

Fortschritte und aktuelle Trends in der oralen Implantologie

Daniel Buser und Urs C. Belser

Klinik für Oralchirurgie,
Zahnmedizinische Kliniken der Universität Bern;
Abteilung für Zahnärztliche Prothetik,
Zahnärztliches Institut der Universität Genf

Prof. Dr. Dr. h.c. André Schroeder
zum 80. Geburtstag gewidmet

Schlüsselwörter:
Fortschritt, osseointegrierte Implantate,
orale Implantologie, teilbezahnte Patienten, Trends

Korrespondenzadresse:
Prof. Dr. Daniel Buser, Klinik für Oralchirurgie
Freiburgstrasse 7, CH-3010 Bern

Die Verwendung osseointegrierter Implantate hat die restaurative Zahnmedizin in den letzten 15 Jahren massgeblich verändert. Diese Entwicklung basiert auf zahlreichen wissenschaftlichen Studien, die einen deutlichen Erkenntnisgewinn gebracht haben. Zudem werden Implantate heute überwiegend bei teilbezahnten Patienten inseriert, was für das einzelne Implantat oftmals weit höhere biomechanische Anforderungen zur Folge hat. Aufgrund dieser Entwicklung haben sich in den letzten Jahren in der oralen Implantologie einige bemerkenswerte Trends herauskristallisiert. Diese werden in der vorliegenden Arbeit im Detail vorgestellt und diskutiert. Zudem werden die Therapiekonzepte zur Behandlung teilbezahnter Patienten mit ITI-Implantaten präsentiert, wobei zwischen Indikationen im anterioren und posterioren Bereich unterschieden wird.

(texte français voir page 343)

Einführung

Die orale Implantologie hat sich in den letzten 15 Jahren mehr und mehr auch in der Privatpraxis durchgesetzt, und sie ist zu einem wichtigen Bestandteil der modernen Zahnmedizin geworden. Diese Entwicklung basiert auf den fundamentalen Forschungsergebnissen der Arbeitsgruppen von Prof. P. I. Brånemark an der Universität Göteborg und Prof. A. Schroeder an der Universität Bern, die vor mehr als 20 Jahren unabhängig voneinander zeigen konnten, dass enossale Titanimplantate im Kieferknochen eine zuverlässige Verankerung mit direkten Knochen-Implantat-Kontakten erzielen können (BRÅNEMARK et al. 1969, SCHROEDER et al. 1976). Dieses Phänomen wird heute

allgemein als Osseointegration oder funktionelle Ankylose bezeichnet (BRÅNEMARK et al. 1977, SCHROEDER et al. 1978, SCHROEDER et al. 1981).

Die klinische Erprobung von osseointegrierten Implantaten erfolgte in der Anfangsphase vorwiegend bei zahnlosen Patienten. Retrospektive Studien zeigten speziell für den zahnlosen Unterkiefer gute Langzeitergebnisse (ADELL et al. 1981, BABBUSH et al. 1986, ADELL et al. 1990, LEDERMANN 1996). In den letzten 10 Jahren hat sich die klinische Anwendung von osseointegrierten Implantaten mehr und mehr auf teilbezahnte Patienten mit Freundsituationen, Schalt- oder Einzelzahnlücken im Ober- und Unterkiefer ausgedehnt. Durch den zunehmenden Erfolg der oralen Implantologie sind im Laufe der Zeit eine Vielzahl von dentalen Implantatsystemen auf dem Markt erschienen. Einige davon sind wieder vom Markt verschwunden, andere haben sich international durchgesetzt. Es ist ganz allgemein festzustellen, dass sich die erfolgreichen Systeme mehr und mehr ähneln, da die in den letzten 15 Jahren erworbenen wissenschaftlichen Erkenntnisse bei der Neu- oder Weiterentwicklung von Implantatsystemen berücksichtigt worden sind. Leider ver-



Implantologische Versorgung einer Einzelzahnücke regio 23:
Klinischer Befund 4 Jahre nach Implantation

Réhabilitation implantologique d'une édentation unitaire intercalée
au niveau de la 23: situation clinique 4 ans après l'implantation

fügen die meisten der heute angebotenen Implantatsysteme (noch) nicht über eine ausreichende wissenschaftliche Langzeitdokumentation, wobei gegenwärtig prospektive 5-Jahres-Ergebnisse als Minimalanforderung angesehen werden (ALBREKTSSON & ZARB 1993). Bei den führenden Implantatsystemen weisen primär das Brånemark-System (ADELL et al. 1981, ADELL et al. 1990, ZARB & SCHMITT 1993, LEKHOLM et al. 1994) und das ITI-System (BUSER et al. 1990a, BUSER et al. 1991a, BEHNEKE et al. 1992, MERICSKE-STERN et al. 1994, BUSER et al. 1997, BEHNEKE et al. 1997) eine ausreichende Langzeitdokumentation auf. Das von den Autoren bevorzugte ITI-System zeigt ausgezeichnete Langzeitergebnisse im zahnlosen wie im teilbezahnten Patienten. Eine Langzeitstudie mit mehr als 1000 Patienten und über 2300 prospektiv dokumentierten Implantaten (BUSER et al. 1997) ergab nach 8 Jahren eine kumulierte Überlebensrate von 96,7%, während die entsprechende Erfolgsrate bei 93,2% lag. Ziel dieser Übersichtsarbeit ist die Darlegung der Fortschritte und neuesten Trends auf dem Gebiet der oralen Implantologie. Zudem werden die daraus zu ziehenden klinischen Konsequenzen vorgestellt, indem das praktische Vorgehen bei teilbezahnten Patienten präsentiert und diskutiert wird.

Aktuelle Trends in der oralen Implantologie

Heute sind in der oralen Implantologie einige klare Trends festzustellen, welche in der Tabelle I zusammengestellt sind und im folgenden einzeln diskutiert werden. Wie bereits dargelegt, werden Implantate heute überwiegend bei *teilbezahnten Patienten* eingesetzt. Dieser Trend lässt sich anhand von grossen Patientenpools belegen. Bei der Langzeitstudie von BUSER et al. (1997), die die Daten von drei Universitätszentren über einen Zeitraum von 1985 bis 1994 auswerten, lag das Verhältnis zwischen zahnlosen und teilbezahnten Patienten ungefähr bei 40% zu 60%. Eine Patientengruppe jüngerer Datums präsentierte die Genfer Universitätsklinik über die Zeitperiode 1989 bis 1996 (BERNARD et al. 1996). Von den total 1352 eingesetzten Implantaten entfielen 1147, das heisst mehr als 80%, auf teilbezahnte Patienten, wobei etwas mehr als die Hälfte der letzteren eine Freiendsituation aufwies. Dadurch werden heute weit höhere Anforderungen an einzelne Implantate gestellt, da diese sehr oft an Stellen mit reduziertem vertikalem Knochenangebot und überwiegend spongiöser Knochenstruktur, aber hoher okklusaler Belastung eingesetzt werden, wie zum Beispiel im Molarenbereich des Ober- und Unterkiefers. Diese posterioren Implantate sind in der Regel nicht mit mehreren zusätzlichen Implantaten verblockt, weshalb die biomechanischen An-

forderungen für das einzelne Implantat nicht nur an der Grenzfläche zwischen Knochen und Implantatoberfläche, sondern auch für die prothetischen Suprastrukturkomponenten steigen. Diese Überlegungen müssen bei der Selektion des zu verwendenden Implantatsystems berücksichtigt werden.

In den letzten 15 Jahren hat sich *Titan als Implantatmaterial der Wahl* eindeutig durchgesetzt, da Titan nicht nur über ausgezeichnete biologische, sondern auch über gute physikalische Eigenschaften verfügt (STEINEMANN 1994), die für einen Langzeiterfolg notwendig sind. Die in den frühen 80er Jahren vor allem in Deutschland stark propagierten Aluminiumoxyd-Implantate konnten die in sie gesetzten Erwartungen nicht erfüllen und sind vom Markt gänzlich verschwunden, da sie zu häufig frakturierten. Auch die Beschichtung von Titanimplantaten mit Calciumphosphat-Keramiken hat sich nicht durchgesetzt, da diese Beschichtungen biologisch nicht stabil sind und zu schwerwiegenden Langzeitkomplikationen führen können (JOHNSON 1992).

Heute werden vorwiegend *rotationssymmetrische, wurzelförmige Implantate* verwendet. Die subperiostalen Gerüstimplantate sind bereits in den 60er Jahren verlassen worden, weil sie oft Komplikationen wie periimplantäre Entzündungen und Fistelbildungen zeigten und im Fall von Misserfolgen zu schwerwiegenden Lagerschäden im betroffenen Kieferknochen führen konnten (MAEGLIN 1967). Das gleiche gilt für Extensionsimplantate, wie z.B. Blattimplantate, die in den 80er Jahren durch wurzelförmige Implantate abgelöst worden sind. Heute dominieren eindeutig *Schraubenimplantate* in all ihren Varianten mit konischer oder zylindrischer Konfiguration. Durch die rotations-symmetrische Form ist für den Operateur bei der Implantatpositionierung eine hohe Flexibilität gewährleistet, was speziell beim teilbezahnten Patienten von grossem Vorteil ist. Als Ergänzung zu den heute üblichen Standarddurchmessern von rund 4 mm wurden in den letzten Jahren von mehreren Implantatherstellern Schraubenimplantate mit kleineren (minimal 3 mm) und grösseren Durchmessern (maximal 6 mm) entwickelt, um den individuellen Knochenverhältnissen optimal Rechnung zu tragen. Die Schraubenform wird heute generell bevorzugt, weil sie einerseits die Primärstabilität bei der Implantatinsertion verbessert. Andererseits scheint das Schraubengewinde bei der Übertragung funktioneller Kräfte vom Implantatkörper in den umgebenden Knochen eine wichtige Rolle zu spielen. Zudem ermöglicht die rotationssymmetrische Form bei einem allfälligen Explantationsbedarf infolge eines Misserfolges eine knochen-substanzschonende Entfernung mit einer passenden Trepanfräse, wodurch sich der resultierende Knochendefekt in seiner Ausdehnung limitieren lässt.

Neben dem Implantatmaterial und der makroskopischen Implantatform ist in den letzten 15 Jahren vermehrt die mikroskopische Implantatoberfläche in den Blickpunkt des wissenschaftlichen Interesses gerückt. Bereits 1975 postulierte MÜHLEMANN in einer visionären Literaturübersicht, dass die ideale Implantatoberfläche zur Knochenverankerung rau sein sollte. Aufgrund zahlreicher experimenteller Studien ist dies heute unbestritten, da raue Titanimplantate eine wesentlich bessere Verankerung im Knochen erzielen als glatt strukturierte, maschinell gedrehte. Dies erklärt, warum Brånemark-Implantate mit einer glatten Implantatoberfläche signifikant höhere Misserfolgsraten bei 7 mm kurzen Implantaten oder an Stellen mit primär spongiöser Knochenstruktur aufweisen (JAFFIN & BERMAN 1991, QUIRYNEN et al. 1991, JEMT 1993). Aufgrund dieser klinischen Problematik ist heute ein klarer Trend zu *rauen Titanoberflächen* festzustellen, wobei diese durch verschiedene Verfahren produziert wer-

Tab. I Aktuelle Trends in der oralen Implantologie

- Heute werden überwiegend teilbezahnte Patienten mit Implantaten behandelt
- Titan ist heute das Implantatmaterial der Wahl
- Implantate mit Schraubenform haben sich klar durchgesetzt
- Eindeutiger Trend zu rauen Implantatoberflächen
- Die offene, trans mukosale Einheilung ist heute wissenschaftlich akzeptiert und wird zunehmend verwendet
- Prothetisch orientierte Implantatinsertion
- Trend zu zementierten Implantatsuprastrukturen
- Klare Indikationsausweitung für Implantate aufgrund der Fortschritte bei den Augmentationstechniken

Tab. II Vorteile der offenen, transmukosalen Einheilung

- Chirurgisch einphasiges Vorgehen
 - > kein chirurgischer Zweiteingriff
 - > kürzere Behandlungszeit
 - > reduzierte Behandlungskosten
- Exzellente Weichteilintegration unter Erhaltung der bestehenden keratinisierten Mukosa
- Günstigere biomechanische Hebelverhältnisse durch ein besseres Verhältnis zwischen Suprastruktur- und Implantatlänge
- Weniger Knochenresorption im Kambereich, wenn der Mikrospace deutlich oberhalb des Kieferkammes lokalisiert wird

den können. Am besten dokumentiert ist die Titanplasma-Spritzschicht (TPS), welche vor mehr als 20 Jahren von SCHROEDER et al. (1976) in der oralen Implantologie eingeführt worden ist. Diese mikroporöse Beschichtung ist seither von vielen Implantatsystemen verwendet worden. Sie wurde aber auch kritisch kommentiert, unter anderem weil Absprengungen von kleinen Titanpartikeln im periimplantären Knochen oder in regionalen Lymphknoten gefunden wurden (WEINGART et al. 1994). Um von solchen Beschichtungen wegzukommen, werden neuerdings vermehrt abtragende Verfahren propagiert wie Sandstrahlen, Säureätzung oder Kombinationen der beiden. Wie bereits erwähnt, lässt sich mit rauen Titanoberflächen eine wesentlich bessere und schnellere Knochenintegration erzielen, was durch signifikant höhere prozentuale Knochen-Implantat-Kontakte sowie erhöhte Ausdrehmomente belegt worden ist (CLAES et al. 1976, THOMAS et al. 1987, CARLSSON et al. 1988, WILKE et al. 1990, BUSER et al. 1991b, GOTFREDSEN et al. 1992, WENNERBERG et al. 1995, GOTFREDSEN et al. 1995, WONG et al. 1995, WENNERBERG et al. 1996, WENNERBERG et al. 1997, CARR et al. 1997, KLOKKEVOLD et al. 1997, COCHRAN et al. 1998). Eine vor kurzem durchgeführte, bisher unveröffentlichte Studie im Oberkiefer von Minipigs (BUSER et al. 1998a) dokumentiert erneut die Überlegenheit rauher Titanoberflächen mit deutlich besseren Ausdrehmomenten im Vergleich zu maschinell gedrehten Titanoberflächen. Während Implantate mit einer glatten Oberfläche im dreimonatigen Versuch Ausdrehmomente von lediglich 13–26 Ncm aufwiesen, stiegen die Ausdrehmomente am Ende der Versuchsperiode für die getesteten TPS-Implantate auf rund 150 Ncm. Dadurch ergeben sich klinische Vorteile für Implantate mit einer TPS-Beschichtung, indem diese auch bei primär spongiösen Knochenstrukturen erfolgreich verwendet werden können. Sie können auch in wesentlich geringeren Längen (bis zu 6 mm) eingesetzt werden, ohne eine signifikante Erhöhung der Misserfolgsrate in Kauf nehmen zu müssen (BERNARD et al. 1995a, Buser et al. 1997). Zudem kommt der Behandler tendenziell mit weniger Implantaten aus, was kostenreduzierend wirkt, da nicht jeder fehlende Zahn mit einem Implantat ersetzt werden muss (BUSER et al. 1988, BRÄGGER et al. 1990, BELSER et al. 1994, BERNARD et al. 1995a, BUSER et al. 1998b). In der bereits zitierten tierexperimentellen Studie wies eine sandgestrahlte und säuregeätzte (SLA) Titanoberfläche in der initialen Einheilphase noch höhere Ausdrehmomente als TPS-Implantate auf. Diese neue Titanoberfläche könnte eine deutliche Verkürzung der bisher üblichen Einheilphase von 3 Monaten ermöglichen, wobei diese Annahme durch eine klinische Studie an verschiedenen Zentren zur Zeit geprüft wird. Um eine Osseointegration voraussagbar erzielen zu können,

bedarf es neben einem gesunden Patienten (a) einer gewebe-schonenden Präparation des Knochenbettes, (b) der Primärstabilität des inserierten Implantates sowie (c) einer unbelasteten Einheilphase bei unverblockten Implantaten. Wenn diese Voraussetzungen erfüllt sind, kann eine Osseointegration sowohl mit einer gedeckten (chirurgisch zweiphasig) als auch mit einer offenen, transmukosalen Einheilung (chirurgisch einphasig) erzielt werden. Diverse vergleichende experimentelle und klinische Studien belegten die Gleichwertigkeit der beiden Methoden (GOTFREDSEN et al. 1991, ERICSSON et al. 1994, BERNARD et al. 1995b, ERICSSON et al. 1996, WEBER et al. 1996, ERICSSON et al. 1997). In den letzten Jahren ist ein deutlicher Trend zugunsten der offenen, transmukosalen Einheilung festzustellen, da diese mehrere klinische Vorteile bietet, die in Tabelle 2 zusammengefasst sind. Im Vordergrund steht dabei eindeutig die Vermeidung eines chirurgischen Zweiteingriffs, was nicht nur den Patienten weniger belastet, sondern auch die Behandlungszeit verkürzt und die Behandlungskosten senkt. Dieses Therapiekonzept wurde für osseointegrierte Implantate vor mehr als 20 Jahren ebenfalls durch SCHROEDER et al. (1976) eingeführt und erfährt nun auch ausserhalb des ITI-Systems eine ausgeprägte Breitenentwicklung (ERICSSON et al. 1994, HENRY & ROSENBERG 1994, BECKER et al. 1997, ERICSSON et al. 1997). Diese erfreuliche Entwicklung lässt sich schon allein durch die Tatsache dokumentieren, dass mehr und mehr Implantathersteller diesem Trend Rechnung tragen und neben ihren ursprünglich entwickelten, gedeckt einheilenden Implantaten neuerdings auch transmukosal einheilende Implantattypen anbieten.

Neben dem Einheilungsmodus konzentrierte sich die experimentelle Forschung in den letzten Jahren zunehmend auf die Weichteilintegration von Titanimplantaten. Während für Zahn und Implantat die epithelialen Strukturen mit einem Sulkus- und Saumeepithel praktisch identisch sind (SCHROEDER et al. 1981, BUSER et al. 1989, BERGLUNDH et al. 1991, BUSER et al. 1992a) finden sich im suprakrestalen Bindegewebe (BG) doch deutliche Unterschiede, indem das implantatnahe BG durch zirkuläre, parallel zur Implantatoberfläche verlaufende BG-Fasern und praktisch fehlende Blutgefässe dominiert wird, was stark einem Narbengewebe ähnelt (BUSER et al. 1992a, BERGLUNDH et al. 1994). Eine kürzlich publizierte Studie (COCHRAN et al. 1997) zeigte, dass sowohl bei unbelasteten als auch belasteten Titanimplantaten auffallend konstante Weichgewebsdimensionen bestehen, die weitgehend der biologischen Breite des marginalen Parodonts der Gingiva beim natürlichen Zahn entsprechen. Dabei scheint die Position des Mikrospace an der Verbindungsstelle zwischen Implantat und Suprastruktur die

Tab. III Operationstechniken zur Behebung von Knochen-defekten bei Implantatpatienten

- Alveolarextensionsplastiken durch eine Kieferkammsspaltung
- Lokaler Kammaufbau mit autologen Knochentransplantaten («On-lay grafts»)
- Membran- oder GBR-Technik
 - Regeneration periimplantärer Knochendefekte (einzeitig)
 - Lateraler Kammaufbau im teilbezahnten Patienten (zweizeitig)
 - Vertikaler Kammaufbau im teilbezahnten Patienten (zweizeitig)
- Sinusbodenelevation (ein- oder zweizeitig)
- Vertikaler Kammaufbau mit autologen Beckenkammtransplantaten (ein- oder zweizeitig)

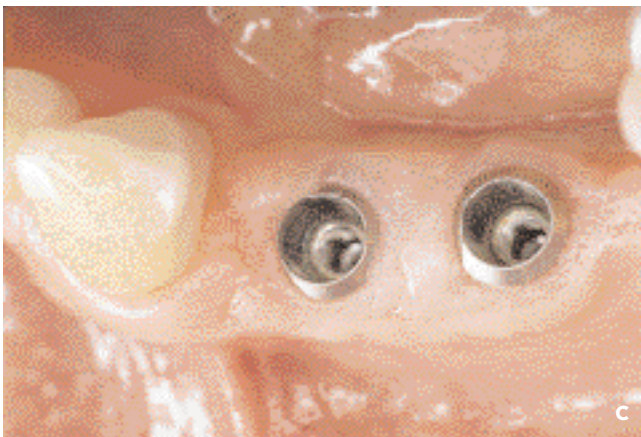
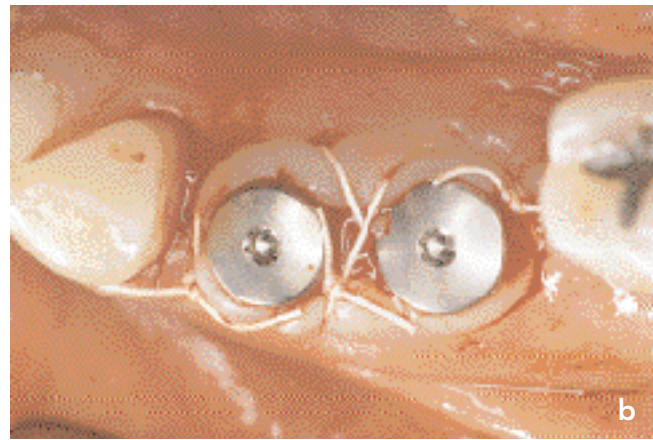
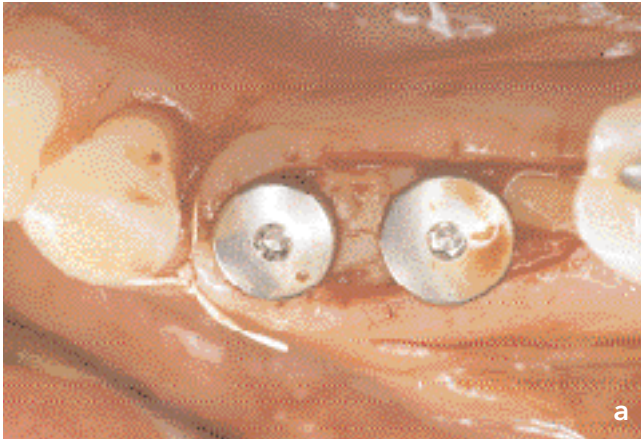


Abb. 1 a) Insertion von zwei direkt benachbarten Implantaten. Zwischen den beiden Implantaten ist ein genau passendes Vollschleimhauttransplantat eingelagert worden, um die keratinisierte Mukosa wiederherzustellen. b) Der Wundverschluss mit einer gekreuzten Matratzennaht und Einzelknopfnähten kann ohne Mukosaexzision durchgeführt werden. c) Klinischer Befund nach 3 Monaten: Die periimplantären Weichgewebe sind klinisch entzündungsfrei und gut keratinisiert. d) Status nach Einsetzen von zwei konischen Sekundärteilen mit 35 Ncm. Diese werden eine zementierte Suprastruktur ermöglichen.

Fig. 1 a) Intégration de deux implants directement juxtaposés. Un greffon de muqueuse prélevée en pleine épaisseur a été placé entre les deux implants, afin de régénérer la muqueuse kératinisée. b) La fermeture postopératoire est réalisée par une suture matelassée croisée et des points de suture isolés. Une excision muqueuse ne s'avère pas nécessaire. c) Situation clinique trois mois plus tard: les tissus mous péri-implantaires sont cliniquement exempts d'inflammation et bien kératinisés. d) Situation après insertion de deux éléments secondaires coniques avec un couple de 35 Ncm. Ils sont destinés à recevoir une suprastructure scellée.

apikale Proliferation des Saumeptithels wesentlich zu bestimmen (WEBER et al. 1996). Eine andere tierexperimentelle Studie (HERMANN et al. 1997) machte deutlich, dass die Lokalisation des Mikrospaltes die Gewebereaktionen im Kambereich während der Einheilphase entscheidend beeinflusst. Je tiefer bei diesem Experiment ein Implantat in den Knochen inseriert wurde, um so mehr Knochenresorption wurde nach der Freilegung der gedeckt einheilenden Implantate im Kambereich beobachtet. Diese Resorption des Knochens erfolgte relativ rasch und kam ungefähr 2 mm unterhalb des Mikrospaltes zum Stillstand. Weitere Studien werden die verschiedenen Faktoren untersuchen müssen, welche für dieses interessante Phänomen verantwortlich sind. Die Lokalisation des Mikrospaltes beeinflusst aber nicht nur das Ausmass der Knochenresorption im Kambereich, sondern auch das Hebelverhältnis zwischen Implantat und Suprastruktur, was aus biomechanischer Sicht für den langfristigen Implantaterfolg wichtig sein kann.

Während in den 80er Jahren Implantate primär in Abhängigkeit des lokal vorhandenen Knochenangebotes inseriert worden sind, erfolgt dies heute vermehrt aus der Sicht einer optimalen prothetischen Versorgung. Man spricht im Gegensatz zum

«bone-driven implant placement» heute gerne von «restoration-driven implant placement» (GARBER & BELSER 1995). Dieses Prinzip hat speziell bei ästhetisch anspruchsvollen Indikationen eine hohe Priorität, um die Behandlungsergebnisse aus ästhetischer Sicht zu optimieren. Diese Entwicklung ist durch die erzielten Fortschritte auf dem Gebiet der Augmentations-techniken begünstigt worden. Daneben spielen aber auch hier biomechanische Aspekte eine Rolle, da prothetisch optimal positionierte Implantate weit weniger mit extraaxialen Kräften belastet werden. Damit kann das Risiko für Misserfolge durch Materialermüdung (Lösen oder Fraktur von Sekundärteilen und Befestigungsschrauben, Fraktur von Implantaten etc.) wesentlich verringert werden. Um solche Komplikationen verhindern zu können, ist auch ein Trend zu zementierten Implantatrekonstruktionen festzustellen, speziell für wenig ausgedehnte Suprastrukturen wie Einzelkronen oder kurzspannige Brücken im posterioren Bereich des Ober- und Unterkiefers. Diese bieten nicht nur ein kleineres Risiko für biomechanische Komplikationen, sondern auch ein einfacheres klinisches Vorgehen sowie den sozioökonomischen Vorteil reduzierter Behandlungskosten. Das Fehlen eines ausreichenden Knochenvolumens bei poten-

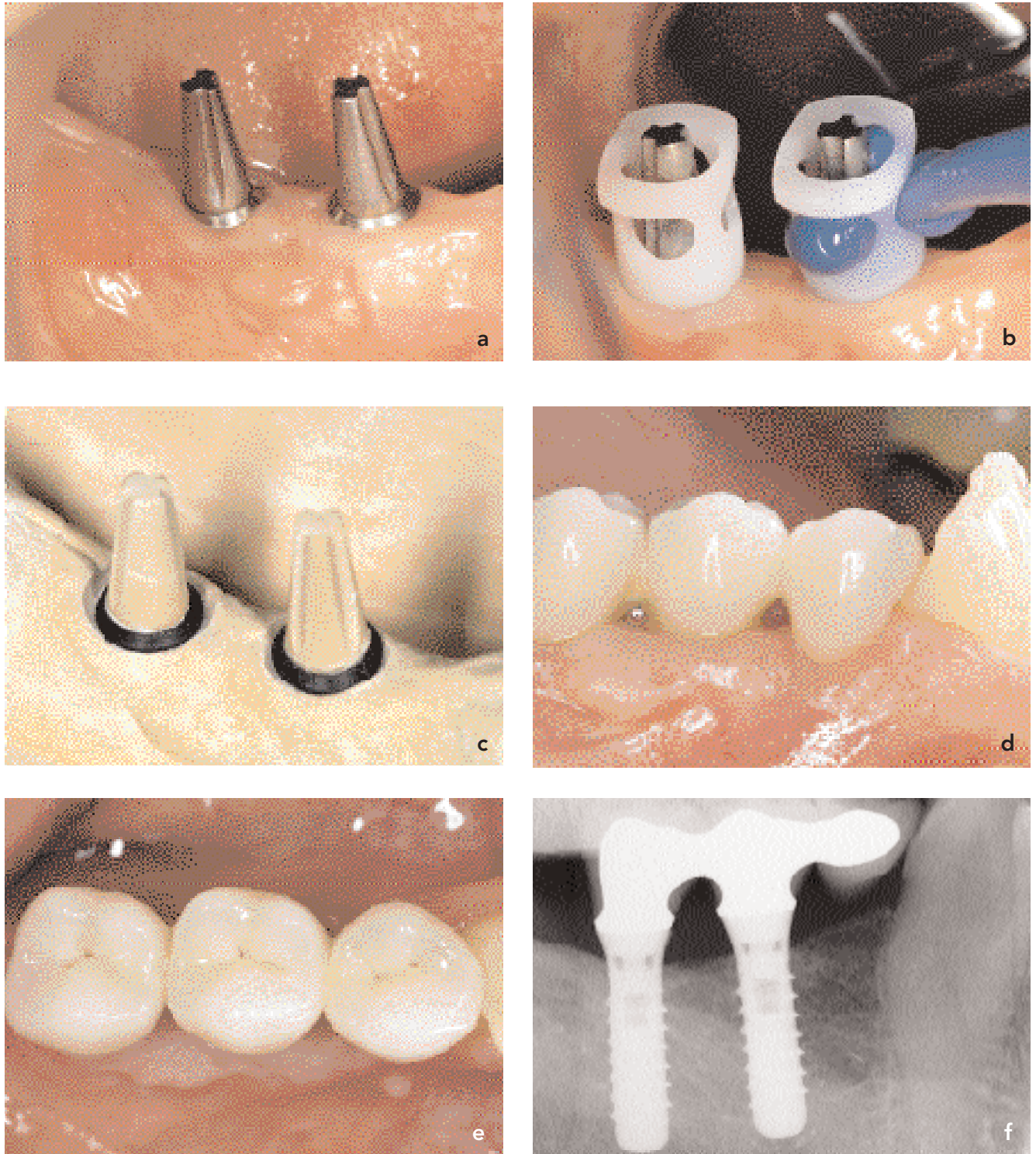


Abb. 2 a) Klinischer Befund 3 Monate nach Implantation im Unterkiefer rechts: Die beiden konischen Sekundärteile sind eingesetzt worden. b) Die Abformung erfolgt mit leicht aufsteckbaren Abformkappen. Das Abformmaterial wird durch die seitlichen Öffnungen eingespritzt. c) Meistermodell mit Spezialhartgips. Die Implantatschulter wird durch präfabrizierte Implantatanaloga wiedergegeben, um die Präzision zu optimieren. d) Prothetische Versorgung zwei Jahre nach Implantation mit einer rein implantatgetragenen 3gliedrigen Brücke mit mesialer Extension. e) Die Okklusalanzeige verdeutlicht als Vorteil der zementierten Suprastruktur die optimale Kauflächengestaltung dank der fehlenden okklusalen Schraubengänge. f) Die Röntgenaufnahme zwei Jahre nach Implantation zeigt stabile periimplantäre Knochenstrukturen bei beiden Schraubenimplantaten.

Fig. 2 a) Situation clinique trois mois après implantation dans la partie gauche du maxillaire inférieur: les deux éléments secondaires sont en place. b) L'empreinte est réalisée à l'aide de coiffes de report facilement mises en place. Le matériau d'empreinte est injecté à travers les ouvertures latérales. c) Modèle de travail coulé en plâtre extra-dur. L'épaulement implantaire est reproduit par une pièce préfabriquée de laboratoire, ce qui augmente la précision. d) Réhabilitation prothétique par un pont de trois éléments avec extension mésiale, reposant uniquement sur des implants. Situation deux ans après implantation. e) La vue occlusale illustre l'avantage de la suprastructure scellée: modelage occlusal idéal grâce à l'absence de pertuis de vis de fixation. f) La radiographie deux ans après implantation montre des structures osseuses péri-implantaires stables à proximité des deux implants vissés.

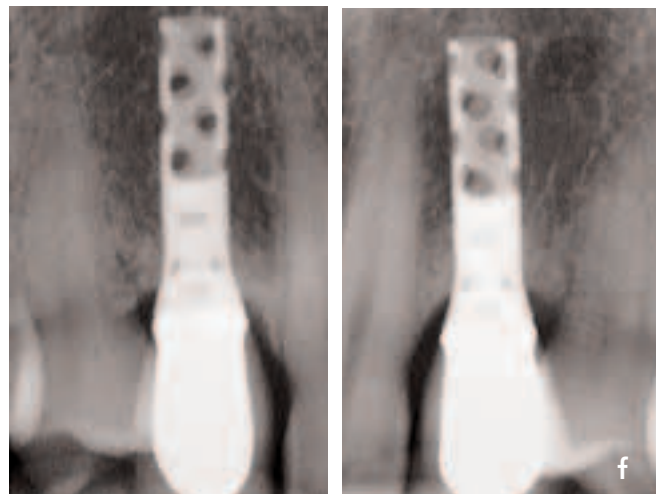
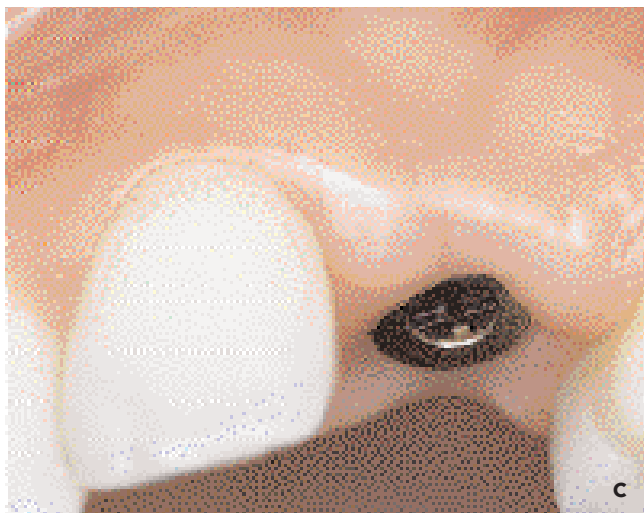


Abb. 3 a) Ausgangsbefund mit Nichtanlage der beiden seitlichen Inzisiven und spontaner Mesialwanderung der beiden Eckzähne b) Status nach morphologischer Korrektur der beiden Eckzähne mit der Adhäsiv-Technik c) Klinischer Befund 10 Wochen postoperativ mit einer halbgedeckten Einheilung des Implantates d) Klinischer Befund 4 Jahre nach Implantation in regio 23 und prothetischer Versorgung mit einer verschraubten metallkeramischen Krone e) Ästhetisches Ergebnis in der Frontalansicht f) Röntgenbefund der beiden Implantate 4 Jahre nach Implantation. Es zeigen sich stabile Knochenverhältnisse.

Fig. 3 a) Situation de départ: agénésies des deux incisives latérales supérieures et migration spontanée des canines en direction mésiale. b) Situation après correction de la morphologie des deux canines par technique adhésive. c) Situation clinique 10 semaines après l'intervention; cicatrisation semi-couverte de l'implant. d) Situation clinique 4 ans après implantation au niveau de la 23 et reconstruction prothétique par une couronne céramo-métallique fixée par vis. e) Vue frontale du résultat esthétique f) Vue radiologique des deux implants, 4 ans après implantation. La situation osseuse est stable.

tiellen Implantatkandidaten hat in den 80er Jahren sehr oft zu Kontraindikationen für eine Implantatbehandlung geführt. Aus diesem Grund sind in den letzten 15 Jahren intensiv neue chirurgische Techniken entwickelt und klinisch geprüft worden, um lokale oder ausgedehnte Defekte im Bereich des Alveolarfortsatzes zu beheben. Die Liste der verschiedenen knochenaugmentativen Techniken ist lang (Tab. III). Aufgrund der enormen Fortschritte bei den Augmentationstechniken ist heute eine klare *Indikationsausweitung für osseointegrierte Implantate* festzustellen, insbesondere bei teilbezahnten Patienten, wobei die Membran- oder GBR-Technik (Guided Bone Regeneration) über die beste wissenschaftliche Dokumentation verfügt. Die Autoren haben sich in den letzten 10 Jahren vor allem mit dieser Technik beschäftigt, die heute nach einer mehrjährigen Entwicklungsphase bei richtiger Indikationsstellung und korrekter Operationstechnik ausgezeichnete und vorhersagbare Ergebnisse erbringt. Die Grundlagen sowie die verschiedenen Indikationen sind in einem Lehrbuch ausführlich beschrieben worden, und der interessierte Leser möge sich dort informieren (BUSER et al. 1994). Die initiale Entwicklung wurde mit bioinerten GoreTex-Membranen realisiert (e-PTFE Membran, W.L. Gore & Associates, Flagstaff AZ, USA), während heute vermehrt resorbierbare Membranen in den Vordergrund rücken.

Klinisches Behandlungskonzept bei teilbezahnten Patienten

In jedem Fall sollen Implantate erst nach Abschluss der initialen Behandlungsphase, das heisst nach Eliminierung sämtlicher vorhandener pathologischer Prozesse, zum Einsatz gelangen (LANG 1988). Als generelles Behandlungsziel stand in den 80er Jahren primär die Wiederherstellung der Kaufunktion im Vordergrund. In den 90er Jahren hat sich dies massgeblich geändert, indem heute neben der Kaufunktion auch die Ästhetik eine eminente Rolle spielt, wodurch die Anforderungen an den oder die Behandler insgesamt deutlich gestiegen sind. Bei der Behandlungsplanung geht es darum, für den Patienten möglichst zuverlässig einen Langzeiterfolg unter Befriedigung der spezifischen kaufunktionellen und ästhetischen Bedürfnisse zu erzielen. Dabei sollte dieses Ziel mit einem kleinstmöglichen Zeitaufwand und mit einem vernünftigen Kosten-Nutzen-Verhältnis erreicht werden. Es ist heute tendenziell festzustellen, dass Behandlungen mit implantatgetragenem Zahnersatz insgesamt zu teuer sind, so dass diese nur für einen beschränkten Teil der Bevölkerung finanziell erschwinglich sind. Aus diesem Grund sind Bestrebungen prinzipiell zu unterstützen, die orale Implantologie insgesamt kostengünstiger zu machen, damit Behandlungen mit dentalen Implantaten nicht nur einer kleinen zahlungskräftigen Bevölkerungsschicht vorbehalten, sondern vielmehr möglichst vielen Patienten zugänglich sein sollten. Aus diesen Gründen sollten Therapiekonzepte, die eine Vereinfachung der Therapie und damit eine Reduktion der Behandlungskosten bieten, in die tägliche Praxis eingeführt werden. Viele der oben aufgeführten Trends gehen erfreulicherweise in diese Richtung.

Trotz den eingangs erwähnten, vielversprechenden Langzeitergebnissen wird der Einsatz von osseointegrierten Implantaten beim teilbezahnten Patienten nicht als spezifische, eigenständige Therapiemodalität betrachtet, sondern vielmehr als eine der verschiedenen in Betracht zu ziehenden Möglichkeiten im Rahmen eines umfassenden restaurativen Behandlungskonzeptes. Aus primär prothetischer Sicht stehen dabei folgende Fragen im Vordergrund:

1. Tragen Implantate wesentlich dazu bei, die Invasivität (Pfeilerpräparation) einer konventionellen prothetischen Vorge-

hensweise zu verringern, d.h. kann dadurch intakte Zahnhartsubstanz integral erhalten werden?

2. Können Implantate das einer extremen konventionellen Brücken-Versorgung inhärente Risiko (grosse Spannweiten, ungünstige Pfeilerqualitäten bzw. -verteilung, u.a.m.) signifikant reduzieren oder durch die damit möglich gewordene Segmentierung eine später eventuell notwendige Reintervention lokal begrenzen und/oder vereinfachen?
3. Ermöglichen Implantate in sinnvoller Weise statt einer abnehmbaren eine festsitzende prothetische Lösung?

Falls im Rahmen der Behandlungsplanung für einen individuellen Patienten mindestens eine dieser drei Fragen klar mit ja beantwortet werden kann, so sollte dieser über die heutigen Möglichkeiten der modernen Implantologie informiert werden. Dadurch ist der Patient in der Lage, zwischen konventionell-prothetischen und implantatgetragenen Suprastrukturen abzuwägen und diese Entscheidung aufgrund einer umfassenden Aufklärung zu fällen.

Im folgenden soll das Therapiekonzept für teilbezahnte Patienten mit ITI-Implantaten dargelegt werden, wie es heute routinemässig zur Anwendung gelangt, wobei zwischen Indikationen im posterioren und anterioren Bereich unterschieden wird.

a. Klinisches Vorgehen im posterioren Bereich

Bei Indikationen im posterioren, ästhetisch meist nicht relevanten Bereich, wie der Freisituation im Ober- und Unterkiefer, steht die Wiederherstellung der Kaufunktion klar im Vordergrund. Ziel der chirurgischen Therapie ist das Erreichen einer erfolgreichen Gewebeintegration, die Schaffung bester Voraussetzungen für einen Langzeiterfolg der inserierten Implantate sowie die Erhaltung bestehender keratinisierter Kammschleimhaut mittels geeigneter, weichteilchirurgischer Massnahmen. Diese Ziele sollen mit einem geringstmöglichen chirurgischen und finanziellen Aufwand erreicht werden.

Bei der Implantation muss eine gewebeschonende Operationstechnik verwendet sowie eine ausreichende intraoperative Infektionskontrolle betrieben werden. Für die Präparation eines kongruenten Implantatbettes stehen heute bei allen führenden Implantatsystemen präzise Spezialinstrumente zur Verfügung. Es werden grundsätzlich Schraubenimplantate verwendet, die in drei Durchmessern von 4,1 mm (Standardschraube), 4,8 mm (Wide-Body Schraube) sowie 3,3 mm (durchmesser reduzierte Schraube) zur Verfügung stehen. Diese drei Schrauben weisen im suprakrestalen Bereich die gleiche Form und die gleichen Dimensionen auf, so dass das prothetische Vorgehen bei allen drei Schrauben identisch ist. Bezüglich der Implantatlänge wird die längstmögliche Schraube gewählt, bis zu maximal 12 mm. Längere Schrauben werden nicht verwendet, da dies die generellen Prognosen nicht verbessert (BERNARD et al. 1995a, BUSER et al. 1997). Im Unterkiefer-Seitenzahnbereich wird bei der Wahl der Implantatlänge kein unnötiges Risiko eingegangen, da bei ITI-Implantaten eine bikortikale Abstützung grundsätzlich nicht notwendig ist. Dabei wird ein Sicherheitsabstand von rund 2 mm zum C. mandibulae eingehalten, um das Nervengefässbündel nicht zu gefährden.

Bezüglich des Einheilungsmodus wird bei Standardsituationen mit ausreichendem Knochenangebot prinzipiell die offene, transmukosale Einheilung gewählt, die den Vorteil bietet, dass nur eine Operation notwendig ist. Als Konsequenz der offenen Einheilung wird eine Kamminzision durchgeführt. Die Präparation des Implantatbettes erfolgt mit Spiralbohrern. Bei normaler Knochenstruktur wird das Schraubengewinde vorgeschritten, während Implantate bei extrem spongiosen Knochenverhält-

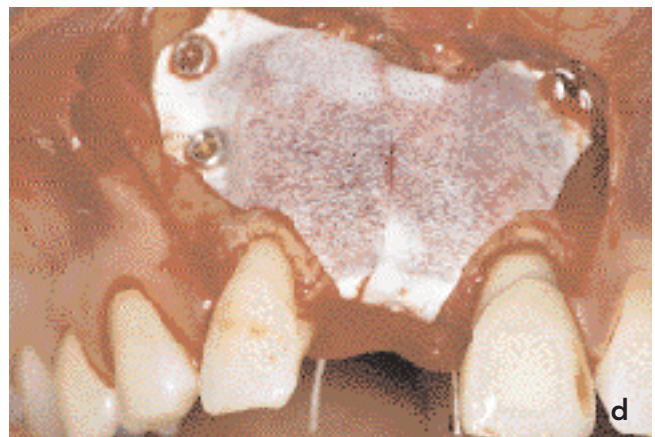
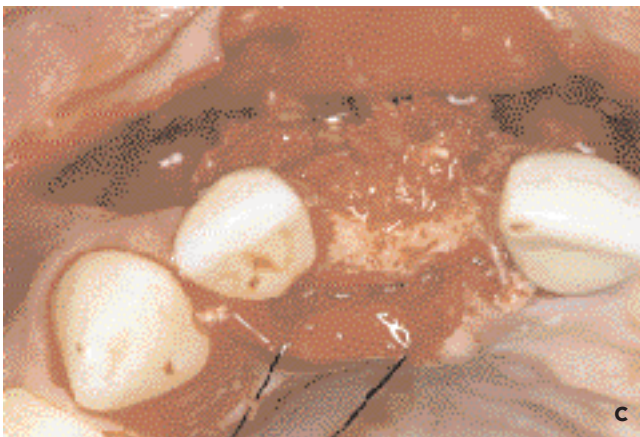


Abb. 4 a) Unfallbedingte Einzelzahnkrone 11 b) Der intraoperative Befund verdeutlicht den ausgedehnten bukkalen Knochendefekt. c) Kammaufbau mit autologem Knochen mit einem Blocktransplantat und Knochenchips, die in der Retromolargegend des Unterkiefers gewonnen wurden. d) Abdeckung der Knochentransplantate mit einer bioinerten Membran, die mit Minischrauben fixiert wird.

Fig. 4 a) Edentation unitaire intercalée au niveau de la 11, suite à un traumatisme. b) La vue intra-opératoire illustre un important défaut osseux sur le versant vestibulaire de la crête. c) Reconstruction de la crête alvéolaire à l'aide d'os autologue sous forme de greffon en bloc et de copeaux osseux prélevés dans la région rétromolaire de la mandibule. d) Les greffons osseux sont recouverts par une membrane biologiquement inerte qui est fixée par des vis miniaturisées.

nissen in der apikalen Hälfte selbstschneidend inseriert werden, um die notwendige Primärstabilität zu gewährleisten. Ein spezielles Augenmerk wurde in den letzten Jahren auf weichteilchirurgische Techniken beim Wundverschluss gelegt. Bei einzeln stehenden Implantaten genügen meist kleine Entlastungsinzisionen im distalen Bereich, um eine präzise und spannungsfreie Adaptation der Wundränder durch kleine Rotationslappen zu erzielen. Bei zwei benachbarten Implantaten werden seit rund drei Jahren gerne kleine Vollschleimhauttransplantate verwendet, die entsprechend zugeschnitten in den interimplantären Bereich eingepasst werden (Abb. 1a, b).

Die Weichteilheilung ist nach 2–3 Wochen abgeschlossen. Während dieser Zeit wird eine kaufunktionelle Schonung des Operationsgebietes sowie eine chemische Plaquekontrolle mit Chlorhexidin-digluconat (CHX) empfohlen. Die Mundspülung mit CHX-Spüllösung (0,1%, 3x1 min/d) wird nach einer Woche durch einen lokal applizierten CHX-Gel (0,2%) abgelöst. Die Knochenheilung beträgt für ITI-Implantate mit einer TPS-Beschichtung bei normalen Knochenverhältnissen 3 Monate (Abb. 1c), während bei extrem spongöser Knochenstruktur ausnahmsweise 4 Monate gewartet wird. Nach der Heilungsphase wird das Implantat auf eine erfolgreiche Gewebeatmung geprüft. Die Knochenverhältnisse werden durch ein periapikales Röntgenbild beurteilt. Anschliessend wird die prothetische Be-

handlung mit der Wahl des geeigneten Sekundärteils eingeleitet. Wie bereits oben erwähnt, besteht die Chance, dass die Knochenheilung mit sandgestrahlten und säuregeätzten Titanimplantaten (SLA-Oberfläche) in Zukunft weiter verkürzt werden kann. Dies würde in der oralen Implantologie einen weiteren grossen Fortschritt bedeuten. Eine diesbezügliche klinische Studie ist zur Zeit an mehreren Zentren im Gange.

Implantatpatienten mit Einzelzahnkrone, kleinen Schaltlücken und Freiendsituationen im posterioren Bereich werden seit mehr als 10 Jahren vorzugsweise mit zementierten Suprastrukturen versorgt (BUSER et al. 1988, BRÄGGER et al. 1990, BELSER et al. 1994, BELSER & BUSER 1997). Dadurch kann eine weitestmögliche Vereinfachung sowohl des klinisch-prothetischen Vorgehens, der labortechnischen Arbeitsschritte als auch der Strukturierung und des Umfangs der Nachbetreuung erreicht werden, was sich schlussendlich auch vorteilhaft auf das Preis/Leistungs-Verhältnis auswirkt. Primäre Voraussetzungen für das beschriebene Vorgehen sind eine einfach zugängliche Implantatschulter, ein adäquater Interokklusionalabstand von mindestens 5 mm sowie das Fehlen einer unmittelbaren oder absehbaren Reinterventionenotwendigkeit. Aufgrund des einzeitigen chirurgischen Vorgehens und der daraus resultierenden paramukosalen Lage der Implantatschulter (= prospektive Verbindungsstelle zwischen Implantat und prothetischer Suprastruktur)

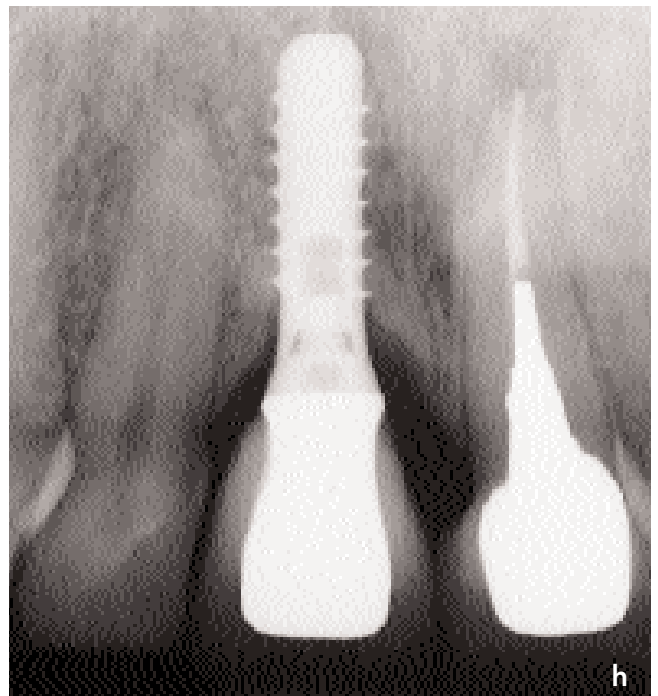
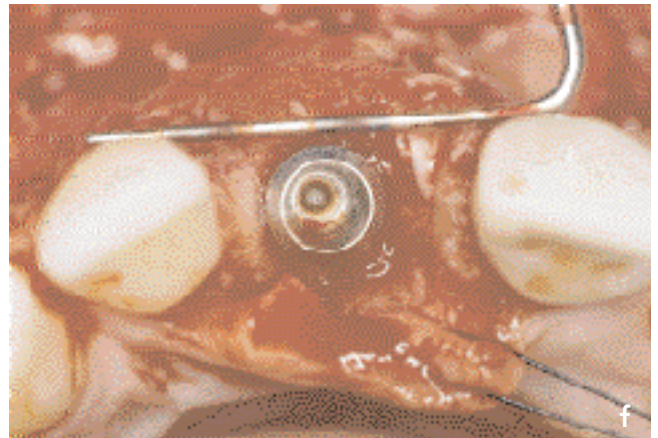
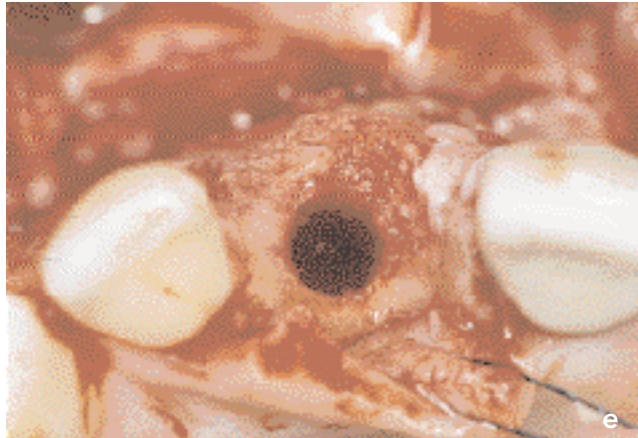


Abb. 4 e) Augmentationsergebnis 6 Monate nach Kammaufbau: Die neue Kammbreite misst mehr als 8 mm. f) Dank des überextendierten Kieferkammes kann das Implantat in eine ideale prothetische Position gesetzt werden. g) Klinischer Status zwei Jahre nach Implantation: Es konnte ein ästhetisch befriedigendes Ergebnis erzielt werden mit einer implantatgetragenen Krone regio 11 und einer konventionellen regio 21. h) Die Röntgenkontrolle 2 Jahre nach Implantation zeigt zufriedenstellende periimplantäre Knochenstrukturen.

Fig 4 e) Résultat de l'augmentation 6 mois après la reconstruction alvéolaire: la nouvelle largeur de la crête dépasse par endroits 8 mm. f) Grâce à la crête surdimensionnée, l'implant peut être placé dans une position idéale pour la future couronne. g) Situation clinique deux ans après implantation: un résultat esthétique satisfait a été atteint; il comprend une couronne sur implant au niveau de la 11 et une couronne conventionnelle sur la 21, naturelle. h) Le contrôle radiologique 2 ans après implantation révèle des structures péri-implantaires sans particularités.

bietet das ITI-System in vielen Fällen optimale Voraussetzungen für diese Vorgehensweise. Leicht konische Massivsekundärteile variabler Höhe, welche allfällig indizierte Korrekturen mittels Diamantschleifkörpern unter intensiver Wasserkühlung gestatten (BRÄGGER et al. 1995), werden mit der Drehmomentratsche mit einem Anzugsmoment von 35 Ncm fest in das Implantat eingeschraubt (Abb. 1d). Sie erlauben in der Folge ein einfaches und präzises Übertragen der Mundsituation auf das Arbeitsmodell, entweder mittels konventioneller Abformtechnik oder unter Zuhilfenahme von Einmalabdruckkappen (Abb. 2a, b). Die resultierende metallkeramische Suprastruktur entspricht in ihren wesentlichen Bestandteilen einem konventionellen fest-sitzenden Zahnersatz. Das Fehlen von okklusalen oder transversalen Schraubengängen schlägt sich vorteilhaft in der technischen Konfiguration (einheitliche Gerüstgestaltung, mechanische Resistenz) nieder und ist erst noch kostensparend. Zudem sind die Interdentalräume in der Regel der Reinigung durch den Patienten einfach zugänglich (Abb. 2c, d). Details des prothetischen Vorgehens sind vor kurzem in einem Videoband vorgestellt worden und können dort konsultiert werden (BELSER & BUSER 1997).

b. Klinisches Vorgehen im anterioren, ästhetisch anspruchsvollen Bereich

In jüngerer Zeit ist die restaurative Zahnmedizin in zunehmendem Masse auch von ästhetischen Überlegungen beeinflusst worden. Zwei Hauptgründe waren und sind für diese Entwicklung verantwortlich: Der Wunsch der Patienten nach möglichst natürlicher Ästhetik und die fortwährende Suche der Zahnmedizin nach weniger invasiven restaurativen Vorgehensweisen (MAGNE et al. 1993a, MAGNE et al. 1993b, MAGNE et al. 1994). Fehlende Frontzähne können entweder mit konventionellen fest-sitzenden Brücken oder mit Adhäsivbrücken mit – meist

voraussagbarem – exzellentem ästhetischem und funktionellem Langzeitergebnis ersetzt werden. Sie stellen damit den eigentlichen Vergleichsstandard für jegliche innovative Therapiealternative dar (BELSER et al. 1998). Implantatgetragene Restaurationen sind eine solche, wenngleich oftmals aufwendige Alternative. Selbst bei optimalen präoperativen Bedingungen können eine fehlerhafte Implantatpositionierung und/oder ein ungenügendes Beherrschen der umgebenden Weichteile zu einem ästhetischen Misserfolg führen (GARBER & BELSER 1995). Folglich kommen der präoperativen Diagnostik und Planung primordiale Bedeutung zu. Wie bereits dargelegt, kann in den meisten Fällen von fehlenden Oberkieferfrontzähnen (Nichtanlagen, Zahnverlust infolge eines Traumas oder eines lokalen endodontischen, parodontalen oder prothetischen Misserfolges) mit konventionellem festsitzendem Zahnersatz ein voraus-sagbares funktionelles und ästhetisches Langzeitergebnis erzielt werden. Der Erwartungsdruck seitens der Patienten wird zunehmend grösser und der Spielraum für Kompromisse ist beim implantatgetragenen Zahnersatz, besonders beim Vorhandensein einer hohen Lachlinie, entsprechend gering.

Konsequenterweise hängt eine optimale ästhetische Implantatversorgung nicht nur von prothetischen und labortechnischen, sondern in hohem Masse auch von den folgenden anatomischen und chirurgischen Parametern ab:

1. Submukosale Lokalisation der Implantatschulter
2. Adäquate dreidimensionale Implantatposition (diktiert von der geplanten prothetischen Suprastruktur und nicht primär von den lokalen anatomischen Gegebenheiten). Man spricht von «Restoration-driven Implant Placement» (GARBER & BELSER 1995).
3. Langfristiges Erhalten von stabilen, ästhetischen Weichteilkonturen
4. Symmetrie der klinischen Kronenvolumina zwischen Implantationsstelle und kontralateralem natürlichem Kontrollzahn.

Falls eine potentielle anteriore Implantationsstelle bezüglich Kammbreite und/oder Weichteilkonfiguration eine mit der prospektiven prothetischen Suprastruktur kompatible Implantation nicht erlaubt, wird der Patient vor die Wahl gestellt, sich entweder für eine konventionelle Lösung zu entscheiden oder sich vorbereitender augmentativer Eingriffe zu unterziehen (BELSER et al. 1996). Eine Implantatrestauration mit adäquatem «Emergence Profile» muss in diesem Falle das Therapieziel sein. Aus diesem Grund sollte das Implantat bei der Operation in einer günstigen dreidimensionalen Position eingesetzt werden. Idealerweise ist das Implantat dabei die apikale Verlängerung der optimalen zukünftigen Implantatkrone. Bezüglich der vertikalen Position der Implantatschulter wird das Implantat rund 2 mm tiefer in die Gewebe inseriert als bei einer Standardsituation. Dadurch kommt bei einem ITI-Implantat die glattstrukturierte Halspartie in den enossalen Bereich zu liegen. Um die Knochenresorption in Grenzen zu halten, werden Spezialimplantate verwendet, bei denen die TPS-Beschichtung um 1 mm weiter nach koronal extendiert (sog. «Esthetic plus»-Implantate). Die bukkale Position der Implantatschulter sollte die gleiche Position aufweisen wie die bukkale Kontur der Nachbarzähne, damit eine Implantatkrone mit einer günstigen zervikalen Kontur hergestellt werden kann. Diese Position wird oft durch eine vestibuläre Knochenabflachung limitiert, da bei der Implantatinsertion auf eine ausreichend dicke bukkale Knochenlamelle (>1 mm) geachtet werden muss. Diese Knochenwand ist enorm wichtig zur Stützung der fazialen Weichteilstrukturen, um langfristig stabile Weichgewebe zu erhalten, und sollte deshalb kompromisslos angestrebt werden. Bei der

Selektion des Implantattyps steht wiederum die Standardschraube des ITI-Systems (S 4.1) im Vordergrund. Falls ein ausgeprägtes Achsenproblem vorliegt, kann auch ein um 15° abgewinkeltes Hohlzylinder-Implantat verwendet werden. Die Operationstechnik wurde in einem Videoband vorgestellt (BUSER & BELSER 1995) und kann dort im Detail konsultiert werden. Wichtige Punkte sind eine leicht palatinal geführte Kamminzision, eine korrekte Implantatpositionierung in vertikaler und orofazialer Richtung, falls notwendig die Verwendung von palatinalen Bindegewebsstransplantaten zur Optimierung der fazialen Weichgewebe, die Verwendung spezieller, bukkal abgeflachter Einheilkappen sowie eine gedeckte Einheilung. Ungefähr 8–10 Wochen nach der Implantation erfolgt bereits die Freilegung des Implantats mit einer Mukosaexzision und der Insertion einer langen transgingivalen Extensionskappe zur Ausformung des definitiven Weichteilkanals von der Weichteiloberfläche zur Implantatschulter. Drei Monate nach der Implantation kann der Sekundärteil inseriert und die prothetische Behandlung begonnen werden.

Aufgrund der erwähnten, in der Regel deutlich unterhalb des Weichteilniveaus liegenden Implantatschulter ist ein optimal adaptierter Zervikalrand der vorzugsweise verschraubten Suprastruktur von primordiale Bedeutung. Metallkeramische Gerüste, welche auf vorfabrizierten, angussfähigen Tertiärteilen basieren, entsprechen infolge ihrer hohen Präzision und ihrer homogenen Oberflächenstruktur im Randbereich in optimaler Weise dieser Forderung. Damit das Potential von präfabrizierten Elementen voll ausgeschöpft werden kann, empfiehlt sich die Verwendung eines achtkantigen Sekundärteiles (Octa-System), welche mit dem dazugehörigen präzisen Transfersystem (verschraubte Übertragungskapen, integrale Laboranaloge) für eine sichere Übertragung der Mundsituation auf das Meistermodell sorgt und zudem aufgrund seiner mechanischen Stabilität einen optimalen Verbund zwischen Implantat und Suprastruktur garantiert (SUTTER et al. 1993). Bei Übereinstimmung von Implantat- und Prothetikachse wird transokklusal, ansonsten transversal von palatinal verschraubt. Zur korrekten, auf den zu ersetzenden Zahn abgestimmten Ausformung des im ästhetischen Bereich besonders wichtigen periimplantären Weichgewebetrichters gelangen entweder individuell zugeschliffene Kunststoffkappen oder aber ein auf einer vorfabrizierten Titan-kappe basierendes Laborprovisorium zur Anwendung.

Wenn die dargelegten chirurgischen und prothetischen Behandlungsschritte genau eingehalten werden, lassen sich sehr schöne ästhetische Ergebnisse erzielen (Abb. 3a–f, HESS et al. 1996). Details des prothetischen Vorgehens sind vor kurzem im bereits erwähnten prothetischen Videoband vorgestellt worden (BELSER & BUSER 1997).

Behandlungskonzepte bei Defektpatienten

Wie bereits dargelegt, beschäftigen sich die Autoren seit rund 10 Jahren intensiv mit der Membran-Technik. Die klinische Erfahrung in der Entwicklungsphase zwischen 1988 und 1991 zeigte, dass vor allem vier Faktoren wichtig sind, um mit Gore-Tex-Membranen voraussagbar gute Ergebnisse erzielen zu können, nämlich (a) die Erzielung einer primären Weichteilheilung, (b) die Kombination der Membran mit autologen Knochenstransplantaten zur Membranstützung und als osteokonduktiver Knochenfüller, (c) die Membranstabilisierung mit Minischrauben oder anderen Fixationsbehelfen und (d) eine ausreichend lange Knochenheilung von mindestens 4–6 Monaten. Wenn diese Faktoren eingehalten werden, können hervor-

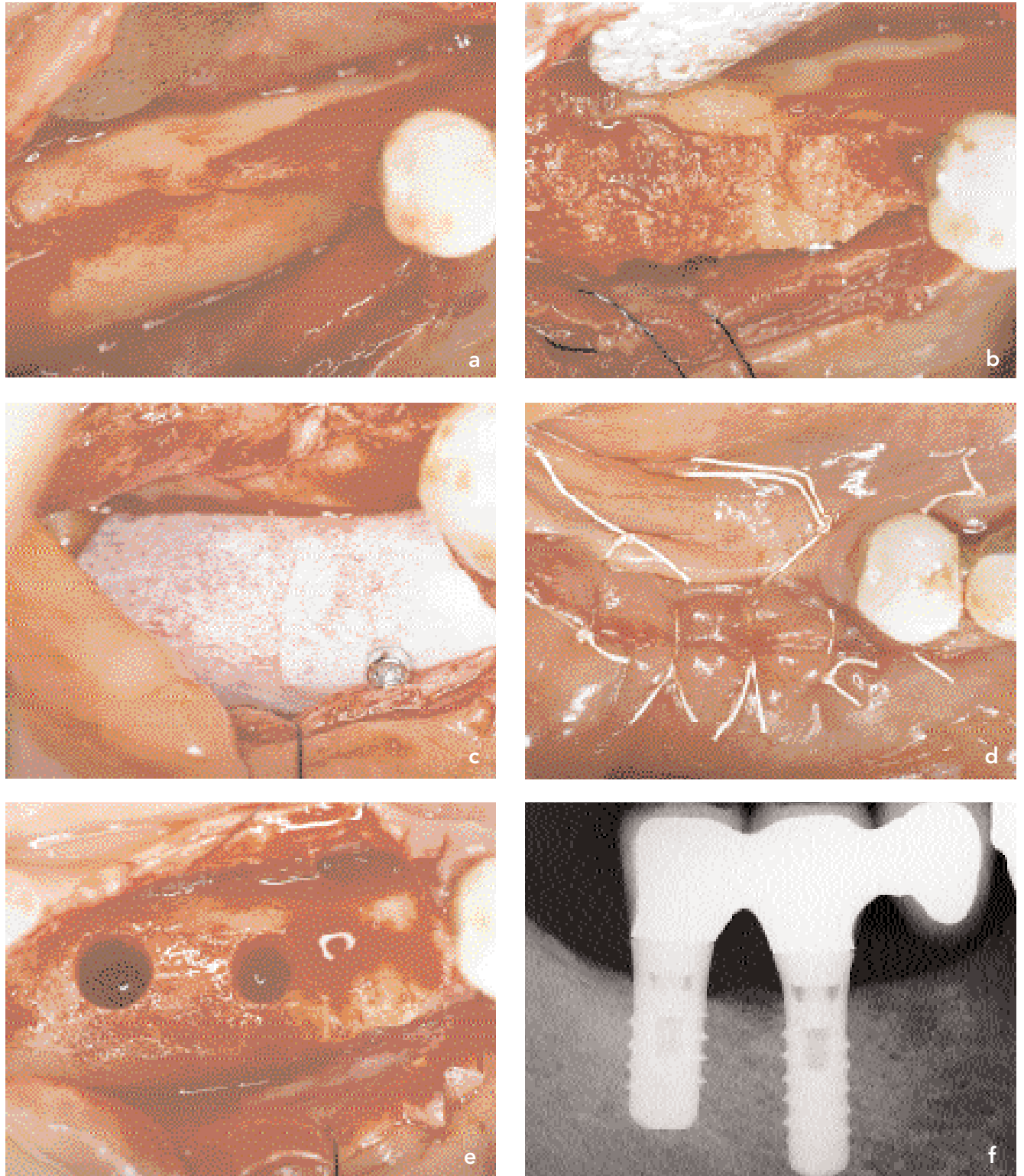


Abb. 5 a) Freiendsituation im Unterkiefer rechts: Der zu schmale Kieferkamm erlaubt keine direkte Implantation. b) Augmentation mit autologen Knochentransplantaten aus der Retromolargegend innerhalb der gleichen Aufklappung c) Abdeckung mit einer bioinerten Membran mit Schraubenfixation d) Primärer Wundverschluss mit Matratzen- und Einzelknopfnähten e) Augmentationsergebnis bei der Zweitoperation: Der überextendede Kieferkamm erlaubt die Insertion von zwei Implantaten. f) Röntgenbefund 12 Monate nach Implantation dokumentiert stabile Knochenverhältnisse bei beiden Implantaten, einer 8-mm-Wide-Body-Schraube und einer 10-mm-Standardschraube.

Fig. 5 a) Situation d'édentation terminale de la crête postérieure droite du maxillaire inférieur: la crête alvéolaire trop étroite ne permet pas d'implantation directe. b) Augmentation alvéolaire par greffes osseuses prélevées dans la région rétro-molaire se situant dans le même champ opératoire. c) Mise en place d'une membrane biologiquement inerte et fixation par vis. d) Fermeture primaire de la plaie opératoire à l'aide d'une suture matelassée et des points de suture isolés. e) Résultat de l'augmentation vu lors de la seconde intervention: les dimensions de la crête permettent la pose de deux implants. f) Le contrôle radiologique 12 mois après l'implantation révèle des structures osseuses stables autour des deux implants, soit une vis wide-body de 8 mm et une vis standard de 10 mm.

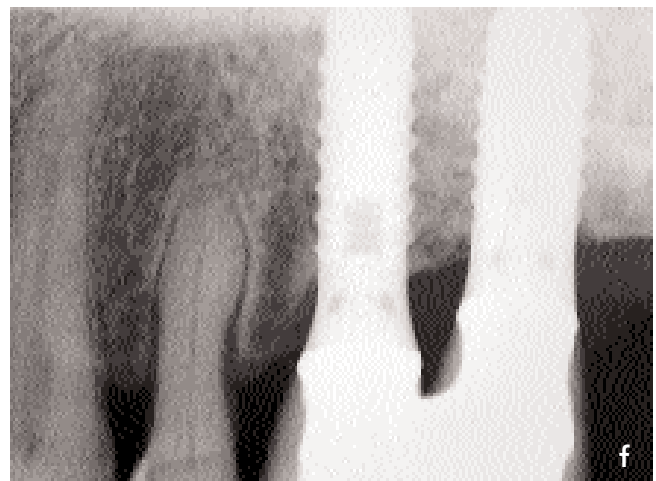
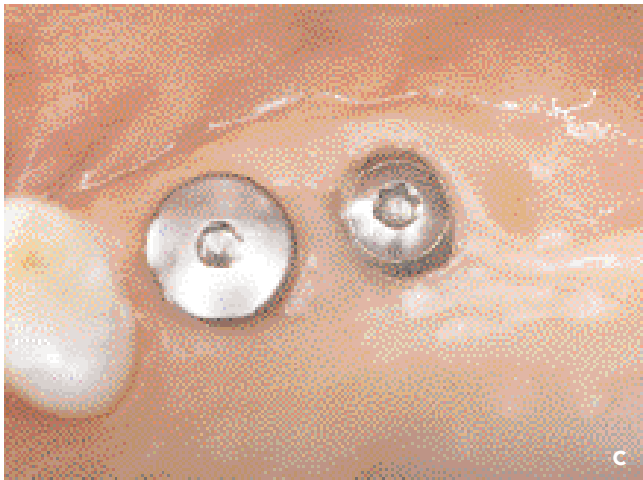
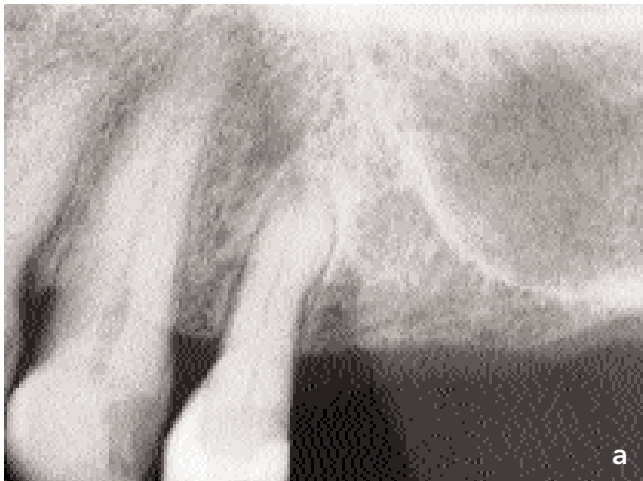


Abb. 6 a) Ausgangsbefund mit ungenügendem vertikalem Knochenangebot im Oberkiefer links wegen des tiefreichenden Sinus maxillaris b) Status 9 Monate nach anteriorer Sinusbodenelevation mit autologen Knochenchips und Abdeckung mit einer resorbierbaren Membran c) Der klinische Befund 3 Monate nach Implantation zeigt einwandfreie periimplantäre Weichgewebe. d) Insertion von zwei konischen Sekundärteilen für eine zementierte Suprastruktur e) Der klinische Befund 18 Monate postoperativ zeigt die rein implantatgetragene Suprastruktur. f) Der entsprechende Röntgenbefund dokumentiert stabile Knochenstrukturen bei beiden Implantaten, die grösstenteils in regeneriertem Knochen verankert sind.

Fig. 6 a) Situation de départ: volume osseux vertical insuffisant dans la partie gauche du maxillaire supérieur, en raison d'un sinus maxillaire «plongeant». b) Situation 9 mois après surélévation antérieure du plancher du sinus avec apposition de copeaux osseux et couverture par une membrane résorbable. c) La situation clinique 3 mois après l'implantation montre des tissus mous péri-implantaires sans particularités. d) Mise en place de deux éléments secondaires coniques pour la pose d'une suprastructure scellée. e) La vue clinique 18 mois après l'intervention montre la reconstruction reposant uniquement sur implants. f) Le cliché radiographique correspondant révèle des structures osseuses stables autour des deux implants, par ailleurs ancrés en grande partie dans l'os régénéré.

ragende Regenerationsergebnisse erzielt werden. Je nach klinischer Ausgangssituation wird entweder ein gleichzeitiges oder ein zeitlich zweiphasiges Vorgehen gewählt (NYMAN et al. 1990, BUSER et al. 1990b). Das gleichzeitige Vorgehen wird primär bei kleineren oder mittelgrossen Knochendefekten mit günstiger Defektmorphologie verwendet. Voraussetzung dazu ist eine Primärstabilität für das eingesetzte Implantat sowie eine prothetisch günstige Implantatposition (BUSER et al. 1992b). Bei dieser Anwendung werden neuerdings bevorzugt resorbierbare Membranen verwendet, wodurch der operative Zweiteingriff zur Membrantfernung eingespart werden kann. Erste Berichte mit zuversichtlich stimmenden Ergebnissen sind vor kurzem für Kollagenmembranen erschienen (HÜRZELER et al. 1996, ZITZMANN et al. 1997). Es müssen allerdings mindestens 3-Jahres-Ergebnisse mit prospektiv erfassten klinischen und röntgenologischen Daten abgewartet werden, bevor diese Methode definitiv beurteilt werden kann. Zudem scheinen die heute erhältlichen resorbierbaren Membranen nach wie vor eine recht kurze Resorptionszeit von lediglich 1–2 Monaten aufzuweisen, was vor allem für grössere Knochendefekte nicht ausreichend zu sein scheint. Die weitere Entwicklung in den nächsten Jahren wird zeigen, ob es den Membranherstellern gelingen wird, die Resorptionszeit zu verlängern, und bei welchen Indikationen sich resorbierbare Membranen durchsetzen werden.

Falls die oben erwähnten Voraussetzungen nicht erfüllt sind, erfolgt das zeitlich zweiphasige Vorgehen mit primärem Kammaufbau und sekundärer Implantation. Das operative Vorgehen mit GoreTex-Membranen und autologen Knochentransplantaten wurde mehrfach im Detail beschrieben (BUSER et al. 1990b, BUSER et al. 1993, BUSER et al. 1995). Die Ergebnisse einer klinischen Studie mit 40 konsekutiv operierten Patienten zum lateralen Kammaufbau sowie die ersten 5-Jahres-Ergebnisse von 12 Implantaten in regeneriertem Knochen wurden 1996 publiziert (BUSER et al. 1996a, BUSER et al. 1996b). Diese Methode hat sich speziell im ästhetischen Bereich sehr gut bewährt, weil damit gute Voraussetzungen für eine optimale Implantatposition erzielt werden können, die für das ästhetische Schlussergebnis sehr wichtig ist (Abb. 4a–f). Auch Freundsituationen mit guter Knochenhöhe, jedoch schmal auslaufendem Alveolarfortsatz lassen sich zuverlässig augmentieren, wodurch eine abnehmbare Teilprothese vermieden werden kann (Abb. 5a–f).

In den letzten Jahren kam bei ungenügenden Knochenverhältnissen im Oberkieferseitenzahnggebiet in zunehmendem Masse auch die Sinusbodenelevation zum Einsatz, die, falls notwendig, ohne weiteres mit einer lateralen Kammaugmentation kombiniert werden kann. Diese Methode wurde erstmals Anfang der 80er Jahre beschrieben (BOYNE & JAMES 1980). Wegen dem aufzufüllenden grossen Defektvolumen müssen die oral gewonnenen, autologen Knochentransplantate oft mit einem geeigneten Knochenersatzmaterial kombiniert werden, wobei hier entweder Tricalcium-phosphat-Granulate (CEROS®-TCP; Mathys AG, Bettlach) oder enteitisste, xenogene Knochentransplantate (BioOss®, Ed. Geistlich Söhne AG, Wolhusen) zur Anwendung gelangen, welche beide über eine gute tierexperimentelle Dokumentation verfügen (EGGLI et al. 1988, HÜRZELER et al. 1997, BUSER et al. 1998c). Meist wird die Sinusbodenelevation räumlich auf den anterioren Bereich begrenzt, was später in der Regel eine Okklusion bis zum ersten Molaren gewährleistet. Dadurch wird ein in Lokalanästhesie durchzuführender Eingriff unter ambulanten Bedingungen ermöglicht, was für die Kontrolle der Behandlungskosten wichtig ist. Je nach Ausgangslage (vorhandenes vertikales Knochenangebot) wird die Sinusbodenelevation ein- oder zweizeitig durchgeführt (Abb. 6a–f).

Zukunftsperspektiven

Wie in dieser Übersicht dargelegt, hat die orale Implantologie in den letzten 15 Jahren grosse Fortschritte erzielt, weshalb implantatgestützte Suprastrukturen bei der Therapieplanung zahnloser und teilbezahnter Patienten heute routinemässig in die Überlegungen des behandelnden Kliniklers miteinbezogen werden müssen. Die wichtigsten Fortschritte sind bei ästhetischen Implantatrekonstruktionen und bei den Augmentationstechniken zur Behandlung lokaler Knochendefekte im Kieferbereich zu verzeichnen. Durch die vermehrte Anwendung von osseointegrierten Implantaten bei teilbezahnten Patienten sind einige bemerkenswerte Trends festzustellen, wie die Tendenz zu chirurgisch einphasigen Implantaten, rauhen Titanoberflächen oder zementierten Implantatrekonstruktionen. Diese Trends werden sich in Zukunft weiter verstärken, da sie letztlich alle darauf abzielen, die Behandlung mit Implantaten zu vereinfachen und – damit verbunden – auch zu verbilligen. Profitieren werden von dieser Entwicklung nicht nur die Patienten, sondern letztlich auch die Zahnärzte, weil damit diese Therapieformen insgesamt für mehr Patienten zugänglich sein werden. Da heute bereits ausgereifte und wissenschaftlich gut dokumentierte Implantatsysteme auf dem Markt zur Verfügung stehen, die bei sorgfältiger Indikationsstellung und korrekter klinischer Anwendung gute Langzeitergebnisse gewährleisten, werden sich vermehrt diejenigen Implantatsysteme durchsetzen, die diesen zunehmend wichtigen sozioökonomischen Aspekten am besten gerecht werden.

Verdankung

Die Autoren danken den Herren Dr. D. Hess, Dr. D. Dietschi, A. Schönenberger und M. Magne für die ausgezeichnete Mitarbeit bei der Behandlung der vorgestellten Fallbeispiele.

Literatur

- ADELL R, LEKHOLM U, ROCKLER B, BRÄNEMARK P I: A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 10: 387–416 (1981)
- ADELL R, ERIKSSON B, LEKHOLM U, BRÄNEMARK P, JEMT T: A long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *Int J Maxillofac Implants* 5: 347–358 (1990)
- ALBREKTSSON T, ZARB G A: Current interpretations of the osseointegrated response: clinical significance. *Int J Prosthodont* 6: 95–105 (1993)
- BABBUSH C A, KENT J N, MISIEK J: Titanium plasma-sprayed (TPS) screw implants for the reconstruction of the edentulous mandible. *J Oral Maxillofac Surg* 44: 274–282 (1986)
- BECKER W, BECKER B E, ISRAELSON H, LUCCHINI J P, HANDELSMAN M, AMMONS W, ROSENBERG E, ROSE L, TUCKER L M, LEKHOLM U: One-step surgical placement of Brånemark implants. A prospective multicenter clinical study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 12: 454–462 (1997)
- BEHNEKE A, BEHNEKE N, WAGNER W: Klinische Ergebnisse mit transgingival inserierten enossalen Implantaten (Benefit-System). *Z Zahnärztl Implantol* 8: 97–102 (1992)
- BEHNEKE A, BEHNEKE N, D'HOEDT B, WAGNER W: Hard and soft tissue reactions to ITI screw implants: 3-year longitudinal results of a prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 12: 749–757 (1997)
- BELSER U C, MERICSKE R, BUSER D, BERNARD J P, HESS D, MARTINET J P: Präoperative Diagnostik und Therapieplanung. In:

- Schroeder A., Sutter F., Buser D., Krekeler G. (Hrsg.): *Orale Implantologie. Grundlagen und das ITI-System* (2. Ausgabe). Verlag Georg Thieme. Stuttgart-New York (1994) pp. 235–259
- BELSER U C, BERNARD J P, BUSER D: Implant supported restorations in the anterior region: Prosthetic considerations. *Pract Periodont Aestet Dent* 8: 875–884 (1996)
- BELSER U C, BUSER D: Festsitzende Implantatprothetik: Prothetisches Konzept des ITI Dental Implant Systems. Videoband, Quintessenz Verlag, Berlin (1997)
- BELSER U C, BUSER D, HESS D, SCHMID B, BERNHARD J C, LANG N P: Esthetic implant restorations in partially edentulous patients – A critical appraisal. in: Lang NP (ed.): *Periodontology 2000*. Vol. 17: *Implant dentistry* (1998, im Druck)
- BERGLUNDH T, LINDHE J, ERICSSON I, MARINELLO C P, LILJENBERG B, THOMSEN P: The soft tissue barrier at implants and teeth. *Clin Oral Impl Res* 2: 81–90 (1991)
- BERGLUNDH T, LINDHE J, JOHNSON K, ERICSSON I: The topography of the vascular systems in the periodontal and peri-implant tissues in dog. *J Clin Periodontol* 21: 189–193 (1994)
- BERNARD J P, BELSER U C, SZMUKLER S, MARTINET J P, ATTIEH A, SAAD P J: Intérêt de l'utilisation d'implants ITI de faible longueur dans les secteurs postérieurs: Résultats d'une étude clinique de 3 ans. *Med Buc Chir Buc* 1: 11–18 (1995a)
- BERNARD J P, BELSER U C, MARTINET J P, BORGIS S A: Osseointegration of Brånemark fixtures using a single-step operating system. A preliminary prospective one-year study in the edentulous mandible. *Clin Oral Impl Res* 6: 122–129 (1995b)
- BERNARD J P, BELSER U C, MARCHAND D, GEBRAN G: Implants et edentements partiels: aspects chirurgicaux et prothétiques. *Cahiers Proth* 96: 85–95 (1996)
- BOYNE P J, JAMES R A: Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. *J Oral Surg* 38: 613–616 (1980)
- BRÄGGER U, BUSER D, LANG N P: Implantat-getragene Kronen und Brücken. Indikationen, Therapieplanung und kronenbrückenprothetische Aspekte. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 100: 731–738 (1990)
- BRÄGGER U, WERMUTH W, TÖRÖK E: Heat generated during preparation of titanium implants of the ITI Dental Implant System: An in vitro study. *Clin Oral Impl Res* 6: 254–259 (1995)
- BRÄNEMARK P I, BREINE U, ADELL R, HANSSON B O, LINDSTRÖM J, ÖHLSSON A: Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg* 3: 81–100 (1969)
- BRÄNEMARK P I, HANSSON B O, ADELL R, BREINE U, LINDSTRÖM J, HALLEN O, ÖHMAN A: Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Rec Surg* 11: suppl. 16, 1977.
- BUSER D, SCHROEDER A, SUTTER F, LANG N P: The new concept of ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants: Part 2. Clinical aspects, indications, and early clinical results. *Int J Oral Maxillofac Implants* 3: 173–181 (1988)
- BUSER D, STICH H, KREKELER G, SCHROEDER A: Faserstrukturen der peri-implantären Mukosa bei Titanimplantaten – Eine tierexperimentelle Studie am Beagle-Hund. *Z Zahnärztl Implantol* 5: 15–23 (1989)
- BUSER D, WEBER H P, LANG N P: Tissue integration of non submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. *Clin Oral Impl Res* 1: 33–40 (1990a)
- BUSER D, BRÄGGER U, LANG N P, NYMAN S: Regeneration and enlargement of jaw bone using guided tissue regeneration. *Clin Oral Impl Res* 1: 22–32 (1990b)
- BUSER D, WEBER H P, BRÄGGER U, BALSIGER C: Tissue integration of one-stage ITI implants. 3-year results of a longitudinal study with hollow-cylinder and hollow screw implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 6: 405–412 (1991a)
- BUSER D, SCHENK R K, STEINEMANN S, FIORELLINI J, FOX C, STICH H: Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants. A histomorphometric study in miniature pigs. *J Biomed Mat Res* 25: 889–902 (1991b)
- BUSER D, WEBER H P, DONATH K, FIORELLINI J P, PAQUETTE D W, WILLIAMS R C: Soft tissue reactions to non-submerged unloaded titanium implant in beagle dogs. *J Periodontol* 63: 225–235 (1992a)
- BUSER D, HIRT H P, DULA K, BERTHOLD H: Membrantechnik/Orale Implantologie. Gleichzeitige Anwendung von Membranen bei Implantaten mit periimplantären Knochendefekten. *Schw Monatsschr Zahnmed* 102: 1491–1501 (1992b)
- BUSER D, DULA K, BELSER U, HIRT H P, BERTHOLD H: Localized ridge augmentation using guided bone regeneration. I. Surgical procedure in the maxilla. *Int J Periodont Rest Dent* 13: 29–45 (1993)
- BUSER D, DAHLIN C, SCHENK R K: Guided bone regeneration in implant dentistry. Quintessence Publishing Co., Inc., Chicago, Berlin (1994)
- BUSER D, DULA K, BELSER U C, HIRT H P, BERTHOLD H: Localized ridge augmentation using guided bone regeneration. II. Surgical procedure in the mandible. *Int J Periodont Rest Dent* 15: 13–29 (1995)
- BUSER D, BELSER U C: Ästhetik in der oralen Implantologie. Einzelzahnersatz mit ITI-Dental-Implantaten. Videoband, Quintessenz Verlag, Berlin (1995)
- BUSER D, DULA K, HIRT H P, SCHENK R K: Lateral ridge augmentation using autografts and barrier membranes. A clinical study in 40 partially edentulous patients. *J Oral Maxillofac Surg* 54: 420–432 (1996a)
- BUSER D, DULA K, LANG N P, NYMAN S: Long-term stability of osseointegrated implants in bone regenerated with the membrane technique. 5-year results of a prospective study with 12 implants. *Clin Oral Impl Res* 7: 175–183 (1996b)
- BUSER D, MERICSKE-STERN R, BERNARD J P, BEHNEKE A, BEHNEKE N, HIRT H P, BELSER U C, LANG N P: Long-term evaluation of non-submerged ITI implants. Part I: An 8-year life table analysis of a prospective multi center study with 2359 implants. *Clin Oral Impl Res* 8: 161–172 (1997)
- BUSER D, NYDEGGER T, OXLAND T, SCHENK R K, HIRT H P, COCHRAN D L, SNÉTIVY D, NOLTE L P: Influence of surface characteristics on the interface shear strength between titanium implants and bone. A biomechanical study in the maxilla of miniature pigs. *J Biomed Mat Res* (zur Publikation eingereicht) (1998a)
- BUSER D, BELSER U C, LANG N P: The original one-stage dental implant system and its clinical applications. In: Lang N. P. (ed.): *Periodontology 2000*. Vol. 17: *Implant Dentistry* (im Druck) (1998b)
- BUSER D, HOFFMANN B, BERNARD J P, LUSSI A, METTLER D, SCHENK R K: Evaluation of bone filling materials in membrane-protected defects of the mandible. A histomorphometric study in miniature pigs. *Clin Oral Impl Res* (1998c, im Druck)
- CARLSSON L, RÖSTLUND T, ALBREKTSSON B, ALBREKTSSON T: Removal torques for polished and rough titanium implants. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 3: 21–24 (1988)
- CARR A B, BEALS D W, LARSEN P E: Reverse-torque failure of screw-shaped implants in baboons after 6 months of healing. *Int J Oral Maxillofac Implants* 12: 598–603 (1997)

- CLAES L, HUTZSCHENREUTER P, POHLER O: Lösemomente von Corticalisschrauben in Abhängigkeit von Implantationszeit und Oberflächenbeschaffenheit. *Arch Orthop Unfall Chir* 85: 155–159 (1976)
- COCHRAN D L, HERMANN J S, SCHENK R K, HIGGINBOTTOM F L, BUSER D: Biologic width dimensions around titanium implants. A histometric study on loaded, non-submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 68: 186–198 (1997)
- COCHRAN D L, SCHENK R K, LUSSI A, HIGGINBOTTOM F L, BUSER D: Bone response to unloaded and loaded titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface. A histometric study in the canine mandible, *J Biomed Mater Res* (im Druck) (1998)
- EGGLI P S, MÜLLER W, SCHENK R K: Porous hydroxyapatite and tricalcium phosphate cylinders with two different pore size ranges implanted in the cancellous bone of rabbits. *Clin Orthoped* 232: 127–138 (1988)
- ERICSSON I, RANDOW K, GLANTZ P O, LINDHE J, NILNER K: Clinical and radiographical features of submerged and non-submerged titanium implants. *Clin Oral Impl Res* 5: 185–189 (1994)
- ERICSSON I, NILNER K, KLINGE B, GLANTZ P O: Radiographical and histological characteristics of submerged and non-submerged titanium implants. An experimental study in the Labrador dog. *Clin Oral Impl Res* 7: 20–26 (1996)
- ERICSSON I, RANDOW K, NILNER K, PETERSSON A: Some clinical and radiographical features of submerged and non-submerged titanium implants. A 5-year follow-up study. *Clin Oral Impl Res* 8: 422–426 (1997)
- GARBER D, BELSER U C: Restoration-driven implant placement with restoration-generated site development. *Copend Educ Dent* 16: 796–804 (1995)
- GOTFREDSEN K, ROSTRUB E, HJØRTING-HANSEN E, STOLTZE K, BUDTZ-JØRGENSEN E: Histological and histomorphometric evaluation of tissue reactions adjacent to endosteal implants in monkeys. *Clin Oral Impl Res* 2: 30–37 (1991)
- GOTFREDSEN K, NIMB L, HJØRTING-HANSEN E, JENSEN J S, HOLMEN A: Histomorphometric and removal torque analysis for smooth and TiO₂-blasted titanium implants in dogs. *Clin Oral Impl Res* 3: 77–84 (1992)
- GOTFREDSEN K, WENNERBERG A, JOHANSSON C, SKOVGAARD L T, HJØRTING-HANSEN E: Anchorage of TiO₂-blasted, HA-coated, and machined implants: An experimental study with rabbits. *J Biomed Mater Res* 29: 1223–1231 (1995)
- HENRY P J, ROSENBERG I: Single-stage surgery for rehabilitation of the edentulous mandible. Preliminary results. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 6: 15–22 (1994)
- HERMANN J, COCHRAN D L, NUMMIKOWSKI P V, BUSER D: Crestal bone changes around titanium implants. A radiographic evaluation of unloaded nonsubmerged and submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 68: 1117–1130 (1997)
- HESS D, BUSER D, DIETSCHI D, GROSSEN G, SCHÖNENBERGER A, BELSER U C: Ästhetischer Einzelzahnersatz mit Implantaten – Ein «Team-Approach». *Implantologie* 3: 245–256 (1996)
- HÜRZELER M B, WENG D, HUTMACHER D: Knochenregeneration um Implantate – Eine klinische Studie mit einer neuen resorbierbaren Membran. *D Zahnärztl Z* 51: 298–303 (1996)
- HÜRZELER M B, QUINONES C R, KIRSCH A, GLOKER C, SCHÜPBACH P, STRUB J R, CAFFESSE R G: Maxillary sinus augmentation using different grafting materials and dental implants in monkeys. Part I. Evaluation of anorganic bovine-derived bone matrix. *Clin Oral Impl Res* 8: 476–486 (1997)
- JAFFIN R A, BERMAN C L: The excessive loss of Brånemark fixtures in type IV bone: A 5-year analysis. *J Periodontol* 62: 2–4 (1991)
- JEMT T: Implant treatment in resorbed edentulous upper jaws. A three-year follow-up study in 70 patients. *Clin Oral Impl Res* 4: 187–194 (1993)
- JOHNSON B W: HA-Coated Dental Implants: Long-Term Consequences. *Symposium* 20: 33–45 (1992)
- KLOKKEVOLD P R, NISHIMURA R D, ADACHI M, CAPUTO A: Osseointegration enhanced by chemical etching of the titanium surface. A torque removal study in the rabbit. *Clin Oral Impl Res* 8: 442–447 (1997)
- LANG N P: Checkliste zahnärztliche Behandlungsplanung. 2. Auflage, Thieme, Stuttgart (1988)
- LEDERMANN P D: Über 20jährige Erfahrung mit der sofortigen funktionellen Belastung von Implantatstegen in der regio interforaminalis. *Z Zahnärztl Implantol* 12: 123–136 (1996)
- LEKHOLM U, VAN STEENBERGHE D, HERRMANN I, BOLENDER C, FOLMER T, GUNNE J, HENRY P, HIGUCHI K, LANEY R, LINDEN U: Osseointegrated implants in the treatment of partially edentulous jaws: A prospective 5-year multi center study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 9: 627–635 (1994)
- MAEGLIN B: Über langjährige Erfahrungen mit subperiostalen Gerüstimplantaten in der Mundhöhle. *Schweiz Monatsschr Zahnheilk* 77: 323–329 (1967)
- MAGNE P, MAGNE M, BELSER U C: Natural and restorative oral esthetics. Part I: Rationale and basic strategies for successful esthetic rehabilitations. *J Esthet Dent* 5: 161–173 (1993a)
- MAGNE P, MAGNE M, BELSER U C: Natural and restorative oral esthetics. Part II: Esthetic treatment modalities. *J Esthet Dent* 5: 239–246 (1993b)
- MAGNE P, MAGNE M, BELSER U C: Natural and restorative oral esthetics. Part III: Fixed partial dentures. *J Esthet Dent* 6: 15–22 (1994)
- MERICKE-STERN R, STEINLIN-SCHAFFNER T, MARTI P, GEERING A H: Peri-implant mucosal aspects of ITI implants supporting overdentures. A 5-year longitudinal study. *Clin Oral Impl Res* 5: 9–18 (1994)
- MÜHLEMANN H R: Zur Mikrostruktur der Implantatoberfläche. *Schweiz Monatsschr Zahnheilk* 85: 97–112 (1975)
- NYMAN S, LANG N P, BUSER D, BRÄGGER U: Bone regeneration adjacent to titanium dental implants using guided tissue regeneration: A report of two cases. *Int J Oral Maxillofac Implants* 5: 9–14 (1990)
- QUIRYNEN M, NAERT I, VAN STEENBERGHE D, SCHEPERS E, CALBERSON L, THEUNIER G, GHYSELEN J, DE MARS G: The cumulative failure rate of the Brånemark system in the overdenture, the fixed partial, and the fixed full prostheses design: A prospective study on 1273 fixtures. *J Head Neck Pathol* 10: 43–53 (1991)
- SCHROEDER A, POHLER O, SUTTER F: Gewebsreaktion auf ein Titan-Hohlzylinderimplantat mit Titan-Spritzschichtoberfläche. *Schweiz Monatsschr Zahnheilk* 86: 713–727 (1976)
- SCHROEDER A, STICH H, STRAUMANN F, SUTTER F: Über die Anlagerung von Osteozement an einen belasteten Implantatkörper. *Schweiz Monatsschr Zahnheilk* 88: 1051–1057 (1978)
- SCHROEDER A, VAN DER ZYPEN E, STICH H, SUTTER F: The reaction of bone, connective tissue and epithelium to endosteal implants with sprayed titanium surfaces. *J Oral Maxillofac Surg* 9: 15–25 (1981)
- STEINEMANN S: Titan als Werkstoff. In: Schroeder A., Sutter F., Buser D., Krekeler G. (Hrsg.): *Orale Implantologie. Grundlagen und das ITI-System* (2. Ausgabe). Verlag Georg Thieme. Stuttgart, pp. 37–58 (1994)

- SUTTER F, WEBER H P, SORENSEN J, BELSER U C: The new restorative concept of the ITI dental implant system: Design and engineering. *Int J Periodont Rest Dent* 13: 409–418 (1993)
- THOMAS K A, KAY J F, COOK S D, JARCHO M: The effect of surface macrotexture and hydroxylapatite coating on the mechanical strengths and histologic profiles of titanium implant materials. *J Biomed Mat Res* 21: 1395–1414 (1987)
- WEBER H P, BUSER D, DONATH K, FIORELLINI J P, DOPPALAPUDI V, PAQUETTE D W, WILLIAMS R C: Comparison of healed tissues adjacent to submerged and non-submerged unloaded titanium dental implants. A histometric study in beagle dogs. *Clin Oral Impl Res* 7: 11–19 (1996)
- WEINGART D, STEINEMANN S, SCHILLI W, STRUB J R, HELLERICH U, ASSENMACHER J, SIMPSON J: Titanium deposition in regional lymph nodes after insertion of titanium screw implants in the maxillofacial region. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 23: 450–452 (1994)
- WENNERBERG A, ALBREKTSSON T, ANDERSSON B, KROL J J: A histometric and removal torque study on screw-shaped titanium implants with three different surface topographies. *Clin Oral Impl Res* 6: 24–30 (1995)
- WENNERBERG A, ALBREKTSSON T, LAUSMAA J: A torque and histomorphometric evaluation of c.p. titanium screws, blasted with 25 and 75 μm sized particles of Al_2O_3 . *J Biomed Mater Res* 30: 251–260 (1996)
- WENNERBERG A, EKTESSABI A, ALBREKTSSON T, JOHANSSON C, ANDERSSON B: A 1-year follow-up of implants of differing surface roughness placed in rabbit bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 12: 486–494 (1997)
- WILKE H J, CLAES L, STEINEMANN S: The influence of various titanium surfaces on the interface shear strength between implants and bone. *Adv Biomat* 9: 309–311 (1990)
- WONG M, EULENBERGER J, SCHENK R K, HUNZIKER E: Effect of surface topography on the osseointegration of implant materials in trabecular bone. *J Biomed Mater Res* 29: 1567–1575 (1995)
- ZARB G A, SCHMITT A: The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated implants. The Toronto study. Part I: Surgical results. *J Prost Dent* 63: 451–457 (1990)
- ZITZMANN N U, NAEF R, SCHÄRER P: Resorbable versus nonresorbable membrane in combination with Bio-Oss for guided bone regeneration. *Int J Oral Maxillofac Implants* 12: 844–852 (1997)