

Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie
der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. Dr. med. dent. Jürgen F. Reuther

**Die Versorgung teilbezahnter und zahnloser Patienten mit dentalen
Implantaten – Langzeitergebnisse und Nachuntersuchung des
Patientengutes von 1989 bis 1997**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt von
Alexandra Eulert
aus Bamberg

Würzburg, Dezember 2001

Referentin: Priv. – Doz. Dr. Dr. E. Reinhart
Korreferent: Prof. Dr. Dr. J. F. Reuther
Dekan: Prof. Dr. V. ter Meulen

Tag der mündlichen Prüfung: 15.05.02

Die Promovendin ist Zahnärztin.

MEINEN LIEBEN ELTERN IN GROßER DANKBARKEIT FÜR DEN
IMMERWÄHRENDEN, SELBSTLOSEN BEITRAG ZUM GLÜCK UND ERFOLG IHRER
KINDER

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Das enossale BONE-LOCK[®]-System.....	3
2.1	Implantatform	3
2.2	Implantatmaterial.....	4
2.3	Implantatsystem.....	7
2.4	Periimplantäre Beurteilung des BONE-LOCK [®] -Implantates	9
2.5	Indikation und Kontraindikation	10
2.5.1	Allgemeine Indikationen.....	10
2.5.2	Lokale Indikationen	11
2.5.3	Spezielle Indikationen für das BONE-LOCK [®] -Implantatsystem.....	11
2.5.4	Absolute allgemeine Kontraindikationen	12
2.5.5	Allgemeine relative und temporäre Kontraindikationen	12
2.5.6	Lokale absolute Kontraindikationen	12
2.5.7	Lokale relative Kontraindikationen.....	13
2.6	Präimplantologische Diagnostik.....	13
2.6.1	Allgemeiner Befund und erweiterter Lokalbefund	13
2.7	Operationstechnik und Instrumentarium	15
2.7.1	Die erste Phase des chirurgischen Eingriffs.....	15
2.7.2	Die zweite Phase des chirurgischen Eingriffs	17
2.8	Die prothetische Versorgung	17
2.9	Recallsystem und Datenverwaltung.....	19
3	Material und Methode.....	21
3.1	Darstellung des Patientengutes.....	21

3.2	Untersuchungsspezifisches Patientengut	27
3.3	Dokumentation und statistische Auswertung	30
3.4	Untersuchungsmethode und –parameter zur Beurteilung des periimplantären Gewebezustandes	30
3.4.1	Hygiene –Index.....	32
3.4.2	Gingiva-Index.....	32
3.4.3	Breite der fixierten Gingiva	33
3.4.4	Taschensondierung.....	33
3.4.5	Periotest	34
3.4.6	Röntgenanalyse.....	35
4	Ergebnisse	36
4.1	Erfolgsquote des BONE-LOCK [®] -Systems nach 8 Jahren klinischer Anwendung.....	36
4.2	Ergebnisse der periimplantären Situation	44
4.2.1	Hygiene – Index.....	44
4.2.2	Gingivaindex	45
4.2.3	Taschensondierungstiefen (TST).....	48
4.2.4	Periotest	51
5	Diskussion.....	54
6	Zusammenfassung.....	71
7	Literaturverzeichnis	73

1 Einleitung

In den letzten Jahrzehnten haben die Weiterentwicklung der Naturwissenschaften und damit auch enorme Fortschritte in der Medizin zu einem sehr entscheidenden Wandel in der Implantologie geführt (*Lentrod* 1986). Die Versuche, verloren gegangene Zähne durch homöo- oder alloplastisches Material zu ersetzen, gehen nach *Marziani* (1955) bis in die präkolumbianische Zeit (vor 1492) zurück. Die große Anzahl der Misserfolge auf diesem Gebiet im 19. Jahrhundert ließ die Implantologie aber vorerst wieder in den Hintergrund treten.

Anfänglich wurden hauptsächlich subperiostale Gerüste implantiert, nachdem deren Langzeiterfolge aber auf einen sehr bescheidenen Prozentsatz geschrumpft waren, ging die Entwicklung mehr in Richtung endossaler Verfahren (*Tetsch* 1984).

Hier begann *Strock* (1939) erstmals mit der neuen Form nach Art einer Holzschraube aus einer Chrom-Kobalt-Molybdän-Legierung (Vitallium) zu arbeiten und setzte diese, wie auch *Formigini* (1958) mit seiner korkenzieherartigen Schraube, in frische oder chirurgisch geschaffene Alveolen. Danach folgten *Cherchève* (1962) mit einer Doppelhelix-Hohlschraube, *Scialom* (1962) mit seinen Tantalnadeln und *Tramonte* (1965) mit einer selbstschneidenden Implantatschraube. Das verwendete Material war hier schon das Titan, dem auch heute noch die größte Bedeutung in der Implantologie zukommt. *Heinrich* (1971) verwendete Tantal, *Sandhaus* (1971) führte die Keramikoxide ein. *Linkow* (1966) entwickelte die ersten Blatt- und Extensionsimplantate, die bis heute noch eine große Rolle spielen. Mit beachtlichen Erfolgen wurden weitere endossale Implantate auch im deutschsprachigen Raum entwickelt, sowohl aus der Praxis heraus, als auch von den Universitäten, so zum Beispiel die IMZ-Implantate (*Koch* 1976), die ITI-Hohlzylinderimplantate nach *Schroeder et al.* (1976), die *Tübinger* Keramikimplantate von *Schulte* (*Schulte* und *Heimke* 1976) und die TPS-Schrauben nach *Ledermann* (1979). Ausgehend vom ITI-Hohlzylinderimplantat entstand 1988 das Bonafit-System. Hinzu kam aus Schweden das sehr erfolgreiche Brånemark-Implantat 1981 (*Albrektsson et al.* 1981). Eine sehr wichtige Entwicklung für die Implantologie war auch die Einführung der Titan-Plasma-Flame-Beschichtung von *Schroeder et al.* (1976) und das mehrzeitige Vorgehen von *Brånemark* (1969) und *Koch* (1976). Bei diesem Verfahren heilt das eingebrachte

Implantat zunächst subgingival unter einem vernähten Mukoperiostlappen ein und wird erst nach einer gewissen Zeit operativ freigelegt (*Brandt* 1996).

Desweiteren wurde Aluminiumoxidkeramik als Werkstoff für Implantate verwendet und weiterentwickelt, wie zum Beispiel die CBS-Schrauben nach *Sandhaus* (1971). Diese verliert aber wegen der erhöhten Frakturgefahr und der problematischen Verankerung der Suprakonstruktion immer mehr an Bedeutung, so dass man eine eindeutige Wende hin zum Werkstoff Titan als Material der Wahl erkennen kann.

In kaum einem anderen Fachgebiet der Zahnheilkunde waren die Entwicklungen und Fortschritte so komplex und stürmisch wie in der Implantologie, so gibt es immer neuere, verbesserte Systeme von vielen verschiedenen Anbietern, was jedoch die Gefahr, den Überblick zu verlieren, stark vergrößert.

Seit 1975 arbeiten *Reuther et al.* an der Entwicklung eines neuen Implantatsystems und Designs unter Berücksichtigung der grundlegenden Forderungen an die Entwicklung eines solchen Systems, wie sie von *Brunski* (1988) nochmals definiert wurden (*Reuther et al.* 1994). Hierbei entstand ein konusförmiges Schraubenimplantat aus Titan, das enossale BONE-LOCK[®]-System, welches erstmals 1988 auf der 113. Jahrestagung der DGZMK in Würzburg vorgestellt wurde.

Ziel dieser Arbeit soll es sein, die Erfolgsquote des Systems für die orale Rehabilitation bei teilbezahnten und zahnlosen Patienten nach möglichst langer Zeit darzustellen.

Hierzu wurde das von Juli 1988 bis Oktober 1997 mit BONE-LOCK[®]-Implantaten versorgte Patientengut an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Würzburg nachuntersucht, die entsprechenden Parameter erhoben, ausgewertet und diskutiert.

2 Das enossale BONE-LOCK®-System

Die allgemeinen Grundlagen für die Einheilung eines Implantates waren die Basis für die Entwicklung des Systems.

Die erfolgreiche Inkorporation eines fremden Materials, des Implantates, ist abhängig von:

- der Reaktionsfähigkeit des Gewebes
- der Operationstechnik
- der Form des Implantates
- dem Implantatmaterial
- der funktionellen Belastung

Bei der Konzeption des BONE-LOCK®-Systems wurden diese Faktoren als ein in sich geschlossenes System berücksichtigt (*Reuther et al.* 1994).

2.1 Implantatform

Bei der Formgebung können im Wesentlichen schrauben- und zylinderförmige (rotationssymmetrische Implantate), sowie blattförmige Implantate, so genannte Extensionsimplantate, unterschieden werden. Die schraubenförmigen Implantate sind in ihrer Form der Zahnwurzel nachempfunden und erreichen durch passgenaue Lageaufbereitung mit rotierenden Instrumenten durch unterschiedlich geformte selbstschneidende oder vorgeschchnittene Gewindegänge ihre primäre Stabilität, während die zylindrischen Implantate durch Klemmpassung in einem diskret unterdimensioniert präparierten Lager fixiert werden.

Aufbauend auf den physikalisch-mechanischen Vorteilen einer Schraube, nämlich der Vergrößerung der Implantatoberfläche durch das Gewinde und damit das Erreichen einer größtmöglichen Kontaktfläche zum Knochen und der relativ gleichmäßigen Druckverteilung durch eine bestimmte Gestaltung des Gewindes, hat man für das BONE-LOCK®-System ein Schraubenimplantat mit einem Konuswinkel von $2^{\circ}30'$

gewählt. Die Formgebung des Gewindes wurde aufgrund spannungsoptischer Untersuchungen (*Bossler* 1981) und aufgrund systematischer Berechnungen mit der finiten Elementmethodik (*Röhrle* und *Sollbach* 1984) optimiert (*Reuther et al.* 1994). Durch eine abgerundete Implantatspitze und abgerundete Gewindegänge werden Spannungskonzentrationen weitestgehend vermieden und eine axiale Belastung wird nicht punktförmig auf das Implantatlager übertragen sondern über den gesamten Spitzenbereich verteilt, was zusätzlich durch die Optimierung des Konuswinkels verstärkt wurde (*Bossler* 1981). Negative Abscherspannungen werden minimiert, indem das Implantat keine beanspruchungsarmen oder gar –freien Lagerzonen aufweist, womit die gesamte Oberfläche des Gewindeganges an der Kraftübertragung teilnimmt. Im Bereich der Kortikalis wurde auf eine Gewindeverankerung verzichtet, da diese sich bei Belastung ungünstig auswirken würde.

Nach den Auswertungen der spannungsoptischen Analysen (*Bossler* 1981) kann man zusammenfassend sagen, dass die Implantatform ein sehr ausgewogenes spannungsoptisches Bild mit harmonisch verlaufenden Isochromaten mit einer meist gleichförmigen und weiträumigen Verteilung der Belastung über das Implantat zeigt, wie von der Kraftflussberechnung von *Röhrle* und *Sollbach* (1984) bestätigt wird (*Reuther et al.* 1994).

2.2 Implantatmaterial

Bei der Auswahl des Implantatmaterials wurden die allgemeinen Anforderungen an Biomaterialien, wie sie von der Konsensuskonferenz 1989 (*Tetsch et al.* 1990) definiert wurden, berücksichtigt. Hier sind die biologische Kompatibilität, die mechanische Kompatibilität, die Funktionalität und die Praktikabilität zu nennen.

In der zahnärztlichen Implantologie werden ausschließlich alloplastische Materialien verwendet, d.h. Metalle, Keramiken oder Kunststoffe, wobei die Metalle aufgrund ihrer Vorteile sowohl wissenschaftlich als auch hinsichtlich der praktisch-klinischen Anwendung für die enossale Implantologie die größte Rolle spielen. Heute werden weltweit für fast alle enossalen Implantate Reintitan oder Titanlegierungen verwendet (*Spiekermann* 1994).

Nach tierexperimentellen Untersuchungen mit verschiedenen Werkstoffen (Titan, Vitallium, Al₂O₃-Keramik und glaskohleverstärktem Kunststoff) unter identisch funktioneller Belastung und deren makroskopischen und mikroskopischen Auswertung hat man sich auch für Titan als den am besten geeigneten Werkstoff entschieden, wobei sich bei den verschiedenen Materialien keine gravierenden Unterschiede ergaben. Bei allen Schrauben fand eine direkte Anlagerung von Knochen an die enossalen Implantatoberflächen statt und es stellte sich heraus, dass die Gewebereaktion des Implantatlagers im Wesentlichen von der Form beeinflusst wird, und erst in zweiter Linie vom Material abhängt (*Reuther et al.* 1994).

Titan ist ein bioinertes Metall mit hoher Korrosionsfestigkeit und damit das beständigste im menschlichen Körper. Seine mechanischen Eigenschaften sind im Vergleich zu Aluminiumoxidkeramik deutlich günstiger, zum einen wegen des niedrigeren Elastizitätsmoduls, der dem des Knochens näher ist und somit bei funktioneller Belastung keine erhöhten Spannungsspitzen im Knochen entstehen. Zum anderen ist Titan duktil und sehr bruchfest, was die Herstellung sehr graziler Implantatkörper ermöglicht, wie zum Beispiel ein Implantat mit einem Durchmesser von 3,5 mm.

Die chemische Stabilität von Titanoberflächen wird durch eine 2-20 nm dünne, passive Oxidschicht gewährleistet, die sich im physiologischen Milieu spontan bildet, jedoch mechanisch (Scherkräfte) sehr instabil ist. So kommt es durch die unterschiedlichen Elastizitätsmodule von Knochen und Titan bei Be- und Entlastung schon zu Scherkräften, die ausreichend sind, die Titanoxidschicht zu zerstören und auch den Substratwerkstoff zu verschleifen. Bei der Repassivierung werden Titanatome verbraucht, so dass man von einer nicht unerheblichen Korrosion des Titans ausgehen kann. Verschiedene Autoren (*Ferguson et al.* 1960, *Laing et al.* 1967, *Woodman et al.* 1984, *Schliephake et al.* 1989) konnten in unterschiedlichen Organen und Geweben Titanmonoxid nachweisen, da durch die reduzierte Sauerstoffspannung im Knochen der Aufbau von Titandioxid offensichtlich nicht möglich ist. So erschien es sehr sinnvoll, die Titanoberfläche durch eine spezielle Beschichtung zu stabilisieren. Dies erfolgte in enger Zusammenarbeit zwischen der Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie mit dem Institut für Experimentelle Zahnheilkunde der Zahn-, Mund- und Kieferklinik der Universität Würzburg. Das Implantat wurde mit einer Titanzirkonoxidschicht versehen, die sich durch eine höhere mechanische Verschleißfestigkeit im Vergleich zur

Titanoxidschicht auszeichnet und somit das unerwünschte Abscheren von Titanoxidmolekülen und deren Ablagerung im menschlichen Organismus verhindert (*Reuther et al.* 1994).

Um den unterschiedlichen Bedingungen der verschiedenen Anteile des dentalen Implantates gerecht zu werden, musste die Oberflächenstrukturierung jeweils für den enossalen und den supragingivalen Teil getrennt betrachtet werden.

Am supragingivalen Anteil treten Kräfte senkrecht zur Oberfläche auf, die durch das Zerkleinern von Speisen und durch die Zahnpflege entstehen. Zusätzlich zur Abscherung der Oxidschicht muss man hier eine mögliche Aufrauung der Oberfläche bedenken, die eine Plaqueanlagerung begünstigen würde (*Sörensen* 1989). Das Entfernen dieser Beläge führt wiederum zu einem Zerkratzen der Oberfläche, was eine Periimplantitis begünstigt und es so letztendlich zur Taschenbildung und der Lockerung des Implantates im Endstadium kommen kann (*Syed und Loesche* 1978). Für den Implantatanteil im Kiefer ist eine Oberfläche erforderlich, die bezüglich der Osteophilie der passivierenden Oxidschicht des Titans entspricht, aber eine höhere mechanische Reibfestigkeit besitzen sollte.

So entwickelte man für das BONE-LOCK®-Implantat eine korrosions- und verschleißfeste, osteophile bzw. eine plaqueabweisende Oberflächenmodifikation. Den Verankerungsteil und den subgingivalen Anteil des Zwischenstückes hat man mit dem osteophilen Titan-Zirkon-Oxid beschichtet, für den supragingivalen Teil ist die Beschichtung mit Titan-Niob-Oxinitrid geeignet, da dieser Werkstoff als extrem verschleißfest und plaqueansatzhemmend gilt. Die Zulegerungen Niob bzw. Zirkon bewirken eine chemische Langzeitstabilisation des Beschichtungswerkstoffes (*Thull* 1993).

Die Aufbringung der Werkstoffe auf die verschiedenen Implantatanteile des BONE-LOCK®-Systems erfolgt nach dem plasmagestützten Lichtbogen-PVD-Verfahren. PVD bedeutet "Physical Vapour Deposition" und fasst all jene Verfahren zusammen, mit denen sich Metalle oder chemische Verbindungen, unterschiedlich verdampft, im Vakuum oder plasmagestützt auf Oberflächen von Substraten aufbringen lassen (*Thull und Reuther* 1994). Hierdurch entstehen mechanisch feste Schichten, da das Verfahren erlaubt, die Oberfläche vor der Beschichtung durch ein Teilchenbombardement reproduzierbar zu reinigen, was für die Schichthaftung unbedingt erforderlich ist.

In einer In-vitro-Studie über die Korrosionsfestigkeit der Schichtwerkstoffe (Ti, Nb)ON und (Ti, Zr)O konnten *Thull* und *Reuther* (1994) über Messungen der Korrosionsstromdichte eine hohe Stabilität der Beschichtungen gegen Korrosion und sehr geringe Stromdichten zwischen den verschiedenen Schichten nachweisen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass mit Titan als Substratwerkstoff und dieser speziellen Oberflächenmodifikation die elektrochemischen und biologischen Anforderungen für das Implantat erreicht wurden, die eine zuverlässige Fixierung ermöglichen und dem Hartgewebe des Kieferknochens eine Biomaterialoberfläche mit stets gleichen physikalischen Eigenschaften gegenüberstellen (*Thull* und *Reuther* 1994).

2.3 Implantatsystem

Allgemeine Grundlage der Entwicklung in der Implantologie stellt die Osseointegration dar, die nach *Brånemark et al.* (1985) die direkte Anlagerung von lebendem Knochengewebe an eine belastete Implantatfläche ohne bindegewebige Trennschicht darstellt. Die Entwicklung des BONE-LOCK®-Systems berücksichtigt in Form, Material und Operationstechnik die Anforderungen, die für die funktionstüchtige Inkorporation eines fremden Materials gefordert werden müssen.

Das BONE-LOCK®-Implantat ist als Spätimplantat nach Zahnverlust konzipiert, d.h. die Implantation erfolgt erst nach der knöchernen Regeneration der Alveole. Spätimplantationen zeigen nach *Tetsch* (1991) günstigere Ergebnisse als Sofortimplantationen, da hier nicht das Risiko einer Operation in einer infizierten oder traumatisch geschädigten Region besteht und ein großer Vorteil darin zu sehen ist, dass eine implantatkongruente Knochenkavität präpariert werden kann.

Das BONE-LOCK®-System ist ein zweiphasiges Implantationssystem, was ein operatives Vorgehen in zwei Schritten bedeutet. Hierbei ist die Primärstabilität des Implantates durch eine Einheilphase gesichert, in der das Implantat unter dem Mukoperiostlappen erst völlig unbelastet einheilen kann, bevor es in einem zweiten Eingriff freigelegt wird.

Die Vorteile dieses Verfahrens für die Prognose des Implantates wurden von zahlreichen Autoren bestätigt (*Watzek et al.* 1985, *Brånemark et al.* 1985, *Behneke* und

Schramm-Scherer 1987, Koeck und Wagner 1996). Außerdem stellte *Tetsch (1991)* signifikant höhere Verlustquoten bei der transgingivalen Einheilung gegenüber der unbelasteten Einheilung fest.

Ein Hauptgrund für die bindegewebige Einscheidung oraler Implantate stellt nach *Brånemark et al. (1985)* die Belastung des Implantates vor der Stabilisierung durch neu gebildeten periimplantären Knochen dar und somit auch die Ursache für eventuelle Misserfolge.

Die knöcherne Einheilung eines Implantates kann man in eine Früh- und eine Spätphase unterteilen, wobei man sich immer darüber im Klaren sein muss, dass es bei keinem Implantat zu einer vollständigen knöchernen Umkleidung kommt.

Die Frühphase beginnt wie bei jedem Heilungsprozess mit der Einblutung und der Bildung eines Blutkoagulums, welches das Leitgewebe für das spätere Granulationsgewebe darstellt. Den Untersuchungen zufolge beginnt die Knochenneubildung etwa am fünften Tag post operationem (*Kirsch und Donath 1984*), wobei grundsätzlich die Wechselwirkungen der Gewebe in dieser frühen Phase nur schwer eindeutig zu beurteilen sind (*Spiekermann 1994*). Diese Phase bedeutet für den Organismus jedoch nicht nur Knochenneubildung, sondern sie dient auch der Erkennung des Fremdkörpers, was sich durch das Auftreten von Makrophagen und mehrkernigen Riesenzellen zeigt.

Die Spätphase der Knochenneubildung beginnt mit der Überbrückung größerer Spalträume. Diese werden zuerst durch Geflechtknochen überbrückt, der dann in etwa zwei Monaten zu lamellärem Knochen umgebaut wird. Die Mineralisation des zuerst gebildeten Osteoids geht, laut *Frost (1963)*, mit einer Geschwindigkeit von circa einem μm pro Tag vonstatten, woraus sich die geforderte Einheilungszeit von ca. 3 - 4 Monaten für das Zweiphasensystem mit einer periimplantären Spaltraumbreite von 50 μm ergibt (*Spiekermann 1994*).

Die Langzeitprognose des Implantates hängt jedoch nicht nur von der Osseointegration ab, sondern entscheidende Bedeutung kommt auch dem periimplantären Gewebe und dessen Reaktion auf den Fremdkörper zu.

2.4 Periimplantäre Beurteilung des BONE-LOCK®-Implantates

Bei der Morphologie des Zahnhalteapparats und der des Implantatlagers kann man direkt nur die Gingiva und die periimplantäre Schleimhaut miteinander vergleichen.

Bei Titanimplantaten erfolgt die Verbindung der Gingiva mit dem Implantat über eine Art Saumepithel, welches über Hemidesmosomen der Titanoberfläche anhaftet (*Lindhe und Berglundh 1998*). Dieser lockere Verbund erklärt die deutlich höhere Vulnerabilität und geringere Gewebefestigkeit der Umgebung des Implantates im Vergleich zu Geweben um den natürlichen Zahn (*Ledermann 1986, Krekeler 1985*).

Während der Einheilung des transmukosalen Verbindungsstückes bildet sich eine Bindegewebszone zwischen apikalem Epithelansatz und erstem Knochenkontakt. Histologische Untersuchungen dieser Bindegewebszone zeigen deren unterschiedlichen Aufbau in zwei Schichten, nämlich einer inneren (kollagenfaserreichen, zellarmen) und einer äußeren (vaskularisierten, lockeren) Zone. Beim zweiphasigen Implantatsystem sind die Kollagenfasern parallel zur Oberfläche ausgerichtet (*Spiekermann 1994*).

Am Implantat spielen die gleichen Entzündungsvorgänge, hervorgerufen durch Plaque- bzw. Konkrementablagerungen und verschiedene andere Reize, wie am natürlichen Zahn auch, eine große Rolle für die Gesunderhaltung des Zahnhalteapparates, bzw. des Implantatlagers. Da die Entzündungsabwehr über das Gefäßbindegewebe erfolgt und das implantatumgebende Gewebe als Narbengewebe eine geringere Vaskularisation aufweist, ist sozusagen das direkte Implantatlager zu einer geringeren Infektabwehr fähig. Dies erklärt auch die Wichtigkeit der Plaqueansatzhemmung des Implantatmaterials, die auch klinisch bestätigt wurde (*Tetsch und Schiefner 1986, Krämer et al. 1989*).

Aus diesen Zusammenhängen ergibt sich die logische Konsequenz einer regelmäßigen Implantatnachsorge, die die mechanische Entfernung der Plaque und eingehende Untersuchung des periimplantären Gewebes zum Inhalt haben sollte, natürlich zusätzlich zur möglichst optimalen Mundhygiene des Patienten (*Flemmig 1994*).

Das BONE-LOCK®-System berücksichtigt in seiner Konzeption diese Überlegungen, indem die Form des Implantates eine möglichst einfache und sichere Reinigung ermöglicht und die Oberfläche als solche bei der mechanischen Reinigung nicht so angreifbar ist, dass durch Kratzspuren neue Retentionsstellen für die Plaque entstehen

können. Diese mechanische Belastbarkeit wird durch die oben erwähnte spezielle Oberflächenmodifikation, nämlich das Titan-Niob-Oxinitrid, gewährleistet.

Somit kann im transgingivalen Bereich eine regelmäßige und ausreichende Reinigung mit handelsüblichen Küretten und Scalern erfolgen, ohne dass zu raue Oberflächen, enge Gewindegänge oder zu empfindliche Beschichtungen dieser im Wege stehen.

Sogar der enossale Implantatanteil, mit einer glatten Oberfläche und einer Höhe der Gewindegänge von 1,7 mm lässt sich, falls notwendig reinigen, wobei dies in den meisten Fällen auf den transgingivalen Anteil beschränkt ist.

2.5 Indikation und Kontraindikation

Eine wesentliche Voraussetzung für den angestrebten Behandlungserfolg ist die kritische Auswahl der Patienten und der kritische Einsatz enossaler Implantate, auch wenn die Indikationsstellung heute durch die extreme Weiterentwicklung und die Erfolge in der Implantologie zunehmend großzügiger wird.

Unter Beachtung der Grundprinzipien jeder medizinischen Therapie sieht *Spiekermann* (1994) eine Indikation schon gegeben, wenn eine komplikationslose Verankerung eines enossalen Implantates im Knochen mit zufrieden stellend langer Funktionsdauer möglich erscheint und wenn ein therapeutischer Gewinn damit erzielt werden kann.

In Anlehnung an die Konsensus-Konferenz 1989 wurden die Einschluss- und Ausschlusskriterien für das BONE-LOCK®-Implantat wie folgt eingeteilt (*Reuther* und *Stevelling* 1994):

2.5.1 Allgemeine Indikationen

- gut motivierte, kooperative Patienten mit guter Mundhygiene.
- keine Altersbegrenzung hinsichtlich höheren Lebensalters, bei Jugendlichen erst nach Abschluss des Kieferwachstums.
- Prothesenintoleranz
- Berufsbedingte funktionelle und ästhetische Indikation (z.B. Schauspieler, Musiker, Sänger etc.)

2.5.2 Lokale Indikationen

- Einzelzahnersatz
- Teilbezahnter Patient: Freiendsituation
- Schaltlückengebiss
- Zahnloser Patient: Oberkiefer - Unterkiefer

2.5.3 Spezielle Indikationen für das BONE-LOCK®-Implantatsystem

- ausschließliche Verwendung als Spätimplantat
- der atrophierte, zahnlose Unterkiefer, weil bei ausreichendem Knochenangebot ohne die Gefahr einer Nervverletzung interforaminär implantiert werden kann. Eine Knochenhöhe von weniger als einem Zentimeter im interforaminären Bereich gilt als Kontraindikation.
- Einzelzahnverlust, Freiendsituationen, große Schaltlücken und der zahnlose Oberkiefer stellen eine relative Indikation dar.
- die kaufunktionelle Rehabilitation nach Tumor- bzw. Unterkieferteilresektionen gilt als eine besondere Form der Indikation.

Für die erfolgreiche Anwendung des BONE-LOCK®-Implantatsystems und auch aller anderen Systeme gilt natürlich, dass absolute Kontraindikationen unbedingt beachtet werden müssen, sowie auch die grundsätzliche Abwägung zwischen Nutzen und Risiko und die Beachtung der Verhältnismäßigkeit der Mittel die Entscheidung zur Implantation immer prägen sollten.

2.5.4 Absolute allgemeine Kontraindikationen

- noch nicht abgeschlossenes Kieferwachstum
- nicht kompensierbare oder substituierbare Störungen der Hämatopoese, der Blutgerinnung und des endokrinen Systems
- therapieresistente kardiovaskuläre Erkrankungen
- Malignome mit negativer oder infauster Prognose
- schwere Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises
- dauerhafte Störungen der Immunabwehr (HIV, Immunsuppression)
- schwere persönlichkeitsverändernde Psychopathien

2.5.5 Allgemeine relative und temporäre Kontraindikationen

- Allergien, substituierbare Erkrankungen
- leichtere Formen rheumatischer oder psychischer Erkrankungen
- allgemeine Fokalerkrankungen
- alle akuten Erkrankungen und deren Rekonvaleszenz
- Schwangerschaft
- Drogen-, Alkoholabusus
- bestehende oder bevorstehende starke psychische und physische Stresssituationen

2.5.6 Lokale absolute Kontraindikationen

- nicht sanierte Kiefer- und Gebissabschnitte
- Schmerzzustände unbekannter Genese im Kiefer- und Gesichtsbereich
- ungeklärte Myoarthropathien, orale Dys- und Hyperkinesien, sowie nicht abstellbare okklusale und/oder Weichteilparafunktionen wie Pressen oder Wangenbeißen
- akute oder chronische Osteomyelitis
- therapieresistente bzw. progrediente Parodontopathien

- nicht ausgleichbare Knochendefizite bzw. Kieferdefekte
- nicht beeinflussbare ungünstige anatomische Gegebenheiten
- mangelnde Motivation zu einer guten Mundhygiene

2.5.7 Lokale relative Kontraindikationen

- temporär begrenzte Knochendefekte, wie z.B. Extraktionswunden oder Zystenhöhlen
- topographisch ungünstige Voraussetzungen, die operativ korrigierbar sind (hoher Austrittspunkt des N. mentalis, mangelnder Alveolarfortsatz im Oberkiefer)
- unzureichend breite fixierte Gingiva
- unbehandelte Okklusions-, Artikulations-, oder Bissanomalien
- medikamentös bedingte oder behandelbare Parodontopathien
- vorausgegangene Strahlentherapie

2.6 Präimplantologische Diagnostik

2.6.1 Allgemeiner Befund und erweiterter Lokalbefund

Um den Langzeiterfolg bei enossalen Implantaten zu sichern, muss vor der Implantation eine sehr genaue Planung und Diagnostik durch den Behandler erfolgen. Dazu gehören die Erhebung einer allgemeinen Anamnese sowie ein erweiterter Lokalbefund, der abklärt, ob das vorliegende Knochenangebot hinsichtlich Quantität, Qualität und Morphologie eine Verankerung des geplanten Implantates mit Aussicht auf Erfolg zulässt. Die allgemeine Anamnese dient der Erfassung allgemeinmedizinischer Probleme, die mögliche Kontraindikationen darstellen könnten.

Der erweiterte Lokalbefund umfasst die klinische Untersuchung der Mundschleimhaut, des Restgebisses, der Alveolarfortsätze sowie der Mundhygiene (*Reuther und Steveling 1994*).

Er sollte routinemäßig eine klinische Funktions- und Modellanalyse mit Untersuchung der Kiefergelenke, der Kaumuskulatur und der Okklusionsverhältnisse enthalten, um zu

entscheiden, ob die vorhandenen Relationen von Unterkiefer zu Oberkiefer und die okklusalen Verhältnisse für die geplante implantologisch-prothetische Versorgung übernommen werden können (*Spiekermann* 1994). Bei Vorliegen von Funktionsstörungen muss vor der Implantation eine funktionelle Äquilibration erfolgen.

Diese Befunde sollten durch eine schädelbezügliche Einartikulation von Studienmodellen in einen teiladjustierbaren Artikulator registriert werden, an welchen nach einem diagnostischen Set up oder Wax up unter Berücksichtigung des Lokalbefundes die endgültige Planung der Anzahl, der Lokalisation und der Achsenstellung der Implantate individuell erfolgen kann.

Die Inspektion und Palpation der Mundhöhle und des Kieferknochens gibt zum einen Aufschluss über die Schleimhautsituation und eventuelle pathologische Veränderungen, und zum anderen lassen sich das vorhandene Knochenangebot und die Kontur des Alveolarfortsatzes abschätzen. Die exakte Vermessung des vertikalen Knochenangebotes im Bereich der geplanten Implantate erfolgt über die Röntgenmessaufnahme, meistens anhand eines Orthopantomogrammes, bei dem zur Rückrechnung der unterschiedlichen Vergrößerungen und Verzerrungen eine Kunststoffschablone mit Röntgenmesskugeln von 10 mm oder 5 mm Durchmesser mitgeröntgt wird.

Zur Bestimmung des horizontalen Knochenangebotes empfiehlt sich die Anfertigung eines Sägeschnittmodells mit eingezeichneter Schleimhautschicht (*Nentwig* 1983, *Maeglin* 1985, *Spörlein et al.* 1986), wobei die Schleimhautdicke mit einer zahnärztlichen Kanüle, auf die ein Silikonstop aufgesteckt ist gemessen werden kann. Nach *Tetsch* (1991) bestehen ideale Voraussetzungen dann, wenn die Implantate vestibulär und oral von einer über 1 mm starken Knochenschicht bedeckt sind, und der Sicherheitsabstand zu den benachbarten Strukturen wie Kieferhöhle, Nasenhöhle oder Mandibularkanal mit 1-2 mm eingehalten wird.

Nach endgültiger Festlegung der Anzahl und Lokalisation der Implantate wird eine zahn- oder schleimhautgetragene Bohrschablone angefertigt, die die problemlose Übertragung der festgelegten Parameter auf den Patienten ermöglicht.

Neben der konventionellen Röntgenaufnahme stellt die Computertomographie eine Erweiterung der präimplantologischen Diagnostik dar, besonders in Bezug auf die

präzise Erfassung von vertikaler und transversaler Kieferdimension (*König et al.* 1996, *Kreusch et al.* 1993). Laut *Eufinger et al.* (1999) wird die transversale Dimension in der zahnärztlichen Implantologie nämlich bisher immer noch vernachlässigt.

Darüber hinaus kann aus den computertomographisch gewonnenen Werten mit zwei computergesteuerten Laserstrahlen (Stereolithographie) ein exaktes Kunststoffmodell hergestellt werden, welches für die Planung der Implantatgröße, des Implantationsortes und der Achsenrichtung von großem Nutzen sein kann. Außerdem lassen sich mit Hilfe dieser Stereolithographiemodelle auch die entsprechenden Schablonen für die Übertragung der Situation in den Operationssitus anfertigen (*Bill* 1996).

2.7 Operationstechnik und Instrumentarium

Das BONE-LOCK®-Implantatsystem als zweiphasiges System erfordert ein zweizeitiges operatives Vorgehen, das den Implantaten Belastungsfreiheit in der Einheilungsphase sichert und somit ein eventueller frühzeitiger Implantatverlust durch zu frühe funktionelle Belastung vermieden wird (*Spiekermann* 1994).

Es wurde ein Instrumentarium entwickelt, welches in wenigen Schritten mit möglichst wenigen Instrumenten die Herstellung eines implantatkongruenten Knochenbettes ermöglicht und dabei immer die schonende Behandlung des Knochens zur Vermeidung von Präparationsschäden berücksichtigt.

Für das BONE-LOCK®-System stehen farbkodierte Implantate mit einem Durchmesser von 3,5 mm (in den Längen 9, 11, 13 und 15 mm) und 4,5 mm (in den Längen 9, 11, 13, 15 und 17 mm) zur Verfügung.

2.7.1 Die erste Phase des chirurgischen Eingriffs

Die im Artikulator bestimmte Pfeilerposition wird mit Hilfe der Kunststoffschablone durch eine Markierung durch die Schleimhaut mit einem feinen Rosenbohrer auf den Operationssitus übertragen.

Der Schleimhautschnitt sollte so geführt sein, dass die spätere Naht nicht auf dem Implantat zu liegen kommt, sondern vestibulär oder palatinal davon. Danach erfolgt die

schonende Freilegung des Knochens mit dem Raspatorium. Mögliche scharfe Knochenkanten oder Unebenheiten werden substanzschonend mit einem Rosenbohrer abgetragen. Zunächst wird jetzt der Knochen mit einem doppelt reduzierten Winkelstück bei steriler Außenspülung als Implantatlager vorbereitet: Mit dem Plansenker erfolgt an den Markierungsbohrungen die Präparation eines Plateaus auf der Knochenoberfläche und die Festlegung des Implantatdurchmessers (3,5 oder 4,5 mm). Bei mehreren geplanten Implantaten können durch in die Bohrungen eingesetzte Parallelisierungsstifte die Achsrichtungen untereinander leichter, unter visueller Kontrolle, parallel angelegt werden.

Nun erfolgt die Tiefenbohrung nach vorheriger, exakter Bestimmung der Implantatlänge mit einem außengekühlten, spiralförmigen Pilotbohrer. Die weitere konische Aufbereitung des Implantatlagers wird manuell mit dem Formbohrer durchgeführt und das Gewinde mit dem Gewindeschneider vorgeschritten. Die manuelle Aufbereitung mit der Ratsche oder der Drehhilfe ermöglicht die besonders schonende Knochenpräparation und vermeidet Hitzeschäden und unnötige Knochennekrosen (*Reuther und Steveling 1994*).

Ein sorgfältiges Spülen der Knochenkavität mit physiologischer Kochsalzlösung und die absolute Kongruenz von Gewindeschneider und Implantat gewährleisten eine primäre enge Anlagerung von Implantatoberfläche und umgebendem Knochen ohne Interposition von nekrotischem Material oder einem Hämatom (*Reuther und Steveling 1994*).

Die Implantate sind in steriler Verpackung aus Implantatkonusschraube, primärer Einheilkappe und manueller Eindrehhilfe zusammengesetzt, so dass die Insertion des Implantates in das präparierte Knochenbett ohne Berührung der Oberflächen und absolut steril erfolgen kann und zeitaufwendige Arbeitsschritte, wie das Aufschrauben der primären Einheilkappe entfallen. Nach der Reposition des Mukoperiostlappens erfolgt der Nahtverschluss mit Einzelknopfnähten. Postoperativ wird ein Röntgenbild zur Kontrolle angefertigt. Die Nähte werden nach einer Woche entfernt.

Um ein belastungsfreies Einheilen des Implantatkörpers zu gewährleisten, wird für das BONE-LOCK®-Implantat im Unterkiefer eine Einheilphase von 4 Monaten, im Oberkiefer von 6 Monaten empfohlen. Deswegen sollte auch die provisorische prothetische Versorgung im Implantatbereich so großzügig hohlgelegt sein, dass eine

Schleimhautperforation mit Infektion des Implantatbettes vermieden wird (*Reuther* und *Stevelling* 1994).

2.7.2 Die zweite Phase des chirurgischen Eingriffs

Nach der entsprechenden Einheilzeit wird die Implantatfreilegung durchgeführt. Hierbei erleichtert die schon bei der Insertion verwendete Bohrschablone die Wiederauffindung der Implantate. In Lokalanästhesie wird die Schleimhaut über der Einheilungskappe mit einem Skalpell entfernt. Nach dem Entfernen der Einheilkappe wird anhand der Schleimhautdicke die Länge des transgingivalen Zwischenstückes bestimmt und mit einer konischen Verbindungsschraube im enossalen Implantatanteil fixiert. Eine Nut am Zwischenstück bzw. ein innenliegender Sechskant am Implantat gewährleistet die Rotationsstabilität des Systems. Nach Abdeckung der Verbindungsschraube mit der sekundären Einheilkappe erfolgt der Weichteilverschluss mit einer Naht.

Nach dem Abheilen der Schleimhautwunde, in der Regel nach 10 Tagen, kann die Abdrucknahme für die weitere prothetische Versorgung mit einem speziellen Abdruckaufbau und einer rotationssicheren Transferkappe erfolgen. Dieser spezielle Abdrucksatz ermöglicht eine absolut genaue Übertragung der Implantatlage mit Zwischenstücken auf das Modell, auf dem die labortechnische Herstellung der Suprakonstruktion stattfindet (*Reuther* und *Stevelling* 1994).

2.8 Die prothetische Versorgung

Die strenge Indikation, die korrekte Operationsmethode und eine unbelastete Einheilphase sind sehr wichtige Voraussetzungen für den Erfolg der Implantate, doch letztendlich entscheidet nach *Riess* (1983) die Qualität und Funktion der prothetischen Versorgung darüber, ob, wie, und wie lange ein erfolgreich integriertes Implantat im Knochen verweilt.

Deswegen sollte die spätere prothetische Versorgung schon bei der präoperativen Planung mitberücksichtigt werden, wofür die Studienmodelle, die gesamte präimplantologische Diagnostik und die Okklusionsanalyse mit Überprüfung der Distanz zum Antagonisten und der achsengerechten Belastung verwendet werden.

Zudem sollte über eine Probemodellation Anzahl und Position der Implantate gezielt nach den Erfordernissen des geplanten Zahnersatzes ausgewählt werden können (Renk 1994). Es empfiehlt sich auch noch eine ästhetische Analyse, um das zu erwartende kosmetische Ergebnis zu überprüfen.

Nach Art der Verbindung zwischen Implantat und Suprakonstruktion unterscheidet die Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten Würzburg (Renk 1994) in:

- zementierte Kronen und Brücken
- verschraubte Kronen und Brücken
- die Stegverankerung
- das Kugelanker-Attachment
- die Doppelkronenkonstruktion

Bei der prothetischen Versorgung in Verbindung mit Implantaten, der so genannten Suprakonstruktion, sind einige Besonderheiten neben den grundsätzlichen prothetischen Regeln zu beachten:

Die Suprakonstruktion muss grundsätzlich so konstruiert sein, dass Schäden des Implantates, der periimplantären Gewebe und des Restgebisses vermieden werden.

Bei der Herstellung implantatgetragener Brücken und Kronen fordert die Konsensuskonferenz 1989 (Tetsch et al. 1990) kleinflächige Höcker-Fossa- und Höcker- Randleistenkontakte und zum Schutz vor Überlastung eine unterextendierte Kaufläche der Suprakonstruktion. Außerdem sollten implantatgestützte Brücken aus parodontalhygienischen Gründen möglichst offen gestaltet sein. Eine optimale Ausrichtung der Implantate und Gestaltung der Suprakonstruktion in Bezug auf die funktionelle Belastung sichert Renk (1994) folgendermaßen:

- Ausrichten der Implantatmittelachse auf den tragenden Höcker des Antagonisten
- Reduzierung der Kontakte auf achsennahe Bereiche
- Kontaktfreiheit bei Latero- und Protrusionsbewegungen (möglichst keine Führungsfunktion der Suprakonstruktion)

Grundsätzlich sollten implantatgetragene Kronen und Brücken abnehmbar oder zumindest bedingt abnehmbar sein, da hierdurch nicht nur die Hygienefähigkeit deutlich

verbessert wird, sondern auch der Zugang für die Beurteilung der Pfeiler und der periimplantären Gewebe erleichtert wird.

Auch für die Versorgung mit Totalersatz schlägt die Konsensuskonferenz 1989 (*Tetsch et. al* 1990) bestimmte Richtlinien vor: So gilt die Stegverankerung als Standardversorgung für den implantatgestützten Totalersatz im Unterkiefer, durch welche die Pfeiler sozusagen primär miteinander verblockt sind und somit alle auf die Prothese einwirkenden Kräfte gleichmäßig auf die Implantate verteilt werden. Das Kugelanker-Attachment und die Doppelkronenkonstruktion bedeuten eine sekundäre Verblockung der Pfeiler durch die Suprakonstruktion. Eine balancierte Okklusion, die funktionelle Gestaltung der Prothesenränder und die größtmögliche Bedeckung des Schleimhautareals dienen, wie bei der auf natürlichen Zähnen abgestützten Prothese auch, der Vermeidung einer Pfeilerüberbelastung.

2.9 Recallsystem und Datenverwaltung

Um den Langzeiterfolg von Implantaten zu sichern, müssen regelmäßige Nachuntersuchungen im Sinne eines Recallsystems erfolgen, was schon von frühester Zeit an von zahlreichen Autoren gefordert wird (*Spörlein et al.* 1987, *Tetsch* 1984, 1990 und 1991, *Spiekermann* 1994, *Behneke* 1996).

Die Patienten an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie der Universität Würzburg werden schon bei den ersten Planungen auf die Notwendigkeit dieses strengen Recalls und ihrer Mitarbeit in Form einer optimalen Mundhygiene hingewiesen. Die Nachuntersuchungen beginnen nach Einsetzen der prothetischen Versorgung und erfolgen im ersten Jahr und in besonderen Fällen in einem Intervall von 3 Monaten, danach bei guter Mundhygiene und keinerlei Komplikationen halbjährlich. Sie bestehen neben der Kontrolle, der Wiederbefestigung gelockerter Suprakonstruktionen oder Zwischenstücke und der metrischen Erfassung der periimplantären Situation (siehe 3.4 Untersuchungsmethodik) auch aus der erneuten Mundhygienemotivation und -instruktion und der regelmäßigen Reinigung der Implantate.

Die Datenverwaltung, die Dokumentation der Recalls und die statistische Auswertung erfolgt über ein speziell hierfür entwickeltes Computerprogramm, der Implantatdatenbank IDB in der Version 3.0, basierend auf dem Windows-Datenbanksystem MS-ACCESS (*Bleymüller* 1994).

Hierbei wird der geforderten genauesten Dokumentation neu entwickelter Implantatsysteme Rechnung getragen, indem über benutzerfreundliche Bildschirmmasken alle klinisch wesentlichen Parameter abgefragt und dokumentiert werden. Das Programm enthält jeweils eigene Masken für Patientenstammdaten, Implantations-/Explantationsdaten, Grunderkrankungen und die prothetische Versorgung der Implantate sowie für das Recallsystem, das durch die IDB sehr erleichtert wird.

Über das Recallmenü der Implantatdatenbank können für jeden Patienten die bei der Kontrolle erhobenen Parameter und Röntgenbefunde jeweils aktualisiert, bzw. für die statistischen Untersuchungen gespeichert werden. Die Angaben des Datums der letzten Kontrolle und des Untersuchungsintervalls ermöglichen einen genauen Überblick über den Zeitpunkt der nächsten Kontrolltermine jedes Patienten. Die Möglichkeit der Auflistung der zum Recall anstehenden Implantatpatienten erleichtert die Aufforderung zur Nachuntersuchung mit Hilfe eines Standardbriefes, so dass niemand übersehen werden kann.

3 Material und Methode

3.1 Darstellung des Patientengutes

Die Gesamtheit der Patienten, bei denen dentale Implantate inseriert wurden, umfasst sowohl die Tumorpatienten als auch diejenigen Patienten, bei denen zum Zeitpunkt der Implantation kein Tumor vorlag. Nachdem die vorliegende Arbeit nur die Nachuntersuchungen der Patienten beinhaltet, die keinen Tumor haben, also die der Nicht-Tumor-Patienten, wird das Patientengut von vornherein getrennt dargestellt. Die Nachuntersuchungen der Tumorpatienten wurden in einer anderen Arbeit zusammengefasst.

In der Zeit von Juli 1988 bis Oktober 1997 wurden bei 224 Nicht-Tumor-Patienten insgesamt 718 BONE-LOCK[®]-Implantate an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Würzburg inseriert. Hiervon waren 406 aus der BONE-LOCK[®]-I-Serie, 312 waren BONE-LOCK[®]-II-Implantate. Die Anzahl der Implantationen pro Jahr ist der folgenden Abbildung zu entnehmen, wobei das Jahr 1997 in diesem Bezug nicht vollständig mit dargestellt werden konnte.

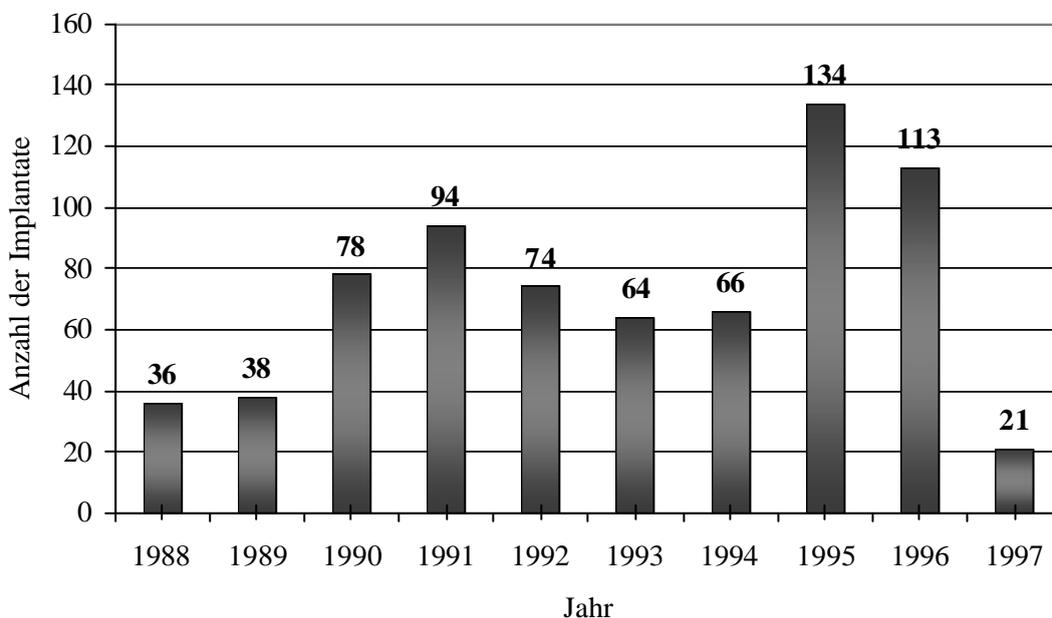


Abb. 1: Anzahl der jährlich inserierten Implantate ($n_{\text{gesamt}} = 718$)

Die Geschlechtsverteilung der Implantatpatienten war mit 131 Patientinnen (58,5 %) und 93 Patienten (41,5 %) leicht zugunsten des weiblichen Geschlechts verschoben.

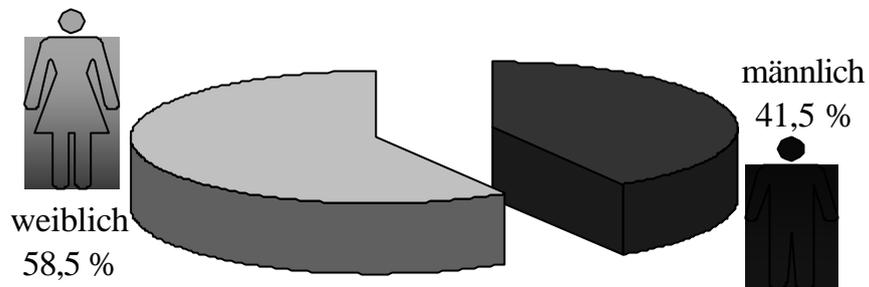


Abb. 2: Darstellung der Geschlechtsverteilung

Das Alter der Patienten bei Implantation lässt sich im Durchschnitt mit 53,44 Jahren angeben, das Minimum lag bei 11,16 Jahren, das Maximum bei 85,63 Jahren.

Die quantitative Verteilung der 718 inserierten BONE-LOCK[®]-Implantate nach Implantatdurchmesser und -länge ist den Abbildungen 3 und 4 zu entnehmen.

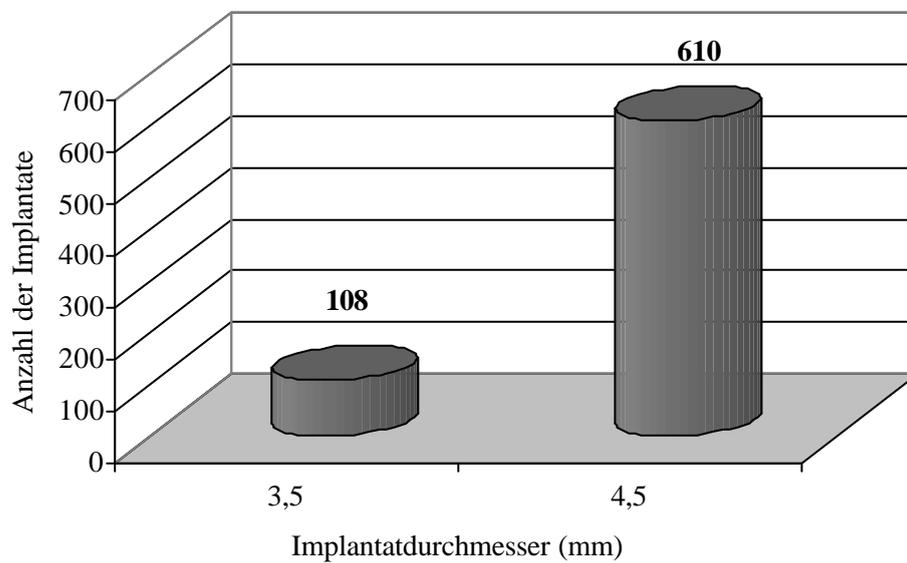


Abb. 3: Häufigkeit der verwendeten Implantatdurchmesser ($n_{\text{gesamt}} = 718$)

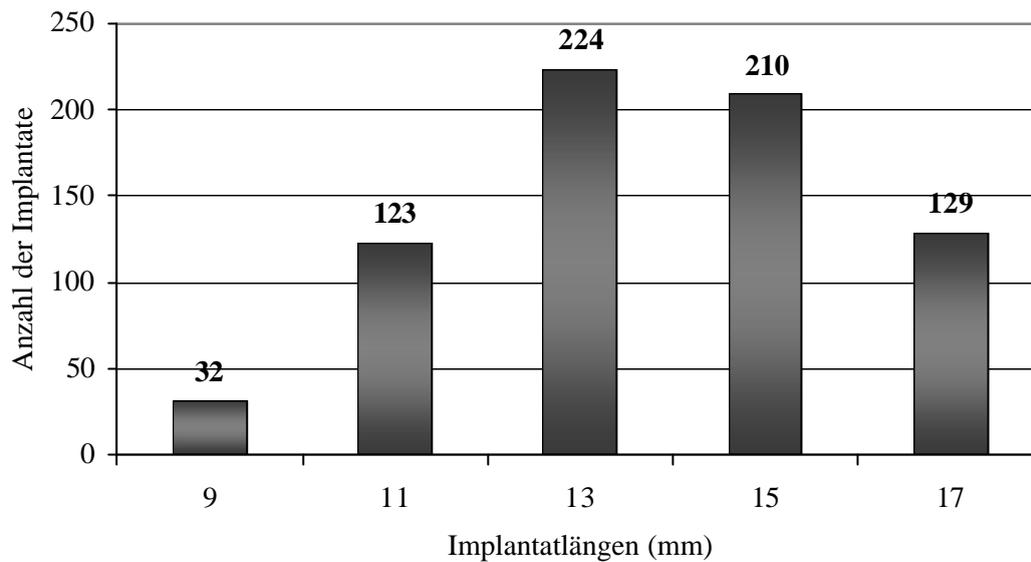


Abb. 4: Häufigkeit der verwendeten Implantatlängen ($n_{\text{gesamt}} = 718$)

Eine Übersicht über die verschiedenen Indikationen der Implantate und der entsprechenden quantitativen Verteilung ist aus Abbildung 5 ersichtlich.

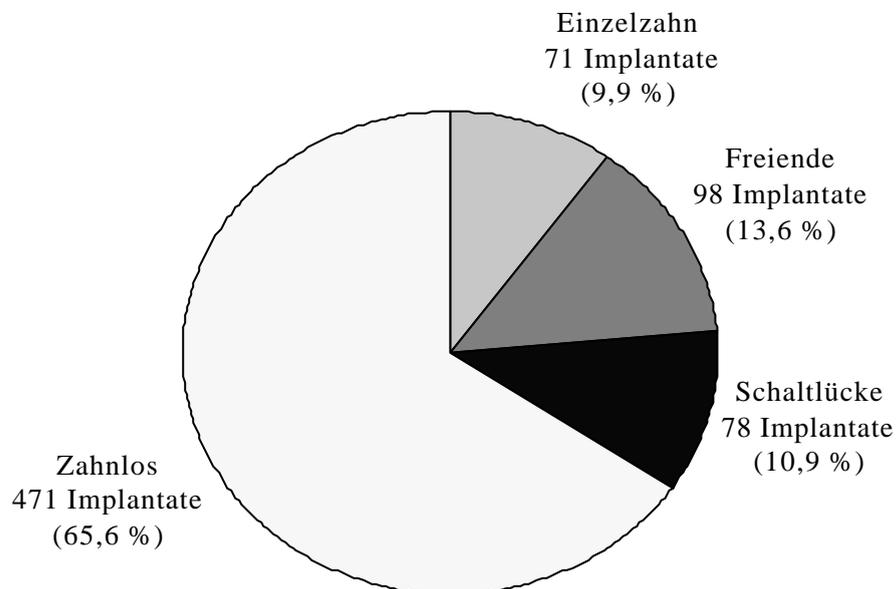


Abb. 5: Quantitative Verteilung der Implantate hinsichtlich unterschiedlicher Indikationen ($n_{\text{gesamt}} = 718$)

Abbildung 6 gibt einen Überblick über die Anzahl der gesetzten Implantate in den verschiedenen Regionen des Ober- und Unterkiefer.

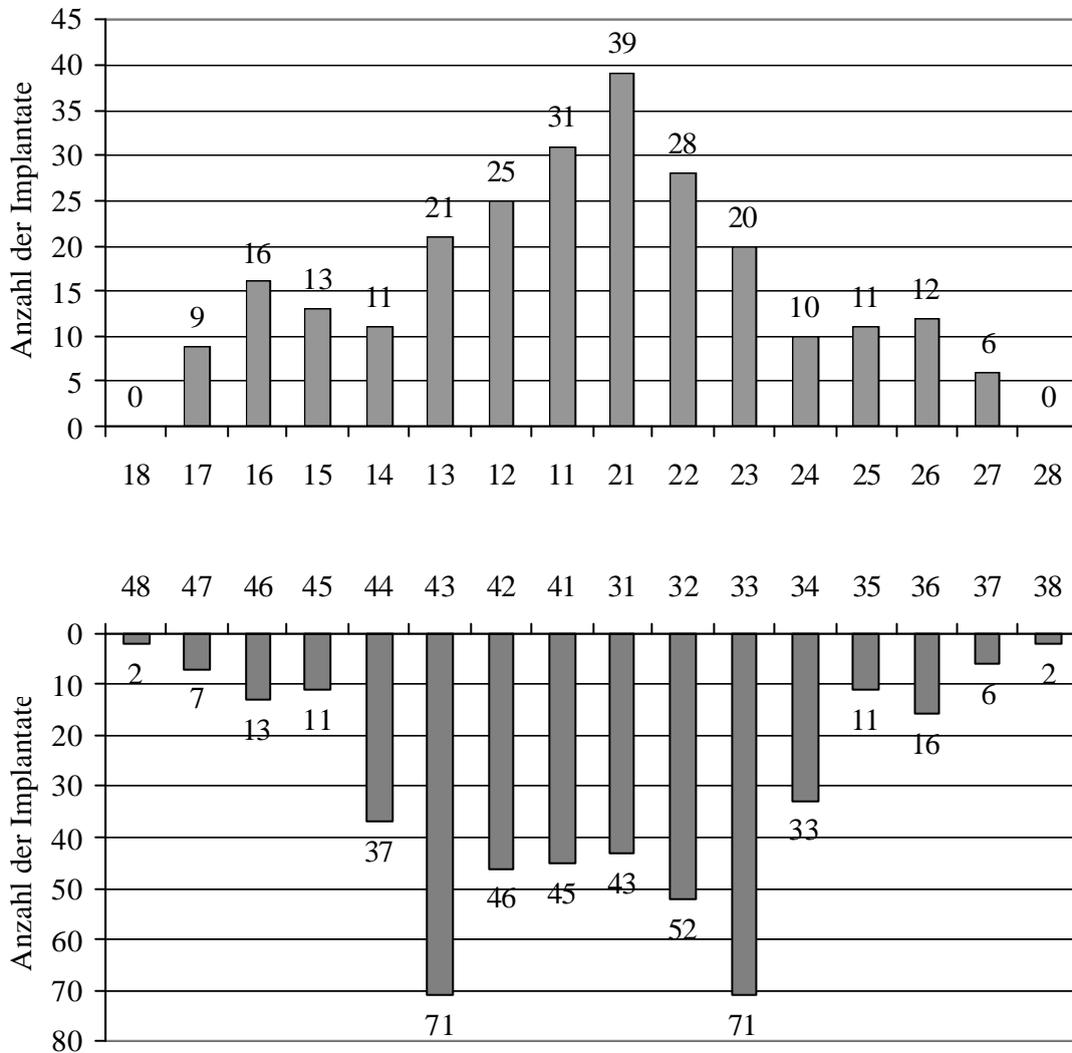


Abb. 6: Anzahl der inserierten Implantate hinsichtlich ihrer Lokalisation in Ober- und Unterkiefer ($n_{\text{gesamt}} = 718$)

Bei einigen Patienten wurde die jeweilige Implantationsregion präimplantologisch vorbereitet. Hierzu gibt es an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Würzburg verschiedene Augmentationsmöglichkeiten mit unterschiedlichen Materialien. Die Häufigkeit der durchgeführten Augmentationsarten und die Verwendung der unterschiedlichen Materialien werden in Abbildung 7 und 8 dargestellt.

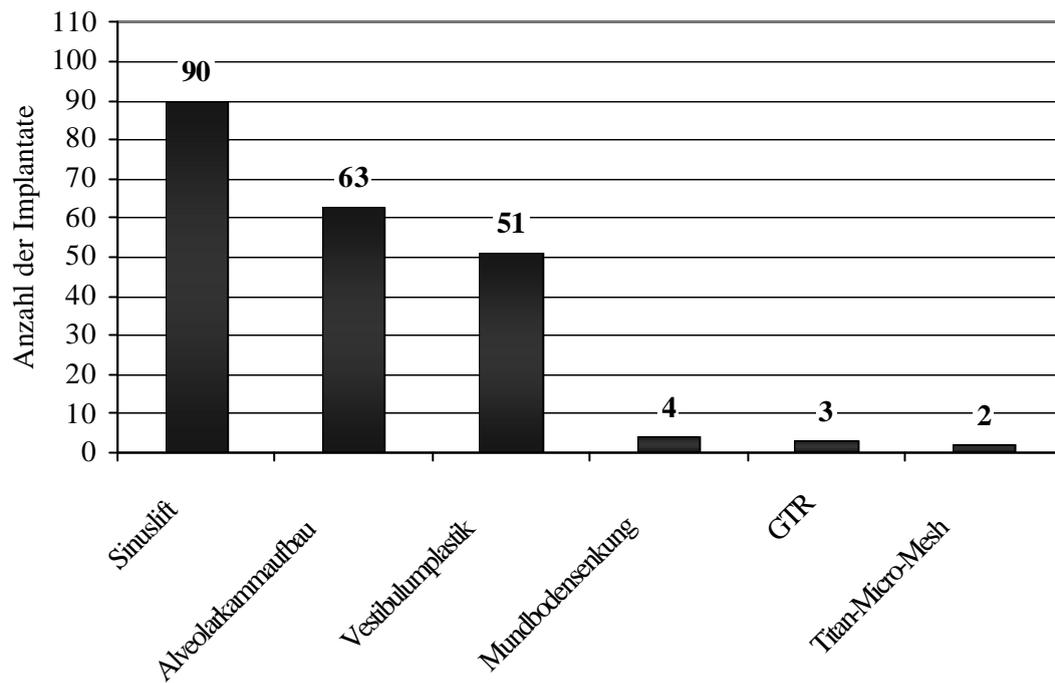


Abb. 7: Häufigkeit der verschiedenen Augmentationsarten ($n_{\text{gesamt}} = 213$)

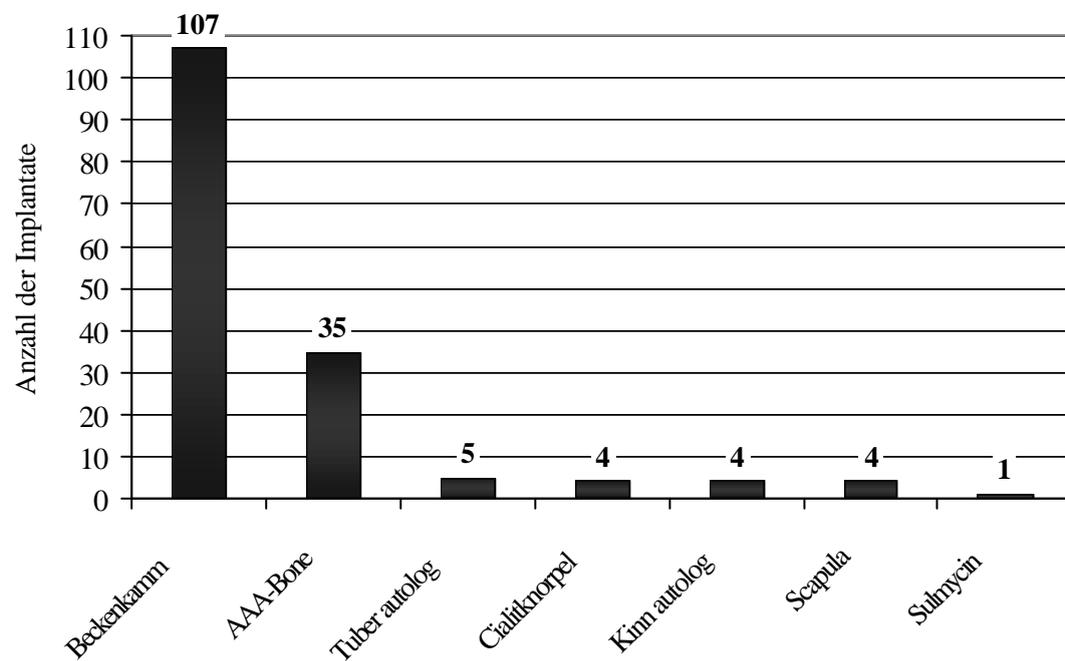


Abb. 8: Häufigkeit der verwendeten Augmentationsmaterialien ($n_{\text{gesamt}} = 160$)

Abbildung 9 liefert eine Übersicht über die explantierten Implantate während dieser 9 Jahre. Die Gründe waren unterschiedlicher Art (bindegewebige Einheilung, Periimplantitis, Implantat - bzw. Schraubenfraktur, Trauma, etc.), davon waren 28 BONE-LOCK®II-Implantate und 129 des BONE-LOCK®I-Systems.

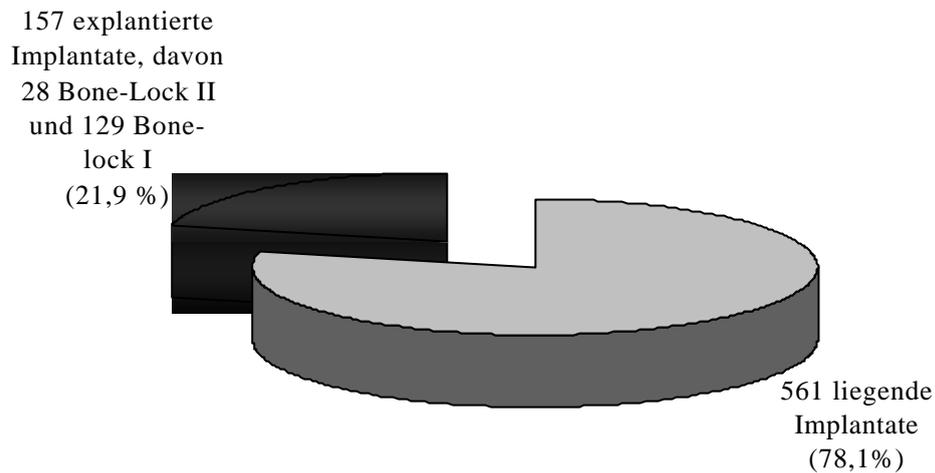


Abb. 9: Anteil der explantierten Implantate an der Gesamtzahl der gesetzten Implantate ($n_{\text{gesamt}} = 718$)

Abbildung 10 zeigt eine Übersicht über die Häufigkeit der Explantationen in Bezug auf die unterschiedlichen Indikationen.

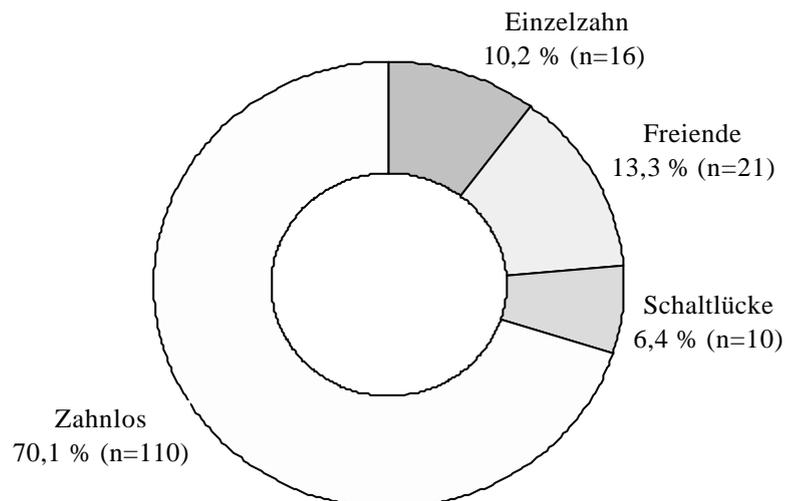


Abb. 10: Explantierte Implantate hinsichtlich ihrer Indikation ($n_{\text{explantiert}} = 157$)

3.2 Untersuchungsspezifisches Patientengut

In der Implantatnachsorge wurden zur Erfassung der periimplantären Situation nun insgesamt 265 Implantate bei 96 Patienten beurteilt, wobei einige Patienten auch mehrmals nachgesorgt wurden, so dass 385 Implantate, die zum Zeitpunkt der Nachsorge mindestens ein Jahr prothetisch versorgt waren zur statistischen Auswertung kommen.

Das Durchschnittsalter der Patienten bei Implantation lag bei 54,51 Jahren (Minimum 15,66 Jahre; Maximum 85,63 Jahre). Auch im untersuchungsspezifischen Patientengut überwog das weibliche Geschlecht mit 58 Patientinnen (60,4 %) und 38 männlichen Patienten (39,6 %).

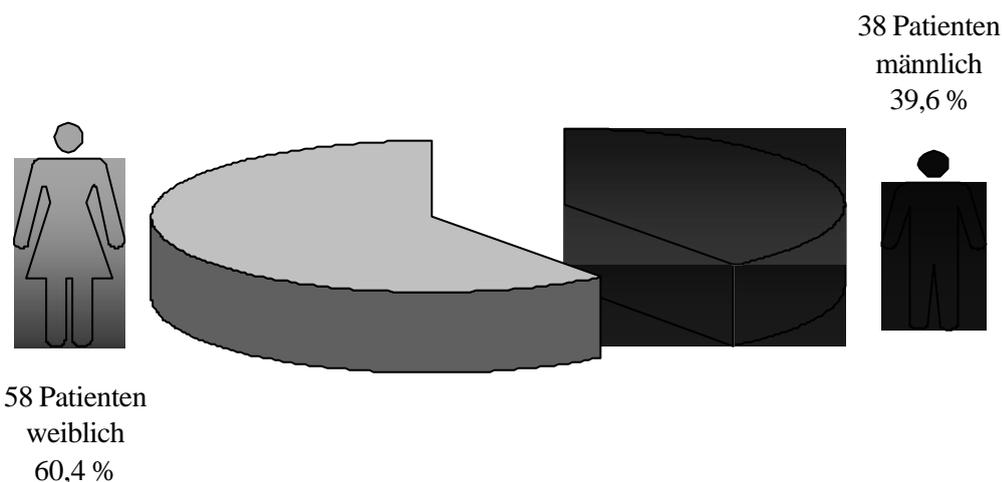


Abb. 11: Geschlechtsverteilung des untersuchten Patientengutes

Die Indikation bei Implantation teilt sich wie folgt auf:

23 Implantate waren Einzelzahnimplantate, 33 Schaltlückenimplantate, 28 Freidendimplantate und 181 Implantate waren bei zahnlosen Patienten inseriert (siehe Abb. 12)

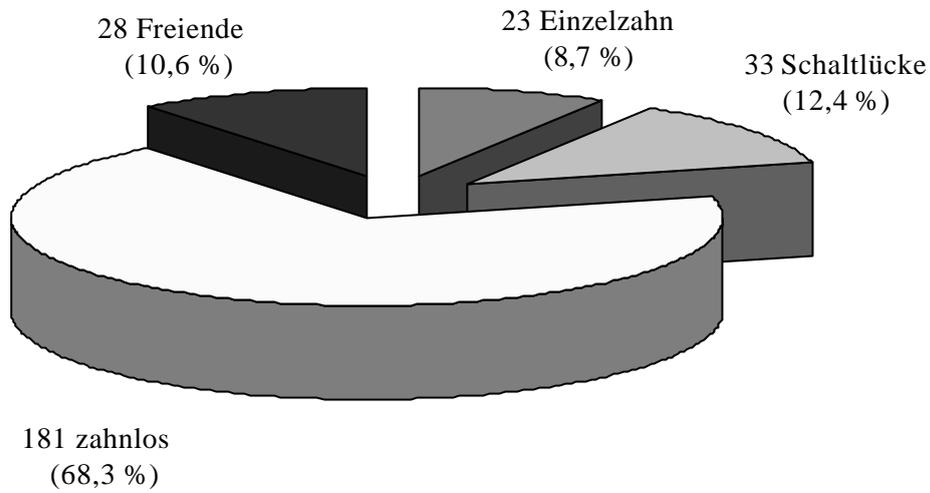


Abb. 12: Verteilung der gesetzten Implantate ($n_{\text{gesamt}} = 265$) auf die verschiedenen Indikationen

Die quantitative Verteilung der Implantate nach ihren Längen und ihrem Durchmesser ist den Abbildungen 13 und 14 zu entnehmen.

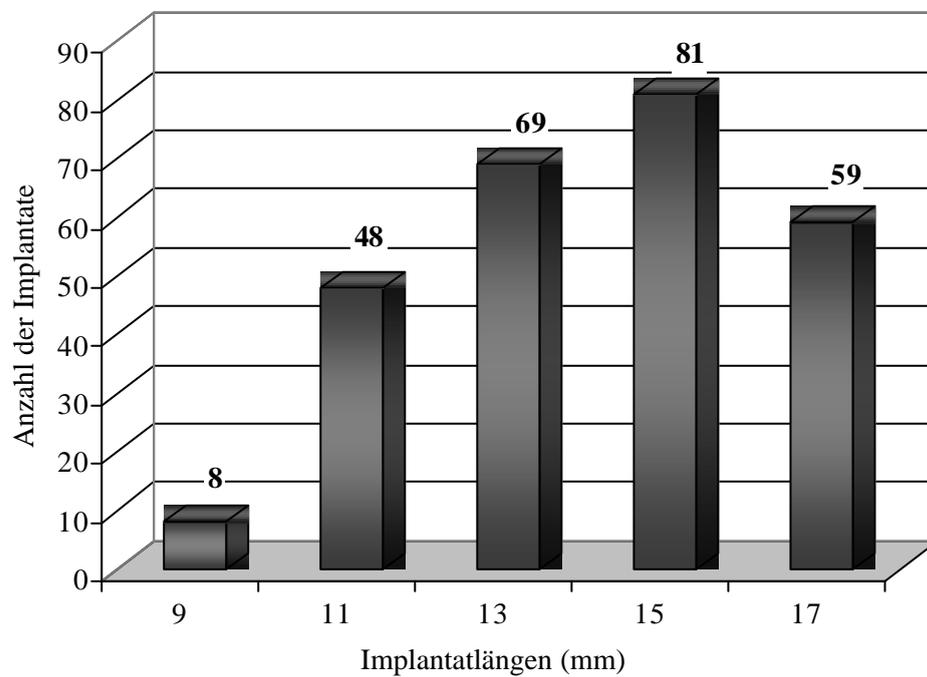


Abb. 13: Häufigkeit der verwendeten Implantatlängen ($n_{\text{gesamt}} = 265$)

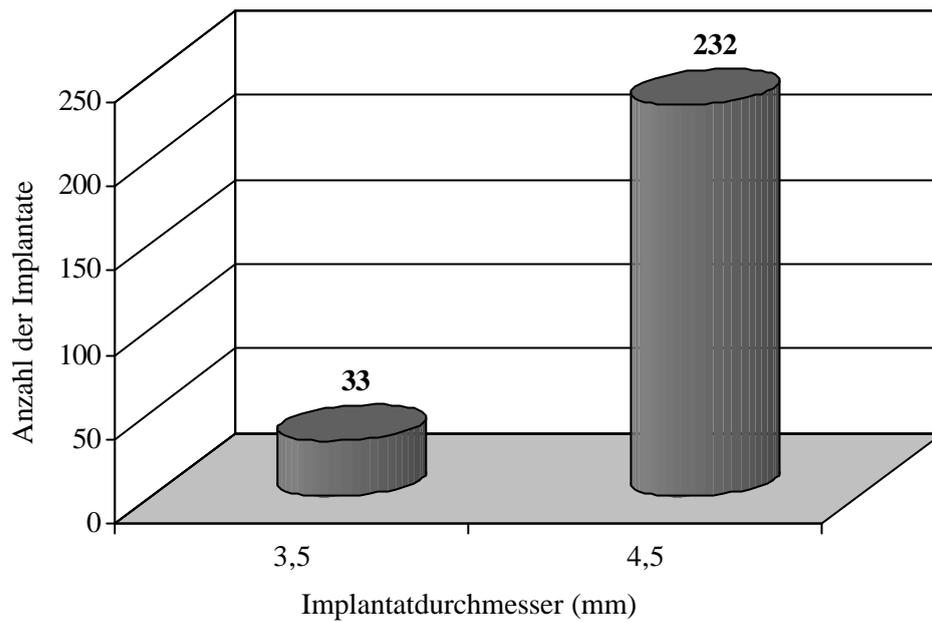


Abb. 14: Häufigkeit der verwendeten Implantatdurchmesser ($n_{\text{gesamt}} = 265$)

67 Implantate waren im Oberkiefer implantiert, dort hauptsächlich in regio 11 und 21. Im Unterkiefer waren von den 198 Implantaten die meisten in der Eckzahnregion, beziehungsweise in regio 32 und 42 inseriert.

3.3 Dokumentation und statistische Auswertung

Die exakte Dokumentation der Daten bei den regelmäßigen Nachuntersuchungen der Implantatpatienten wird an der Universitätsklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Würzburg, wie schon oben erwähnt, durch die von *Bleymüller* (1994) entwickelte Implantatdatenbank (IDB) ermöglicht.

Die statistische Auswertung erfolgte zum Teil über die schon in der Version 3.0 der Datenbank routinemäßig vorhandenen statistischen Berechnungen, als auch über das Statistikprogramm SPSS[®] für Windows[™] Release 5 und das Tabellenkalkulationsprogramm EXCEL für Windows[®] 95. Da die IDB, als Windows-Programm, den einfachen Datenexport in diese anderen Windows-Programme möglich macht, konnten so auch zum Beispiel die Überlebenskurven nach Kaplan-Meier (1958) erstellt werden. Die Signifikanzberechnungen wurden mithilfe des Breslow-Tests, auch bekannt als der allgemeine Wilcoxon-Test, durchgeführt. Dieser Test basiert auf der Wichtung des Unterschiedes zwischen der beobachteten und der erwarteten Anzahl der Misserfolge zu jedem Zeitpunkt. Der Breslow-Test gibt den Beobachtungen zu früheren Zeitpunkten ein größeres Gewicht als denen zu späteren Zeitpunkten.

Ergebnisse mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit kleiner als 5 % ($p \leq 0,05$) wurden als statistisch signifikant angesehen, wobei für die exakten Irrtumswahrscheinlichkeiten p galt:

0,01	<	p	<	0,05	signifikant
0,001	<	p	<	0,01	sehr signifikant
		p	<	0,001	hoch signifikant

3.4 Untersuchungsmethode und –parameter zur Beurteilung des periimplantären Gewebezustandes

Für das regelmäßige Recall wurde, wie oben schon erwähnt, ein Kontrollbogen aus der Implantatdatenbank verwendet, der den Hygiene-Index, den Gingiva-Index, die

Taschensondierung, die Periotestwerte und die Röntgenanalyse jedes Implantates dokumentiert.

Recall		Datum:	
Name:		Nr:	
Geburtsdatum:		Implantatanzahl:	
Datum der letzten Kontrolle:		Recall-Intervall (Monate):	
DFG:		Dropout:	
letzte Röntgenkontrolle:		Tumor:	
Datum des Recalls:		Röntgenkontrolle: Ja / Nein	
neues Untersuchungsintervall:		Bewertung durch Patient:	
Regio:			
Mobilität:			
Periotest:			
Hygieneindex - v:			
Hygieneindex - m:			
Hygieneindex - d:			
Hygieneindex - o:			
Hygieneindex - g:			
Gingivaindex - v:			
Gingivaindex - m:			
Gingivaindex - o:			
Gingivaindex - g:			
Taschentiefe - v:			
Taschentiefe - m:			
Taschentiefe - d:			
Taschentiefe - o:			
Taschentiefe - g:			
fixierte Gingiva - v:			
fixierte Gingiva - o:			
Komplikationen:			
Therapie:			
Explantationsdatum:			
Explantationsursache:			
Folgeschäden:			
Zusätze:			
Rö Spalt (k < 0,5 < g):			
Triangulationen:			
Höhenabbau:			
Röntgenbefund:			

Abb. 15: Recallformular

3.4.1 Hygiene –Index

Um die Mundhygieneeffektivität des Patienten an der implantatgetragenen Suprakonstruktion und den Implantatdurchtrittsstellen zu kontrollieren, gibt es verschiedene Plaqueindizes, wovon sich neben der von *O`Leary et al.* (1972) bekannten Einteilung die von *Mombelli et al.* (1987) angegebene Klassifizierung in vier Grade als besonders praktikabel erwiesen hat:

- Grad 0: keine Plaquebesiedelung
- Grad 1: durch Ausstreifen mit der Sonde nachweisbare Plaque
- Grad 2: mit bloßem Auge sichtbare Plaquebesiedelung
- Grad 3: massive Ausbildung von Zahnstein und Belägen

Klinische Bedeutung erlangt eine festgestellte erhöhte Plaqueakkumulation dadurch, dass dem Patienten erneut die Wichtigkeit einer optimalen Mundhygiene in Bezug auf den Langzeiterfolg seiner Implantate erklärt und auch gezeigt werden muss. Die Erfassung des Hygieneindex bestimmt somit zum einen die immer wiederkehrende Mundhygieneinstruktion und –motivation, zum anderen das Ausmaß der vom Behandler durchgeführten professionellen Reinigung der Implantate und Suprakonstruktionen, und damit auch das Recallintervall.

3.4.2 Gingiva-Index

Zur direkten Beurteilung des periimplantären Gewebes, das heißt Blutungsneigung und entzündliche Veränderungen der Gingiva wurde der Gingiva-Index nach *Löe und Silness* (1963) verwendet. Hierbei wird der Zustand der periimplantären Gewebe auf Blutungsneigung und Farbveränderungen, sowie auf Besonderheiten der Oberflächenmorphologie untersucht. Diese Beurteilung erfolgt an allen vier Flächen des Implantatpfostens und wird nach vier Schweregraden eingeteilt. Man unterscheidet folgende Grade:

Entzündungsgrad	Morphologische Parameter
0	Normal aussehende Gingiva, keine Entzündung, Verfärbung, Blutung
1	Geringe Entzündung, leichte Farbveränderung, geringe Oberflächenveränderung, keine Blutung
2	Mäßige Entzündung, Rötung und Hypertrophie, Blutung bei Sondieren und auf Druck
3	Schwere Entzündung, starke Rötung und Hyperplasie, Tendenz zu Spontanblutung, Ulzeration

Tab 1: Gradeinteilung des Gingivaindex

3.4.3 Breite der fixierten Gingiva

Nachdem in der Arbeit von *Wiesner* (1998) und mehreren anderen Autoren (*Esposito et al.* 1999, *Adell et al.* 1986) keine Korrelationen zwischen der Breite der fixierten Gingiva und irgendwelchen entzündlichen Parametern der Implantate festgestellt werden konnten und somit keine Bestätigung der Forderung einer bestimmten Mindestbreite der fixierten Gingiva erfolgen konnte, wird in der vorliegenden Arbeit auf diese Messungen vollkommen verzichtet.

3.4.4 Taschensondierung

Die Bestimmung der Taschensondierungstiefen (TST) wurde jeweils an vier Flächen eines Implantates (vestibulär, oral, mesial, distal) mit einer stumpfen Parodontalsonde vorgenommen. Hierbei wurde stets mit dem gleichen Sondentyp (Aesculap DB 769 mit 3 mm Skalierung) und einer konstanten Kraft von maximal 0,2 Newton sondiert um reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten. Wenn möglich wurde die Untersuchung der Taschensondierungstiefen stets vom gleichen Behandler durchgeführt, damit Fehler durch einen eventuell unterschiedlichen Sondierungsdruck zusätzlich vermieden werden. Hierbei wird die Sonde parallel zur Implantatachse mit minimalem Druck in den Sulkus eingeführt, bis ein leichter Widerstand spürbar ist. Für die Auswertung wurde jeweils aus den vier Werten eines Implantates der Mittelwert verwendet.

3.4.5 Periotest

Mit dem von *Schulte et al.* (1983) entwickelten Periotestverfahren ist eine objektive und reproduzierbare Messung der Implantatmobilität, beziehungsweise der Unterscheidung Osseointegration und bindegewebige Einheilung möglich (*D'Hoedt und Schramm-Scherer* 1988). Das Periotestgerät (Siemens Bensheim) misst dynamisch die Reaktion des Parodontiums auf eine definierte Stoßbelastung, wobei die Implantatbeweglichkeit und die parodontale Dämpfung ermittelt werden. Als Messinstrument dient ein Handstück, in dem ein elektronisch gesteuerter Stößel bis zu seiner Sollgeschwindigkeit beschleunigt wird und das Implantat vier Mal pro Sekunde perkutiert. Das Implantat bremst sozusagen den Stößel, je schneller die Abbremsung, je geringer die Beweglichkeit des Implantates und je größer das Dämpfungsvermögen des Parodonts. Der eigentliche Messwert ist die Bremszeit, die an einen Mikroprozessor weitergegeben wird, der die Abbremsung des Stößels in einem Zeitraum von einer Millisekunde elektronisch erfasst und in den so genannten Periotestwert (PTW) umrechnet (*Schulte* 1986). Dieser erscheint sowohl auf dem Display des Gerätes, als auch über ein akustisches Signal.

Der Periotestwert korreliert zwar eng mit der Implantatbeweglichkeit, ist jedoch keine direkte Beweglichkeitsmessung. Um reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten, sollte der Stößel immer senkrecht auf die Implantatoberfläche und von vestibulär im oberen Drittel des Implantatpfostens auftreffen.

Die Korrelation zwischen dem manuell bestimmten Lockerungsgrad und dem Periotestwert beschreibt *D'Hoedt et al.* (1985) wie folgt:

Periotestwert	klinischer Lockerungsgrad
-08 bis +09	0 klinisch fest
+10 bis +19	1 fühlbar beweglich
+20 bis +29	2 sichtbar beweglich
+30 bis +99	3 beweglich auf Lippen- und Zungendruck

Tab 2: Beziehung zwischen Periotestwert und klinischem Lockerungsgrad

3.4.6 Röntgenanalyse

Die regelmäßige röntgenologische Kontrolle der knöchernen Integration der Implantate wurde bei komplikationslosem Verlauf einmal jährlich anhand eines Orthopantomogrammes (OPG) durchgeführt.

Um Fehler auszuschließen, wird der aufnahmebedingte Verzerrungs- bzw. Vergrößerungsfaktor vor der eigentlichen Messung für jedes Implantat mit Hilfe einer speziellen Röntgenmessschablone ermittelt. Dann können die Knochenabbauvorgänge jeweils mesial und distal des Implantates durch Ausmessen mit einer skalierten Messlupe bestimmt werden. Ausgangspunkt ist das postoperative Röntgenbild, und der Messreferenzpunkt ist mit der Grenzfläche des Implantates zum transgingivalen Zwischenstück genau festgelegt.

In der vorliegenden Arbeit wurde aus unterschiedlichen Gründen auf das Ausmessen der Röntgenbefunde verzichtet: Die Gruppe der realistisch und exakt auswertbaren Röntgenbilder war zu klein um relevante Ergebnisse präsentieren zu können. Die Toleranz der Patienten in Bezug auf Röntgen war sehr gering, so dass die deutlich besseren Einzelzahnfilme zum exakten Vermessen nicht gemacht werden konnten. Bei vielen Orthopantomogrammen waren die Verzerrungen zu groß und eine vergleichende Messung mit dem vorherigen Bild aufgrund der ungenauen Repositionsmöglichkeit der Schablonen nicht möglich.

4 Ergebnisse

4.1 Erfolgsquote des BONE-LOCK®-Systems nach 8 Jahren klinischer Anwendung

Zur Erfolgsbewertung des Systems wurde eine Gesamterfolgskurve der 718 Implantate, die im Rahmen dieser Doktorarbeit nachgesorgt wurden, nach *Kaplan-Meier* (1958) erstellt (Abb. 16).

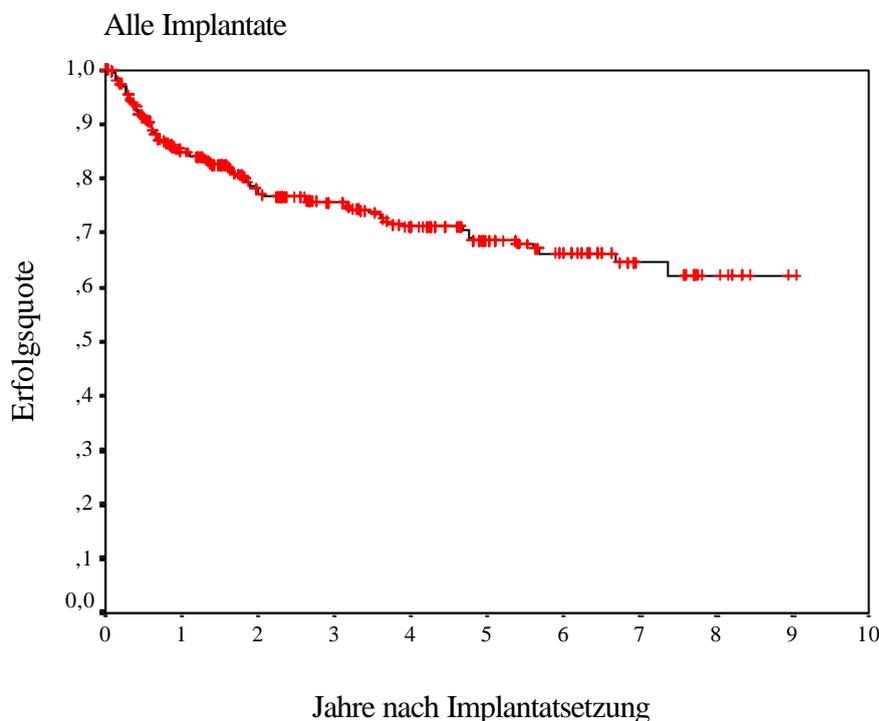


Abb. 16: Gesamterfolgskurve des BONE-LOCK® Systems ($n_{\text{gesamt}}=718$)

In den vorliegenden Erfolgskurven ist das 9. Jahr nach Implantatsetzung zum Teil mit dargestellt. Da jedoch die Fallzahl zu gering war ($n=1$), um relevante Aussagen treffen zu können, wird dieses Jahr in der weiteren Darstellung der Ergebnisse und in der Diskussion nicht berücksichtigt.

Die 8-Jahres Erfolgsquote der BONE-LOCK®-Implantate ohne Unterscheidung nach verschiedenen Kriterien beträgt 62,8 %. Die Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Erfolgsquoten aller Implantate nach 5, 7 und 8 Jahren.

Liegedauer nach Implantatsetzung (Jahre)	5	7	8
Erfolgsquote in Prozent	69,2	65,6	62,8

Tab 3: Erfolgsquoten aller Implantate nach 5, 7 und 8 Jahren ($n_{\text{gesamt}}=718$)

Die Erfolgskurve nach Unterscheidung BONE-LOCK[®]I von BONE-LOCK[®]II (siehe Abb. 17) zeigt einen hoch signifikanten Unterschied ($p = 0,0013$).

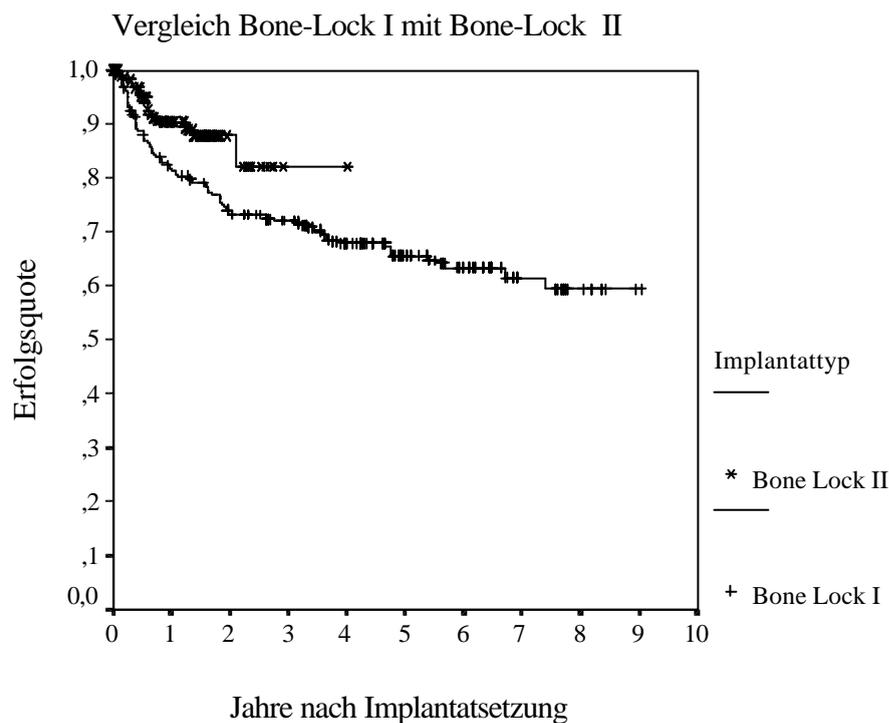


Abb. 17: Erfolgskurven der beiden BONE-LOCK[®] Systeme ($n_{\text{gesamt}}=718$)

Die 4-Jahreserfolgsrate von insgesamt 406 gesetzten BONE-LOCK[®] I-Implantaten liegt bei 68,5 %, während die des BONE-LOCK[®] II-Systems, bei 312 gesetzten

Implantaten, nach 4 Jahren deutlich höher, nämlich bei 82,9 % liegt. Anstehende Tabelle zeigt diese Werte nochmals in der Übersicht.

Liegedauer nach Implantatsetzung (Jahre)	4	7	8
BONE-LOCK® I (n = 406)	68,5 %	62,7 %	60,5 %
BONE-LOCK® II (n = 312)	82,9 %	-	-

Tab 4: Erfolgsquoten unterschieden nach Implantattyp ($n_{\text{gesamt}}=718$)

In Abbildung 18 sind die Erfolgskurven der Implantate hinsichtlich ihrer Indikation dargestellt.

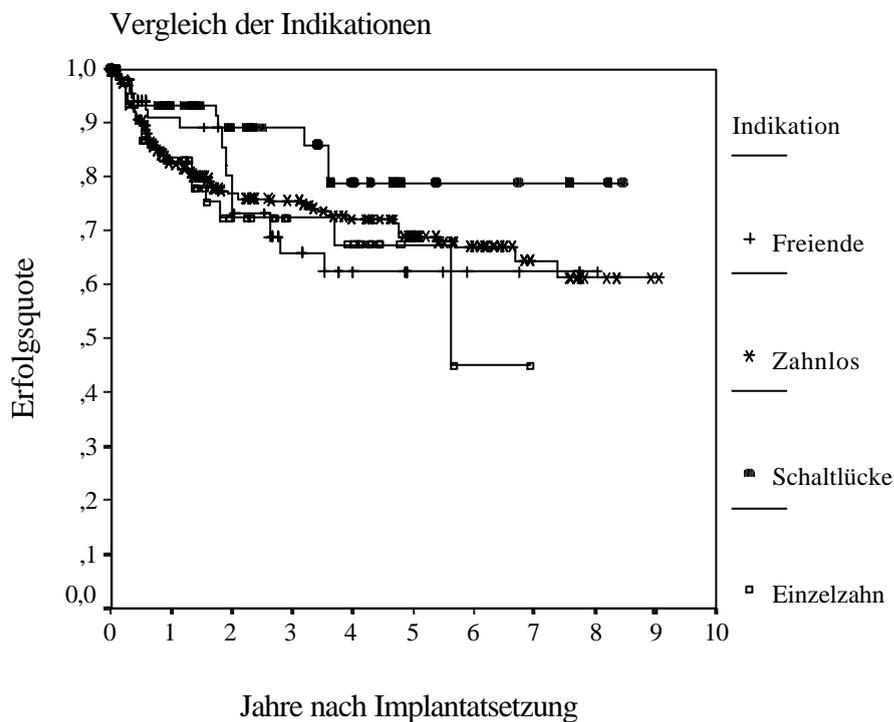


Abb. 18: Erfolgsquoten differenziert nach verschiedenen Indikationen ($n_{\text{gesamt}}=718$)

Bei 71 gesetzten Einzelzahnimplantaten beträgt die Gesamterfolgssrate nach 8 Jahren 77,46 %, die Schaltlückenimplantate zeigen eine 8-Jahres-Erfolgsrate von 79,8 % bei 78 gesetzten Implantaten. Die Implantation bei zahnlosen Patienten ist mit 361 inserierten Implantaten die häufigste Indikation und liegt mit ihrer Erfolgsrate nach 8 Jahren bei 61,4 %. Bei den Freidendimplantaten beträgt die 8-Jahres-Erfolgsquote 62,9 %.

Diese Werte sind in Tabelle 5 dargestellt.

Liegedauer nach Implantatsetzung (Jahre)	5	7	8
Freiende (n = 98)	62,9 %	62,9 %	62,9 %
Zahnlos (n = 471)	69,9 %	65,7 %	61,4 %
Schaltlücke (n = 78)	79,8 %	79,8 %	79,8 %
Einzelzahn (n = 71)	78,5 %	45,3 %	-

Tab 5: Erfolgsquoten der Implantate hinsichtlich ihrer Indikation ($n_{\text{gesamt}} = 718$)

Einen signifikanten Unterschied im Breslow-Test zeigen nur die Vergleiche zwischen Einzelzahn- und Schaltlückenimplantat ($p = 0,0414$), und zwischen Schaltlückenimplantat und dem Implantat beim zahnlosen Patienten ($p = 0,0280$), wobei, wie oben aufgezeigt, das Schaltlückenimplantat in beiden Fällen die bessere Erfolgsrate aufweist.

Die Kaplan-Meier-Kurve der Implantate, unterschieden nach dem Geschlecht der Patienten, weist keinen signifikanten Unterschied in der Erfolgsquote der Implantate zwischen männlichen und weiblichen Implantatpatienten auf ($p = 0,82$).

Dargestellt ist die Erfolgskurve in Abbildung 19.

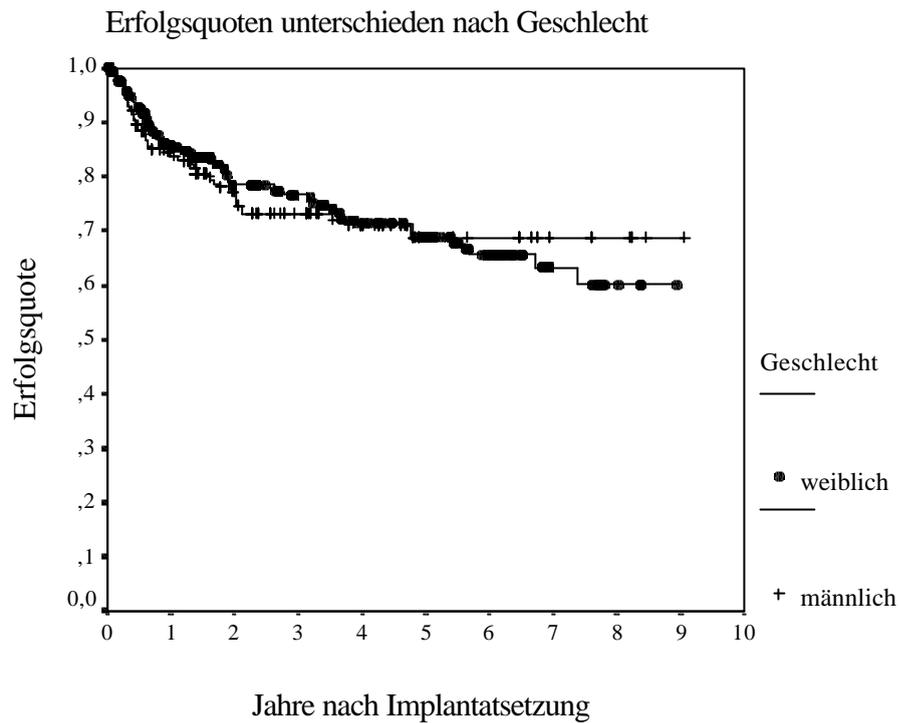


Abb. 19: Erfolgsquoten der Implantate differenziert nach Geschlecht des Patienten ($n_{\text{gesamt}} = 718$)

Tabelle 6 ermöglicht einen genauen Überblick über die Erfolgsraten nach unterschiedlich langer Untersuchung.

Liegedauer nach Implantatsetzung (Jahre)	5	7	8
Patienten männlich ($n_{\text{Implantate}} = 275$)	69,8 %	69,8 %	69,8 %
Patienten weiblich ($n_{\text{Implantate}} = 443$)	69,2 %	63,9 %	60,7 %

Tab 6: Erfolgsquoten unterschieden nach Geschlecht der Patienten nach 5, 7 und 8 Jahren ($n_{\text{gesamt}} = 718$)

In der Erfolgskurve differenziert nach dem Durchmesser der Implantate zeigt sich ein nur fast signifikanter Unterschied ($p = 0,0802$) zwischen den 4,5 mm- und den 3,5 mm-Implantaten, wobei das Ergebnis des Breslow-Tests als fraglich richtig bezeichnet werden muss, da die Anzahl der 3,5 mm-Implantate, die gesetzt wurden (74) sehr viel geringer war, als die der 4,5 mm-Implantate (487). Der größere Durchmesser weist normalerweise, durch die vergrößerte Knochenanlagerungsfläche, auch die besseren Erfolgsquoten auf.

Die Werte sind in Abbildung 20 und Tabelle 7 dargestellt.

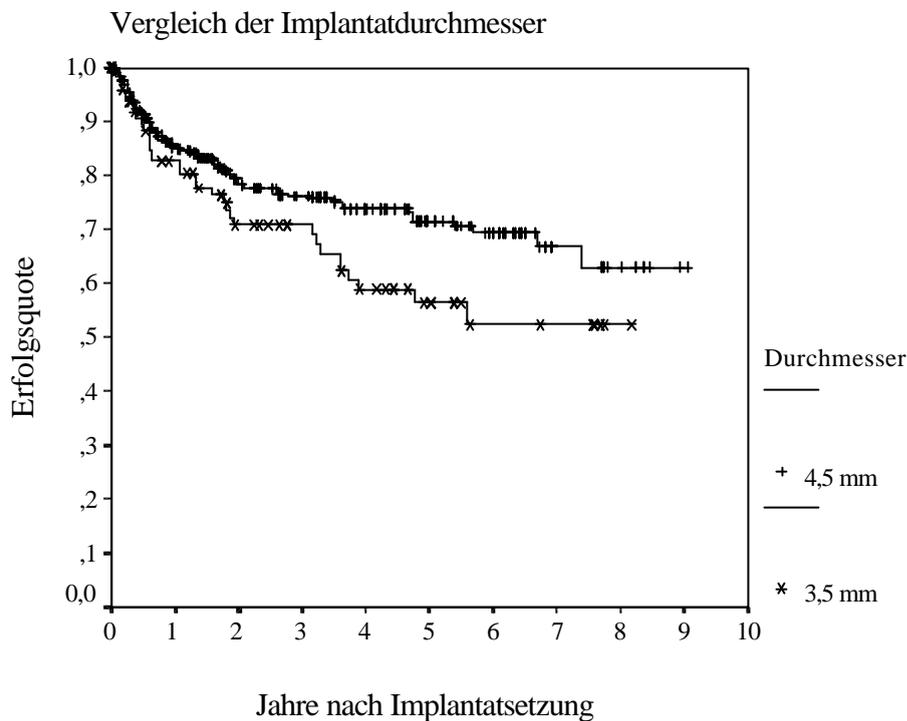


Abb. 20: Erfolgsquoten differenziert nach Implantatdurchmesser ($n_{\text{gesamt}}=718$)

Liegedauer nach Implantatsetzung (Jahre)	5	7	8
Implantatdurchmesser 3,5 mm (n = 108)	57,1 %	53,2 %	53,2 %
Implantatdurchmesser 4,5 mm (n = 610)	72,1 %	68,4 %	64,3 %

Tab 7: Erfolgsquoten unterschieden nach Implantatdurchmesser ($n_{\text{gesamt}}=718$)

In Abbildung 21 sind die Erfolgskurven der Implantate unterschieden nach ihren Längen zu sehen, welche in Tabelle 8 nochmals zahlenmäßig übersichtlich dargestellt sind.

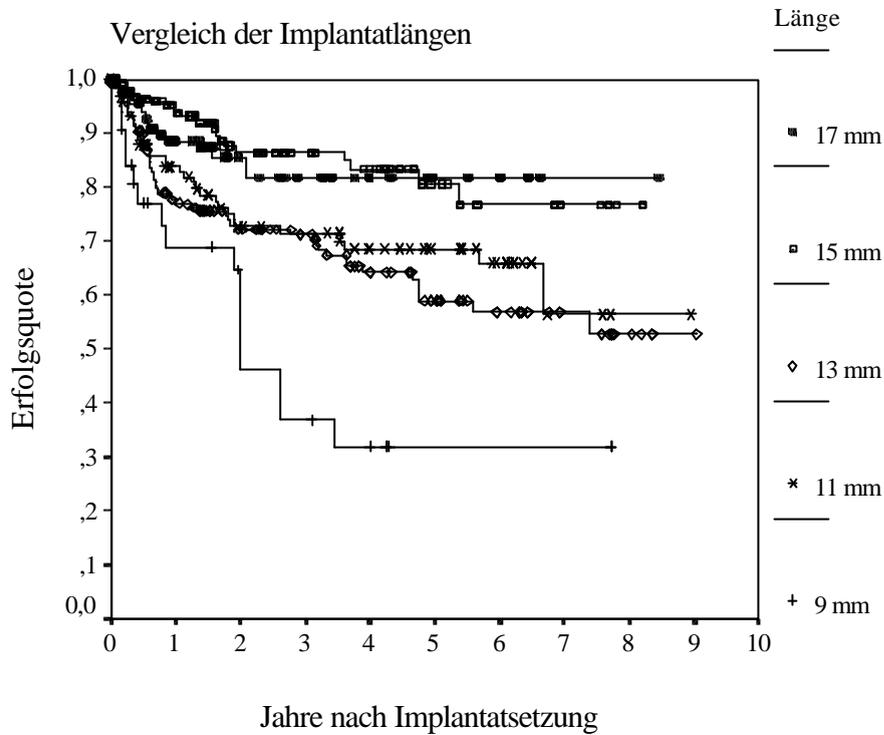


Abb. 21: Erfolgskurven unterschieden nach Implantatlängen ($n_{\text{gesamt}}=718$)

Liegedauer nach Implantatsetzung (Jahre)	5	7	8
Implantatlänge 9 mm (n = 32)	32,2 %	32,2 %	-
Implantatlänge 11 mm (n = 123)	69,2 %	57,1 %	57,1 %
Implantatlänge 13 mm (n = 224)	59,9 %	57,3 %	52,8 %
Implantatlänge 15 mm (n = 210)	81,1 %	77,5 %	77,5 %
Implantatlänge 17 mm (n = 129)	82,2 %	82,2 %	82,2 %

Tab 8: Erfolgsquoten unterschieden nach Implantatlängen ($n_{\text{gesamt}}=718$)

Die Kaplan-Meier-Analyse nach den Längen der Implantate stellt mit einer 7-Jahres-Überlebensrate von 32,2 % einen signifikanten Unterschied der 9 mm-Implantate zum 13 mm Implantat mit 57,3 % nach 7 Jahren ($p = 0,0098$) und allen anderen längeren Implantaten fest. Das 17 mm-Implantat hat mit 82,2 % die beste Erfolgsrate, weist allerdings keinen signifikanten Unterschied zu dem am häufigsten gesetzten 15 mm-Implantat mit 77,5 % nach 7 Jahren auf ($p = 0,2039$). In einer parallel zu dieser Studie angestellten Untersuchung von BONE-LOCK[®]-Implantaten an Tumor-Patienten zeigten sich im Vergleich der Erfolgskurven folgende Ergebnisse (Abb. 22 und Tab. 9)

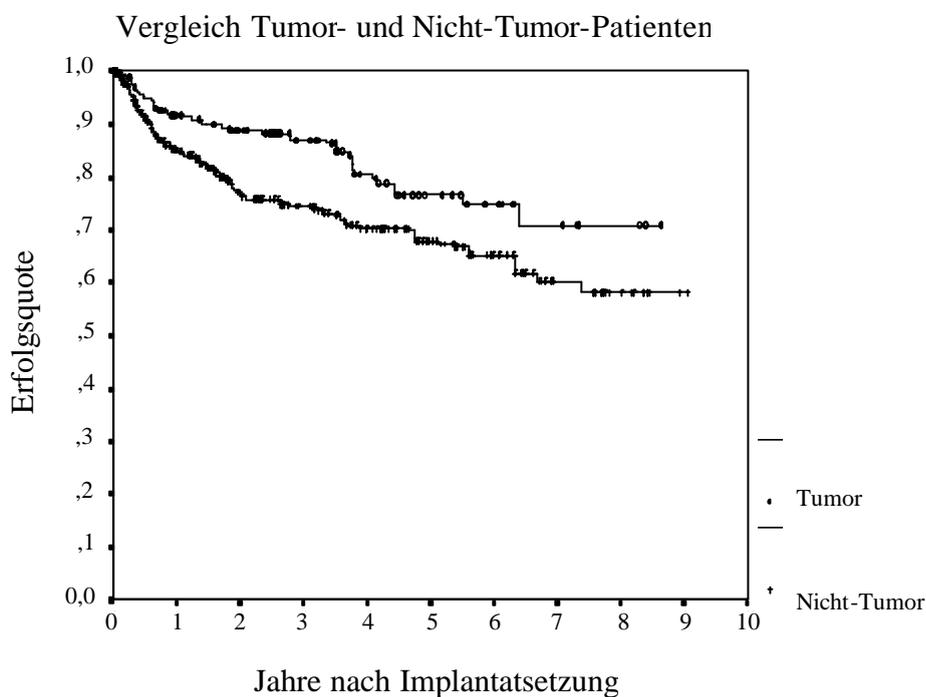


Abb. 22: Erfolgsquoten differenziert nach Tumor- und Nicht-Tumor-Patienten

Liegedauer nach Implantatsetzung (Jahre)	5	7	8
Tumor-Patienten (n = 75)	77,2 %	71,4 %	71,4 %
Nicht-Tumor-Patienten (n = 224)	69,2 %	65,6 %	62,8 %

Tab 9: Erfolgsquoten im Vergleich Tumor zu Nicht-Tumorpatienten

4.2 Ergebnisse der periimplantären Situation

4.2.1 Hygiene – Index

Insgesamt fiel bei der Implantatnachsuntersuchung der 385 BONE-LOCK®-Implantate ein sehr guter Mundhygienezustand der Patienten auf. Im gesamten Untersuchungszeitraum wiesen 74,1 % der Implantate einen sehr guten oder guten Hygienezustand auf (Hygieneindex 0 nach *Mombelli et al.* 1987) und nur 25,9 % zeigten eine beginnende Plaquebesiedelung (Tab. 10 und Abb. 23)

Hygieneindex nach Mombelli	0	1
Anzahl der Implantate (n = 385)	74,1 % (n = 285)	25,9 % (n = 100)

Tab 10: Prozentuale Verteilung des Hygieneindex bezogen auf den gesamten Zeitraum

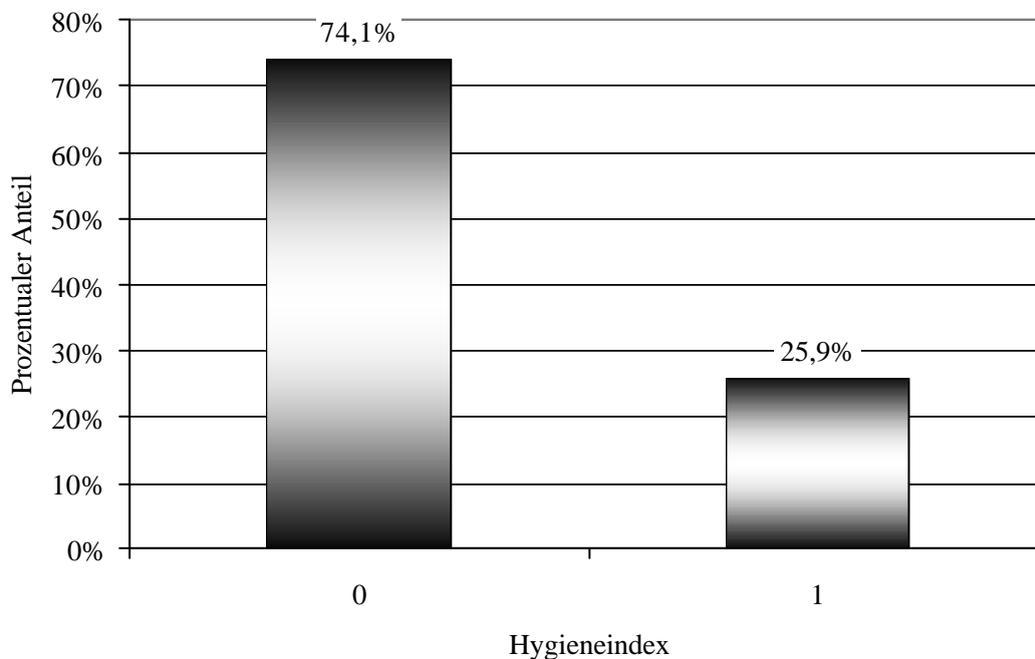


Abb. 23: Häufigkeit der Hygieneindexgruppen im gesamten Untersuchungszeitraum (n_{gesamt}= 385)

In den ersten fünf Jahren nach Implantatsetzung wiesen im Schnitt 80 % der Implantate keine Plaquebesiedelung auf, ab dem sechsten Jahr waren es durchschnittlich nur noch 50 % mit einem Hygiene-Index von Null, während die anderen 50 % eine mit der Sonde abstreifbare Plaquebesiedelung aufwiesen (Hygiene-Index 1 nach *Mombelli et al.* 1987). Eine Darstellung des Hygiene-Index der nachuntersuchten Implantate in seinem Verlauf, aufgeteilt nach der Liegedauer in Jahren ist in Abbildung 24 zu sehen.

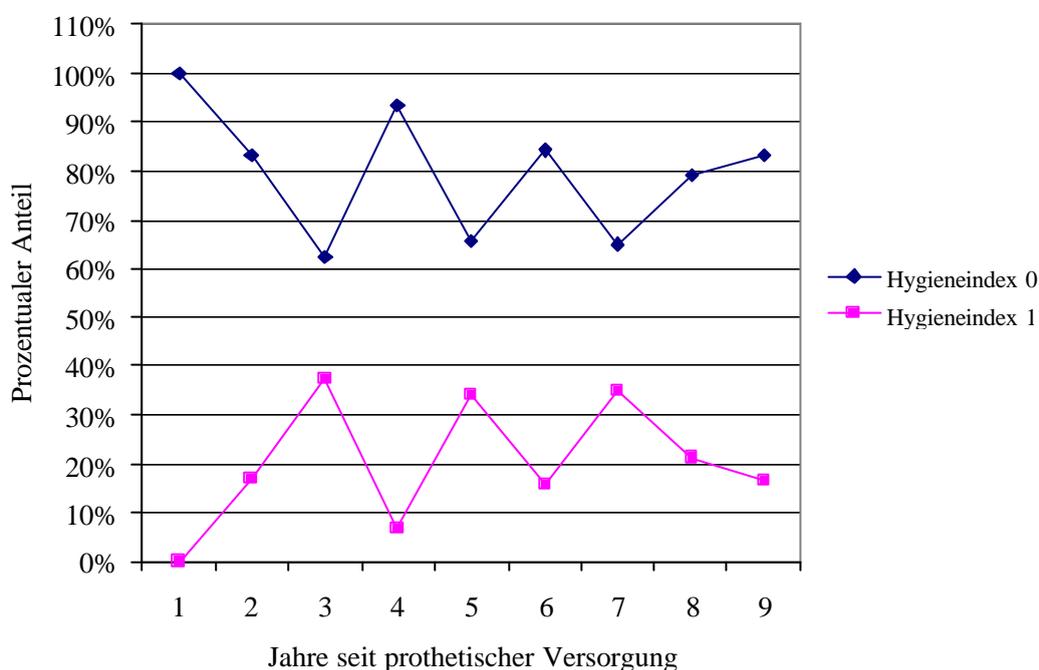


Abb. 24: Hygieneindex der Implantate im zeitlichen Verlauf ($n_{\text{gesamt}}=385$)

4.2.2 Gingivaindex

Bei der Betrachtung der Gingivaindexwerte über den gesamten Untersuchungszeitraum weisen 68,8 % der Implantate einen überdurchschnittlich guten, 23,4 % noch einen guten Zustand der umgebenden Gewebe auf, während der Rest mit schlechterem Weichgewebszustand nur 7,8 % beträgt. Die Ergebnisse bezogen auf den Gesamtuntersuchungszeitraum sind in Tabelle 11 und Abbildung 25 verdeutlicht.

Gingivaindex	Gingivaindex 0	Gingivaindex 1	Gingivaindex 2
Anzahl der Implantate (n = 385)	68,8 % (n = 265)	23,4 % (n = 90)	7,8 % (n = 30)

Tab 11: Prozentuale Verteilung des Gingivaindex bezogen auf den gesamten Zeitraum ($n_{\text{gesamt}} = 385$)

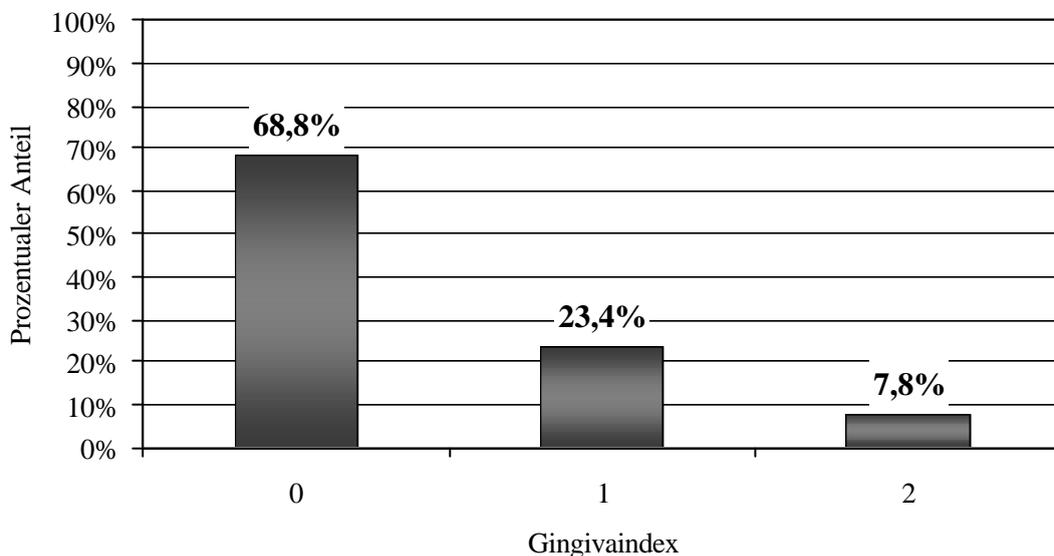


Abb. 25: Häufigkeit der Gingivaindexgruppen im gesamten Untersuchungszeitraum ($n_{\text{gesamt}} = 385$)

Die Ergebnisse der Beurteilung des Gingivaindex in ihrem zeitlichen Verlauf werden sowohl in Abbildung 26 als auch in der tabellarischen Übersicht der prozentualen Verteilung, aufgeteilt nach den einzelnen Untersuchungsjahren nochmals dargestellt (Tab. 12).

Bei der Betrachtung fällt in den ersten Jahren ein deutlicher Abfall des Gingivaindex 0 und gleichzeitiger Anstieg der schlechteren Indexwerte bis zum 3. Jahr auf. Danach zeigt der Verlauf bis zum 8. Jahr gegengleiche Bewegungen mit Höhen und Tiefen des Gingivaindex 0 und 1. Die Relevanz der Werte im 8. und 9. Jahr ist aufgrund der geringeren Fallzahlen kritisch zu bewerten.

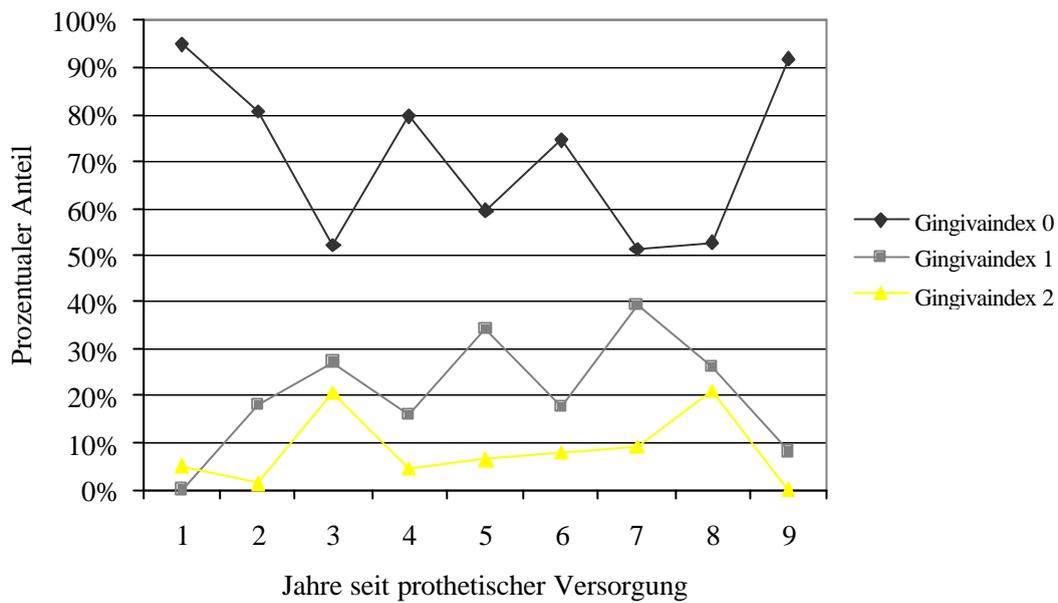


Abb. 26: Prozentuale Verteilung der Gingivaindexgruppen im zeitlichen Verlauf ($n_{\text{gesamt}} = 385$)

	GI 0		GI 1		GI 2		GI 3		n_{Gesamt}
1. Jahr	95 %	19	-	-	5 %	1	-	-	20
2. Jahr	80,7 %	67	18,1 %	15	1,2 %	1	-	-	83
3. Jahr	52,1 %	25	27,1 %	13	20,8 %	10	-	-	48
4. Jahr	79,5 %	35	15,9 %	7	4,5 %	2	-	-	44
5. Jahr	59,4 %	38	34,4 %	22	6,3 %	4	-	-	64
6. Jahr	74,0 %	38	17,6 %	9	7,8 %	4	-	-	51
7. Jahr	51,2 %	22	39,5 %	17	9,3 %	4	-	-	43
8. Jahr	52,6 %	10	26,3 %	5	21,1 %	4	-	-	19
9. Jahr	91,7 %	11	8,3 %	2	-	-	-	-	13
Gesamt	68,8 %	265	23,4 %	90	7,8 %	30	-	-	385

Tab 12: Prozentuale Verteilung des Gingivaindex ($n_{\text{gesamt}} = 385$)

4.2.3 Taschensondierungstiefen (TST)

Die prozentuale Verteilung der Taschentiefen unterteilt in eine den natürlichen Zähnen vergleichbare Sondierungstiefe bis 3 mm und pathologische Sondierungstiefen bis 5 mm und darüber, bezogen auf den Gesamtuntersuchungszeitraum ist der Abbildung 27 und der Tabelle 13 zu entnehmen.

Taschensondierungstiefe	bis 3 mm	bis 5 mm	über 5 mm
Anzahl der Implantate (n = 385)	28,3 % (n = 109)	58,7 % (n = 226)	13,0 % (n = 50)

Tab 13: Prozentuale Verteilung der TST bezogen auf den gesamten Zeitraum
(n_{gesamt} = 385)

Den größten Anteil mit 58,7 % nehmen die Implantate mit Taschentiefen von 3-5 mm ein, was einem mittleren pathologischen Zustand im Vergleich zu natürlichen Zähnen entspricht.

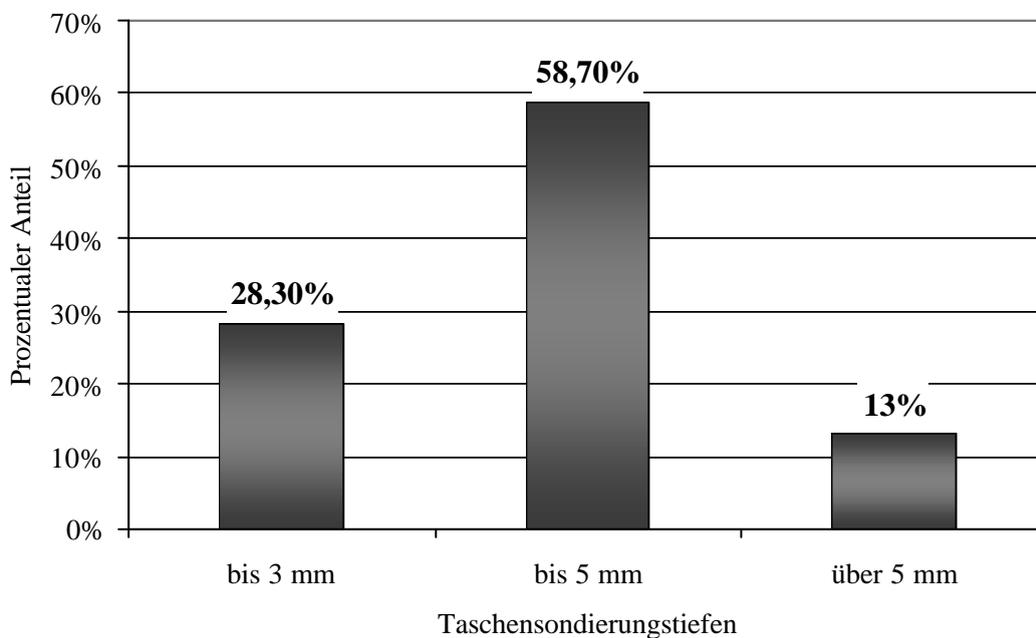


Abb. 27: Prozentuale Verteilung der TST im gesamten Untersuchungszeitraum
(n_{gesamt} = 385)

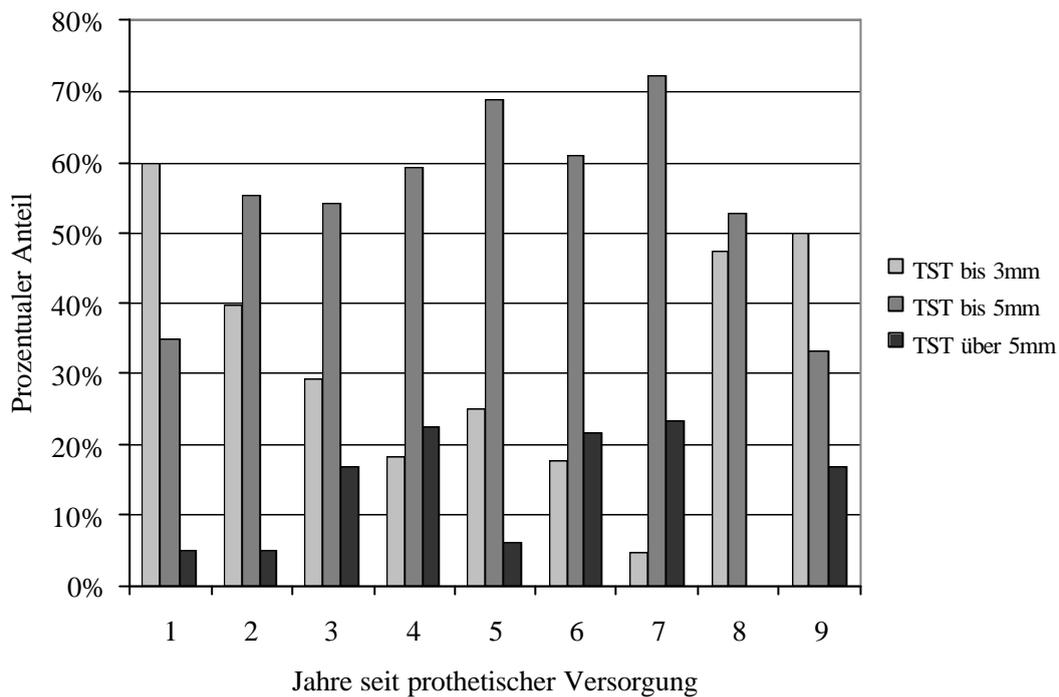


Abb. 28: Prozentuale Verteilung der Taschensondierungstiefen im zeitlichen Verlauf

TST	bis 3 mm	bis 5 mm	über 5 mm
1. Jahr (n = 20)	60,0 %	35,0 %	5,0 %
2. Jahr (n = 83)	39,7 %	55,4 %	4,9 %
3. Jahr (n = 48)	29,2 %	54,2 %	16,7 %
4. Jahr (n = 44)	18,2 %	59,1 %	22,7 %
5. Jahr (n = 64)	25,0 %	68,8 %	6,2 %
6. Jahr (n = 51)	17,6 %	60,8 %	21,6 %
7. Jahr (n = 43)	4,7 %	72,1 %	23,3 %
8. Jahr (n = 19)	47,4 %	52,6 %	0 %
9. Jahr (n = 13)	50 %	33,3 %	16,7 %

Tab 14: Prozentuale Verteilung der Taschensondierungstiefen ($n_{\text{gesamt}} = 385$)

In der Verlaufsübersicht (Abb. 28 und Tab. 14) wird deutlich, dass schon ab dem zweiten Jahr nach prothetischer Versorgung im Durchschnitt 57,1 % der Implantate Taschentiefen von 3-5 mm aufweisen. Die Werte über 5 mm haben ihr Maximum im vierten Jahr mit 22,7 %, bleiben dann jedoch relativ konstant bis auf das achte und neunte Jahr, wobei man hier die geringeren Fallzahlen berücksichtigen muss.

Der Tabelle 15 sind die Mittelwerte mit entsprechenden Standardabweichungen zu entnehmen. Die Taschensondierungstiefen zeigen zwischen dem ersten und dem dritten Jahr eine Abnahme von ca. 1 mm, dann im Verlauf von 4 Jahren eine weitere leichte Tendenz nach unten.

TST	MW	Sx
1. Jahr	2,618	0,940
2. Jahr	3,125	0,786
3. Jahr	3,593	1,336
4. Jahr	4,012	1,413
5. Jahr	3,543	1,001
6. Jahr	3,906	1,383
7. Jahr	4,250	1,055
8. Jahr	2,894	0,910
9. Jahr	3,318	1,304

Tab 15: Statistische Auswertung der Taschensondierungstiefe ($n_{\text{gesamt}} = 385$)
(MW = Mittelwert Sx = Standardabweichung der Einzelwerte)

4.2.4 Periotest

Für den Überblick der Implantatmobilität mittels Periotestgerät nach *Schulte et al.* (1983) wurden folgende Wertegruppen gebildet: Periotestwerte im negativen Bereich oder im Bereich bis +10 wurden als klinisch fest beurteilt, Periotestwerte von +10 bis +19 entsprechen dem Lockerungsgrad I natürlicher Zähne und Werte über +19 werden dem Lockerungsgrad II, beziehungsweise Werte über +29 dem Lockerungsgrad III zugeteilt.

Periotestwerte	-08 bis +09	+10 bis + 19	+20 bis +29
Anzahl der Implantate (n = 385)	80,0 % (n = 308)	15,1 % (n = 58)	4,9 % (n = 19)

Tab 16: Prozentuale Verteilung der Periotestwerte bezogen auf den gesamten Zeitraum ($n_{\text{gesamt}} = 385$)

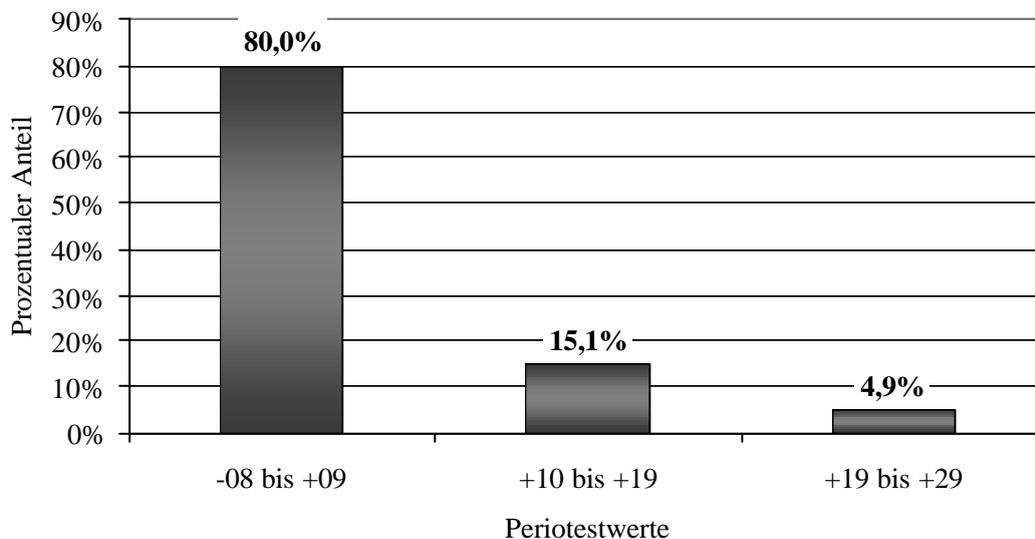


Abb. 29: Prozentuale Verteilung der Periotestwerte über den gesamten Zeitraum ($n_{\text{gesamt}} = 385$)

Über den gesamten Untersuchungszeitraum gesehen weisen 80,0 % der Implantate Periotestwerte von -08 bis +09 und 15,1 % Werte von +10 bis +19 auf. Nur 4,9 % können mit Periotestwerten von +19 bis +29 dem Lockerungsgrad II, entsprechend natürlichen Zähnen, zugeteilt werden (siehe Abb. 29).

Eine Übersicht über die prozentuale Verteilung der Implantatbeweglichkeit im Verlauf der Jahre ist aus Abbildung 30 und Tabelle 17 ersichtlich.

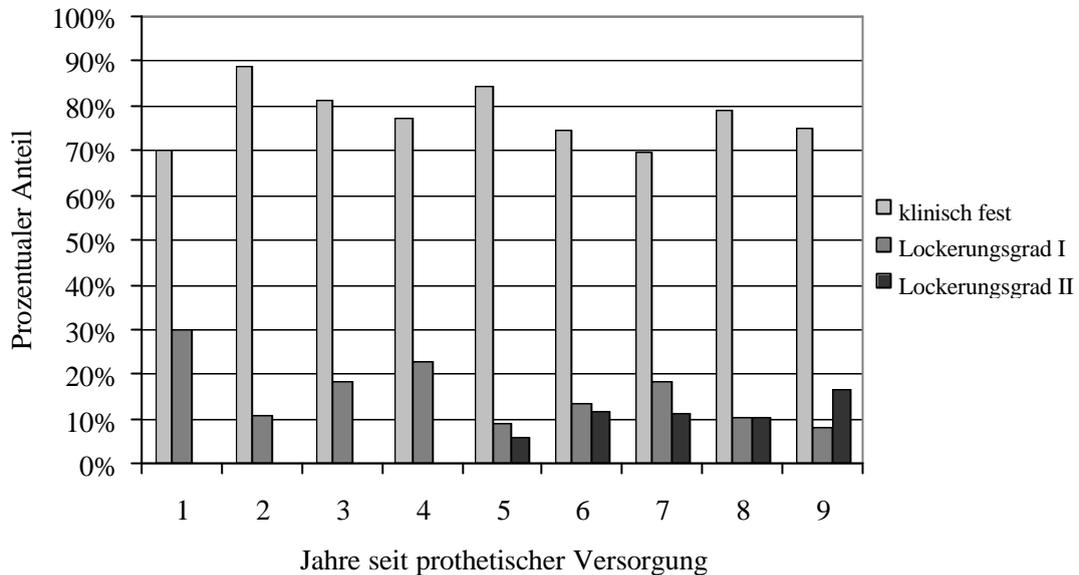


Abb. 30: Prozentuale Verteilung der Periotestwerte im zeitlichen Verlauf

Lockerungsgrad	klinisch fest	Lockerungsgrad I	Lockerungsgrad II
Periotestwerte	- 08 bis + 09	+10 bis + 19	+20 bis +29
1. Jahr (n=20)	70,0 %	30,0 %	0,0 %
2. Jahr (n=83)	89,1 %	10,9 %	0,0 %
3. Jahr (n=48)	81,3 %	18,7 %	0,0 %
4. Jahr (n=44)	77,3 %	22,7 %	0,0 %
5. Jahr (n=64)	84,4 %	9,4 %	6,2 %
6. Jahr (n=51)	74,5 %	13,7 %	11,8 %
7. Jahr (n=43)	69,8 %	18,6 %	11,6 %
8. Jahr (n=19)	79,0 %	10,5 %	10,5 %
9. Jahr (n=13)	75,0 %	8,3 %	16,7 %

Tab 17: Prozentuale Verteilung der Periotestwerte in Korrelation zu den Lockerungsgraden ($n_{\text{gesamt}} = 385$)

Tabelle 19 zeigt die statistische Auswertung der Periotestwerte.

Periotestwerte	MW	Sx
1. Jahr	-1	4,760
2. Jahr	-2,481	3,658
3. Jahr	-0,798	6,259
4. Jahr	1,242	4,776
5. Jahr	0,583	4,795
6. Jahr	2,225	6,681
7. Jahr	3,834	5,582
8. Jahr	3,133	3,563
9. Jahr	3,375	2,505

Tab 18: Statistische Auswertung der Periotestwerte ($n_{\text{gesamt}} = 385$)
(MW = Mittelwert Sx = Standardabweichung der Einzelwerte)

Bei Betrachtung der Mittelwerte im Verlauf der 9 Jahre steigen die Periotestwerte konstant leicht an, was einer geringeren Festigkeit der Implantate entspricht. Sie bleiben jedoch auch im 9. Jahr mit einem Mittelwert von 3,375 auf einem sehr niedrigen Niveau.

5 Diskussion

Die Definition des erfolgreichen dentalen Implantates wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Ein einheitliches Bewertungskonzept ist bisher noch nicht etabliert worden. Jedoch existieren verschiedene international anerkannte Erfolgskriterien, beginnend mit den Richtlinien der NIH-Konferenz 1978 (*Schnitmann und Shulmann 1979*) und den Kriterien nach *Albrektsson et al.* (1986).

Nach den NIH-Richtlinien wurde ein Implantat mit einer klinischen Beweglichkeit bis zu 1 mm und einem Knochenverlust von weniger als einem Drittel noch als Erfolg bewertet, was heute nicht mehr zeitgemäß scheint (*Jahn und d'Hoedt 1992*). Die Definition von *Albrektsson et al.* (1986) war bereits strikter, indem sie unter anderem die Osseointegration des Implantates, eine absolute Implantatimmobilität und einen vertikalen Knochenabbau von weniger als 0,2 mm pro Jahr forderte. Auch *Smith und Zarb* (1989) stellten ähnliche Kriterienvorschläge auf, mit einer geforderten Erfolgsquote der Implantate von 85 % nach fünf Jahren und 80 % nach 10 Jahren. Diese mussten allerdings, da nicht mehr zeitgemäß, den verbesserten Vorschlägen von *Roos et al.* (1997) oder *Jahn und d'Hoedt* (1992) weichen. Letztere definierten 1992 folgende Kriterien um den Erfolg eines Implantates zu bewerten: Das Implantat ist in situ, die Sulkustiefe darf bei zwei aufeinander folgenden Kontrollen nicht mehr als 4 mm betragen, die klinische Beweglichkeit darf den Lockerungsgrad I (Klassifikation der deutschen Gesellschaft für Parodontologie) nicht übersteigen, das Implantat darf keinen zweiseitig durchgehenden Spalt mit einer Breite größer als 5 mm im Röntgenbild aufweisen, der anguläre Knochendefekt darf nicht mehr als $\frac{3}{10}$ des konstruktiv enossalen Implantatabschnittes betragen und der Patient darf das Implantat subjektiv nicht schlechter als mit Schulnote 3 bewerten. *Van Steenberghe* (1997) stellt all diese Kriterienvorschläge in Frage. *Buser et al.* (1991) würden zumindest objektive Kriterien zur Beurteilung des Implantaterfolges ansetzen, aber nach deren Definition wäre ein Implantat sogar dann noch erfolgreich, wenn schon ein entscheidender Knochenverlust vorhanden wäre. Bei *Spiekermann et al.* (1995) bemängelt *van Steenberghe* (1997) beispielsweise, dass das Kriterium der Implantatmobilität keine Erwähnung findet. Daher definiert er neue, striktere Erfolgskriterien, die klinisch relevant, erreichbar und so objektiv wie möglich sein sollen. Sein Konzept eines erfolgreichen intraossären Implantates sieht wie folgt aus:

- es verursacht keinerlei allergische, toxische oder ausgedehnte entzündliche Reaktionen weder lokal noch systemisch
- es fungiert als Anker für eine funktionierende prothetische Versorgung
- es weist keine Biege- oder Frakturzeichen auf
- es zeigt keine Mobilität bei manueller oder entsprechend maschineller Testung
- es weist keine Radioluzenzen bei intraoralem Zahnfilm (Paralleltechnik) auf.

Die Forderungen nach einheitlichen Standards, die eine differenziertere vergleichende statistische Analyse der Erfolgsbewertung für dentale Implantate erlauben, sind zahlreich (*Jahn und d'Hoedt 1992, Roos et al. 1997, Heners et al. 1991, Niedermeier und Küblbeck 1991*), dennoch weisen die meisten Studien immer noch sehr große Unterschiede in ihren Beurteilungskriterien auf.

Bisher wird bei statistischen Untersuchungen meist nur der Implantatverlust als Kriterium für den Misserfolg verwendet. Für die Definition des Erfolges dentaler Implantate sollten jedoch klinische und röntgenologische Messwerte, die in regelmäßigen Nachuntersuchungen erhoben werden, auf jeden Fall mit einbezogen werden. Abzulehnen sind auch Erfolgsquoten ohne zeitliche Zuordnung der Parameter (*d'Hoedt et al. 1996, Richter et al. 1992*).

So unterscheiden sich nicht nur die für eine Studie gewählten Erfolgskriterien, sondern dementsprechend auch die statistischen Auswertungen. Hierbei überwiegt die Form der Tabellen mit prozentualen Angaben über Erfolge und Misserfolge eindeutig gegenüber den statistisch-methodischen Analysen, die verschiedene Nachkontrollparameter einbeziehen (*Heners et al. 1991*). Auch für den Praktiker ist die Forderung nach einheitlichen statistischen Methoden in Langzeitstudien unverzichtbar, um bei der Vielzahl verschiedener Implantatsysteme die Möglichkeit zu haben, ein adäquates Implantatsystem auszuwählen und somit für den Patienten eine vorhersehbar erfolgreiche Therapie gewährleisten zu können (*Fiorellini et al. 1998*).

Grundsätzlich eignen sich für die statistische Analyse des Langzeiterfolges von Implantaten die Erfolgskurven nach *Kaplan und Meier (1958)*, die life-tables nach der Methode von *Cutler und Ederer (1958)* und die kumulative Hazard-Funktion (*Spiekermann 1994*).

Besonders die Erfolgskurven nach *Kaplan* und *Meier* (1958) werden von zahlreichen Autoren für die Langzeitbewertung dentaler Implantate gefordert (*Kerschbaum* 1986, *Shulman et al.* 1986) und von der Konsensuskonferenz der DGZMK 1989 (*Tetsch et al.* 1990) für unverzichtbar erklärt.

Vergleiche zwischen verschiedenen Implantatsystemen sind also nur möglich, wenn die gleichen statistischen Verfahren verwendet wurden, so dass in dieser Arbeit die Erfolgsquoten des BONE-LOCK[®]-Systems auch nur mit Implantatstudien verglichen wurden, die das System anhand von Kaplan-Meier-Erfolgskurven auf dessen Langzeiterfolg geprüft haben.

Die Aussagekraft dieser Langzeituntersuchung wird durch eine Reihe methodischer Schwierigkeiten beeinträchtigt, die vor der Diskussion der Ergebnisse erwähnt werden sollen. Während der langen Untersuchungsperiode wechselten die Untersucher, Patienten erschienen nicht oder nur sehr unzuverlässig, wodurch das Recall nicht vollkommen regelmäßig durchgeführt werden konnte. Die Methoden zur Erhebung der Werte wurden zwar über die gesamte Dauer der Untersuchungsperiode beibehalten, jedoch waren manche der angewendeten Verfahren, insbesondere die Messungen mit dem Periotestgerät, fehleranfällig.

Zur Röntgenanalyse bei derartigen Langzeitstudien sind folgende Probleme anzumerken: Grundsätzlich gilt, dass durch die zweidimensionale Darstellung eines dreidimensionalen Objektes (Implantat) auf einem Röntgenbild diese nur sehr begrenzt quantitativ genau ausgewertet und vermessen werden können, so dass Messungenauigkeiten von bis zu 1 mm als akzeptabel angesehen werden (*Gómez-Román et al.* 1995). Wenn jedoch in Kriterien für den Erfolg eines Implantates ein vertikaler Knochenabbau von weniger als 0,2 mm pro Jahr, beispielsweise bei *Albrektsson et al.* (1986), gefordert wird, drängt sich die Frage nach der Realisierbarkeit dieser Messungen in Röntgenbildern auf. Abgesehen davon ist es nicht praxisgerecht, den Knochenabbau im ersten Jahr der Liegedauer nicht zu berücksichtigen (*Jahn und d'Hoedt* 1992). Nur wenn alle Implantatanteile im gleichen Abbildungsmaßstab wiedergegeben werden, ist das Vermessen der Aufnahmen überhaupt sinnvoll (*Günay et al.* 1990). Das bedeutet, dass man zum Teil für die Patienten spezielle Positionierungen anfertigen müsste, damit die Reproduzierbarkeit gewährleistet ist (*Gómez-Román et al.* 1995). Auch eignen sich besonders intraorale Zahnfilme, angefertigt nach der

Paralleltechnik zur Auswertung des jährlichen Knochenabbaus (*Tetsch et al.* 1990), da aber die Akzeptanz der Patienten, was das Röntgen betrifft immer geringer wird, ist es für den Patienten nicht zumutbar, für seine einzelnen Implantate bei jedem Recall Zahnfilme anzufertigen (*Mombelli und Lang* 1998). Außerdem wird stets gefordert röntgenologische Kontrollen auf ein Minimum zu beschränken (*Tetsch et al.* 1990), so dass eigentlich nur das Orthopantomogramm zur jährlichen Röntgenkontrolle geeignet ist. Die Probleme bei der Vermessung dieser Übersichtsaufnahmen sind bekannt, nämlich mangelhafte Reproduzierbarkeit und Bildschärfe, und kaum zu vermeiden (*Kovács und Christ* 1993), so dass ein exaktes Ausmessen der Knochenverhältnisse um das Implantat nicht gewährleistet ist. Durch die eben genannten Probleme reduziert sich die Anzahl der auswertbaren Röntgenergebnisse derart, dass man keine repräsentative Gruppe mehr vorweisen kann. Aus diesen Gründen wurde in vorliegender Arbeit auf die röntgenologische Auswertung des Knochenabbaus verzichtet.

Bei der Auswertung von Implantaten ist es grundsätzlich eine schwierige methodische Frage, ob man bei der Versorgung eines Patienten mit mehreren Implantaten nur eines oder alle beobachten soll. Statistiker und Biomathematiker fordern, bei statistischen Analysen von Implantaten nur ein zufällig ausgewähltes Implantat pro Patient auszuwerten (*Axmann* 1992), wobei der Kliniker mehr Wert auf zusätzliche Information legt (*Dietrich et al.* 1993). Die größte Schwierigkeit, wenn jeweils nur ein Implantat pro Patient in die Auswertung eingeht, besteht in der realistischen Bewertung. Dies zeigt sich beispielsweise bei den Ergebnissen des Brånemark-Systems, bei dem, auch als Folge der geringen Zahl, keines der tatsächlichen Verlustimplantate in die Zufallsauswahl kam, so dass sich ein unrealistischer Wert von 100 % nach einem Jahr ergibt (*d'Hoedt et al.* 1996). Deshalb wurden in der vorliegenden Arbeit alle Implantate eines Patienten in die Auswertung miteinbezogen.

Die hier angestellte Analyse des BONE-LOCK[®]-Implantatsystems mit Hilfe der Erfolgsstatistik nach *Kaplan-Meier* (1958) ergibt bei Einschluss sämtlicher inserierter Implantate, indikationsunabhängig eine 5-Jahreserfolgsquote von 69,2 % und eine 8-Jahreserfolgsquote von 62,8 %. Im Vergleich zu anderen Studien sind diese Erfolgsquoten relativ gering, aber im Gegensatz zu den weit verbreiteten Input-Output-Statistiken berücksichtigt die Auswertung nach *Kaplan-Meier* (1958) zusätzlich die individuelle Liegezeit der Implantate, so dass ein realistischeres Bild über die

tatsächliche Erfolgsrate der Implantatversorgung entsteht. Brånemark, als eines der bestuntersuchten Systeme (Røynesdal *et al.* 1999) weist nach 1 Jahr eine Erfolgsquote von 100 %, nach 4,5 Jahren von 83 % auf (d'Hoedt *et al.* 1996). Kritisch anzumerken ist jedoch hierbei zum einen die Tatsache, dass die schwierige Einheilphase nicht mitberücksichtigt wurde, zum anderen, dass durch die Konzeption der Studie (nur jeweils ein Implantat pro Patient wurde ausgewertet), wie oben erwähnt, eine realistische Bewertung der Implantate kaum möglich ist. Kovács (1998) hat in seiner 5-Jahresstudie mit dem BONE-LOCK[®]-System an Tumorpatienten eine Erfolgsrate von 93 % angegeben, jedoch leider auch ohne die Einheilphase zu berücksichtigen, in der die meisten Verluste stattfinden (Albrektsson *et al.* 1986). Heners *et al.* (1991) wiesen in ihrer Studie verschiedener Implantattypen über 8 Jahre für das ITI-Implantat eine Erfolgsquote von 82 %, für das Frialit-Implantat über 12 Jahre eine Quote von 62,7 % und für das IMZ-Implantat nach 6,5 Jahren 95 % auf.

Esposito *et al.* (1999) merken kritisch an, dass es generell kaum Studien gibt, die negative Ergebnisse eines Implantatsystems veröffentlichen, so dass mit hoher Wahrscheinlichkeit die Arbeiten unwillkürlich zu den positiveren Ergebnissen kommen. Außerdem wird, laut Esposito *et al.* (1999), bei einer un schlüssigen Beweisführung gerne der fehlende Beweis eines Behandlungserfolges in den Beweis eines nicht vorhandenen Behandlungserfolges umgekehrt (to confuse „no evidence of effect“ with „evidence of no effect“). Auch Richter *et al.* (1992) stellten Erfolgsraten von IMZ- und TPS-Implantaten für einen Zeitraum bis fünf Jahre nicht unter 90 % fest, wobei nur Implantate im zahnlosen Unterkiefer betrachtet wurden, so dass die Studie mit der hier vorliegenden nicht genau verglichen werden kann.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass die meisten Studien sich in mindestens einem Kriterium voneinander unterscheiden, sei es in der Methodik der statistischen Auswertung oder bei der Auswahl der Erfolgskriterien, indem keine exakten Angaben über die Ein- und Ausschlusskriterien der auszuwertenden Implantate gemacht werden. In der hier vorliegenden Arbeit findet das in Bezug auf die Einheilung und den Erfolg eines Implantates so kritische erste Jahr nach Insertion in der statistischen Auswertung seine Berücksichtigung, was einen sehr großen Teil der verloren gegangenen Implantate ausmacht. Auch Howaldt und Kovács (1994) sowie Betz *et al.* (1999) mussten das in ihrer Untersuchung feststellen. In ihrer Studie über das BONE-LOCK[®]-System bis zu 7

Jahren - allerdings mit Tumorpatienten – zeigte sich eine auffällig hohe Verlustrate in der Einheilphase von ca. 10 %, bei einer allgemeinen Erfolgsrate von 84 %.

Wichtig in Bezug auf die schlechteren Ergebnisse der hier vorliegenden Arbeit ist aber zu erwähnen, dass die hier angestellten Erfolgsquoten nicht zwischen dem zuerst entwickelten BONE-LOCK[®]I-System und dem späteren BONE-LOCK[®]II-System unterscheiden. In getrennter Betrachtung beider Entwicklungsstufen zeigt sich nämlich mit einer 4-Jahreserfolgsrate des BONE-LOCK[®]I-Implantates von 68,5 % im Vergleich zu dem BONE-LOCK[®]II-System mit 82,9 % nach 4 Jahren die Ursache für die relativ schlechten Ergebnisse der Gesamtstudie. Leider konnten hier keine längeren Untersuchungszeiträume für das BONE-LOCK[®]II-System angegeben werden, da die Fallzahlen für länger als 4 Jahre inserierte BONE-LOCK[®]II Implantate zu gering sind, als dass sie statistisch relevante Analysen erlauben würden. Diese sehr gute Erfolgsquote nach 4 Jahren mit Einbeziehung des ersten Jahres nach Implantation lässt jedoch den weiteren Verlauf erahnen, der sich im Vergleich zu anderen Systemen in einem guten Mittel finden wird, denn *Heners et al.* (1991) haben festgestellt, dass unabhängig vom Implantattyp, die Hauptverluste in den ersten 4 Jahren zu verzeichnen sind. Die Ursache dieses deutlichen Unterschiedes zwischen beiden Entwicklungsstufen ist sicherlich in der nochmals verbesserten Implantatform und der Optimierung der Oberflächenbeschaffenheit zu suchen.

Ein weiterer Unterschied zu vielen ähnlich gelagerten Studien liegt in der Auswahl des Patientengutes in der hier vorliegenden Untersuchung. Das untersuchungsspezifische Patientengut wurde nicht auf ein bestimmtes Kriterium hin selektiert, sondern es kamen die Daten derjenigen Patienten zur Auswertung, die von sich aus regelmäßig an der Implantatnachsorge teilnahmen oder auf ein Anschreiben reagiert haben. Sehr viele Patienten waren verzogen, mittlerweile zur Nachuntersuchung immer zu ihrem Hauszahnarzt gegangen oder einfach nicht gewillt nur für die Nachsorge, „wo doch alles in Ordnung ist“ extra an die Universitätsklinik zu kommen. Man kann also davon ausgehen, dass eher Patienten angesprochen wurden, die irgendwelche Probleme mit ihrer Implantatversorgung hatten.

Bei weiterer Betrachtung der Erfolgsquoten, unterschieden nach den Indikationen, die zur Implantation führten, zeigen sich, wie auch in der Arbeit von *Wiesner* (1998) beschrieben wurde, überraschende Ergebnisse. Während in der vergleichbaren Literatur

die Indikation „Zahnlos“ oft als die erfolgreichste gilt, schneidet sie in vorliegender Untersuchung mit einer 5-Jahreserfolgsrate von 69,9 % als drittbeste, nach der Indikation „Schaltlücke“ mit 79,8 % und „Einzelzahn“ mit 78,5 % ab. Auch die 8-Jahres-Erfolgsquoten weisen die Indikation „Schaltlücke“ mit 79,8 % für das BONE-LOCK[®]-System als günstigste aus, während sie allgemein in der Literatur als ungünstiger angesehen wird. Gefolgt werden sie von „Freiende“ mit 62,9 % und „Zahnlos“ mit 61,4 % 8-Jahres-Erfolgsquote.

Die hier vorgestellten Erfolgskurven, bezogen auf die klinische Ausgangslage, erscheinen also ähnlich wie bei *Heners et al.* (1991): Der zahnlose Kiefer weist die ungünstigste Prognose auf, während die Schaltlücke und der Kronenblock eine deutlich bessere Charakteristik zeigen. Die Freiendsituation zeigt allerdings konform zur Literatur die schlechtesten Erfolgsraten.

Auffallend in der hier angestellten Untersuchung ist die hohe Verlustrate von 15 % im ersten Jahr nach Insertion im zahnlosen Kiefer, so dass eine weitere Ursachenforschung in Bezug auf die Unterschiede der Indikationen insbesondere in diesem kritischen Zeitraum notwendig ist. *Adell et al.* (1990) geben bei ihren Untersuchungen im zahnlosen Kiefer nur eine maximale Verlustrate in der Einheilphase von 6 % an. Auch *Wiesner* (1998) stellte bei der Ursachenforschung der hohen Verlustrate von 12 % in seiner Studie mit BONE-LOCK[®]-Implantaten fest, dass bei zahnlosen Unterkiefern, die mit mindestens vier Implantaten versorgt waren, die Ergebnisse diesbezüglich schlechter waren, als bei Patienten, die nur mit zwei interforaminären Implantaten versorgt wurden. Er konnte retroforaminär signifikant höhere Verlustraten nachweisen, als interforaminär, wie auch *Jaffin* und *Bergmann* (1991) oder *Scheller et al.* (1991). Diese Ergebnisse korrelieren wiederum mit den auch in der Literatur angegebenen schlechteren Erfolgsquoten für Implantate in der Freiendsituation, da diese eigentlich immer einer Implantation im retroforaminären Bereich entsprechen.

Auch die Unterscheidung nach Implantation in Unterkiefer oder Oberkiefer spielt natürlich eine entscheidende Rolle, da Implantate im Oberkiefer in der gängigen Literatur die schlechteren Erfolgsquoten aufweisen als im Unterkiefer (*Adell et al.* 1981, 1990 und *Brånemark et al.* 1977). *Kramer et al.* (1999) kamen beispielsweise in ihrer Studie der kaufunktionellen Rehabilitation des extrem atrophierten Oberkiefers auf eine

Erfolgsrate von nur 42,2 % für das Gesamtkollektiv (964 Implantate bei 140 Patienten) am Ende eines Beobachtungszeitraumes von 10 Jahren.

Außer der Implantationslokalisierung sind natürlich auch der Durchmesser und die Länge entscheidende Faktoren in der Erfolgsstatistik eines Implantates.

Das BONE-LOCK[®]-System bietet Implantate mit 3,5 mm und 4,5 mm Durchmesser an. In der Erfolgskurve zeigt das 4,5 mm-Implantat mit einer 8-Jahreserfolgsrate von 64,3 % ein günstigeres Ergebnis als das 3,5 mm-Implantat, mit 53,2 % Erfolgsrate nach 8 Jahren. Der Breslow-Test weist diesen Unterschied als kaum signifikant aus, was als fraglich zu beurteilen ist, da deutlich weniger Implantate mit dem kleineren Durchmesser gesetzt wurden. Das stärker dimensionierte Implantat bietet zum einen natürlich mehr Knochenanlagerungsfläche, andererseits könnte dieses bessere Ergebnis auch dadurch entstehen, dass ein nicht unerheblicher Anteil der Verluste von 3,5 mm-Implantaten in der Fraktur des Implantates oder der sehr bruchgefährdeten Verbindungsschraube begründet ist, wie schon *Mars* (2000) in seiner Arbeit über das BONE-LOCK[®]-System anmerkte.

Man muss also unterscheiden zwischen Verlust des Implantates wegen fehlender Osseointegration und Verlust aus Gründen der mechanischen Überbelastung des Implantataufbaus. Aus diesen Gründen sollte bei Implantatsetzung sehr kritisch der Einsatz des 3,5 mm-Implantates überdacht werden und wenn möglich ein Knochenaufbau oder die Insertion in einer alternativen Region vorgezogen werden, um die Möglichkeit zu haben, das größere Implantat zu setzen.

Die gleichen Überlegungen müssen bei Implantatsetzung auch bezüglich der Länge angestellt werden. Für *Niedermeier* und *Küblbeck* (1991) hängt die Prognose und Persistenz enossaler Implantate sogar in erster Linie von der Länge der künstlichen Pfeiler ab, besonders in Bezug auf die lang anhaltende Funktion als prothetischer Anker. Entscheidend dabei ist natürlich auch ein günstiges Verhältnis zwischen Aufbauhöhe und enossaler Verankerungstiefe.

Das BONE-LOCK[®]-System bietet farbkodierte Implantate mit 9, 11, 13, 15 und 17 mm Länge an. Am häufigsten wurden die 13, 15 und 17 mm-Implantate inseriert. Die statistische Auswertung der Erfolgskurven bestätigt natürlich die bekannte Tatsache, dass das längere Implantat auch die besseren Erfolgsquoten aufweist (*Wagner* 1996, *Kramer et al.* 1999). Diese Beobachtung könnte darin begründet sein, dass das längere

Implantat aufgrund der anatomischen Gegebenheiten eben auch nur in weniger resorbierte Knochenregionen inseriert werden kann, so dass das Knochenangebot günstiger ist (*Jaffin und Bergmann 1991, van Steenberghe et al. 1990, Bain und Moy 1993*).

Das 11 mm-Implantat unterscheidet sich mit einer 8-Jahreserfolgsquote von 57,1 % nicht signifikant von dem 13 mm-Implantat mit 52,8 %. Einen statistisch signifikanten Unterschied gibt es erst zu dem Implantat mit 15 mm Länge, welches mit 77,5 % Erfolgsrate nach 8 Jahren schon sehr viel besser abschneidet. Spitzenreiter bleibt jedoch das 17 mm-Implantat mit 82,2 % Erfolgsquote. Das Implantat mit 9 mm Länge weist in dieser Untersuchung sehr viel schlechtere Ergebnisse auf. Nach 7 Jahren sind in etwa nur noch ein Drittel der inserierten Implantate in situ und erfolgreich in diesem Sinne, deswegen wird es, wenn irgendwie möglich, vermieden, ein 9 mm Implantat zu verwenden. Die Ursachen hierfür sind ziemlich offensichtlich: Kurze Implantate bieten deutlich weniger Knochenanlagerungsfläche und weisen dadurch bei einer Periimplantitis mit konsekutivem Knochenabbau sehr viel schneller höhere Lockerungsgrade auf, gefolgt von einem Verlust des Implantates. Durch die geringere Knochenverbundfläche ist das 9 mm-Implantat auch primär, also direkt nach Insertion, nicht so stabil wie die längeren Implantate, so dass auch die Gefahr einer bindegewebigen Einscheidung mit anschließendem Implantatverlust deutlich erhöht ist.

Auch *Friberg et al. (1991)* beobachteten in ihrer Studie, dass das kürzeste Implantat die höchste Verlustrate aufwies, unabhängig vom Implantationsort in Unter- oder Oberkiefer. Diese Ergebnisse fordern umso mehr die sehr genaue Überlegung, ob nicht bei zu geringem vertikalen oder auch horizontalen Knochenangebot eine Augmentation die Möglichkeit bieten würde, ein größer dimensioniertes Implantat zu inserieren, so dass auf lange Sicht die Erfolgschancen deutlich erhöht sind.

Für einen Alveolarkammaufbau oder Sinuslift wird in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie als Knochenersatzmaterial der ersten Wahl autologer Knochen aus dem Beckenkamm, Tuberbereich, Kinn oder Scapula verwendet. Bei Verwendung von Beckenkammtransplantaten sollte allerdings dem gefäßgestielten Beckenkamm gegenüber dem freien Transplantat der Vorzug gegeben werden, da dieser annähernd formstabil unabhängig von der gewählten Suprakonstruktion ist, wie *Kovacs (1998)* feststellen konnte. Außerdem findet noch der von *Kübler (1998)* entwickelte

AAA-Knochen (autolysierter, antigen extrahierter, allogener Knochen) Anwendung. Wenn ein Knochenaufbau, hauptsächlich im anatomisch schwierigen Oberkiefer, stattfindet, dann sollte das zweizeitige Verfahren bevorzugt werden, da der marginale Knochenabbau bei simultan inserierten Implantaten höher ist als bei sekundär inserierten (Dunsche 1995). Im Unterkiefer hat sowohl das Simultanvorgehen, wie auch die Sekundärimplantation gleichermaßen hohe Erfolgssicherheit (Neukam und Buser 1996).

Führt man eine Differenzierung der Überlebensdauer der inserierten Implantate nach dem Geschlecht der Patienten durch, so zeigt sich für die männliche Gruppe eine leicht bessere Erfolgsquote in 8 Jahren von 69,8 % als bei den weiblichen Patienten mit 60,7 %, wobei der Test nach Breslow hier aber keine Signifikanz feststellen kann. Aus diesen Ergebnissen kann also keinesfalls der Schluss gezogen werden, dass eine Implantation bei männlichen Patienten grundsätzlich die besseren Erfolgchancen aufweist.

Einen interessanten Vergleich ergibt noch die statistische Auswertung der Daten des in dieser Arbeit untersuchten Patientengutes, den Nicht-Tumorpatienten, mit denen des Tumorpatientengutes, die in der Arbeit von Mars (2000) vorgelegt wurden. Es stellte sich heraus, dass, wie auch schon Wiesner (1989) überrascht darstellen konnte, die Tumorpatienten mit 71,4 % Überlebensquote nach 8 Jahren im Vergleich zu 62,8 % des Nicht-Tumor-Patientengutes die besseren Werte aufweisen konnten. Auch Betz (1995) hat in seiner Nachuntersuchung enossaler BONE-LOCK[®]-Implantate über 5 Jahre die überraschend besseren Erfolgsergebnisse der Tumorpatienten mit 95,1 % gegenüber den Erfolgsraten der Normalpatienten mit 90,6 % festgestellt. In einer vergleichbaren Studie über 6 Jahre mit dem BONE-LOCK[®]-System bei Tumorpatienten kommt Kovacs (2000) allerdings auf eine etwas geringere Erfolgsrate von 83,5 %.

Die oben erwähnten Implantatstudien bei Tumorpatienten wiesen also die besseren Werte auf, obwohl man davon ausgehen muss, dass dieses Patientengut die schlechteren Voraussetzungen für eine Implantation mitbringt, da in fast allen Fällen der eigentlichen Tumorresektion eine Bestrahlung (mit durchschnittlich 40 Gray) vorausgeht und in den meisten Fällen durch die Rekonstruktion des Knochen- und Weichteildefektes in augmentiertes Gebiet implantiert werden muss. Die unterschiedlichen Arten der Weichteildeckung erschweren dem Tumorpatienten auch sehr oft die adäquate Pflege

des Implantatgebietes, so dass auch noch eine signifikant schlechtere Mundhygienesituation vorliegt. Die Erklärung dieses vermeintlich unlogischen Ergebnisses fällt sehr schwer, vielleicht sollte man auch dieser Tatsache nicht zuviel Bedeutung beimessen, aber ein Ansatz könnte folgender sein:

Eine Langzeitstudie über Implantate basiert auf einem bestimmten Nachuntersuchungssystem, das extrem von der Compliance der zu untersuchenden Patienten abhängt. Die entscheidenden Parameter können also nur dann erhoben werden, wenn die Patienten bereit sind in regelmäßigen Abständen an der Untersuchung teilzunehmen. Das Recall zur Nachuntersuchung der Nicht-Tumor-Patienten ist in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Würzburg so gestaltet, dass die Patienten in den ersten 2 Jahren direkt nach Implantatsetzung zuerst alle 3 Monate, dann alle 6 Monate und ab dem dritten Jahr einmal jährlich zur Kontrolle kommen sollten. Häufig funktioniert der Recall in der Anfangsphase sehr gut, die Regelmäßigkeit lässt aber dann, nachdem "alles meist in Ordnung ist", sehr stark nach. Genau diese Untersuchungen in den späteren Jahren nach Implantatsetzung aber sind von besonderer Bedeutung in der Erfolgsbewertung eines Implantatsystems. Die meisten Patienten kommen erst dann wieder, wenn Probleme irgendeiner Art aufgetreten sind, weil sie die Notwendigkeit einer Nachuntersuchung nicht in gleicher Weise einsehen wie ein Tumorpatient. Dieser ist durch seine Grunderkrankung, den Tumor, sehr viel mehr gezwungen ganz regelmäßig an der Nachsorge teilzunehmen, wobei dann natürlich auch eventuelle Probleme an den Implantaten, die eventuell zum Verlust dieser führen könnten (Periimplantitis, Lockerung, Frakturen, usw.), festgestellt werden und rechtzeitig vor dem Implantatverlust eingegriffen werden kann. Diese Faktoren könnten Ursache für die besseren Langzeitergebnisse bei Tumorpatienten sein, weitere und detailliertere Untersuchungen zu diesem Thema sind notwendig.

In diesen Ausführungen wird unter anderem deutlich, wie wichtig die regelmäßige Nachuntersuchung der Implantate für den Langzeiterfolg dieser ist. Ein adäquates Recall ist unabdingbar und es gibt kaum Autoren, die es nicht als wesentlichen Faktor zur Erhaltung der Implantate fordern (*Tetsch 1991, Krekeler 1990, Behneke 1996, Günay et al. 1990, Mericske-Stern 1992*).

Für den Misserfolg eines Implantates kommen jedoch mehrere Ursachen in Frage. Unterschieden wird ein Implantatverlust in der Einheilphase, also vor prothetischer Versorgung und Verluste, die in der Zeit nach prothetischer Versorgung auftreten. Für Frühverluste werden die Folgen des chirurgischen Traumas verantwortlich gemacht, während dagegen Spätverluste auf eine fehlerhafte Suprakonstruktion zurückgeführt werden (*Lekholm et al.* 1985). Entscheidender Faktor in der Anfangsphase ist also die Osseointegration, wie sie von *Brånemark et al.* (1985) definiert wurde. Findet sie nicht statt, das heißt wird das Implantat bindegewebig eingeschleitet und weist somit keine knöchernen, stabile Verankerung auf, geht es verloren (*Linkow et al.* 1990). Nach dieser Phase, also nach erfolgter Osseointegration des Implantates, kommen grundsätzlich noch zwei wesentliche Faktoren als Ursache eines Verlustes in Frage, nämlich eine Infektion oder eine übermäßige Belastung.

Der Faktor der Überbelastung wird generell so erklärt, dass die funktionelle Belastung, die auf die Implantate trifft, größer ist, als das, was der umgebende Knochen aushalten kann (*Esposito et al.* 1999). Einen kleinen Teil der Verlustimplantate machen auch die aus, bei denen eine Fraktur des Implantates selbst oder der Verbindungsschraube meist jedoch unter Normalbelastung durch Ermüdung des Materials die Ursache ist (*Patterson und Johns* 1992, *Morgan et al.* 1993). Das sollte allerdings heute, mit der Vielzahl der Möglichkeiten, durch eine ausreichend große Dimensionierung des Implantates vermieden werden können (*Tetsch* 1991, *Worthington* 1993). Die Studie von *Scheller et al.* (1991) relativiert wiederum die Wichtigkeit der Pfeilgeometrie und der Statik der Suprakonstruktion für den Erhalt der Implantate, der sonst sehr große Bedeutung zugeschrieben wird (*Rangert* 1989, *Skalak* 1983), und macht hauptsächlich die Infektion für den späten Implantatverlust verantwortlich. Sie untersuchten 270 Brånemark-Implantate bei 50 Patienten und konnten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Implantatverlust und der Implantatanzahl, der Höhe der Distanzhülsen, der Länge des Freieandes, der Neigung der Implantate sowie der Ausdehnung des Implantatfeldes aufzeigen. Eine signifikante Verknüpfung ($p = 0,05$) ließ sich jedoch zwischen Implantatverlust und dem Plaqueindex herstellen (*Scheller et al.* 1991).

Die Infektion eines Implantates kann in jeder Phase einer Implantatversorgung auftreten, bei direkter Bakterienkontamination des Implantates während der Insertion, von benachbarten Strukturen übertragen oder durch eine Plaqueanhäufung am gesetzten

Implantat (*Esposito et al.* 1999). Der Vorgang ist vergleichbar mit dem an natürlichen Zähnen und geht einher mit Schwellung, Rötung, Blutung und Dolor, sozusagen den klassischen Entzündungszeichen. Es wird unterschieden in Mukositis, Infektion des Weichgewebes und Periimplantitis, mit Beteiligung des umgebenden Knochenlagers. Der periimplantären Schleimhaut kommt als „locus minoris resistentiae“ für die Langzeitprognose enossaler Implantate eine besondere Bedeutung zu (*Schramm-Scherer* 1988, *Krekeler* 1985). Die Parameter für die Untersuchung der periimplantären Gewebe leiten sich von denen an natürlichen Zähnen ab, obwohl ein direkter Vergleich der umgebenden Gewebe an Zahn und Implantat nur eingeschränkt möglich ist (*Duyck und Naert* 1998). *Lindhe und Berglundh* (1998) konnten in ihrer Studie mit Beagle-Hunden einige mikroskopische Gemeinsamkeiten der Gewebe feststellen, der Zwischenraum zwischen Implantat und Knochen, beziehungsweise zwischen Zahn und Knochen zeigt jedoch mikroskopisch deutliche Unterschiede. Durch die schwache Verbindung zwischen Implantat und Knochen, nämlich nur durch Hemidesmosomen, nicht wie beim natürlichen Zahn durch den Faserapparat des Desmodonts, besteht das Hauptrisiko für pathologische Prozesse in der Durchtrittsstelle des Implantates durch die Schleimhaut. So geht man heute davon aus, dass periimplantäre Erkrankungen – vergleichbar mit Parodontopathien – im Wesentlichen plaqueinduziert sind. Außerdem werden noch Implantatmaterial, -form und -oberfläche als weitere kausale Einflussfaktoren diskutiert (*Spiekermann* 1994, *Schmitz et al.* 1996). Zahlreich sind die Forderungen nach einem Implantat, dass die günstigen Eigenschaften der unterschiedlichen Materialien, wie zum Beispiel die der Kalziumphosphatkeramiken mit denen des meist verwendeten Titans vereint (*Schmitz et al.* 1996, *Davies* 1998). Bei der Entwicklung des BONE-LOCK[®]-Systems wurden eben diese Faktoren berücksichtigt, indem man die Konusschraube als Implantatform (der natürlichen Zahnwurzel am nächsten), den Werkstoff Titan und seine speziellen Beschichtungen, die Titanzirkonoxidschicht für eine bessere Anlagerung von Knochen und Weichteilen und die Titannioboxinitritschicht im supragingivalen Anteil für die Plaqueansatzhemmung gewählt hat.

Die Nachuntersuchungen der Mundhygienesituation der Implantatpatienten in der vorliegenden Studie und somit der Beurteilung der Plaqueaffinität der Implantate mittels Hygieneindex nach *Mombelli et al.* (1987) fielen sehr zufrieden stellend aus. Leider

können hier keine exakten Vergleiche zu anderen Implantatsystemen gezogen werden, da in den meisten Studien der Hygieneindex nach *O'Leary et al.* (1972) verwendet wurde. Zwischen Mundhygieneindex (MHI) und dem Knochenabbau konnte keine signifikante Korrelation ermittelt werden, ebenso zwischen MHI und den Periotestwerten. Eine Vorhersage des Knochenabbaus mit Hilfe des Hygieneindex ist also nicht möglich, woraus man aber auf keinen Fall schließen sollte, dass die Mundhygiene eine untergeordnete Rolle spielt. Signifikante Korrelationen konnten in der vorliegenden Auswertung zwischen Mundhygieneindex und Sondierungstiefen, sowie dem Gingivaindex ermittelt werden.

Bei der Betrachtung des Gingivaindex fällt auf, dass mit den Jahren höhere Indexwerte häufiger auftreten, der Entzündungsgrad der periimplantären Gingiva nimmt also zu. Eine Ausnahme in dieser Reihe macht das 8. Jahr, mit einem deutlichen Anstieg der niedrigeren Indexwerte. *Betz et al.* (1999) bestätigen mit ihrer Studie diesen Verlauf, indem sie, allerdings bei Tumorpatienten, zunehmende Entzündungsparameter im Verlauf von bis zu 7 Jahren festgestellt haben.

Mit einem mittleren Gingivaindex von 0,39 zeigt das untersuchte Patientengut eine sehr gute, nahezu entzündungsfreie Schleimhautsituation. Vergleichbare Untersuchungen des Gingivaindex ergaben bei *Günay et al.* (1990) einen Mittelwert von $0,3 \pm 0,7$ an 83 Brånemark-Implantaten, sowie bei *Flemmig* und *Höltje* (1988) einen durchschnittlichen Gingivaindex von 0,9 bei einer Untersuchung von IMZ-Implantaten. *Betz* (1995) konnte bei seiner Studie mit dem BONE-LOCK[®]-System über 5 Jahre einen mittleren Gingivaindex von 0,52 ermitteln, so dass man sagen kann, dass die hier vorliegenden Werte im Vergleich mit anderen Studien in einem sehr guten Mittel liegen.

Die Untersuchung der Taschensondierungstiefen mit Hilfe einer Parodontalsonde vom Typ Aesculap DB 769 wies für das gesamte Patientengut einen mittleren Wert von $3,5 \text{ mm} \pm 1,2 \text{ mm}$ auf. *Adell et al.* (1986, 1981) kommen auf Werte unter 3 mm im Durchschnitt. Eine mittlere Taschensondierungstiefe von $3,7 \text{ mm} \pm 2,0 \text{ mm}$ an Brånemark-Implantaten konnten *Günay et al.* (1990) vorlegen. *Richter et al.* (1992) untersuchten über einen Zeitraum von acht Jahren 264 IMZ- und TPS-Implantate und die Sondierungstiefe war bei allen Implantaten während der ersten 5 Jahre mit ca. 4 mm am größten und nahm bis zum Ende des Beobachtungszeitraumes auf ca. 3 mm ab. Bei den TPS-Implantaten ergaben sich die geringsten Sulkustiefen mit durchschnittlich

2,8 mm. Auch *Kovács* (1998 und 2000) beobachtete im Verlauf der Jahre an BONE-LOCK[®]-Implantaten zunehmend geringere Taschensondierungstiefen, allerdings jeweils ausgehend von einem relativ hohen Mittelwert von 5,25 mm an Tumorpatienten. Diesen hohen Wert begründet er neben der prinzipiellen untersucherbedingten Unvergleichbarkeit von Messungen der Sondierungstiefe in den besonderen Gegebenheiten der Transplantatgewebe, die dicker sind als die normale Gingiva und dadurch unter anderem die periimplantäre Hygiene behindern. In Bezug auf die zunehmend geringeren Taschensondierungstiefen schloss er aus seinen Untersuchungen, dass trotz eines stetigen Plaquebefalls in einem Operationsgebiet mit Weichgewebetransplantaten ein adaptiver Umbau stattfindet, der im Gegensatz zu gesunder Gingiva mit der Zeit zu einem periimplantären Entzündungsrückgang führt (*Kovács* 1998). Bei den Studien mit Nicht-Tumor-Patienten schneiden, ganz im Gegensatz dazu, die meisten periimplantären Parameter mit den Jahren schlechter ab (*Flemmig und Höltje* 1988, *Spörlein et al.* 1987).

Die Verlaufsbeobachtung der Taschensondierungstiefen der hier angestellten Untersuchung stellt sich nicht ganz klar mit einer Tendenz zu zunehmenden Werten dar, da die Sondierungstiefen im 5. und 6. Jahr und im 8. und 9. Jahr deutlich geringer sind, als im jeweiligen Vorjahr mit einem Mittelwert von 4,01 mm im 4. Jahr, beziehungsweise 4,25 mm im 7. Jahr. Die letzten Jahre sollten allerdings aufgrund der geringeren Fallzahlen kritisch gewertet werden, so dass hier keine klare Tendenz erkannt wurde. Grundsätzlich muss man zu dem Untersuchungskriterium „Taschensondierung“ noch folgende kritische Überlegungen anstellen: Das Ergebnis der Taschenmessung wird beeinflusst von der Zugänglichkeit der Tasche, der Reaktion des Patienten auf die Sondierung, der Art der verwendeten Sonde und natürlich dem Sondierungsdruck (*Quirynen et al.* 1991), was gleichzeitig die vielen möglichen Fehlerquellen für falsche Sondierungstiefen darstellt.

So macht beispielsweise das Implantatdesign und die Oberflächengestaltung aufgrund von Schultern, Schrauben oder ähnlichem eine Messung der Taschensondierungstiefe zum Teil unmöglich. Aus diesem Grund wurde sogar von einigen Klinikern die Taschensondierung als keine gute diagnostische Methode für die Implantologie abgelehnt (*Duyck und Naert* 1998). Dennoch würden dann wiederum einige Problemstellen am Knochen, die im Röntgenbild nicht einwandfrei zu beurteilen sind

(orale und vestibuläre Flächen) unentdeckt bleiben (*Mombelli 1994*), da man weiß, dass die Höhe des gingivalen Attachments sehr stark mit der marginalen Knochenhöhe korreliert (*van Steenberghe und Quirynen 1993*).

Um die beiden letztgenannten Fehlerquellen zu eliminieren, wurde in der vorliegenden Studie versucht, die Messung der Taschensondierungstiefen immer mit der gleichen Sonde und vom gleichen Untersucher durchführen zu lassen. Grundsätzlich bleibt also festzuhalten, dass die Taschensondierung trotz der schwierigen Reproduzierbarkeit der Werte ein sehr wichtiges Kriterium in der Beurteilung der periimplantären Gewebe darstellt.

Die Untersuchung der Festigkeit der Implantate erfolgte zum einen subjektiv, durch die Beurteilung des Klopfschalls bei Auftreffen eines Instrumentengriffes auf den Zahn. Ein dumpfer Klopfeschall entspricht einer niedrigeren, ein hoher Klopfeschall einer höheren Festigkeit. Zum anderen wurden diese Werte anhand der Ergebnisse des Periotestgerätes noch objektiviert. Der Periotest wurde ursprünglich als neues Messverfahren der Funktion des Parodontiums an natürlichen Zähnen entwickelt. Er sollte dem Praktiker ermöglichen Veränderungen des parodontalen Zustandes möglichst objektiv, schnell und zuverlässig ermitteln zu können (*Schulte et al. 1983*). Mehrere Untersuchungen haben zudem festgestellt, dass sich das Periotestverfahren in besonderem Maße zur Verlaufskontrolle enossaler Implantate eignet (*Schramm-Scherer 1988, d'Hoedt und Schramm-Scherer 1988*). Hierbei müssen allerdings strenge Kriterien berücksichtigt werden, um nicht durch eine fehlerhafte Anwendung falsche Werte zu erhalten.

Einen entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis hat die Position des Handstücks, beziehungsweise des Stößels während der Messung. Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, muss das Verfahren standardisiert werden (*Schramm-Scherer 1988*). Der Stößel sollte also immer in einer definierten und reproduzierbaren Höhe auf das Implantat treffen, da sich die Werte mit der Entfernung vom enossalen Anteil des Implantates erhöhen. Außerdem ist darauf zu achten, dass bei eventueller Verblockung der Implantate miteinander, durch Brücken oder Stegkonstruktionen, diese unbedingt abgenommen werden müssen, damit die Ergebnisse für das einzelne Implantat nicht verfälscht werden (*Haas et al. 1995, Schulte 1989*).

In vorliegender Studie ergab sich über den gesamten Zeitraum betrachtet ein mittlerer Periotestwert von 1,132, wobei Werte von -8 bis +24 auftraten. *Kovacs* (1998) kam in seiner Untersuchung an 210 BONE-LOCK[®]-Implantaten über einen Zeitraum von 5 Jahren auf einen Mittelwert von 2,25 bei Tumorpatienten. Für das TPS-Implantat fand *Richter et al.* (1992) sogar ein Mittel von -2, die IMZ-Implantate wiesen allerdings einheitlich positive Werte auf. Auch *d'Hoedt* und *Schramm-Scherer* (1988) konnten für Tübinger- und ITI-Implantate sehr gute Periotestwerte mit -1 im Mittel vorweisen. Bei diesen Vergleichen zwischen den Periotestwerten unterschiedlicher Implantatsysteme sollte man allerdings die oben erwähnten methodischen Schwierigkeiten nicht vergessen, da sich die Ergebnisse so zum Teil relativieren. Bei Betrachtung der Verlaufskurve zeigt sich eindeutig eine Tendenz zu schlechteren Werten in späteren Jahren.

Olivé und *Aparicio* (1990) wiesen einen sehr guten Ansatzpunkt für die Verwendung des Periotestgerätes in der Implantologie auf. Da der Periotestwert ein sehr objektives und leicht zu erhebendes Kriterium für die Beurteilung der Festigkeit der Implantate ist, schlugen sie die Periotestmessung für den Kliniker als Entscheidungshilfe nach der Einheilphase, vor Eingliedern der Suprakonstruktion vor. So könnte beispielsweise bei einem Implantat, welches klinisch und radiologisch unauffällig aussieht, aber grenzwertige Periotestwerte aufweist, die Einheilungsphase verlängert werden um eine stabilere Situation des Implantates vor der prothetischen Versorgung zu ermöglichen. Der Periotest sollte also auch ein wichtiges Kriterium für die Entscheidung der geeignetsten prothetischen Versorgung darstellen (*Olivé* und *Aparicio* 1990).

Bei der Korrelationsanalyse der Daten konnte hier keinerlei signifikante Abhängigkeit des Periotestes von einem der anderen Parameter gefunden werden.

6 Zusammenfassung

Kaum ein anderes Gebiet der Zahnheilkunde hat sich in den letzten Jahrzehnten so schnell und stürmisch entwickelt wie die Implantologie. Mittlerweile gibt es eine unüberschaubare Menge an unterschiedlichen Implantatsystemen mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen. Deswegen wird es für den Kliniker immer wichtiger, Langzeitstudien der verschiedenen Systeme miteinander vergleichen zu können, um das jeweils adäquate System für seine Patienten zu wählen, und somit den Langzeiterfolg zu sichern.

Ziel der vorliegenden Studie war es, in Weiterführung der Untersuchungen von *Buttler* (1993) und *Wiesner* (1998) Ergebnisse über den Langzeiterfolg der verwendeten BONE-LOCK[®] Implantate bei der Rehabilitation teilbezahnter und zahnloser Patienten vorzulegen. Außerdem wurde die periimplantäre Situation mit Hilfe verschiedener Indizes untersucht und beurteilt.

In der Zeit von Juli 1988 bis Oktober 1997 wurden bei 222 Nicht-Tumor-Patienten insgesamt 718 BONE-LOCK[®]-Implantate an der Universitätsklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Würzburg inseriert. Die Auswertung der erhobenen Daten mittels des Kaplan-Meier-Verfahrens ergab für das Implantat-System eine indikationsunabhängige Erfolgsquote von 78,13 % über einen Gesamtzeitraum von 9 Jahren. Im Vergleich der beiden Entwicklungsstufen des BONE-LOCK[®]-Systems fiel auf, dass das BONE-LOCK[®]-II-System mit einer 4-Jahreserfolgsquote von 82,9 % gegenüber dem BONE-LOCK[®]-I-System mit einer Erfolgsrate von 68,5 % nach 4 Jahren deutlich bessere Ergebnisse aufweisen kann. Die Auswertung der vorliegenden Studie an Nicht-Tumor-Patienten im Vergleich zu der ähnlich aufgebauten Untersuchung an Tumorpatienten fiel mit einer 8-Jahreserfolgsquote von 62,8 % schlechter aus, als die Erfolgsrate nach 8 Jahren beim Tumorpatientengut mit 71,4 %.

Betrachtet man die Erfolgsraten bezogen auf die Indikation der Implantation, so ergab sich für den zahnlosen Patienten der niedrigste Wert mit 76,65 % und für die Indikation „Schaltlücke“ die beste Überlebensrate von 87,18 % im gesamten Untersuchungszeitraum. Diese Werte fallen im Vergleich zu anderen Studien etwas schlechter aus, wobei in vorliegender Untersuchung das in Bezug auf den Erfolg eines Implantates sehr kritische erste Jahr der Einheilphase vor prothetischer Versorgung

mitberücksichtigt wurde. Der direkte Vergleich ist auch dadurch erschwert, dass es noch zuwenig einheitliche Standards in der Untersuchungsmethodik und der statistischen Auswertung von dentalen Implantaten gibt, so dass unterschiedlich angesetzte Qualitätskriterien und Verweildaueranalysen zu anderen Ergebnissen führen.

Die Beurteilung der periimplantären Gewebe zeigte eine sehr zufrieden stellende Weichgewebssituation um die Implantate herum, in Kombination mit einem meist sehr guten Mundhygienezustand der Patienten. Die Taschensondierungstiefen mit einem Mittelwert von 3,55 mm liegen im Vergleich zu den Ergebnissen anderer Studien in einem sehr guten Bereich. Zur Untersuchung wurden der Hygieneindex nach *Mombelli et al.* (1987), der Gingivaindex nach *Löe und Silness* (1963), die Messung der Taschensondierungstiefen sowie das Periotestverfahren (*Schulte et al.* 1983) zur Ermittlung der Implantatmobilität verwendet.

Ein Vergleich der Ergebnisse von anderen Studien an BONE-LOCK[®]-Implantaten zeigte sogar für Tumor-Patienten sehr hohe Erfolgsquoten, obwohl man davon ausgehen muss, dass dieses Patientengut eine deutlich schlechtere Ausgangssituation für eine Versorgung mit Implantaten aufweist, was sich allerdings nur im Vergleich der periimplantären Parameter bemerkbar macht.

Dentale Implantate spielen eine entscheidende Rolle in der oralen Rehabilitation von zahnlosen und teilbezahnten Patienten, sowie natürlich von Patienten mit radikal operierten Karzinomen der Mundhöhle, sowohl in funktioneller, wie auch in ästhetischer Hinsicht. Langzeitstudien wie diese, basierend auf strikt definierten Erfolgskriterien sollten den notwendigen Vergleich der allzu vielen verschiedenen Implantatsysteme ermöglichen. Gleichzeitig können Implantathersteller, -anwender und -patienten durch einen offenen, leicht zugänglichen Austausch von reproduzierbaren Parametern eine wesentliche Hilfestellung leisten, für den Implantatpatienten die bestmögliche Implantatversorgung im Hinblick auf die prothetische Rehabilitation und den Langzeiterfolg zu sichern.

7 Literaturverzeichnis

1. **Adell, R., Eriksson, B., Lekholm, U., Brånemark, P.-I., Jemt, T.:**
A Long-Term Follow-up Study of Osseointegrated Implants in the Treatment of Edentulous Jaws.
Int J of Oral and Maxillofac Implants 5: 347-358 (1990)
2. **Adell, R., Lekholm, U., Gröndahl, K., Brånemark, P.-I., Lindström, J., Jacobsson, M.:**
Reconstruction of severely resorbed edentulous maxillae using osseointegrated fixtures in immediate autogenous bone grafts.
Int J Oral Maxillofac Implants 5: 233-246 (1990)
3. **Adell, R., Lekholm, U., Rockler, B., Brånemark, P.-I., Lindhe, J., Eriksson, B., Sbordone, L.:**
Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures.
Int J Oral Maxillofac Surg 15: 39-52 (1986)
4. **Adell, R., Lekholm, U., Rockler, B., Brånemark, P.-I.:**
A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw.
Int J Oral Surg 10: 387-416 (1981)
5. **Albrektsson, T., Zarb, G., Worthington, P., Eriksson, A.:**
The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success.
Int J Oral Maxillofac Implants 1: 11-25 (1986)
6. **Albrektsson, T., Brånemark, P.I., Hansson, H.A., Lindstrom, J.:**
Osseointegrated titanium implants.
Acta Orthop Scand 52: 155-170 (1981)

- 7. Axmann, D.:**
Erhebung großer Datenmengen – Basis für fundierte Auswertungen.
In: GOI – Gesellschaft für Orale Implantologie (Hrsg.): Jahrbuch für Orale Implantologie 1991. Quintessenz, Berlin (1992)
- 8. Bain, C.A., Moy, P.K.:**
The association between the failure of dental implants and cigarette smoking.
Int J Oral Maxillofac Implants 8: 609-615 (1993)
- 9. Behneke A. und N.:**
Recall und Nachsorge
In: Koeck, B., Wagner, W. (Hrsg.): Praxis der Zahnheilkunde Bd. 13, Implantologie.
Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore 1996
- 10. Behneke, N., Schramm-Scherer, B.:**
Enossale Implantate zum Einzelzahnersatz.
In: Koeck, B. und Wagner, W. (Hrsg.): Praxis der Zahnheilkunde 5 (Implantologie).
Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore: 39-52 (1987)
- 11. Betz, Th., Purps, S., Pistner, H., Bill, J., Reuther, J.:**
Orale Rehabilitation von Tumorpatienten mit enossalen Implantaten.
Mund Kiefer GesichtsChir 3 [Suppl 1]: 99-105 (1999)
- 12. Betz, Th.:**
Klinische Nachuntersuchung enossaler Bone-Lock-Implantate unter besonderer Berücksichtigung der periimplantären Gewebe – eine Studie über 5 Jahre.
Dtsch Z Mund Kiefer GesichtsChir 19: 35-40 (1995)
- 13. Bill, J.:**
Die Stereolithographie in der implantologischen Operationsplanung nach Unterkieferrekonstruktion.
Med Diss, Würzburg 1996

- 14. Bley Müller, W.:**
IDB – Eine Datenbank für enossale Implantate unter besonderer Berücksichtigung von Tumorpatienten.
Med Diss, Würzburg 1994
- 15. Bossler, L.:**
Vergleichende spannungsoptische Untersuchungen an verschiedenen blattförmigen und schraubenförmigen Dentalimplantaten.
Med Diss, Mainz 1981
- 16. Brandt, H.:**
Einführung in die Implantologie.
Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore 1996
- 17. Brånemark, P.I., Breine, U., Adell, R., Hansson, B.O., Lindström, J., Olsson, A.:**
Intraosseous anchorage of dental prostheses.
Scand J Plast Reconstr Surg. 3: 81-100 (1969)
- 18. Brånemark, P.-I., Hansson, B.O., Adell, R., in cooperation with Breine, U., Lindström, J., Hallén, O., Öhmann, A.:**
Osseointegrated oral implants in the rehabilitation of the edentulous patient. Experience from a 10-year period.
Scand J Plast Reconstr Surg 11 [Suppl 16]: 1-132 (1977)
- 19. Brånemark, P.I., Zarb, G.A., Albrektsson, T.:**
Gewebeintegrierter Zahnersatz – Osseointegration in klinischer Zahnheilkunde.
Quintessenz, Berlin-Chicago-London-Rio de Janeiro-Tokyo 1985
- 20. Brunski, J.B.:**
Biomaterials and Biomechanics in dental implant design.
Int J Oral Maxillofac Implants 3: 85-97 (1988)

- 21. 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 (1991)
- 22. Buttler, E.:**
Nachuntersuchungen enossaler BONE-LOCK- Implantate unter Berücksichtigung der periimplantären Gewebe –Ergebnisse nach 3 Jahren.
Med Diss, Würzburg 1992
- 23. Cherchève, R.:**
Les implants endo-osseux.
Libraire Maloine, Paris 1962
- 24. Cutler, S.J., Ederer, F.:**
Maximum utilization of the life table method in analyzing survival.
J Chron Dis 8: 699-712 (1958)
- 25. D'Hoedt, B., Lukas, D., Mühlbrandt, L., Scholz, F., Schulte, W., Quante, F., Topkaya, A.:**
Das Periotestverfahren – Entwicklung und klinische Prüfung.
Dtsch Zahnärztl Z 40: 113-125 (1985)
- 26. D'Hoedt, B., Schramm-Scherer B.:**
Der Periotestwert bei enossalen Implantaten.
Z Zahnärztl Implantol IV: 89-95 (1988)
- 27. D'Hoedt, B., Handtmann, S., Gomez-Roman, G., Axmann, D., Jahn, M., Schulte, W.:**
Verweildaueranalysen nach Kaplan-Meier und Cutler-Ederer für enossale Implantate verschiedener Systeme.
Z Zahnärztl Implantol 12: 110-120 (1996)

- 28. Davies, J.E.:**
Mechanisms of Endosseous Integration.
Int J Prosthodont 11: 391-399 (1998)
- 29. Dietrich, U., Lippold, R., Diermeier, Th., Behneke, N., Wagner, W.:**
Statistische Ergebnisse zur Implantatprognose am Beispiel von 2017 IMZ-
Implantaten unterschiedlicher Indikation der letzten 13 Jahre.
Z Zahnärztl Implantol IX Sonderdruck 1, Hanser, München (1993)
- 30. Dunsche, A.:**
Der anatomisch schwierige Oberkiefer – präprothetische Chirurgie und
Implantate.
Schweiz Monatsschr Zahnmed 105: 1376-1379 (1995)
- 31. Duyck, J., Naert, I.:**
Failure of oral implants: aetiology, symptoms and influencing factors.
Clin Oral Invest 2: 102-114 (1998)
- 32. Esposito, M., Hirsch, J., Lekholm, U., Thomsen, P.:**
Differential diagnosis and treatment strategies for biologic complications and
failing oral implants: a review of the literature.
Int J Oral Maxillofac Implants 14: 473-490 (1999)
- 33. Eufinger, H., König, S., Eufinger, A., Machtens, E.:**
Bedeutung von Alveolarkammhöhe und –breite für die Implantologie am
zahnlosen Oberkiefer.
Mund Kiefer GesichtsChir 3 [Suppl 1]: 14-18 (1999)
- 34. Ferguson, A.B., Laing, P., Hodge, E.S.:**
The ionisation of metal implants in living tissues.
J Bone Joint Surg 42: 77-92 (1960)
- 35. Fiorellini, J.P., Martuscelli, G., Weber, H.P.:**
Longitudinal studies of implant systems.
Periodontology 2000 17: 125-131 (1998)

- 36. Flemmig, T.F.:**
Infektionen bei osseointegrierten Implantaten – Hintergründe und klinische Implikationen.
Implantologie 1: 9-21, 1994
- 37. Flemmig, T.F., Höltje, W.-J.:**
Periimplantäre Mukosa und Knochen bei Titanimplantaten.
Z Zahnärztl Implantol 4: 158-164 (1988)
- 38. Formiggini, M.S.:**
Méthode personnelle d'implants alloplastiques endo-osseux à spirales métalliques.
Schweiz Monatsschr Zahnheilk 68: 906-911 (1958)
- 39. Friberg, B., Jemt, T., Lekholm, U.:**
Early failures in 4641 consecutively placed Brånemark dental implants: a study from stage 1 surgery to the connection of completed prostheses.
Int J Oral Maxillofac Implants 6: 142-146 (1991)
- 40. Frost, H.M.:**
Bone Remodelling Dynamics.
Thomas, Springfield (1963)
- 41. Gómez-Román, G., Axmann, D., d'Hoedt, B., Schulte, W.:**
Eine Methode zur quantitativen Erfassung und statistischen Auswertung des periimplantären Knochenabbaues.
Stomatologie 92: 463-471 (1995)
- 42. Günay, H., Blunck, U., Neukam, F.W.:**
Periimplantäre Befunde bei Brånemark-Implantaten.
Z Zahnärztl Implantol VI: 120-125 (1990)
- 43. Haas, R., Saba, M., Mensdorff-Pouilly, N., Schiebel, H. Mailath, G.:**
Einflussfaktoren auf das Dämpfungsverhalten von IMZ- und Brånemark Implantaten.
Z Zahnärztl Implantol 11: 11-18 (1995)

- 44. Heinrich, B.:**
Schraubenimplantate.
Quintess Zahnärztl Lit 22: 21-35 (1971)
- 45. Heners, M., Walther, W., Wörle, M.:**
Langzeiterfolge verschiedener Implantattypen – eine 15-Jahres-Studie.
Dtsch Zahnärztl Z 46: 672-675 (1991)
- 46. Howaldt, H.-P., Kovács, A.:**
Kaufunktionelle Rehabilitation mit dem Bone-Lock-Implantatsystem bei tumorbedingten Defekten im Unterkiefer.
Dtsch Zahnärztl Z 49: 82-84 (1994)
- 47. Jaffin, R.A., Bergmann, C.L.:**
The excessive bone loss of Brånemark fixtures in type 4 bone: a 5-year analysis.
J Periodontol 62: 2-4 (1991)
- 48. Jahn, M. und d`Hoedt, B.:**
Zur Definition des Erfolges bei dentalen Implantaten.
Z Zahnärztl Implantol VIII: 221-226 (1992)
- 49. Kaplan, E.L., Meier, P.:**
Non parametric estimation from incomplete observations.
J Amer Statist Ass 53: 457-481 (1958)
- 50. Kerschbaum, Th.:**
Dokumentation und statistische Auswertung von enossalen Implantaten.
Zahnärztl Welt 95: 1150-1153, 1156-1157 (1986)
- 51. Kirsch, A., Donath, K.:**
Tierexperimentelle Untersuchungen zur Bedeutung der Mikromorphologie von Titanoberflächen.
Fortschr Zahnärztl Implantol 1: 35-45 (1984)

- 52. Koch, W.L.:**
Die zweiphasige enossale Implantation von intramobilen Zylinderimplantaten –
IMZ.
Quintess Zahnärztl Lit 27: 1-13 (1976)
- 53. Koeck, B., Wagner, W.:**
Einleitung.
In: Koeck, B., Wagner, W. (Hrsg.): Praxis der Zahnheilkunde Bd. 13,
Implantologie.
Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore 1996
- 54. König, S., Widlitzek, H., Golin, U.:**
Der Stellenwert des Dental-CT bei Sinus-Lift-Operationen.
Dtsch Z Mund Kiefer GesichtsChir 20: 167-173 (1996)
- 55. Kovács, A., Christ, H.:**
Erste Erfahrungen mit dem BONE-LOCK®-Implantatsystem bei der
prothetischen Versorgung nach Resektion von Mundhöhlentumoren.
Z Zahnärztl Implantol IX: 19-29 (1993)
- 56. Kovács, A.:**
Enossale Implantatversorgung von Tumorpatienten mit dem Bone-Lock-System.
Eine 5-Jahres-Studie.
Mund Kiefer GesichtsChir 2: 20-25 (1998)
- 57. Kovács, A.:**
Horizontaler und periimplantärer Knochenabbau in freien und gefäßgestielten
Beckenkammtransplantaten.
Z Zahnärztl Implantol 14: 143-150 (1998)
- 58. Kovács, A.F.:**
The fate of osseointegrated implants in patients following oral cancer surgery and
mandibular reconstruction.
Head & Neck 22: 111-119 (2000)

- 59. Krämer, A., Weber, H., Geis-Gerstorfer, J.:**
Plaqueansammlung an Implantat- und prothetischen Werkstoffen – eine klinische Studie.
Z Zahnärztl Implantol 5: 283-295 (1989)
- 60. Kramer, F.-J., Schliephake, H., Wichmann, M.:**
Enossale Implantate zur kaufunktionellen Rehabilitation des extrem atrophierten zahnlosen Oberkiefers.
Mund Kiefer Gesichtschir 3 [Suppl 1]: 19-23 (1999)
- 61. Krekeler, G.:**
Parodontale Probleme am Implantatpfeiler.
Schweiz Monatsschr Zahnmed 95: 827-832 (1985)
- 62. Krekeler, G.:**
Recall.
In: Konsensus-Konferenz zur Implantologie 18.10.1989 in Mainz.
Z Zahnärztl Implantol VI: 5-14 (1990)
- 63. Kreuz, T., Hezel, J., Fleiner, B.:**
Die klinische Anwendung des Dental-CT in der radiologischen Diagnostik.
Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir 17: 243-245 (1993)
- 64. Kübler, N.:**
Knochenbildung durch Osteoinduktion.
Habilitationsschriften der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde.
Quintessenz, Berlin 1998
- 65. Laing, P.G., Ferguson, A.B., Hodge, E.S.:**
Tissue reaction in rabbit muscle exposed to metallic implants.
J Biomed Mater Res I: 135-149 (1967)

- 66. Ledermann, Ph.:**
Stegprothetische Versorgung des zahnlosen Unterkiefers mit Hilfe von
plasmabeschichteten Titanschraubenimplantaten.
Dtsch Zahnärztl Z 34: 3-8 (1979)
- 67. Ledermann, Ph.,D.:**
Kompendium des TPS-Schraubenimplantates im zahnlosen Unterkiefer.
Quintessenz, Berlin-Chicago-London-São Paulo-Tokyo 1986
- 68. Lekholm, U., Adell, R., Brånemark, P.-I.:**
Komplikationen.
In: Brånemark, P.-I., Zarb, G.A., Albrektsson, T. (Hrsg.):
Gewebeintegrierter Zahnersatz – Osseointegration in klinischer Zahnheilkunde.
Quintessenz, Berlin 1985
- 69. Lentrodt, J.:**
Entwicklung der zahnärztlichen Implantologie.
ZWR 95: 1048-1055 (1986)
- 70. Lindhe, J., Berglundh, T.:**
The interface between the mucosa and the implant.
Periodontology 2000 17: 47-54 (1998)
- 71. Linkow, L.I., Rinaldi, A.W., Weiss, W.W. jr., Smith, G.H.:**
Factors influencing long-term implant success.
J Prosthet Dent 63: 64-73 (1990)
- 72. Linkow, L.I.:**
The blade-vent- a new dimension in endosseus implant.
J Oral Impl Transpl Surg 12: 35-42 (1966)
- 73. Løe, H., Silness, J.:**
Periodontal disease in pregnancy – prevalence and severity.
Acta Odont Scand 21: 533-551 (1963)

- 74. Maeglin, B.:**
Zur Indikation enossaler Implantate.
Swiss Dent 6: 21-30 (1985)
- 75. Mars, C.:**
Die Rehabilitation von Patienten mit radikal operierten Mundhöhlenkarzinomen mit dentalen Implantaten - Langzeitergebnisse und Nachuntersuchungen des Patientengutes von 1989 bis 1997.
Med Diss, Würzburg 2000
- 76. Marziani, L.:**
Subperiostale Gerüstimplantate zu prothetischen Zwecken.
Dtsch Zahnärztl Z 10: 1115-1129 (1955)
- 77. Mericske-Stern, R.:**
Implantate im zahnlosen Unterkiefer (ITI-Implantate, eine Retrospektive nach 8 Jahren).
Schweiz Monatsschr Zahnmed 10: 1215-1224 (1992)
- 78. Mombelli, A., Lang, N.P.:**
The diagnosis and treatment of periimplantitis.
Periodontology 2000 17: 63-76 (1998)
- 79. Mombelli, A., van Osten, M.A.C., Schürch, E., Lang, N.P.:**
The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants.
Oral microbiology and Immunology 2: 145-151 (1987)
- 80. Mombelli, A.:**
Criteria for success. Monitoring.
In: Lang, N.P., Karring, T. (eds.): Proceedings of the first European workshop on periodontology.
Quintessenz, Berlin: 317-325, 1994

- 81. Morgan, M.J., James, D.F., Pilliar, R.M.:**
Fractures of the fixture component of an osseointegrated implant.
Int J Oral Maxillofac Implants 8: 655-661 (1993)
- 82. Nentwig, G.H.:**
Präoperative Planung der Spätversorgung von Einzelzahn­lücken mit Implantaten.
Dtsch Zahnärztl Z 38: 689-703 (1983)
- 83. Neukam, F.W., Buser, D.:**
Implantate bei unzureichendem Knochenangebot.
In: Koeck, B., Wagner, W. (Hrsg.): Praxis der Zahnheilkunde Bd. 13,
Implantologie.
Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore 1996
- 84. Niedermeier, W., Küblbeck, K.:**
Faktorenerfassung zur Funktion enossaler Implantate.
Dtsch Zahnärztl Z 46: 589-595 (1991)
- 85. O'Leary, T.J., Drake, R.B., Naylor, J.E.:**
The plaque control record.
J Periodontol 43: 38-43 (1972)
- 86. Olivé, J., Aparicio, C.:**
The Periotest Method as a Measure of Osseointegrated Oral Implant Stability.
Int J Oral Maxillofac Implants 5: 390-399 (1990)
- 87. Patterson, E.A., Johns, R.B.:**
Theoretical analysis of the fatigue life of fixture screws in osseointegrated dental implants.
Int J Oral Maxillofac Implants 7: 26-34 (1992)
- 88. Quirynen, M., van Steenberghe, D., Jacobs, R., Schotte, A., Darius, P.:**
The reliability of pocket probing around screw-type implants.
Clin Oral Impl Res 2: 186-192 (1991)

- 89. Rangert, B.:**
Forces and Moments on Brånemark Implants.
Int J Oral Maxillofac Implants 4: 241-247 (1989)
- 90. Renk, A.:**
Prothetische Versorgung von BONE-LOCK Implantaten.
Leibinger BONE-LOCK[®] Enossale Implantate 1994
- 91. Reuther, J., Steveling, H.:**
BONE-LOCK[®] - Enossales Implantatsystem: Indikation, Planung und klinische Anwendung.
Leibinger BONE-LOCK[®] Enossale Implantate 1994
- 92. Reuther, J., Thull, R., Steveling, H.:**
Entwicklung des enossalen Implantatsystems (BONE-LOCK[®]).
In: Konzeption und wissenschaftliche Grundlagen.
Leibinger BONE-LOCK[®] Enossale Implantate 1994
- 93. Richter, E.-J., Jansen, V., Spiekermann, H., Jovanovic, S.A.:**
Langzeitergebnisse von IMZ- und TPS-Implantaten im interforaminären Bereich des zahnlosen Unterkiefers.
Dtsch Zahnärztl Z 47: 449-454 (1992)
- 94. Riess, G.:**
Bioreaktive TCP-Implantate, Suprastruktur und Resultate.
Dtsch Zahnärztl Z 38, 100-107 (1983)
- 95. Röhrle, H., Sollbach, W.:**
Kraftflussberechnungen von Zahn- und Wurzelimplantaten.
Dornierbericht 01/41204540000/01/S/O (1984)

- 96. Roos, J., Sennerby, L., Lekholm, U., Jemt, T., Gröndahl, K., Albrektsson, T.:**
A qualitative and Quantitative Method for Evaluating Implant Success: A 5-Year Retrospective Analysis of the Brånemark Implant.
Int J Oral Maxillofac Implants 12: 504-514 (1997)
- 97. Røyndal, A.-K., Ambjørnsen, E., Haanæs, H.R.:**
A comparison of 3 different endosseous nonsubmerged implants in edentulous mandibles: a clinical report.
Int J Oral Maxillofac Implants 14: 543-548 (1999)
- 98. Sandhaus, S.:**
Wissenschaftlicher Beitrag zum Gebiet der Oralrehabilitation mit Hilfe des Implantationsverfahrens CBS.
Zahnärztl Welt/Reform 80: 597-604 (1971)
- 99. Scheller, H., Wichmann, M., Tschernitschek, H.:**
Untersuchungen zur Bedeutung der Pfeilergeometrie für die Prognose enossaler Implantate.
Dtsch Zahnärztl Z 46: 675-677 (1991)
- 100. Schliephake, H., Neukam, F.W., Urban, R.:**
Titanbelastung parenchymatöser Organe nach Insertion von Titanschraubenimplantaten.
Z Zahnärztl Implantol V: 180-184 (1989)
- 101. Schmitz, H.-J., Kettner, R., Eren, S.:**
Implantatmaterialien.
In: Koeck, B., Wagner, W. (Hrsg.): Praxis der Zahnheilkunde Bd. 13, Implantologie.
Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore 1996
- 102. Schnitman, P.A., Shulman, L.B.:**
Recommendations of the consensus development conference on dental implants.
J Am Dent Assoc 98: 373-377 (1979)

103. Schramm-Scherer, B.:

Periotestmessungen bei enossalen Implantaten.

In: Watzek, G. und Matejka, M. (Hrsg.): Der zahnlose Unterkiefer.

Springer, Wien-New York 1988

104. Schroeder, A., Pholer, O., Sutter, F.:

Gewebsreaktion auf ein Titan-Hohlzylinder-Implantat mit Titan-Spritz-Oberfläche.

Schweiz Monatsschr Zahnheilk 86: 713-727 (1976)

105. Schulte, W.:

Zur Kinematik von enossalen Implantaten und ihren Suprakonstruktionen – Periotestaspekte.

Z Zahnärztl Implantol V: 174-179 (1989)

106. Schulte, W., d'Hoedt, B., Lukas, D., Mühlbrandt, L., Scholz, F., Bretschi, J., Frey, F., Gudat, H., König, M., Markl, M., Quante, F., Schief, A., Topkaya, A.:

Periotest - neues Messverfahren der Funktion des Parodontiums.

Zahnärztl Mitteil 73: 1229-1239 (1983)

107. Schulte, W., Heimke, G.:

Das Tübinger Sofort-Implantat.

Quintessenz 17: 276-281 (1976)

108. Schulte, W.:

Messung des Dämpfungsverhaltens enossaler Implantate mit dem Periotestverfahren.

Z Zahnärztl Implantol V: 11-17 (1986)

109. Scialom, M.J.:

Immediate needle implants.

Inform Dent 44: 1606-1613 (1962)

- 110. Shulman, L.B., Rogoff, G.S., Savitt, E.D., Kent, R.L.:**
Evaluation in reconstructive implantology.
Dent Clin North Am 30: 327-349 (1986)
- 111. Skalak, R.:**
Biochemical considerations in osseointegrated prostheses.
J Prosthet Dent 49: 843-848 (1983)
- 112. Smith, D.E., Zarb, G.A.:**
Criteria for success of osseointegrated endosseous implants.
J Prosthet Dent 62: 567-572 (1989)
- 113. Sörensen, J.A.:**
A rationale for comparison of plaque-retaining properties of crown systems.
J Prosthet Dent 62: 264-269 (1989)
- 114. Spiekermann, H., Jansen, V.K., Richter, E.J.:**
A 10-year follow-up study of IMZ and TPS implants in the edentulous mandible using bar retained overdentures.
Int J Oral Maxillofac Implants 10: 231-243 (1995)
- 115. Spiekermann, H.:**
Enossale Implantate.
In: Rateitschak, H., Wolf, H.F. (Hrsg): Farbatlant der Zahnmedizin, Bd. 10.
Thieme, Stuttgart-New York 1994
- 116. Spörlein, E., Mrochen, N., Tetsch, P.:**
Entwicklung einer zweidimensionalen Schiebelehre (Mainzer Modell).
Z Zahnärztl Implantol II: 277-289 (1986)
- 117. Spörlein, E., Schramm-Scherer, B., Tetsch, P.:**
Recall bei Implantatpatienten – Bedeutung und Umfang des Recalls sowie Untersuchungsergebnisse.
ZWR 96: 128-135 (1987)

- 118. Steenberghe van, D., Lekholm, U., Bolender, C., Folmer, T., Henry, P., Herrmann, I., Higuchi, K., Laney, W., Lindén, U., Astränd, P.:**
The applicability of osseointegrated oral implants in the rehabilitation of partial edentulism: a prospective multicenter study on 558 fixtures.
Int J Oral Maxillofac Implants 5: 272-281 (1990)
- 119. Steenberghe van, D., Quirynen, M.:**
Reproducibility and detection threshold of peri-implant diagnostics.
Adv Dent Res 7: 191-195 (1993)
- 120. Steenberghe van, D.:**
Outcomes and their measurement in clinical trials of endosseous oral implants.
Ann Periodontol 2: 292-298 (1997)
- 121. Strock, A.E.:**
Experimental work on a method for the replacement of missing teeth by direct implantation of a mental support into the alveolus.
Am J Orthod 25: 467-472 (1939)
- 122. Syed, S.A., Loesche, W.J.:**
Bacteriology of human experimental gingivitis: effect of plaque age.
Infect Immun 21: 821-829 (1978)
- 123. Tetsch P.:**
Enossale Implantate in der Zahnheilkunde.
Hanser, München-Wien 1991
- 124. Tetsch P.:**
Enossale Implantationen in der Zahnheilkunde.
Hanser, München 1984

- 125. Tetsch, P., Ackermann, K.L., Behneke, N., Galandi, M., Geis-Gerstorfer, J., Kerschbaum, Th., Krämer, A., Krekeler, G., Nentwig, G.H., Richter, E.J., Schulte, W., Spiekermann, H., Strunz, V., Wagner, G., Weber, H.:**
Konsensus-Konferenz zur Implantologie 18.10.1989 in Mainz.
Z Zahnärztl Implantol VI: 5-14 (1990)
- 126. Tetsch, P., Schiefner, U.:**
Untersuchung zur parodontalen Situation bei Titan- und Keramikimplantaten.
Z Zahnärztl Implantol 2: 18-25 (1986)
- 127. Thull, R.:**
Oberflächenmodifiziertes Titan durch Hartstoffbeschichtung als Werkstoff für enossale Zahnimplantate.
In: GOI (Hrsg.): Jahrbuch für orale Implantologie 1993, Band 3, 49, Quintessenz, Berlin 1993
- 128. Thull, R., Reuther, J.F.:**
Untersuchungen zu Eigenschaften der (Ti,Zr) O und (Ti,Nb) ON – Beschichtungen auf Titan.
Leibinger BONE-LOCK[®] Enossale Implantate 1994
- 129. Tramonte, S.:**
A further report on intraosseous implants with improved drive screws.
J Oral Implantol 11: 35-37 (1965)
- 130. Wagner, W.:**
Konstruktionsprinzipien aus chirurgischer Sicht.
In: Koeck, B., Wagner, W. (Hrsg.): Praxis der Zahnheilkunde Bd. 13, Implantologie.
Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore 1996
- 131. Watzek, G., Matjeka, M., Grundschober, F., Plenk, H.:**
Enossale Implantate - Theoretische und morphologische Grundlagen - Klinische Konsequenzen.
Z Stomatol 82: 27-49 (1985)

132. Wiesner, A.:

Nachuntersuchungen enossaler BONE-LOCK®-Implantate - periimplantäre
Ergebnisse und Erfolgsquote nach 5 Jahren klinischer Anwendung.

Med Diss, Würzburg, 1998

133. Woodman, J.L., Jacobs, J.J., Galante, J.O., Urban, R.M.:

Metal ion release from titanium-based prosthetic segmental replacement of long
bones in baboons: A long-term study.

J Orthop Res I: 421-430 (1984)

134. Worthington, Ph.:

Complications and failures.

In Naert, I., van Steenberghe, D., Worthington, Ph. (eds.):

Osseointegration in Oral Rehabilitation.

Quintessenz, London 1993

Danksagung

Frau Priv. Doz. Dr. Dr. E. Reinhart danke ich für die Überlassung des Dissertationsthemas und für die hilfreiche Betreuung und konstruktive Kritik bei der Erstellung dieser Arbeit.

Für die freundliche Übernahme des Korreferates danke ich Herrn Prof. Dr. Dr. J. F. Reuther.

Bei Herrn Priv. Doz. Dr. J. Pahnke bedanke ich mich für die Übernahme der Prüfung im zweiten Fachbereich.

Bei Herrn Dr. W. Bley Müller bedanke ich mich besonders herzlich für die unermüdliche, computerfachliche Unterstützung und die große Hilfe bei der Erstellung der Statistik.

Bei Frau Dr. K. Schuler bedanke ich mich für die fachliche Hilfe während der Nachuntersuchung der Patienten.

