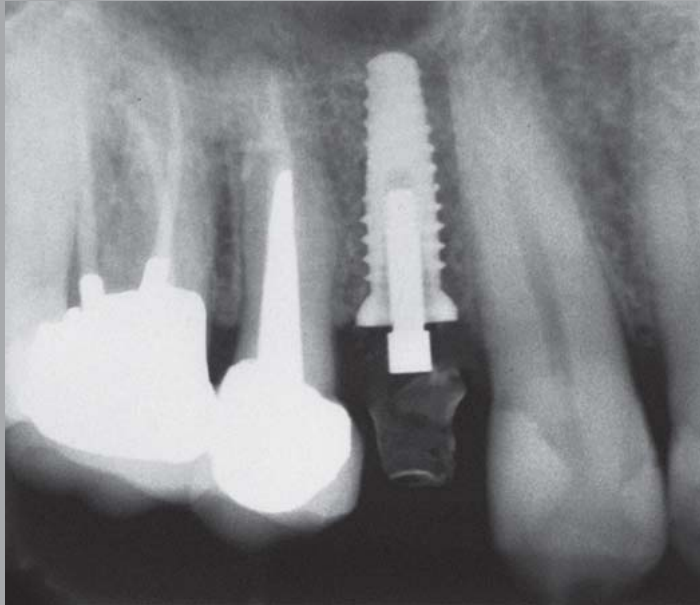
PRÄCHIRURGISCHE PHASE

19A

19B 19C

Abb. 7-19a bis c Intraorale Befunde. Eine therapeutische Möglichkeit war die Kronenverlängerung mit nachfolgender konventioneller prothetischer Rehabilitation. Allerdings hätten dazu auch die Nachbarzähne behandelt werden müssen. Daher wurde die Implantattherapie als beste klinische Lösung eingestuft.





PROVISORIUM

19D

Abb. 7-19d bis f (d) Postoperative periapikale Röntgenaufnahme: optimale Implantatposition.

19E

Die provisorische Krone wird aufgeschraubt; in diesem Fall sind die prothetischen Komponenten strahlendurchlässig.

19F

(e und f) Provisorische Versorgung ohne okklusale Kontakte.



DEFINITIVE RESTAURATION

Abb. 7-19g bis i (g) Röntgenkontrolle nach Einsetzen der definitiven Abutments und Einzementieren der Metallkeramikkrone. (h und i) Perfekte Integration der implantatprothetischen Restauration.

19G

19H

19I

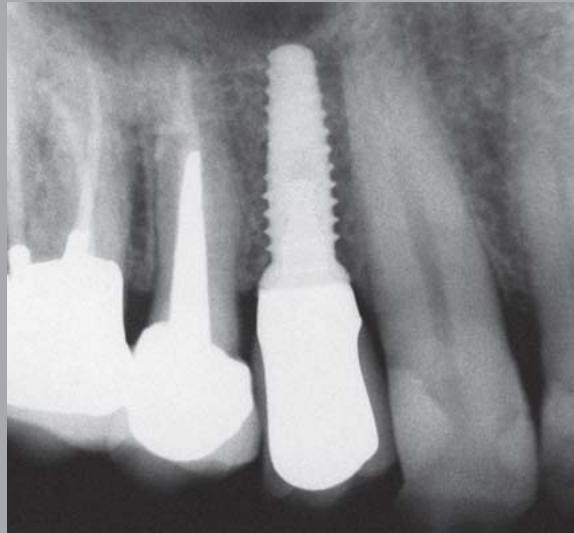
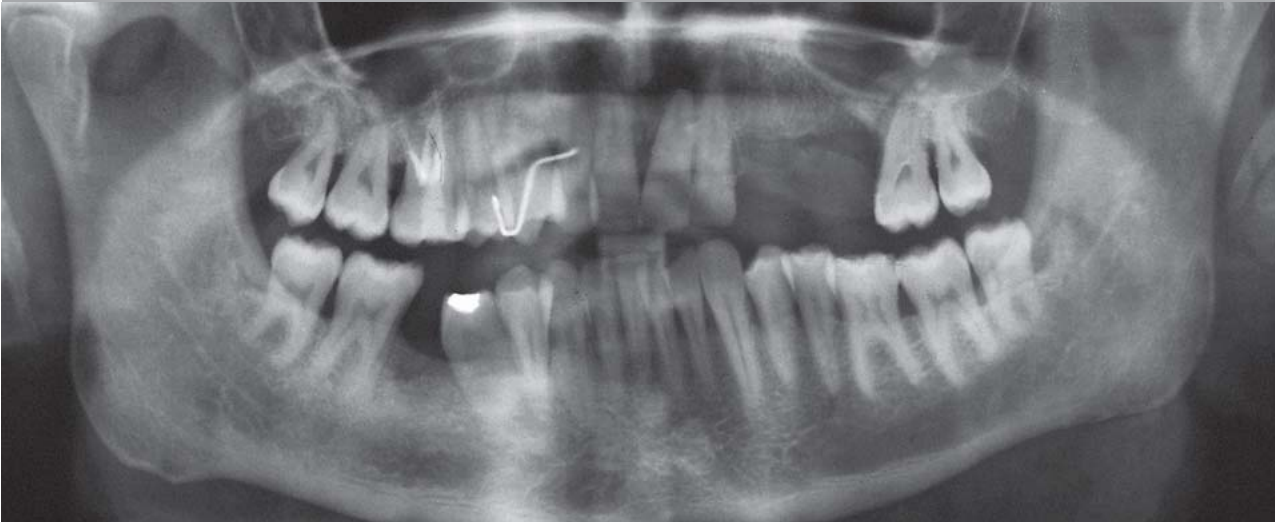


Abb. 7-20 50-jähriger Patient mit zahnlosem Abschnitt im Oberkiefer.

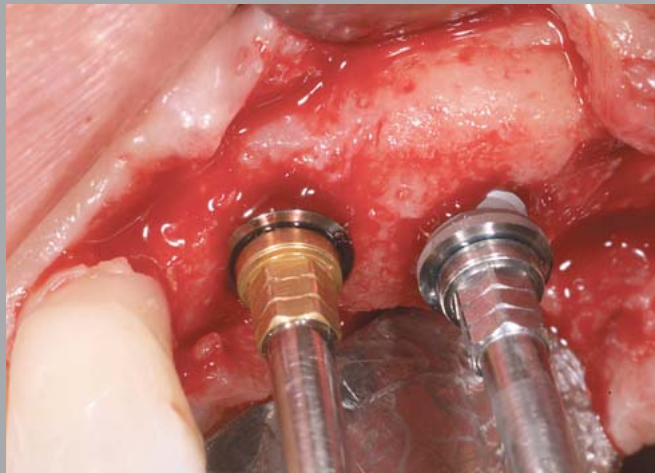


CHIRURGISCHE PHASE

Abb. 7-20a und b (a) Präoperative Panoramaschichtaufnahme. (b) Situation beim Platzieren der Implantate mit interner Verbindung. Eine parallele Ausrichtung der Implantate und ein ausreichender interimplantärer Abstand sind für zufriedenstellende ästhetische und funktionelle Ergebnisse entscheidend.

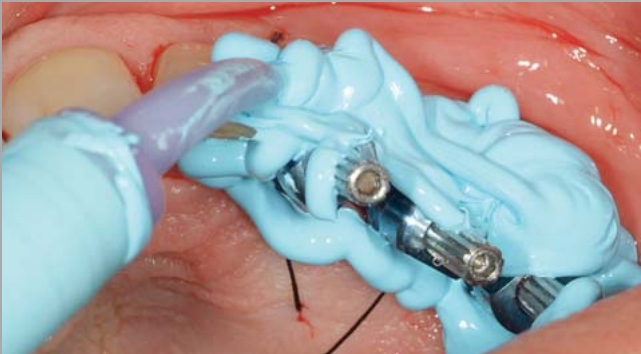
20A

20B



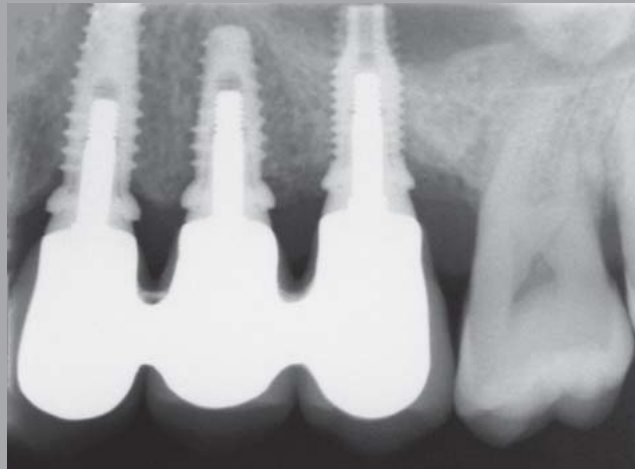
PROVISORIUM

- 20C 20D Abb. 7-20c bis e (c) Abformung mit sterilem,
strahlendichten Material. (d) Nach 48 Stunden wird
das Provisorium auf die Abutments zementiert.
20E (e) Das Provisorium darf weder zentrische noch
exzentrische Kontakte haben.



DEFINITIVE RESTAURATION

- 20F 20G Abb. 7-20f und g (f) Intraorale Ansicht der
einzementierten Metallkeramikrestauration.
(g) Postoperative Röntgenkontrolle.



SOFORTBELASTUNG UND KNOCHENTRANSPLANTATION

In den letzten Jahren hat sich die Sofortbelastung zu einem Verfahren entwickelt, das für die Rehabilitation sowohl teilbezahnter als auch zahnloser Patienten selbst bei deutlicher Atrophie eingesetzt wird.^{88,89} Die Patienten profitieren erheblich von der kürzeren Behandlungsdauer, insbesondere unbezahnte Patienten mit Alveolarkammatrophie, bei denen sonst die langen Behandlungsintervalle und die Instabilität der Prothese mit erheblichen Beschwerden einhergehen. Noch problematischer ist die Situation bei zahnlosen Patienten mit schwerer Atrophie in beiden Kiefern (Klassen 5 und 6 der Cawood-Howell-Klassifikation).⁹⁰ Um bei diesen Patienten ein für die implantatprothetische Rehabilitation ausreichendes Knochenvolumen zu erzielen, muss eine dreidimensionale Knochenrekonstruktion mit extraoralen Knochentransplantaten aus dem Beckenkamm oder der Schädelkalotte erfolgen. Viele Jahre lang wurde der Beckenkamm dazu genutzt,⁹¹ doch haben einige Autoren gezeigt, dass die langfristige Knochenresorption bei dieser Rekonstruktionsform nicht vorhersagbar ist (bis zu 50 % nach drei Jahren).⁹²

Wie mehrere Studien zeigen konnten, tritt im Gegensatz dazu bei Transplantaten aus der Schädelkalotte mit ihrer sehr dichten Kortikalis im Laufe der Zeit nur eine geringfügige Resorption auf.^{93–98} Außerdem ist die postoperative Morbidität bei der Entnahme von Knochen aus der Kalotte geringer^{95,96} als bei der Entnahme aus dem Beckenkamm, die für die Patienten fast immer mit Schmerzen beim Gehen verbunden ist.^{99–102}

Mehrere klinische Studien haben gezeigt, dass eine starke Unterkieferatrophie mit einem verbliebenen Knochenangebot von vertikal und horizontal 6 mm im basalen Knochen des interforaminalen Bereichs mit kurzen Implantaten rehabilitiert werden kann.^{92,100,103} Sind weniger als 6 mm Knochen verblieben, ist generell

eine Rekonstruktion mit einem Knochentransplantat indiziert. Allerdings wird auch dieses Rekonstruktionsverfahren der Kiefer durch die lange Wartezeit zwischen der Rekonstruktion und der Belastung der Implantate, das heißt durch den Umstand eingeschränkt, dass diese Patienten für etwa 60 Tage kein Provisorium tragen können. Denn ein verfrühtes Einsetzen der Prothese kann zur Transplantatexposition und Infektion mit der Gefahr des teilweisen oder vollständigen Transplantatverlusts führen. Ein weiteres Problem ist das zusätzlich verlängerte Intervall, in dem bei Patienten mit Beckenkammtransplantaten Transplantatresorptionen auftreten können.^{92,101,102}

Um dieser Problematik zu begegnen, wurde vorgeschlagen, die Implantation gleichzeitig mit der Transplantation durchzuführen.^{92,100,101,104–107} Hintergedanke ist, dass die Einheilung des Transplantats zeitgleich mit der Osseointegration der Implantate erfolgt, sodass die Behandlungszeit verkürzt wird. Allerdings hat dieses kombinierte chirurgisch-prothetische Vorgehen mehrere Nachteile, die das Endergebnis beeinträchtigen können:

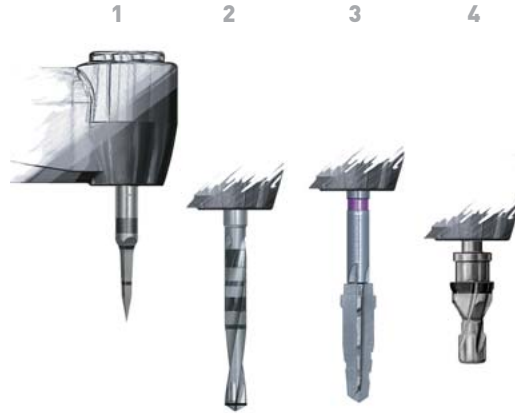
- Bei Transplantatdehiszenz, -exposition oder -infektion kann es zum partiellen oder vollständigen Verlust von Transplantat und Implantaten kommen.
- Die Implantate werden in avaskulären Knochen eingesetzt, weshalb die Osseointegration gefährdet ist.
- Die korrekte Implantatposition ist schwieriger zu erzielen, wenn die Implantate gleichzeitig mit dem Knochentransplantat eingesetzt werden. Eine verzögerte Implantation nach Konsolidierung des Transplantats ermöglicht eine genauere prothetische Planung.

Daher wird empfohlen, die Implantate erst drei Monate nach der Knochenrekonstruktion mit einem Beckenkammtransplantat einzusetzen. Dieses Vorgehen, durch das der Zeitpunkt der Implantation verändert wird, ermöglicht die



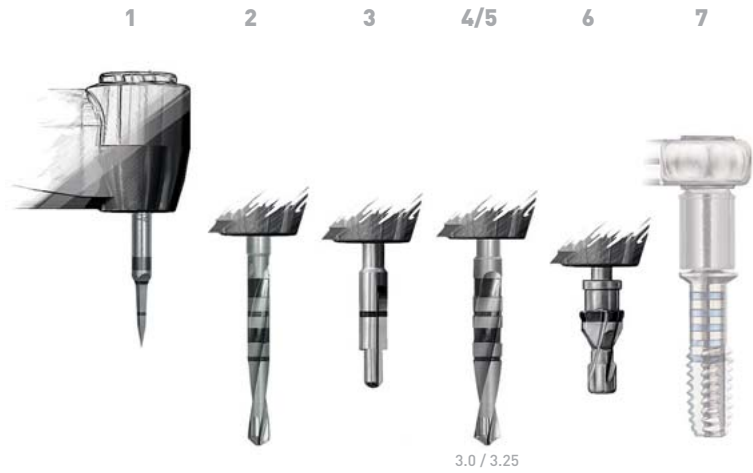


PRÄPARATIONSSEQUENZ FÜR KONISCHE IMPLANTATE MIT EINEM DURCHMESSER VON 4 MM	
1	Spitzbohrer
2	Spiralbohrer (2,0 mm)
3	Konischer Bohrer (3,25 mm)
4	Schulterfräse zur Präparation der Kortikalis
5	Implantation



Kasten 7-2 Präparation des Implantatbetts im unbezahnten Alveolarkamm nach Rekonstruktion mit einem Beckenkammtransplantat: Präparationssequenz für konische Implantate mit einem Durchmesser von 4 mm

PRÄPARATIONSSEQUENZ FÜR ZYLINDRISCHE IMPLANTATE MIT EINEM DURCHMESSER VON 4 MM	
1	Spitzbohrer
2	Spiralbohrer (2,0 mm)
3	Pilotbohrer
4	Spiralbohrer (3,0 mm)
5	Spiralbohrer (3,25 mm)
6	Schulterfräse zur Präparation der Kortikalis
7	Gewindebohrung
8	Implantation



Kasten 7-3 Präparation des Implantatbetts im unbezahnten Alveolarkamm nach Rekonstruktion mit einem Transplantat aus der Schädelkalotte: Präparationssequenz für zylindrische Implantate mit einem Durchmesser von 4 mm

Implantation in konsolidierten Knochen und minimiert die Gefahr einer unzureichenden Osseointegration, einer ungenauen Implantatposition und eines Verlusts von Knochen und Implantat bei Exposition und Infektion.

In einer klinischen Studie, die gegenwärtig am Istituto Ortopedico Galeazzi in Mailand läuft,¹⁰⁸ beträgt das prozentuale Implantatüberleben nach 24-monatiger Beobachtung derzeit 88,4 % im Oberkiefer und 100 % im Unterkiefer. Abbildung 7-21 zeigt einen klinischen Fall aus dieser Studie.

Die Implantatbettaufrbereitung muss je nach Art der Knochenrekonstruktion modifiziert

werden. Bei Beckenkammtransplantaten ist der Knochen drei Monate postoperativ während der Implantationsphase gemäß der Klassifikation von Trisi und Rao weich.³ Daher wird empfohlen, das Implantatbett unterzupräparieren und konische Implantate zu verwenden, um eine ausreichende Primärstabilität für die Sofortbelastung zu erreichen **(KASTEN 7-2)**. Da Kalottentransplantate nur aus Kortikalis bestehen, ist die Situation völlig anders. Hier ist eine äußerst sorgfältige Präparation des Implantatbetts mit reichlicher Spülung erforderlich. Verwendet werden vorzugsweise zylindrische Implantate **(KASTEN 7-3)**.



Abb. 7-21 58-jähriger vollständig zahnloser Patient, der wegen Instabilität seiner herausnehmbaren Unterkiefervollprothese vorstellig wurde.



INITIALE PHASE

Abb. 7-21a Intraoraler Befund bei Erstvorstellung. Deutlich zu erkennen ist die starke Atrophie des Unterkieferknochens.

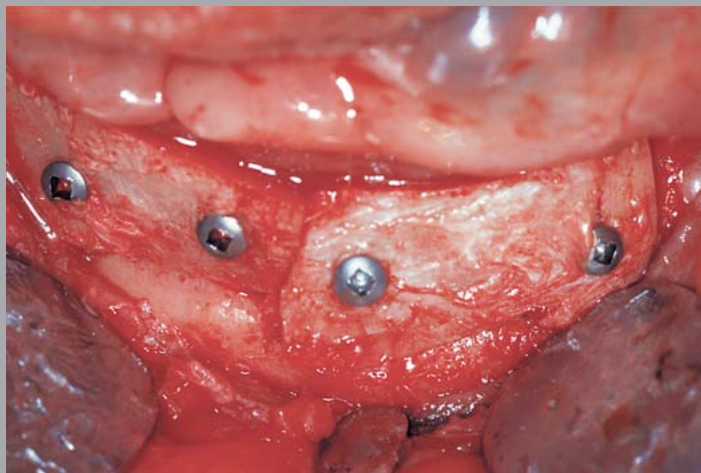
21A

21B

21C

CHIRURGISCHE PHASE

Abb. 7-21b und c (b) Restauration des Unterkiefer-Knochenvolumens in vestibuloraler Dimension mit Blocktransplantaten aus der Kalotte. (c) Einsetzen der Implantate sechs Monate nach der Knochen transplantation zur Abstützung eines vollständig implantatgetragenen sofortbelasteten Provisoriums.



INTRAOPERATIVE PROTHETISCHE PHASE

Abb. 7-21d bis f (d) Isolierung des Operationsbereichs durch ein kältesterilisiertes Blatt Kofferdam. (e und f) Intraorale Ansicht der chirurgischen Indexierung in Zentrik.

21D

21E

21F



PROVISORISCHE PROTHESE

Abb. 7-21g und h (g) Ansicht der am chirurgischen Index mit selbsthärtendem Kunststoff fixierten Montierhilfen. Auf diese Weise werden die Position der Implantate und die Kieferrelation (Vertikaldimension und korrekte Okklusion) an das Labor übermittelt. (h) Intraorale Ansicht der verschraubten provisorischen Restauration.



DEFINITIVE PROTHESE

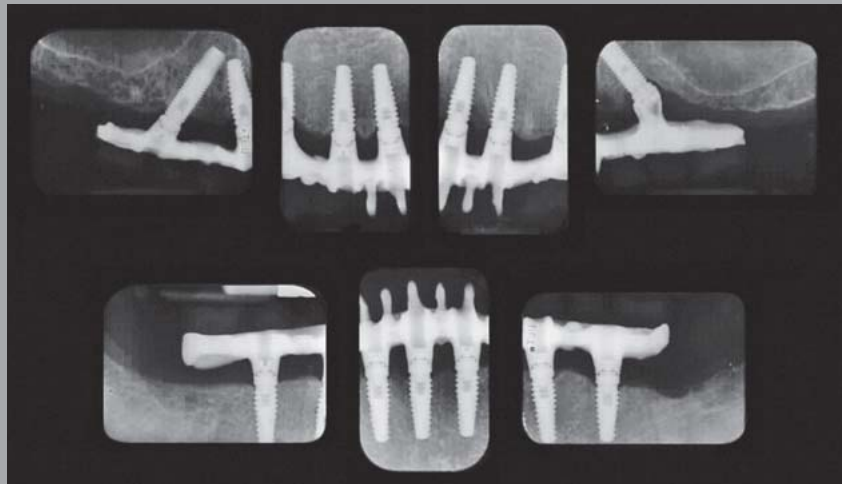
Abb. 7-21i und j (i) Definitive implantatprothetische Restaurationen im Ober- und Unterkiefer mit CAD/CAM-gefertigten Titanstegen und Kompositzähnen. (j) Postoperative Röntgenkontrolle.

21G

21H

21I

21J



T. TESTORI
L. FUMAGALLI
M. DEL FABBRO

Die Bedeutung der computerassistierten Chirurgie

20

20

Jede implantologische Arbeitsgruppe, die zur dentalen Implantologie klinische Studien mit hohem Einflussfaktor veröffentlichen will, muss aus Ärzten und Forschern bestehen, die Experten bei der Planung klinischer Protokolle und bei der Auswertung der gewonnenen Daten sind.

Heutzutage werden die Erwartungen der Patienten, die immer anspruchsvoller sind und sich der Qualität der erbrachten Dienstleistungen immer bewusster werden, am besten durch ein exaktes klinisches Vorgehen erfüllt, dass durch streng angewandte wissenschaftliche Forschung gestützt wird. Der Implantatpatient hat normalerweise hohe ästhetische und funktionelle Erwartungen und möchte in möglichst kurzer Zeit durch ein möglichst wenig invasives Verfahren und bei möglichst geringen postoperativen Beschwerden zum gewünschten Ergebnis gelangen.

Durch die Kombination ausgefeilter chirurgischer Instrumente und rigoroser Operationsprotokolle haben die Zahnärzte erstaunliche Fortschritte dabei gemacht, einen Teil der Ziele der Patienten, wie zum Beispiel die sofortige Restauration, zu erreichen. Allerdings war es erst die Einführung moderner Planungssoftware gemeinsam mit der Möglichkeit zur Herstellung von stereolithografischen Ober- und Unterkiefermodellen zur Operationssimulation und

Herstellung von Operationsschablonen, die die traditionelle dentale Implantologie durch Reduktion der Invasivität und Verbesserung des postoperativen Verlaufs revolutioniert hat.¹⁻⁶

Zahnärzte können heute die diagnostischen Informationen aus der Computertomografie und der dreidimensionalen Planung wesentlich besser nutzen, da sie sich per Operationssimulation oder, im Fall der Sofortbelastung, durch Anfertigung des Provisoriums vor dem Eingriff unmittelbar in die klinische Praxis überführen lassen (ABB. 20-1A BIS 20-1U). Die computerassistierte Navigation hat folgende Ziele: (1) das präoperative Erstellen eines präzisen Plans für den speziellen Fall, (2) die Planung der technischen Aspekte des chirurgischen Eingriffs und die Herstellung von Modellen, um eine akkurate Operationsschablone anfertigen zu können, sowie (3) das Einsetzen des Provisoriums unmittelbar nach der Operation.^{5,6}

Seit dem Ende der 1990er-Jahre haben sich tomografische Geräte und Datenverarbeitungsprogramme deutlich weiterentwickelt. Inzwischen lassen sich dreidimensionale Modelle der zu untersuchenden Objekte erstellen und mit im Submillimeterbereich liegender Präzision in die Realität übertragen, sodass der Zahnarzt den Fall anhand eines dreidimensionalen Modells untersuchen kann, das die anatomische Situation des Patienten präzise wiedergibt.⁷⁻⁹

Zunächst werden die Zahnbögen für ein diagnostisches Wax-up abgeformt, das die Morphologie und Ästhetik der definitiven Rehabilitation prävisualisiert. Anschließend fertigt der Zahntechniker eine Röntgenschablone, damit die Daten erfasst und durch entsprechende Software verarbeitet werden können. Zur vollen Nutzung des Potenzials dieser neuartigen Bildverarbeitungsprogramme müssen die Eigenschaften der Schablonen der Planungssoftware entsprechen. Daher existieren bis heute drei Generationen von Schablonen. Die erste gab nur die Zahnkrone wieder und war durch Radioopazität gekennzeichnet,





da sie mit einem Überzug aus Bariumoxid versehen war.^{10,11} Diese Art von Schablonen hatte den Nachteil, dass nur der zu implantierende Bereich untersucht werden konnte. Die Schablonen der zweiten Generation ähnelten strukturell denen der ersten, waren aber in der Zahnmitte ausgestanzt, sodass sich wichtige zusätzliche Informationen zur Neigungsachse des Implantats ergaben. Die Schablonen der dritten Generation reproduzieren den dentalen Anteil der künftigen prothetischen Rehabilitation ebenso wie den Weichgewebeanteil. Durch Verwendung unterschiedlicher Bariumkonzentrationen für die Zähne (30%) und die Weichgewebe (10%) lassen sich diese beiden Gewebetypen leicht bei der Datenerfassung unterscheiden. Dies ist der große Vorteil der modernen Softwaregeneration: die Möglichkeit zur selektiven Elimination der Zähne, des Knochens oder der Weichgewebe zur Auswertung der Beziehungen zwischen diesen Strukturen in dreidimensionalen Rekonstruktionen.

Nach der Erfassung und Auswertung der anatomischen Daten kann der Arzt die Operation planen, die Position, die Abmessungen und die Achse der Implantate festlegen. In einem nächsten Schritt werden Kunststoffmodelle oder Stereolithografien angefertigt, die zwei Funktionen haben: Sie spiegeln den anatomisch interessanten Bereich wider, den der Arzt in vivo untersuchen kann, und dienen als Modelle für die Operationsschablonen zur Implantation und für die Herstellung des Provisoriums vor der Operation.¹²

Es gibt verschiedene Arten von Operationsschablonen: (1) zahngestützte Schablonen für teilbezahnte Patienten; (2) Knochen-Schleimhaut-gestützte Schablonen, wenn keine Lappenelevation erforderlich ist, und (3) kombinierte Knochen-Zahn-gestützte oder Zahn-Mukosa-gestützte Schablonen. Allen Operationsschablonen gemein sind Präzision und Stabilität, sodass die Information präzise vom Modell auf den Patienten übertragen werden kann. Dies bedeutet, dass

der Arzt während der Operation nicht nur bezüglich der Insertionsachse des Implantats geführt wird, sondern auch hinsichtlich der Präparationstiefe und der apikokoronalen Ausrichtung der Implantatplattform.¹³

Daraus ergibt sich die Bedeutung dieses technologischen Fortschritts. Er erhöht die handwerkliche Präzision der Ärzte während der Operation und verkürzt die Operation; zudem kann der Patient sofort mit einem festsitzenden Provisorium versorgt werden.

Diese Technologie hat den Fokus von der Ausführung der Operation, wo er noch in den 1980er- und 1990er-Jahren lag, auf die diagnostische Phase und die Planung verschoben. Sobald eine korrekte Diagnose gestellt und der Fall sorgfältig geplant ist, lassen sich Hilfsmittel anfertigen, die die Operation vereinfachen und sicher machen. Anschließend kann sich der Arzt auf die prothetische Phase konzentrieren und den Patienten unmittelbar nach der Operation mit einem Provisorium versorgen.

Die moderne Planungssoftware ist zu einem wichtigen diagnostischen Hilfsmittel geworden. Sie hilft jungen Ärzten am Beginn ihrer Karriere, ihre dreidimensionale Vorstellungskraft im Hinblick auf die Operation zu schärfen, und beschleunigt dadurch die Lernkurve. Auch für erfahrene Ärzte ist sie nützlich, weil sie (1) die weniger invasive Behandlung komplizierter Fälle ermöglicht und (2) das Indikationsspektrum der Implantatbehandlung erweitert.

Stereolithografische Modelle ermöglichen die Simulation der Operation und geben dem Arzt mehr Sicherheit beim operativen Eingriff, wovon zweifelsohne sowohl der Patient als auch das Behandlungsteam profitieren. Außerdem können die festsitzenden provisorischen oder definitiven Prothesen in ausgewählten Einzelfällen bereits präoperativ angefertigt werden, sodass die Implantatbehandlung effektiver wird. Die Verwendung von Operationsschablonen erhöht die Präzision der Implantation und ist bei der Sofortbelastung

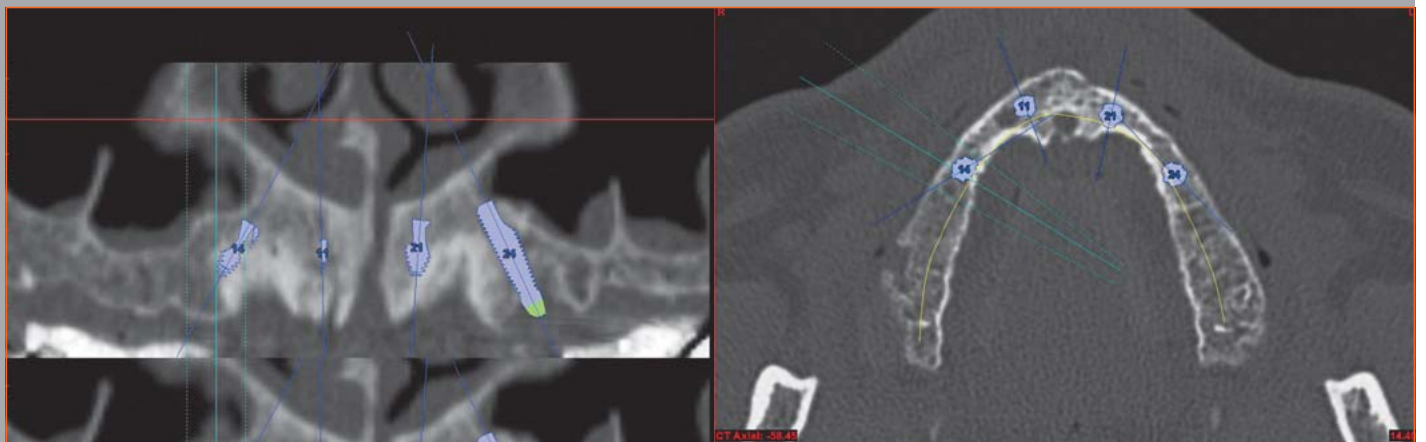
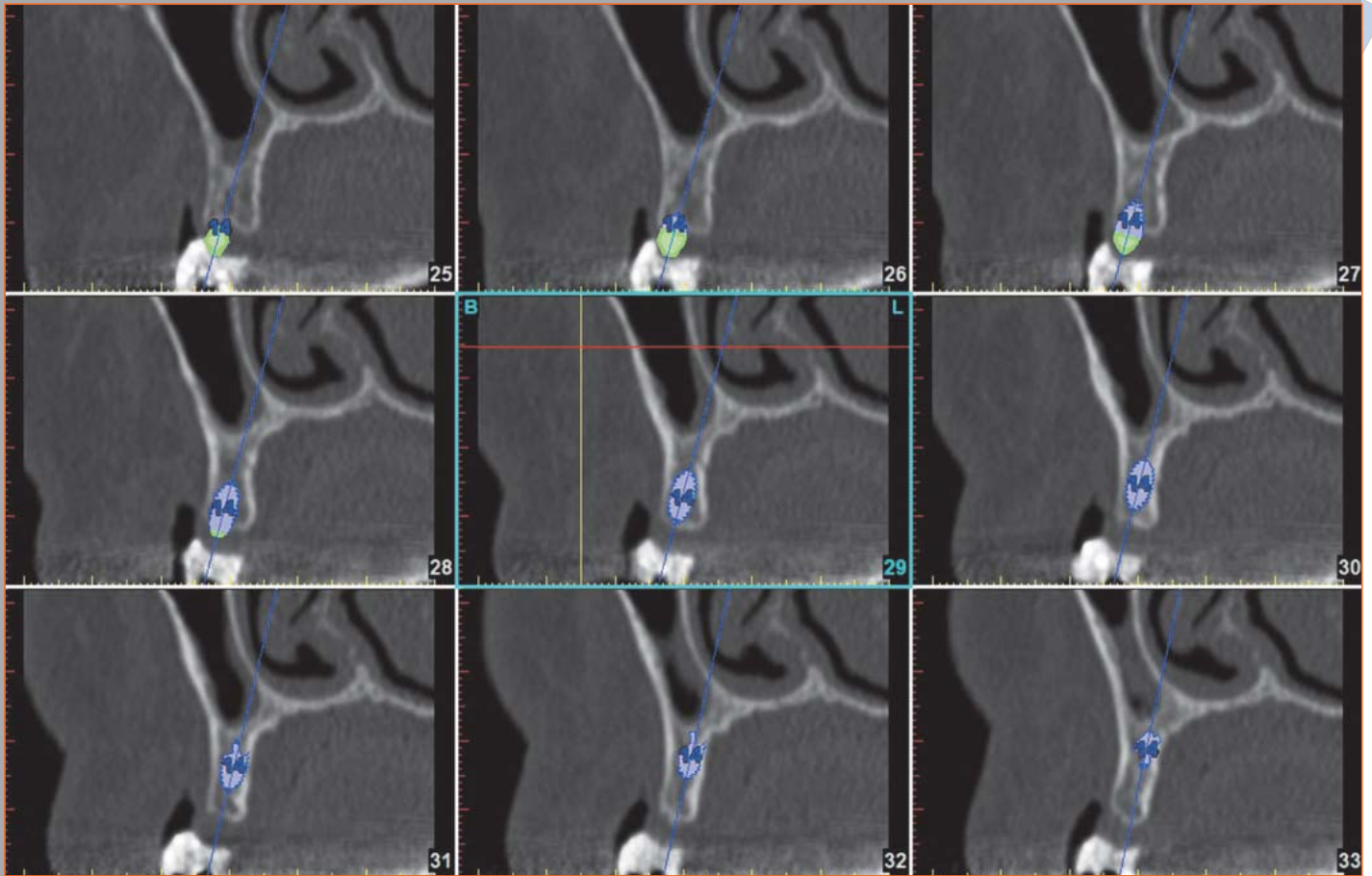


1A

1B

Abb. 20-1a und 20-1b Panoramascichtaufnahme (a) und Fernröntgenseitenbild (b) des präoperativen Zustands mit zahnlosem Oberkiefer und der Röntgenschablone in situ. Zur Erleichterung des intraoperativen prothetischen Vorgehens sollte die Okklusionsebene unter Berücksichtigung der verlorenen Zähne hergestellt werden. Nach Abschluss der Osseointegration der Oberkieferimplantate folgt die komplette Rehabilitation des Unterkiefers.



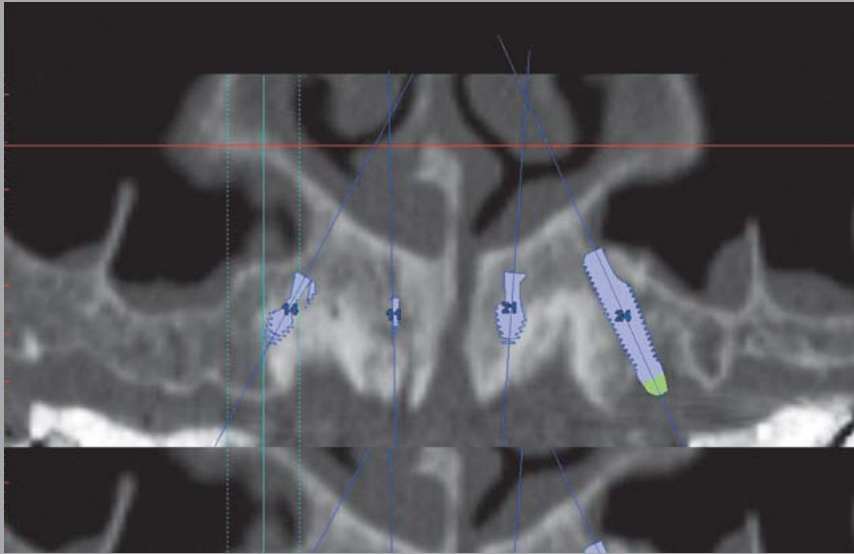


1C

Abb. 20-1c Sagittalbilder nach Abschluss der Implantatplanung. Länge und Durchmesser der Implantate sind auf das Knochenangebot beim Patienten abgestimmt.

1D

Abb. 20-1d Dreidimensionale computerassistierte Planung mit der künftigen Operationsschablone in situ.



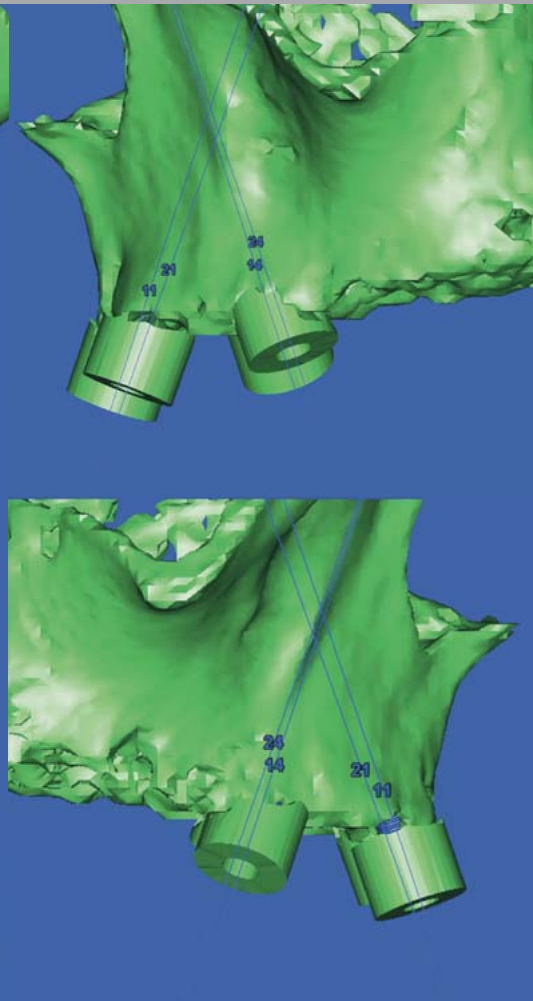
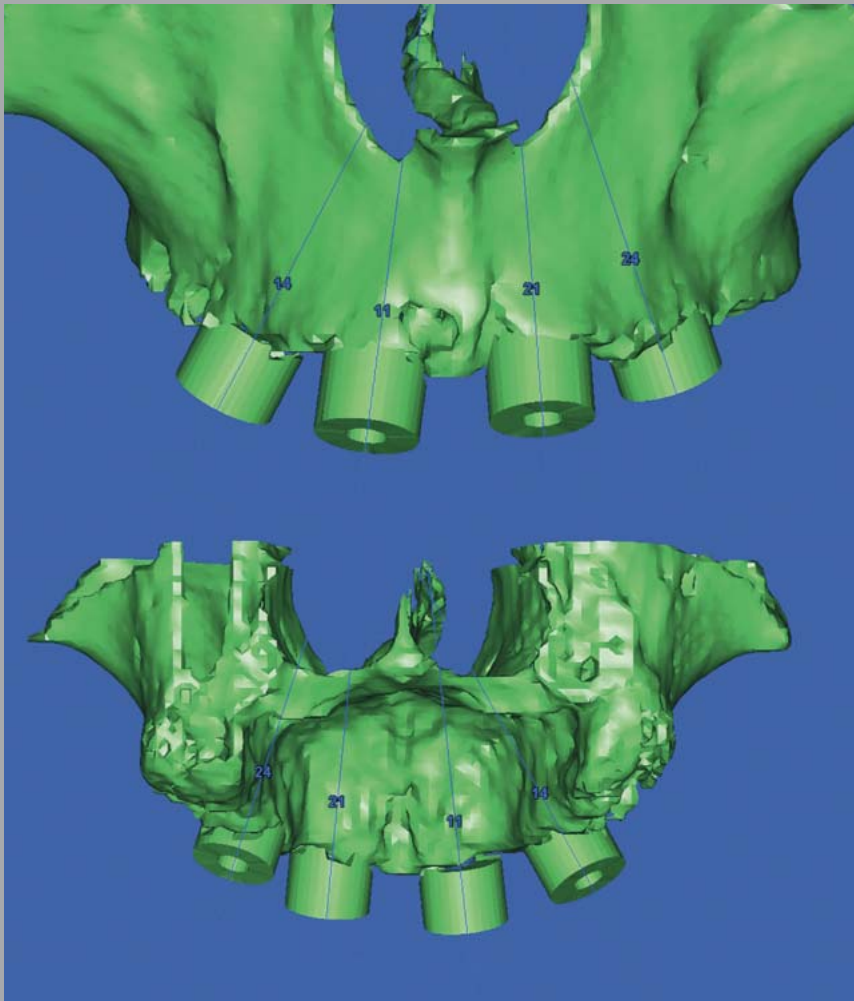
1E

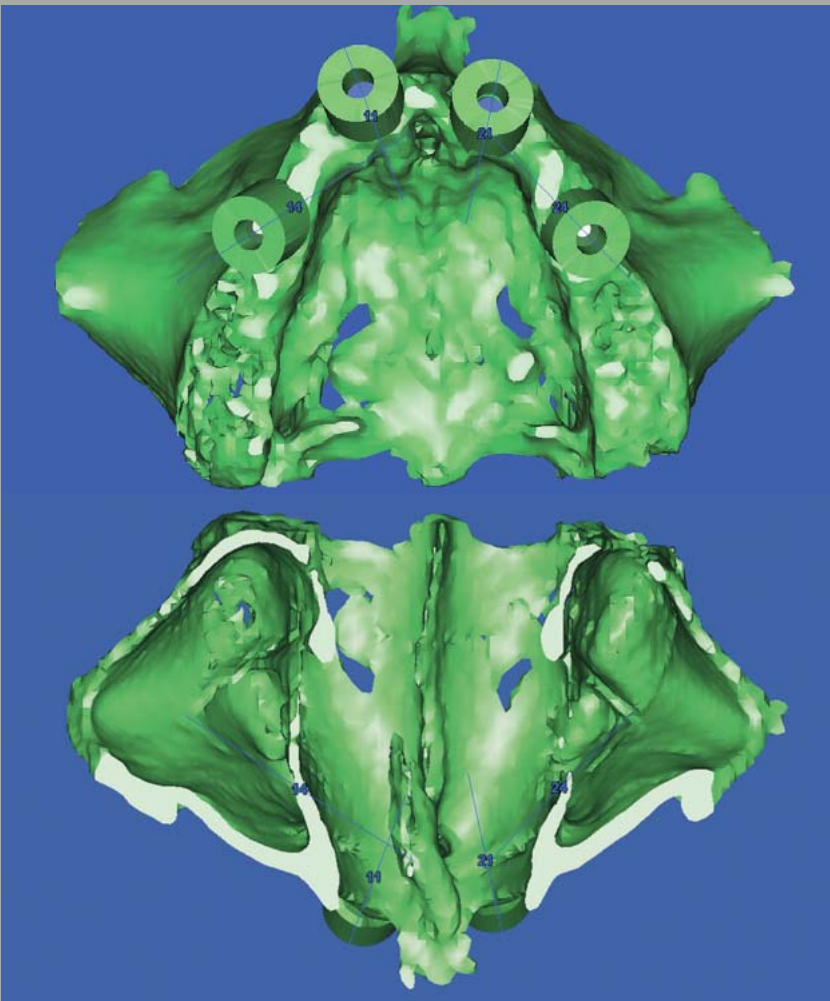
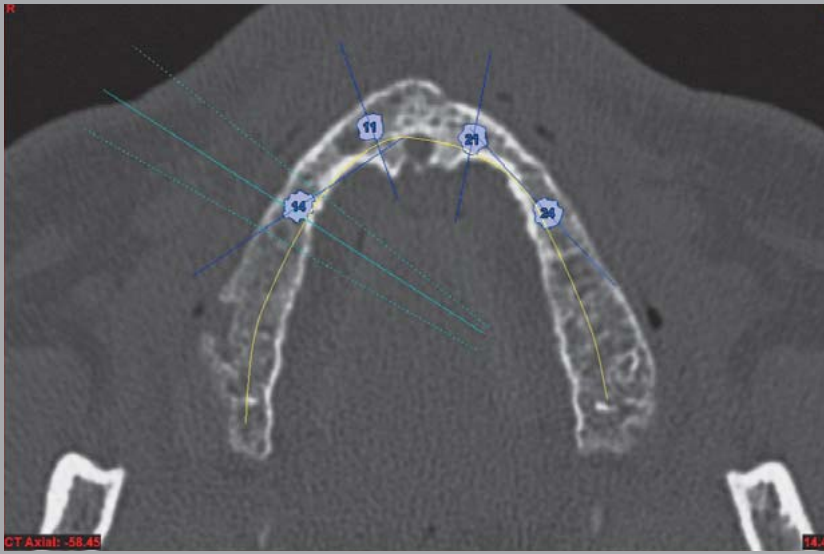
1G

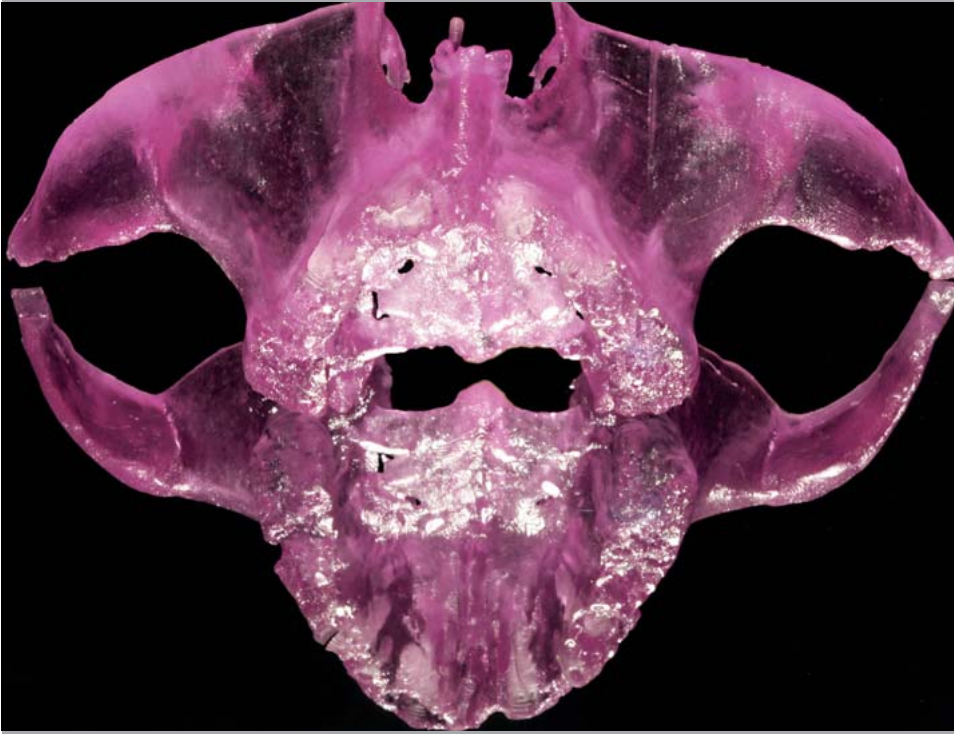
1F

1H

Abb. 20-1e bis 20-1h Kreieren des stereolithografischen Modells mit Positionierung der Implantatbetten direkt nach Vorlage der dreidimensionalen Planung (e) der Operationsschablone (f). Beachte das mit der Operationsschablone zusammengesetzte stereolithografische Modell (g) und die präoperative Simulation der Operation (h).



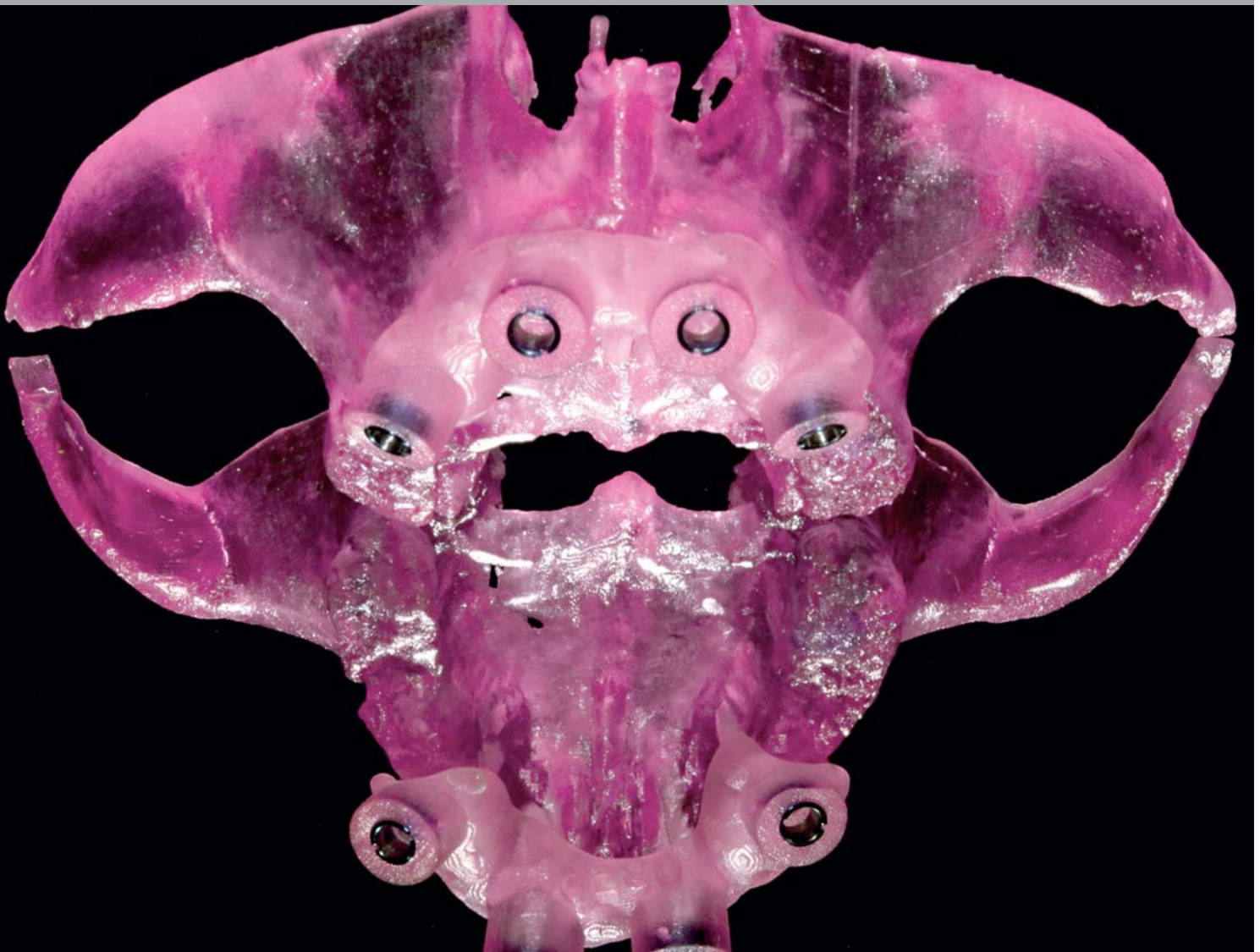
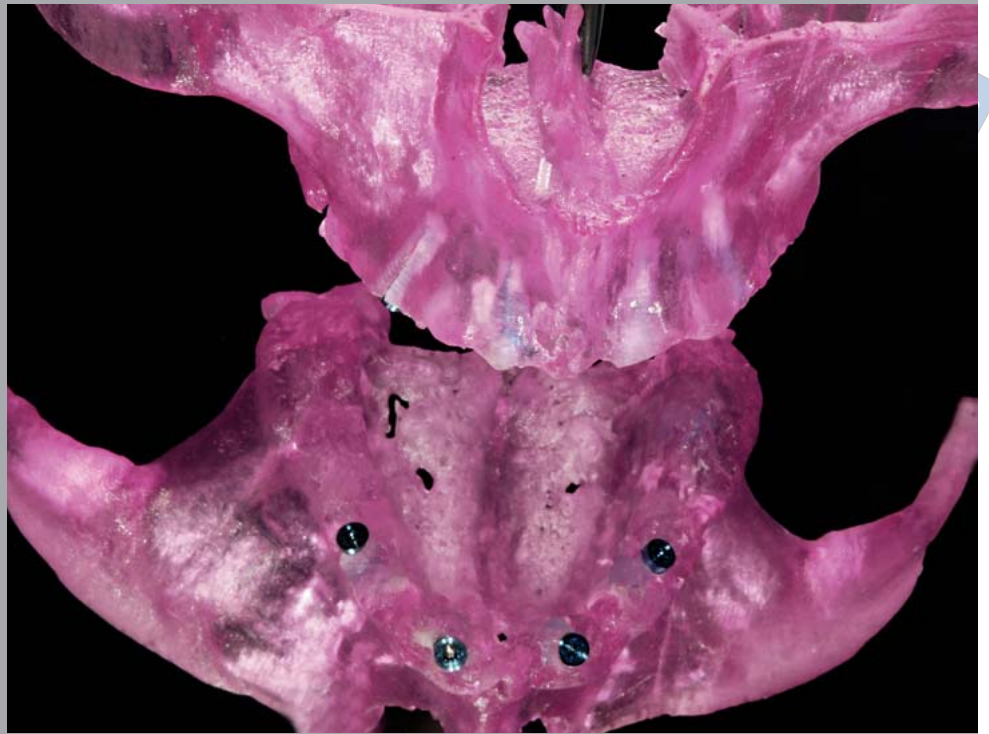


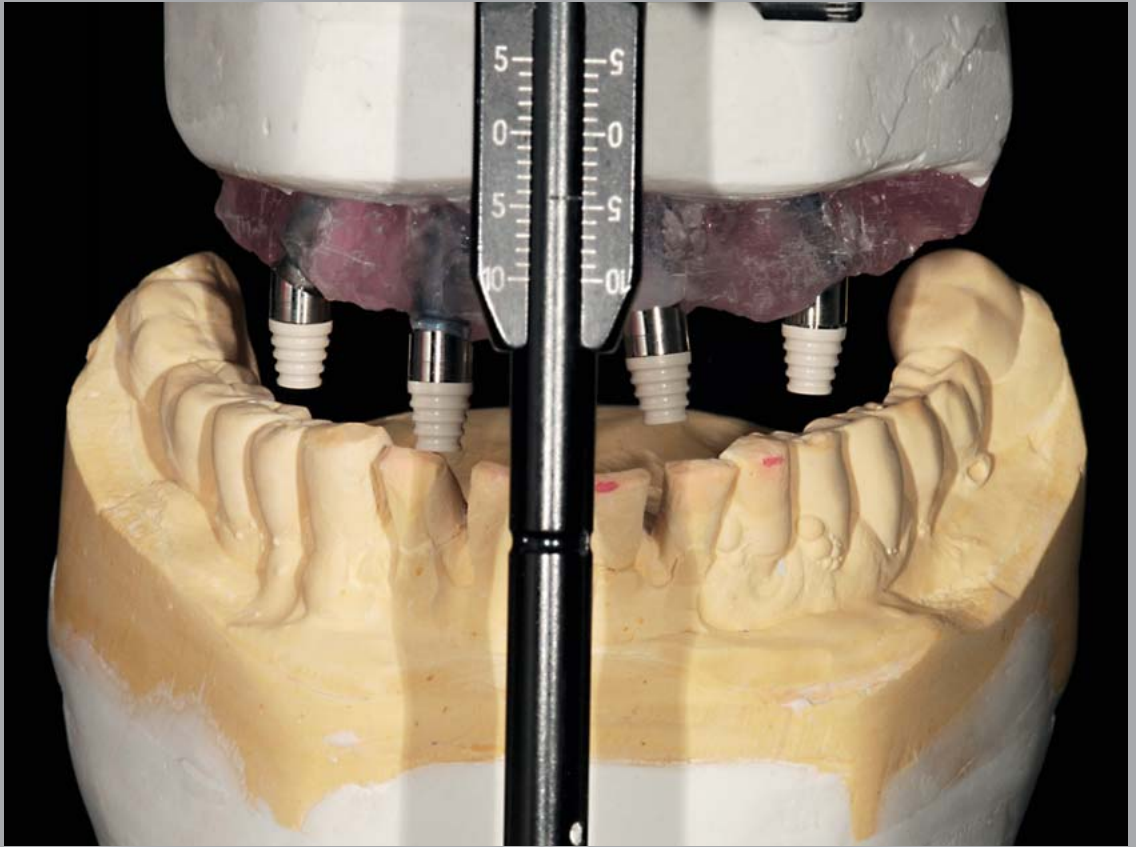


1I	1K
1J	1L

Abb. 20-1i bis 20-1l
Stereolithografische Modelle.





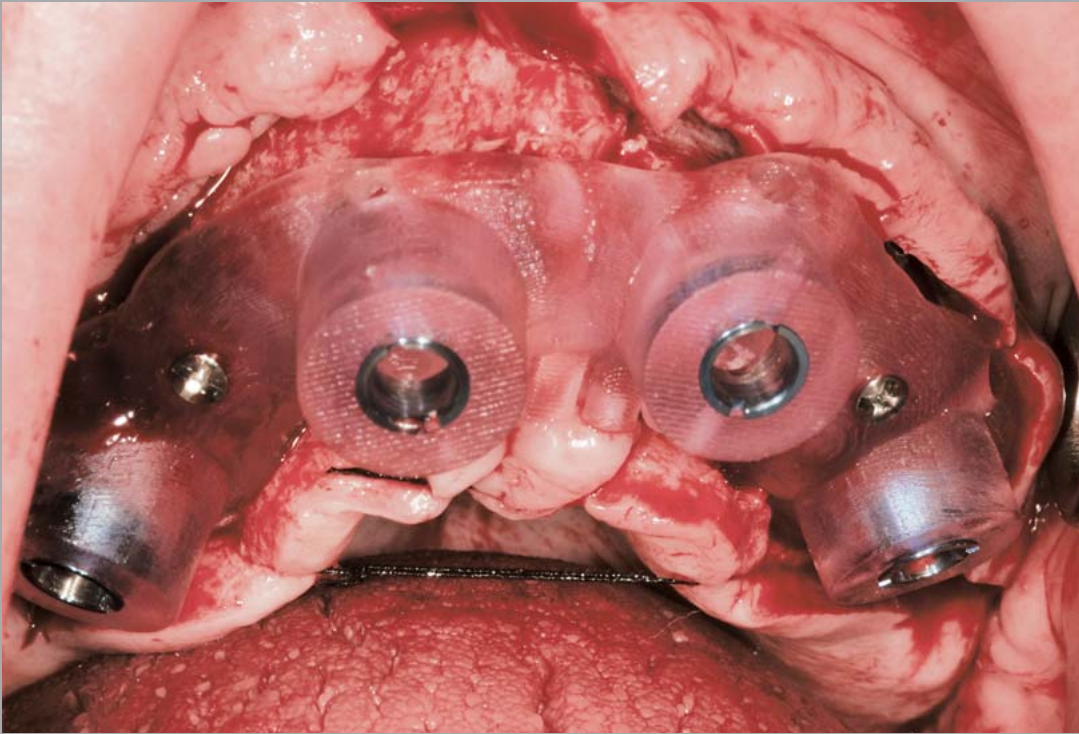


1M

1N

Abb. 20-1m und 20-1n Einartikuliertes stereolithografisches Modell (m) und präoperative Anfertigung des sofortbelasteten festsitzenden Provisoriums (n).





10

1P

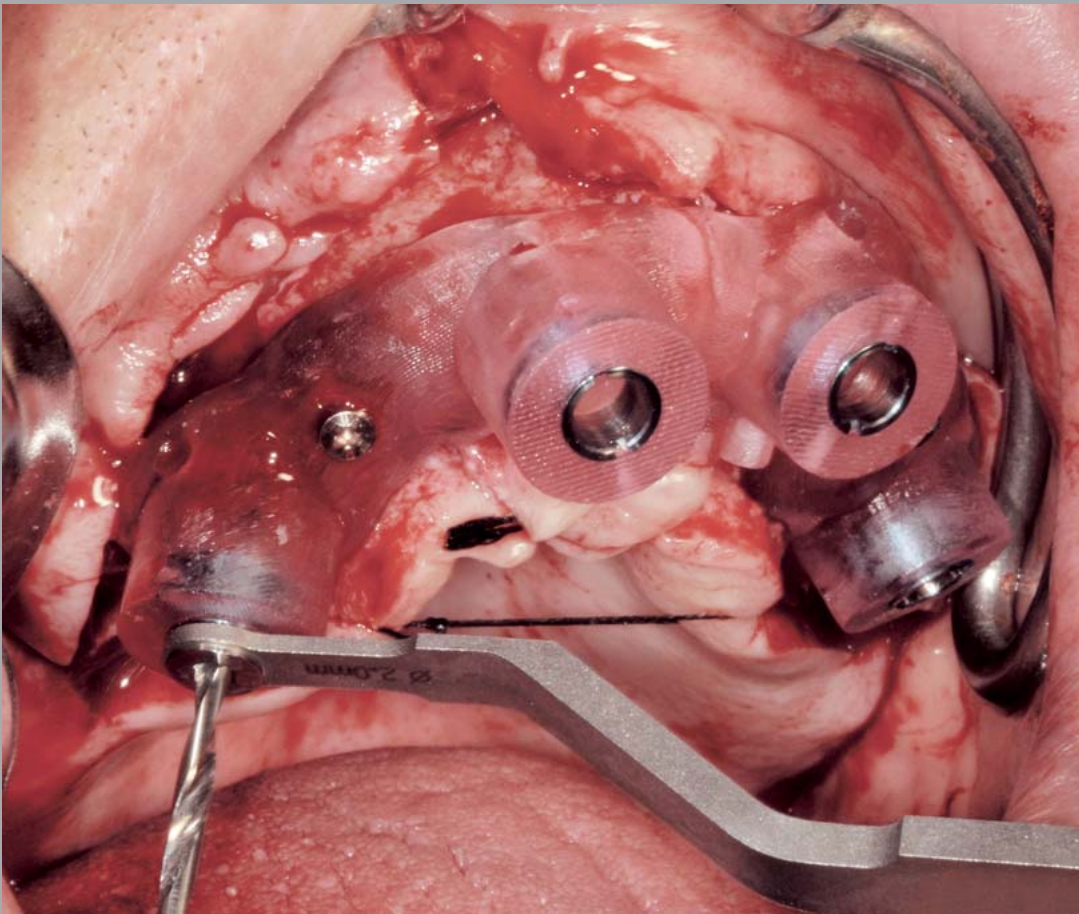


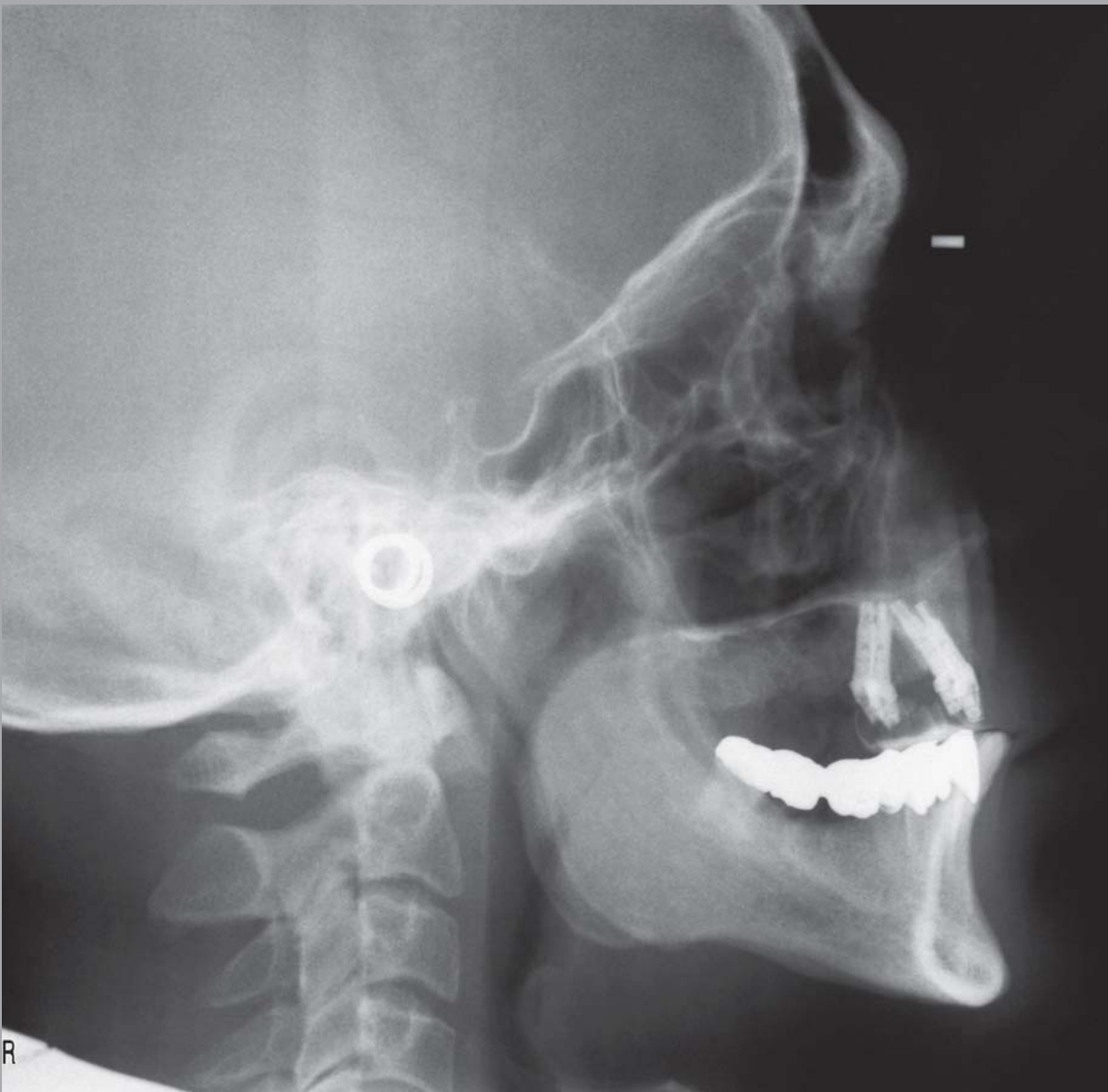
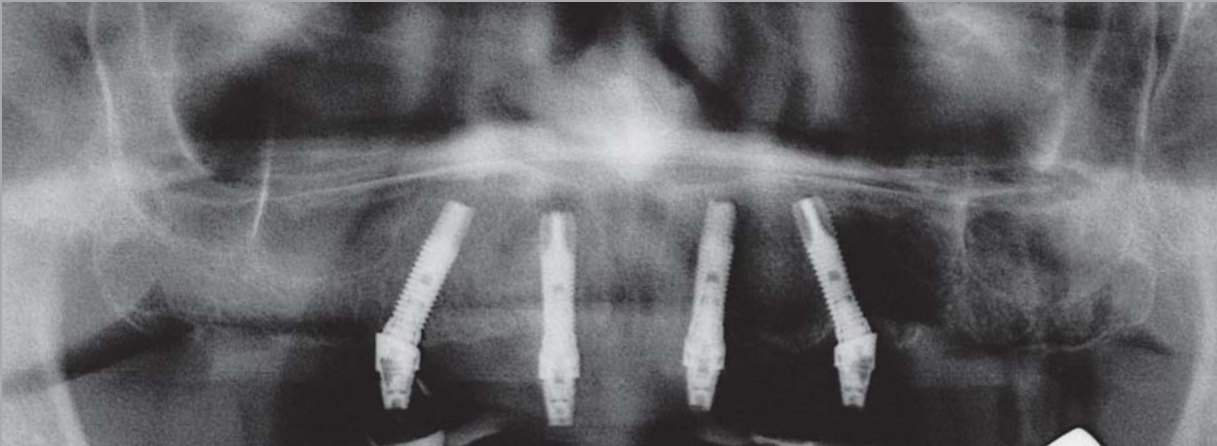
Abb. 20-1o und 20-1p
Intraorale klinische Phase:
Lappenpräparation,
Befestigen der Ope-
rationsschablone mit
Osteosyntheseschrauben
(o) und Präparation des
Implantatbetts unter Ver-
wendung des Navigator-
System (Biomet 3i) (p).



1Q	1T
1R	1U
1S	

Abb. 20-1q bis 20-1s Nach dem Einsetzen der Implantate werden die Titanzyylinder mit den Implantaten verbunden. Anschließend werden Quickbridge-Abdruckkappen (Biomet 3i) aufgesetzt (q) und an der provisorischen Restauration befestigt, die bereits vor der Operation aus selbsthärtendem Kunststoff hergestellt wurde. Frontal- (r) und Okklusalanzeige (s).

Abb. 20-1t und 20-1u Panoramaaufnahme (t) und Fernröntgenseitenbild (u) des sofortbelasteten Provisoriums.





2A

2B

2C

Abb. 20-2a bis 20-2c Präoperative extraorale Fotografien.

Abb. 20-2d bis 20-2f Präoperative intraorale Fotografien.

2D

2E

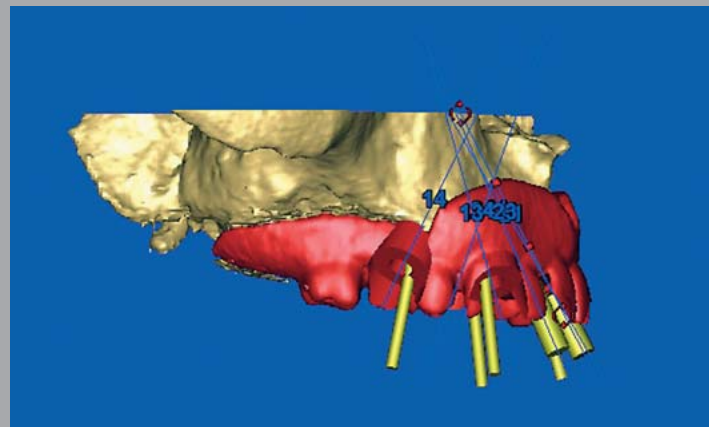
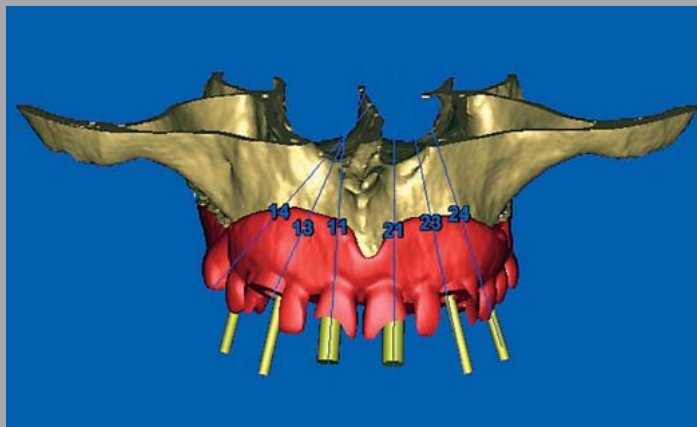
2F

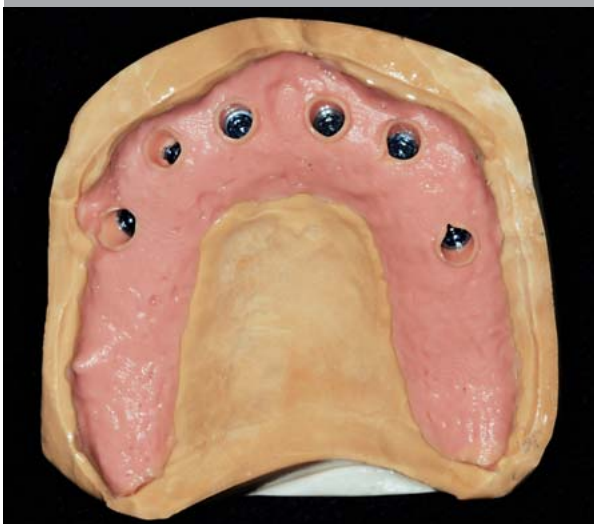
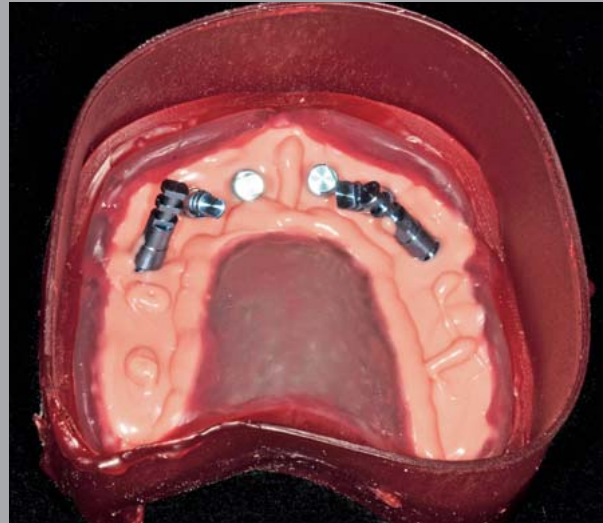




2G	
2H	2I

Abb. 20-2g bis 20-2i Präoperative Panoramaschichtaufnahme (g) und computerassistierte Planung (h und i) einer mukosa-gestützten Operationsschablone.





2J

2K

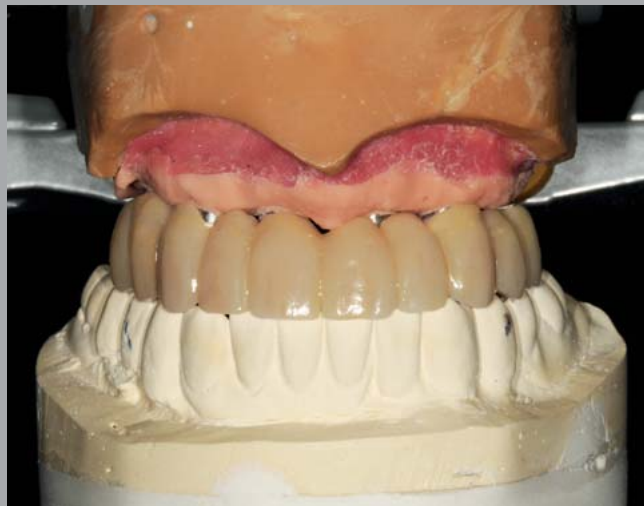
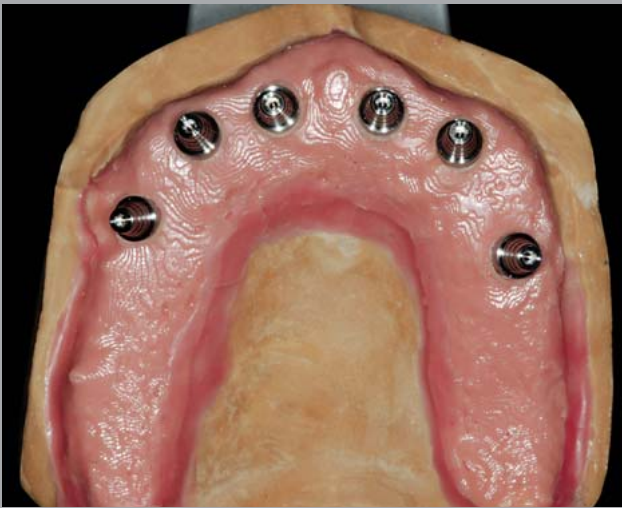
Abb. 20-2j und 20-2k Intraorale Ansichten der Operationsschablone.

2L

2M

Abb. 20-2l bis 20-2n Herstellung des Meistermodells im Labor.

2N



20 2P

2Q

Abb. 20-2o bis 20-2q Simulation der prothetischen Phase mit Quickbridge-Komponenten und Anfertigung der provisorischen Restauration.

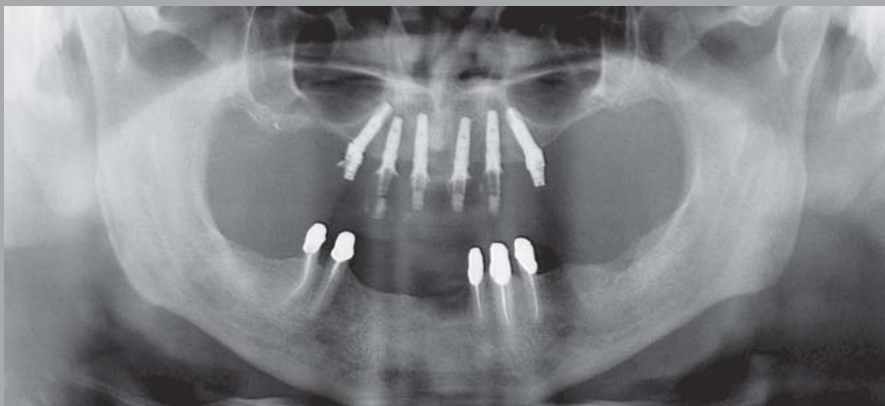
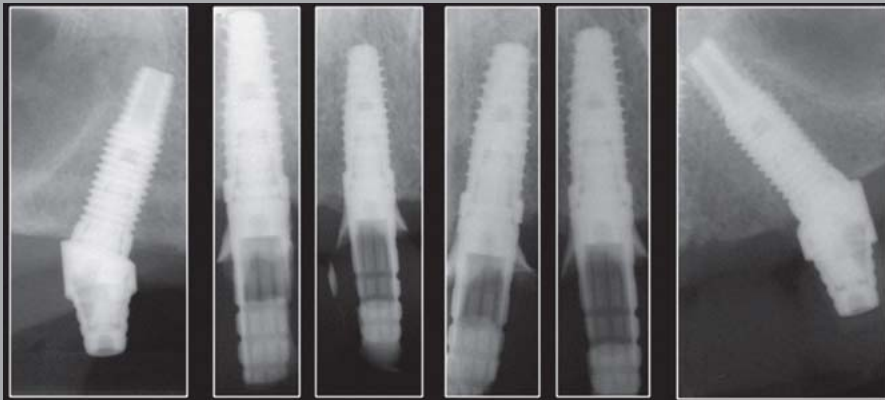


2R

2S

2T

Abb. 20-2r bis 20-2t Klinischer Befund (r), Zahnfilme (s) und Panoramaschichtaufnahme (t) der provisorischen Restauration unmittelbar postoperativ.





2U

2V

2W

Abb. 20-2u bis 20-2w Intraoraler klinischer Befund (u), Panoramaschichtaufnahme (v) und extraorale Ansicht (w) ein Jahr postoperativ.



Tabelle 20-1 Vor- und Nachteile der computerassistierten dentalen Implantologie im Vergleich mit herkömmlichen Verfahren

	VORTEILE	NACHTEILE
Patient	<ul style="list-style-type: none"> • erhöhter intraoperativer Komfort durch das schnellere und sicherere Vorgehen • reduzierte postoperative Beschwerden • sichere lappenlose Operation • als qualitativ hochwertig empfundenen Verfahren 	<ul style="list-style-type: none"> • teurer
Chirurgisch-prothetisches Team	<ul style="list-style-type: none"> • vereinfachte Planung • Ausführen eines gemeinschaftlichen Behandlungsplans • sicherer Eingriff • effizientere Operation 	<ul style="list-style-type: none"> • teurer • Übung erforderlich und Lernkurve vorhanden

sowie in Fällen mit Knochenatrophie und/oder geneigten Implantaten sowie bei Eingriffen ohne Lappenelevation und beim Management ästhetisch anspruchsvoller Fälle indiziert.

Bei der Therapie zahnärztlicher Patienten sind Diagnose und Behandlungsplan von größter Bedeutung. Die Verwendung von Operationsschablonen verkürzt die Operationszeit und verringert im Falle von mukosagestützten Schablonen die postoperativen Beschwerden, da sie ein lappenloses Vorgehen ermöglicht (ABB. 20-2A-W). Die computerassistierte Planung

vereinfacht die Operationsvorbereitung und erlaubt dem Arzt die Integration der prothetischen Evaluation in den Operationsplan. Eine prothetisch geführte Implantatausrichtung vereinfacht die prothetische Phase und macht die Behandlung effizienter. Der Patient hat das Gefühl, dass bei ihm eine innovative Behandlung erfolgt ist. Obwohl der computerisierte Ansatz sehr einfach zu sein scheint, ist Übung unerlässlich, eine Lernkurve zu durchlaufen und eine Kostenanalyse erforderlich (TABELLE 20-1).

LITERATUR

1. Schwarz MS, Rothman SL, Rhodes ML, Chafetz N. Computed tomography: Part I. Preoperative assessment of the mandible for endosseous implant surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987;2:137–141.
2. Schwarz MS, Rothman SL, Rhodes ML, Chafetz N. Computed tomography: Part II. Preoperative assessment of the maxilla for endosseous implant surgery. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1987;2:143–148.
3. Sarment DP, Al-Shammari K, Kazor CE. Stereolithographic surgical templates for placement of dental implants in complex cases. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:287–295.
4. Tardieu PB, Vrielinck L, Escolano E. Computer-assisted implant placement. A case report: Treatment of the mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:599–604.
5. Rosenfeld AL, Mandelaris GA, Tardieu PB. Prosthetically directed implant placement using computer software to ensure precise placement and predictable prosthetic outcome. Part 1: Diagnostics, imaging, and collaborative accountability. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:215–221.
6. Rosenfeld AL, Mandelaris GA, Tardieu PB. Prosthetically directed implant placement using computer software to ensure precise placement and predictable prosthetic outcome. Part 2: Rapid-prototype medical modeling and stereolithographic drilling guides requiring bone exposure. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:347–353.
7. Mecal RA, Rosenfeld AL. Influence of residual ridge resorption patterns on implant fixture placement and tooth position. 1. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1991;11:8–23.
8. Mecal RA, Rosenfeld AL. The influence of residual ridge resorption patterns on implant fixture placement and tooth position. 2. Presurgical determination of prosthesis type and design. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1992;12:32–51.
9. Mecal RA, Rosenfeld AL. Influence of residual ridge resorption patterns on fixture placement and tooth position, Part III: Presurgical assessment of ridge augmentation requirements. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1996;16:322–337.
10. Israelson H, Plemons JM, Watkins P, Sory C. Barium-coated surgical stents and computer-assisted tomography in the preoperative assessment of dental implant patients. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1992;12:52–61.
11. Basten CH, Kojs JC. The use of barium sulfate for implant templates. *J Prosthet Dent* 1996;76:451–454.
12. Ganz SD. Use of stereolithographic models as diagnostic and restorative aids for predictable immediate loading of implants. *Pract Proced Aesthet Dent* 2003;15:763–771.
13. Sarment DP, Sukovic P, Clinthorne N. Accuracy of implant placement with a stereolithographic surgical guide. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003;18:571–577.



(Hinweis: Der Buchstabe A nach Seitenzahlen verweist auf Abbildungen, der Buchstabe T auf Tabellen und Kästen.)

A

Abformlöffel, individueller 196A
 Abformmaterialien
 Anforderungen an 211
 Elite Implant VPS 211
 lineare Kontraktion 380
 Abformtechnik 211
 Abformung
 All-on-four-Methode 301–302
 intraoperative 351
 teilbezahnter Seitenzahnbereich 279
 teilbezahnter Unterkiefer 265A
 unbezahnter Unterkiefer 209A
 Abnutzung dentaler Materialien 149T
 Abutment(s)
 „Bottom-up“-Ansatz 367
 Austrittsprofil 367
 definitive 405, 411–412
 endgültiges 365
 Form 364A, 367
 für Konversionsprothesen 200
 stufenloses 364A, 367–369
 und Gingiva 364A
 wiederholtes Auf- und Abmontieren 365
 Abutment-Kopie 365
 Acidic Fibroblast Growth Factor 18
 All-on-four-Methode 296–304, 319–325A
 chirurgische Phase 300–301
 computergestützte Planung und Durchführung 303–304
 Entwicklung 296
 Erfolgsraten 330
 Implantatüberleben 296, 327T, 328T
 Implantatverteilung 327T
 klinische Studien 329–330
 Nachbeobachtung 302–301
 Operationsprotokoll 300–302
 prothetische Phase 302
 Aluminiumoxid 56
 Nanobeschichtung mit 56
 Alveolarkamm, Abstand zum Zahnfleischsaum 250
 Alveolarkammresorption
 axiale vs. geneigte Implantate 298
 beim Bränemark-Implantatsystem 362
 nach Mukoperiostlappen 253
 Verringerung nach Extraktion 250
 zentrifugales Muster 132
 Alveolarkanal 300
 Amoxicillin 302
 Anamnese 95
 medizinische 95
 zahnmedizinische 95
 Angiogenese, periimplantäre 51
 Angle-Klassen 135
 implantatprothetischer Ausgleich 134–148,
 146A–147A

Angst 496
 Anrostomie 214
 AP-Spread 193, 299A, 300
 und Unterkieferform 441A
 Articain 300
 Arzt-Patient-Verhältnis 484
 Ästhetik
 Definition 485
 Evaluation 485–487
 ästhetischer Bereich
 Definition 485
 Implantatüberleben 486–487T
 Sichtbarkeit 362, 364A
 Attachment, epitheliales 363
 Attraktivität, faziale 466
 quantitative Analyse 466
 Aufklärung 512–513
 Augenbrauenlinie 96, 97A
 Ausdrehmoment 35, 39A
 Ausweichfissuren 445

B

Backward planning 499
 Bariumoxid 521
 Barrieremembranen 250, 268A
 Beckenkammtransplantat 280–282
 Implantatbettauflbereitung nach 281T, 282
 Behandlungskordinator 507–508
 Behandlungskosten 497–498, 501
 Belastungstheorie 33
 Beratungsgespräch 498–507
 Computersimulation der Behandlungsziele 505–506
 geeigneter Raum 505
 Informationsmittel 503–506
 Ziele 503
 BIC *siehe: Knochen-Implantat-Kontakt*
 bildgebende Diagnostik 165
 bei Implantatplanung 166, 178–179A
 bei Sinusbodenaugmentation 167–186
 Historie 164
 moderne 166–186
 Bindegewebe, periimplantäres 363, 364A
 Biologically Oriented Preparation Technique (BOPT) 367
 biologische Breite 254–255, 364A
 „Bottom-up“-Ansatz 367
 Komponenten 362
 periimplantäre 362–369
 Biotyp, parodontaler 249, 363
 Bone Mesenchymal Stem Cells 53
 Bone Morphogenetic Proteins 18
 Bränemark Novum System 297
 Implantatüberleben 297
 Bränemark, Per-Ingvar 2, 66
 Bündelknochen 249
 Gefäßversorgung 249
 Bündelknochenresorption 249



**C**

Canalis mandibularis 167, 169A, 170–171A, 176–177A
 Cawood-Howell-Klassifikation 280
 Chlorhexidindigluconat 302, 475–476
 Nebenwirkungen 476
 Clavulansäure 302
 Cochrane Collaboration 83–85
 computerassistierte Chirurgie 303–304, 520–538
 All-on-four-Methode 303–304
 Planung 303–304, 307A, 309A, 311A, 315A, 521, 523A, 533A
 Vorteile und Nachteile 538T
 Ziele 520
 Computertomografie 165
 3-D-Rekonstruktion 166, 167
 akquisitorisches Tomogramm 166
 Darstellung des Canalis mandibularis 167
 für Patientenberatung ungeeignet 505
 Maximumintensitätsprojektion 167
 multiplanare Rekonstruktion 166, 169A
 Schnitte 166, 168–168A, 523A
 zur Beurteilung der Osseointegration ungeeignet 186
 cpTi DAE-DCD-Implantate 55–60, 55A, 57A, 57T, 59A
 cpTi DAE-Implantate 55–60, 55A, 57A, 57T, 59A

D

Deckprothese(n) 133–134, 144–145A, 296–297
 Implantatüberlebensrate für sofortbelastete 69
 Okklusionskonzepte 452–453
 Stabilisierung durch Mini-Implantate 427, 428–429A
 Dentallmplan 506A
 Dermografiestift 219
 Desmodont 436, 437
 Dickenmessung (Prothese) 131A, 143A
 Digitizer 460
 Distalneigung von Implantaten 297–300
 Einfluss auf die Belastung des Alveolarknochens 298
 Finite-Elemente-Analysen 298–300
 Distanzosteogenese 49, 59A
 Dokumentation
 fotografische 126, 127T
 empfohlene Anwendungen 132T
 klinische 513–514

E

Eindrehmoment 35–36, 36A
 empfohlene Werte 40, 269
 für Einzelzahnimplantate 269
 für verblockte Implantate 269
 und Knochen-Implantat-Kontakt (BIC) 36A
 Einheilzeiten 2–3

Ein-Modell-Technik 341A, 351–357, 352–355A
 chirurgisch-prothetische Phase 356, 353A
 Laborphase 356
 präoperative Phase 356
 Transferplatte 351, 353A
 Vorteile und Nachteile 357
 Einscheidung, bindegewebige 19
 Einstückguss 381
 Einwilligungserklärung, schriftliche 512–513, 515A
 Einzelbüschelzahnbürsten 476, 479A
 Einzelkristallauflagerung 56
 Einzelzahnersatz
 Bewertung der Ästhetik 486–487
 Okklusionskonzepte 447
 Einzelzahnimplantate
 Extraktionsalveolen vs. unbezahnte Bereiche 76, 76A
 Okklusionskonzepte 447
 Überlebensraten für sofortbelastete 74A, 75–77, 486, 487T
 Elektromyografie (EMG) 463
 standardisierte Indizes 461A
 E-Linie 96, 97A
 Elite Implant VPS 211
 Endoskopie, virtuelle 176–177A, 185A, 186
 Ergebnisverpflichtung 513
 Erythrozyten 50A, 51A
 evidenzbasierte Medizin 484, 484A
 Evidenzleiter 81–83
 Evidenzpyramide 288A
 Exkursionsbewegungen 439A
 Extension(en), distale 211, 304, *siehe auch: Freunde*
 Dimensionen 451–452
 Komplikationen 304
 Okklusionskonzept 451–452
 Extraktion, atraumatische 250, 261
 Extraktionsalveole(n)
 diagnostische Schlüssel zur Klassifikation 249
 Implantation in 75–77, 249–256, 261–263A
 Transplantation in 250–252
 Extraktor, koaxialer 250, 261A

F

Fall-Kontroll-Studien 82
 Faserknochen 19, 26
 Fernröntgenseitenbild 164
 Fibringerinsel 50A, 51
 Fibrinretention der Implantatoberfläche 50A
 Finite-Elemente-Analyse(n)
 dreidimensionale 300
 zweidimensionale 298
 Flusssäure 56
 Flusssäureätzung (von Implantatoberflächen) 56
 Forschungsaktivitäten der Autoren 286–289, 287T
 fotografische Dokumentation 126, 127T
 empfohlene Anwendungen 132T
 Frakturheilung 5–6
 Frakturstabilisierung 40

Freiende(n)
 bei V-II-V-Methode nicht erforderlich 329
 ideale Länge 298, 451
 Kräfteverteilung bei Toronto-Bränemark-Rehabilitationen 305
 Länge und Mikrobelastrung des distalen Implantats 329
 Okklusionskonzepte 450–451
 Frontzähne, axiale Ausrichtung 105
 Frontzahnführung 445
 Frühbelastung 12
 am Tiermodell 7–9
 Funktionsanalyse 98–99

G

Geflechtknochen 18–19, 21A
 geneigte Implantate 211–214, 212A
 in Extraktionsalveolen 256
 Gerinnung (nach Implantation) 51
 Gerüste, passivierte 381
 Gerüstkontraktion 381
 Geschlechtsdimorphismus 466–467
 Gips, Ausdehnung 380–381
 Glabella 96
 goldener Schnitt 104–105
 Granulationsgewebe 256
 Gruppenführung 444

H

Härte dentaler Materialien 149T
 Heilung, periimplantäre, Stadien 18–26
 Histologische Untersuchung der Sofortbelastung 9–11, 10A
 Höckerabhängige, Reduktion der Neigung 440A
 Höckerhöhe, Reduktion 446
 Honorarfrage 501
 Hypertrophie, funktionelle 6

I

Ibuprofen 302
 Implant Esthetic Score (IES) 242
 Implantat(e)
 Flora 256
 geneigte 211–214, 212A, 288–289, 296, 297–300,
siehe auch: Distalneigung
 konische 282
 kurze 280
 Makrogeometrie 49A
 Mikrobelastrung durch Freundsattel 329
 schraubenförmige 55
 taktile Wahrnehmung 437
 Unterschiede zu natürlichen Zähnen 436–444
 Implantat-Abutment-Übergang 362–363
 Implantatanzahl
 unbezahnter Unterkiefer 190
 und Unterkieferform 441A

Implantatästhetik, Bewertung 242, 486–487
 Implantatbetaufbereitung 41–42, 190
 geneigte Implantate 301, 319A
 Implantateigenschaften 3–4
 Implantatform 3, 48
 Implantation
 computergeführte 303–304
 Erhebungsbogen 548–549
 in Extraktionsalveolen 249–256, 257–258A, 261–263A
 Abstand Implantat – labialer Knochen 254–255
 bei endodontischen Läsionen 255–256
 bei parodontalen Läsionen 255–256
 chirurgische Aspekte 252–255
 chirurgisches Vorgehen 253–254
 Implantatposition 267A
 prothetisch geführte 151, 304
 Implantatmobilität
 und Implantatstabilitätsquotient 37
 und Knochendichte 37
 und Periotest-Werte 37
 Implantatoberfläche 3–4, 9, 54–60, 80
 additive Veränderung 55
 Aluminiumoxid-Nanobeschichtung 56
 Fibrinretention 50A, 51
 Flusssäureätzung 56
 Interaktion mit Blut 51
 Kalziumphosphat-Einzelkristallauf Lagerung 56
 Mikrotopografie 48–49, 49A, 55
 Nanotopografie 48–49, 49A, 55–56
 nanotopografische vs. chemische Modifikation 60
 raue vs. glatte 68–75, 73A, 74A, 80
 Rauigkeit 51
 subtraktive Veränderung 55
 Thrombozytenaktivierung 50A, 51
 Topografie 54–60
 und mechanische Belastung 9
 Implantatpflege 472–480
 Bedeutung der professionellen 472
 Beispielprotokoll 475T
 Einflussfaktoren 472–474
 Mini-Implantate 433
 Pflegeprotokoll 475–477
 professionelle Reinigungsinstrumente 477–480,
 479A
 und Weichgewebeheilung 473, 478A
 Implantatplanung 166
 bildgebende Diagnostik 166, 178–179A
 computergestützte 303–304, 307A, 309A
 Implantatposition 241, 267A,
 „Bottom-up“-Ansatz 367
 apikokoronar 241, 267A, 363
 mesiodistal 241, 365
 Transfer mithilfe der Prothese 344–350, 346–347A
 vestibulooral 241, 365
 Implantatstabilität 32–42, 50A
 Messung 35
 Schwankungen bei belastungsfreier
 Osseointegration 38
 Schwankungen bei Sofortbelastung 38–40
 Implantatstabilitätsquotient (ISQ) 37





- Implantatüberleben
 Brånemark Novum System 297
 geneigter Implantate 298T
 im ästhetischen Bereich 486–487T
 in parodontal und endodontisch veränderten
 Bereichen 256
 Mini-Implantate 426
 nach Knochen transplantation 282
 sofortbelasteter Implantate 287, 287A
 Toronto Branemark Rehabilitationen 297
 V-II-V-Methode 326T
- Implantatversagen
 Erhebungsbogen 550
 Mini-Implantate 426
 sofortbelasteter Implantate 19, 77, 78A
- Implantatverteilung
 All-on-four-Methode 327T, 328T
 V-II-V-Methode 326T, 328T
- Indexierungsverfahren 190–193, 191–192A, 284–285A
- Informationsmittel 503–506
- Innen-außen-Transplantat 254, 255, 268A
- Insulin-like Growth Factor (IGF) 53
- Interdentalbürsten 477, 479A
- Interpupillarlinie 96, 97A
- Inzisalkanten 101–104, 103A
- Inzision
 All-on-four-Methode 300
 unbezahnter Oberkiefer 213–214
- J**
- Jemt-Index 486–487
- K**
- Kallus 18
- Kalottentransplantat 280–282, 283A
 Implantatbettauflbereitung nach 281T, 282
- Kalziumphosphat 56
- Kaumuskulatur
 Oberflächenelektromyografie 459–460, 461A
 Palpation 98
- Kautest 462A, 464–465
- Kieferchirurgie 150–151
- Kieferrelationsbestimmung
 intraoperative 349A, 351
 mithilfe der Prothese 344–350, 346–347A
- Knochen
 demineralisierter autologer 250
 deproteinisierter boviner 251
- Knochenanalyse, morphologische und
 strukturelle 166, 172–173A, 175A
- Knochenangebot, apikales 252, 267A
- Knochenbindung 53–54, 56
 Theorien zur 54
- Knochendichte
 und Knochenkompression 40–42
 und Primärstabilität 40
- Knochenheilung bei Sofortbelastung 26–27
- Knochen-Implantat-Kontakt (BIC) 4, 26
 Osseotite-Oberfläche 4
 und Eindrehmoment 36A
 und spannungsfreie Passung 378–379
- Knocheninseln 20A
- Knochenneubildung 52A, 53
- Knochenqualität bei Sofortbelastung 9–11, 10A
- Knochenresorption bei Sofortbelastung 7–8, 11, 11A
- Knochenzialoprotein 52A
- Knochen transplantation 280–282
 Implantatüberleben nach 282
- Knochenumbau 437
- Knopp-Härte 148
- Kohortenstudien 82
- Kollagenschwamm 255, 262A
- Kommissurenlinie 96, 97A
- Kompensation bei veränderter skelettaler Klasse
 implantatprothetische 134–148, 146A–147A
 kieferchirurgische 150–151, 155A
- Konsensuskonferenz(en) 517
 Barcelona 2002 12
 Gstaad 2002 12
 zur Sofortbelastung 516T, 517
- Kontaktosteo-genese 49–53, 52A
- Konversionsprothese 344, 345A
 Herstellung im Labor 409–410, 409T, 414–416,
 415T
 Vorteile und Nachteile 344
- Korridor, bukkaler 101
- Kortikalis
 periimplantäre 26, 30A
 vestibuläre 262A
- Kortikalisierung, periimplantäre 19, 24A
- Krankenakte 542
- Kreuzbiss als Okklusionskonzept 440A, 451
- Kugellankersystem 425
- L**
- Labiomentalwinkel 98
- Labionasalwinkel 98
- Laboruntersuchung 126
- Lachbreite 99
- Lachlinie 99, 102A, 250, 362, 364A
- Lachlinientypen 102A
- Lamellenknochen 18, 22A, 23A, 26
- Lappendesign
 All-on-four-Methode 300
 atraumatische Extraktion 250
 unbezahnter Oberkiefer 213–214
 unbezahnter Unterkiefer 190, 191A
- Lappenpräparation und Operationsschablone 529A
- Läsionen
 parodontale 256
 periapikale endodontische 256
- Leitlinien
 klinische 514–516
 zur Sammlung und Organisation wissenschaftli-
 cher Daten 542–545
- Leitlinienerstellung 514–517
- Lippen 99–101

Lippenform 467
 Veränderung im Alter 467
 Lippenlinie 99
 Veränderung im Alter 467
 Lippenmorphologie, Quantifizierung 467
 Literatur-Review, systematischer 66, 545

M

Makrogeometrie (von Implantaten) 3
 maximum voluntary clench (MVC) 463–464
 Maximumintensitätsprojektion 167, 179A
 Membran(en) 250, 268A
 resorbierbare 255
 Mepivacain 300
 Metaanalyse(n) 66, 82–83, 545
 Mikrobelastrung 7
 Mikrobewegungen (von Implantaten) 4–5, 33, 252
 Auswirkungen auf den Knochen 33–35, 34A
 Periostestwerte 37
 schädliche 5, 193
 tolerierte 5, 193
 und Knochenbildung 8–9
 Mikrogeometrie (von Implantaten) 3–4
 Mikrokallus, periimplantärer 18
 Mikromobilität von Implantaten 32, 33A
 und Eindrehmoment 36A
 und Knochendichte 36A
 Mini-Implantate
 Biomechanik 425–426
 Bohrtiefe bei selbstschneidenden 427
 chirurgisches Vorgehen 423A, 427–432, 430A
 ideale Anordnung 427
 Indikationen bei festsitzenden und herausnehmbaren Prothesen 422–425
 Kontraindikationen 425
 Pflege 433
 Planung 426
 prothetisches Vorgehen 432–433, 430–431A
 Vorhersagbarkeit 426
 Mini-Implantatsysteme, Komponenten 425
 Mittellinie
 dentale 96, 97A, 101, 103A
 faziale 96, 97A
 Mittelverpflichtung 513
 Mock-up 221
 Mock-up, diagnostisches 126–132, 128–129A
 ästhetische und funktionelle Parameter 133T
 Modelle, stereolithografische 521, 524–527A
 Morphogenese, mechanische 11
 Mundpflegegewohnheiten 474
 Mundspülungen 476
 Musculus
 masseter 461A, 462A, 463–465
 temporalis 461A, 462A, 463–465
 Muskelsymmetrie 463

N

Naproxen-Natrium 302
 Neotenie 466
 Nervus alveolaris inferior 300
 anteriore Schleife 300–301
 NobelGuide 303–304

O

Oberflächenelektromyografie (OEMG) 459–460, 463–466
 Bedeutung für die Klinik 465–466
 dynamische Beurteilung 462A, 464–465
 Standardisierung 463
 statistische Auswertung 461A, 463–464
 Oberkieferatrophie, schwere 154A
 Ödem, postoperatives 473
 Okklusion
 bilateral balancierte 444
 Eckzahngeschützte 444
 natürlicher Zähne 445T
 Okklusionsebene 101
 Okklusionskonzept(e)
 für implantatgestützten Zahnersatz 446–453, 448–449T
 Einzelzahnersatz 447
 mehrere fehlende Zähne 450–451
 Zahnlosigkeit 451–453
 für zahngestützten Zahnersatz 444–445
 Operationsplanung, computergestützte 303–304, 307A, 309A, 311A, 315A
 Operationsschablone 158A, 159, 191–192A, 521–538, 529A, 534A
 All-on-four-Methode 301, 308A
 computerassistierte Planung 533A
 Prothesendukplikat als 190
 V-II-V-Methode 316A
 Operationstrauma 18, 32
 Osseointegration
 biomechanische Faktoren 5–7
 Einflussfaktoren 3–7
 Osseotite-Implantate 9
 Osseotite-Oberfläche 4
 Osteogenese, periimplantäre 8
 Aktivierung 18
 Osteoid, lamelläres 18
 Osteoidbänder 19, 24A, 26, 29A
 Osteoidinseln 18, 20A
 Osteoklasten 18–19, 22A, 25A
 Osteokonduktion 53, 56
 Osteone
 primäre 19, 22A, 24A, 26
 sekundäre 26, 31A
 Osteopontin 52A
 Overbite 445
 Overjet 445



P

Panoramaaufnahme 164, 168A
 für Patientenberatung ungeeignet 504A, 505
 passiver Sitz, Überprüfung 193, *siehe auch: Passung, spannungsfreie*
 Passung, spannungsfreie
 Einflussvariablen 379
 Evaluation 378–380
 experimentelle Studie 381–389
 Herstellung prothetischer Komponenten 380–381
 Probleme 379
 tolerable Fehlpassung 380
 und Abformtechnik 381–389, 384–387A
 Patienten
 Angst 496–497
 Aufklärung 512–513
 Beteiligung an der Entscheidungsfindung 484
 Einwilligung 512–513
 fehlendes Wissen 495–496
 vier Fragen an den Arzt 498–501
 Patientenakte(n) 513–514
 Mindestanforderungen 514
 Patientenakzeptanz, Hürden 494–498, 495T
 Patientenevaluation 94–95
 Patientenzufriedenheit 459, 488–489
 Übereinstimmung zwischen Patient und Arzt 488–489, 488T
 periimplantäre Kortikalisierung 19, 24A
 Periotest 36–37, 36A, 380
 Periotom 250
 Pflegeprotokoll (Implantatpflege) 475–477, 475T
 Pick-up-Abformung 241
 Planungssoftware 521
 Plaquebildung 473
 Platelet-derived Growth Factor (PDGF) 51
 Platform Switching 365, 367, 368A
 Pogonion 96
 Primärstabilität 32, 49
 als absolute Voraussetzung 253
 bei der V-II-V-Methode 305
 Hauptfaktoren 253T
 Übergang zur Sekundärstabilität 50A
 und Knochendichte 40
 und Knochenkompression 40
 und Mikrobewegungen 33, 33A
 professionelle Zahnreinigung 477
 Profil 96
 Profiltyp 97A
 Proteoglykane 52A
 Prothese(n)
 Abnutzung 443A
 Auswirkung auf das Gesichtsprofil 467
 diagnostische provisorische 150T, 159
 festsitzende 132–133
 Indikationen für Miniimplantate 422–425
 Oberflächenelektromyografie der neuromuskulären Stabilität 465
 Okklusionskonzepte für Implantatgetragene 541–453

Stabilisierung durch Miniimplantate 422, 428–429A
 verschraubte 142A, 336–337
 Herstellung im Labor 417–418, 417T
 zementierte 136–137A, 138A, 139–141A, 336–337
 Prothesenduplikat 190
 Prothesenkonversion 200, 201–207A, 344, 345A
 prothetische Versorgung
 Auswahl
 extraorale Faktoren 134T
 subjektive Faktoren 134T
 technische Faktoren 134T
 bei verschiedenen Knochenklassen 135
 Kosten-Nutzen-Verhältnis 151
 prothetische(s) Verfahren
 ideales 337
 technische Analyse 337
 Protrusionswege 439A
 Provisorium
 All-on-four-Methode 302, 303–304, 310A, 312A
 diagnostisches 150T, 159
 teilbezahnter Frontzahnbereich 246A
 teilbezahnter Seitenzahnbereich 273A
 unbezahnter Oberkiefer 214, 222A, 232A, 237
 unbezahnter Unterkiefer 195A, 204–205A
 und Mundhygiene 474
 verschraubtes 399, 400, 406
 Herstellung am Behandlungsstuhl 400–401, 402T
 Herstellung im Labor 401–403, 402T, 408–409, 409T
 zementiertes 399–400, 406
 Herstellung am Behandlungsstuhl 403, 402T
 Herstellung im Labor 404–406, 404T, 410–412, 411T
 Prozentüberlappungskoeffizient (POC) 461A, 463–465

R

Referenzlinien 96, 97A
 Register, klinisches 545, 546–547T
 Reinigungsinstrumente, professionelle 477–480, 479A
 Resonanzfrequenzanalyse (RFA) 37–38
 klinisch ungeeignet 38
 Restauration(en)
 tolerable Fehlpassung 380
 verschraubte 362, 379
 zementierte 362, 379
 Restaurationsmaterial, prothetisches
 Abnutzung 149T
 Härte 149T
 Wahl 148
 Restspalt zwischen Implantat und Alveole 251, 254–255
 Reviews
 narrative 83
 systematische 82–83, 516
 PICO-Fragestellung 516
 Röntgenschablone 159, 520–521
 Röntgenuntersuchung 126, 126T



S

- Sachverständiger, zahnmedizinischer 512
- Schädelkalotte 280
- Schaltlücken, Okklusionskonzepte für 450–451
- Schmerzen
 - Patientenaufklärung 500–501
 - postoperative 302, 473
 - und Mundhygiene 473
- Schnitman-Protokoll 286
- schwedische Schule 2–3
- Seitenabweichung des Unterkiefers 463–464
- Seitenzahnführung 444–445
 - Gruppenführung 444
 - Prinzipien 444–445
- Sekundärstabilität 32, 49–54, 50A
- Septen (Sinus maxillaris) 180–181A, 184–185A
- Sichtbarkeit des ästhetischen Bereichs 362, 364A
- Simulationssoftware 505–506
- Sinus maxillaris 180–181A
 - anteriore Wand 212A, 218A, 300–301
 - Antrostomie 214
 - Bestimmung der Position 214
 - posteriore Wand 305
- Sinusbodenaugmentation 167–186
- skelettale Klasse(n) 135
 - II,1 445
 - implantatprothetischer Ausgleich 134–148, 146A–147A
 - kieferchirurgische Kompensation 150–151, 155A
- Sofortbelastung
 - als Patientenwunsch 394–395
 - am Tiermodell 7–9
 - Anzahl klinischer Artikel zur 69
 - Dynamik der Knochenheilung 26–27, 33A
 - Extraktionsalveolen vs. unbezahnte Bereiche 76, 76A
 - Histologie 9–11, 10A
 - ideales prothetisches Verfahren 337
 - Implantatüberlebensraten 78, *siehe auch: Implantatüberleben*
 - in Extraktionsalveolen 75–76
 - Klassifikation 12
 - klinische Verfahren
 - für Extraktionsalveolen 249–268
 - für teilbezahnte Frontzahnbereiche 241–248
 - für teilbezahnte Seitenzahnbereiche 269–279
 - für unbezahnte Oberkiefer 211–240
 - für unbezahnte Unterkiefer 190–211
 - patientenseitige Gründe 395
 - Patientenzufriedenheit 459
 - Position der Cochrane Library 81, 85–86
 - prothetisches Protokoll 369
 - Terminologie 11–12
 - und Knochenresorption 7–8
 - und Knochentransplantation 280–285
- Spalt
 - periimplantärer 251, 254
 - zwischen Implantat und labialem Knochen 254
 - > 4 mm 255, 268A
 - ≤ 4 mm 254–255, 268A

- Speisebolus 446
- Splinting* 5
- Stabilität
 - biologische 49–54
 - neuromuskuläre 463–466
- Stereofotogrammetrie 460, 460A
- Stereolithografie 521, 524–527A
- Studien 542
 - Beobachtungsstudien 82
 - Datenerfassung 542
 - experimentelle 381–389
 - Fall-Kontroll-Studien 82
 - Kohortenstudien 82
 - Metaanalysen 82–83
 - nicht kontrollierte 82
 - randomisierte kontrollierte (RCTs) 82, 545
 - randomisierte 544A
 - retrospektive 82
 - systematische Reviews 82–83, 516, 545
- Subnasale 96
- Superfloss-Zahnseide 467, 479A

T

- teilbezahnte Patienten
 - Behandlungsalgorithmus 397T
 - Behandlungsoptionen 399–406
- Teilprothese(n)
 - Implantatüberlebensraten für sofortbelastete 72–75, 73A
 - Stabilisierung durch Miniimplantate 423A
- Temporomandibulargelenk
 - TSR-Darstellung 177A
 - Untersuchung 98–99
- Terminologie (zur Früh- und Sofortbelastung) 11–12
- Therapieoptionen
 - Besprechung mit dem Patienten 501–507
 - unbezahnte Patienten 132–133
- Thin Slab Rendering (TSR) 167, 170A
- Thrombozyten 50A, 51A
- Thrombozytenaktivierung 50A, 51
- Titanplasma 3
- Tomogramm, akquisitorisches 166
- Toronto-Bränemark-Rehabilitation(en) 296
 - Implantatüberleben 297
 - Kräfteverteilung 305
- Toronto-Brücke 214
 - Kaplan-Meyer-Analyse 230T
 - klinische Ergebnisse 214–230
 - und Mundhygiene 230
- Transferplatte (Ein-Modell-Technik) 351, 353A
- Transforming Growth Factor- β (TGF- β) 18, 51
- Transplantatexposition 280
- Tripodisierung 445
- Turn-over 6



**U**

- Überbiss 445
- Übergangsepithel 363
- Unterkieferbewegungen, funktionelle 98
- Unterkieferform und Implantatanordnung 441A
- Untersuchung
 - apparative 126
 - der funktionellen Unterkieferbewegungen 98
 - der Vertikaldimension 98, 99
 - des Temporomandibulargelenks 98–99
 - des unteren Gesichtsdrittels 99–105
 - extraorale 95–105
 - intraorale 105, 104T
 - klinische 95
 - mit diagnostischen Modellen 105–117, 105T

V

- Verblocken (von Implantaten) 5
- Veröffentlichung, wissenschaftliche 542–545
 - Aufbau 543–545
 - Ziele 542
- Vertikaldimension 348A, 351
 - ästhetische Untersuchung 98, 100A
 - funktionelle Untersuchung 99
- V-II-V-Methode 304–305, 314–316A, 3329
 - Erfolgsrate 329
 - Implantatüberleben 326T, 328T
 - Implantatverteilung 326T
 - Unterschied zur All-on-four-Methode 305
 - Vorteile 329
- Vollschichtlappen 214
- Volume-rendering-Technik (VRT) 167, 174–175A

W

- Wax-up, diagnostisches 217A, 232A
- Weichgewebe
 - 3-D-Darstellung 172
 - dreidimensionale Analyse der fazialen 460–463, 460A, 466–467
 - Modifikation durch implantatgestützten Zahnersatz 467
 - Relation zum Hartgewebe 466–467
- Weichgewebeersatz (prothetischer) 132–133
- Weichgewebeheilung und Implantatpflege 473, 478A
- von Willebrand-Faktor 51
- Wurzelspaltung 250

Z

- Zahnbogenabstand 130A
- Zahnbürste 476
 - extraweiche 476
- Zähne
 - dreidimensionale Position 249–250
 - impaktierte 167, 175A
 - taktile Wahrnehmung 437
 - Unterschiede zu Implantaten 436–444
- Zahnersatz
 - verschraubter 362, 379
 - zementierter 362, 379
- Zahnfleischgirlande, Verlauf 249
- Zahnfleischsaum, Abstand zum Alveolarkamm 250
- Zahnform 249
- zahnlose Patienten
 - Behandlungsalgorithmus 407T, 413T
 - Prothesentypen 336–337
 - Therapieoptionen 132–133
 - Oberkiefer 406–412, 407T
 - Unterkiefer 412–418, 413T
 - Ziele der implantatgestützten Rehabilitation 336
- Zahnwurzeln
 - 3-D-Darstellung 174, 175A
- Zementlinie 52A
- Zirkongerüst 197A
- Zytokine 50A