

Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Ulm
(Komm. Leiter: Prof. Dr. Dr. Haase)

Einfluss verschiedener Verfahren zur Augmentation und Freilegung enossaler Implantate auf die Langzeitprognose

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät
der Universität Ulm

vorgelegt von Roland Bahrs
aus Kempten (Allgäu)
Ulm, 2005

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Klaus-Michael Debatin

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Ulrich Keller

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Raimund Hibst

Tag der Promotion: 24.11.2005

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	5
1 Einleitung	6
1.1 Indikationen und Ziele der Implantation sowie begleitende Maßnahmen	6
1.2 Knochenkammaugmentation und Guided Bone Regeneration	7
1.3 Anwendung des Erbium-YAG-Lasers in der Zahnmedizin	8
1.4 Fragestellung	10
2 Material und Methode	11
2.1 Patienten	11
2.2 Verwendete Implantatsysteme	12
2.2.1 Das ITI-Bonefit [®] -System	12
2.2.2 Das BEGO-Semados [®] -System	13
2.3 Der KaVo-Key [®] -Laser	14
2.4 Verwendete GBR-Folien und Knochenersatzmaterial	15
2.5 Datenerfassung	16
2.5.1 Klinische Parameter	16
2.5.2 Auswertung der Röntgenaufnahmen	18
2.6 Statistik	19
3 Ergebnisse	20
3.1 Freilegung mit dem Er:YAG-Laser	20
3.1.1 Geschlechtsverteilung und Alter	20
3.1.2 Indikation und Lokalisation	22
3.1.3 Freilegung mittels Laser: Zeitpunkt, Anästhesie	24
3.1.4 Mobilität, marginale Infektionen und Implantatverluste	25
3.1.5 Zeitlicher Verlauf der Taschentiefe, der Gingivabreite und des Knochenabbaus	27
3.1.6 Intraoperative Augmentation	29
3.2 Präimplantäre Augmentation	34

3.2.1	Geschlechtsverteilung und Alter	34
3.2.2	Indikation und Lokalisation	36
3.2.3	Präimplantäre Augmentation: Material, GBR	37
3.2.4	Mobilität, marginale Infektionen und Implantatverluste	37
3.2.5	Zeitlicher Verlauf der Taschentiefe, der Gingivabreite und des Knochenabbaus	38
4	Diskussion	41
4.1	Klinische Untersuchung	41
4.1.1	Chirurgische Freilegung von Implantaten mit dem Er:YAG-Laser	41
4.1.2	Intraoperative Augmentation	46
4.1.3	Präimplantäre Augmentation	48
4.2	Auswertung der Röntgenaufnahmen	51
5	Zusammenfassung	54
6	Literaturverzeichnis	56
7	Anhang	65
8	Danksagung	67
9	Lebenslauf	68

Abkürzungsverzeichnis

DFDBA	Demineralized Freeze Dried Bone Allograft (demineralisierter gefriergetrockneter allogener Knochen)
ePTFE	expandiertes Polytetrafluorethylen
Er:YAG-Laser	Erbium:YAG-Laser (Erbium-doped: Yttrium, Aluminium and Garnet)
FDDBA	Freeze Dried Bone Allograft (gefriergetrockneter allogener Knochen)
GBR	Guided-Bone-Regeneration (gesteuerte Knochenregeneration)
Hz	Hertz
mJ	Millijoule
mm	Millimeter
µm	Mikrometer
n(I)	Anzahl der Implantate
n(P)	Anzahl der Patienten
PTFE	Polytetrafluorethylen
s	Standardabweichung
SFFR	Sulcus-Fluid-Flow-Rate (Sulcus-Fluid-Fließrate)
SLA	sandblasted and acid-etched (sandgestrahlt und säuregeätzt)
TCP	Tricalziumphosphat

1 Einleitung

1.1 Indikationen und Ziele der Implantation sowie begleitende Maßnahmen

Die Sanierung der Mundhöhle unter Verwendung dentaler Implantate stellt heute eine zuverlässige Therapie dar (27) und ist in der modernen Zahnmedizin unverzichtbar geworden.

Das Indikationsspektrum für die Insertion enossaler Implantate reicht dabei vom Ersatz einzelner Zähne über den Einsatz als Brückenpfeiler bei Vorliegen einer verkürzten Zahnreihe oder einer Schallücke mit mehreren fehlenden Zähnen bis hin zur Verwendung als Pfeiler für prothetische Versorgungen im zahnlosen Kiefer. Als Ziele gelten dabei, je nach Indikation (57):

- Herstellung von ästhetisch, funktionell und psychologisch vorteilhaftem festsitzenden Zahnersatz
- Verlangsamung oder Stillstand der Kieferknochen-Resorption
- Vereinfachung der prothetischen Planung durch Pfeilervermehrung
- Entlastung des unbezahnten Prothesenlagers

Dem stehen zum einen eine Vielzahl allgemeinmedizinischer Kontraindikationen, wie z.B. hämatologische Erkrankungen, Störungen des Knochenstoffwechsels oder aktuelle Medikation gegenüber, zum anderen lokale Kontraindikationen. Als solche werden unter anderem angesehen: unzureichendes Knochenangebot und eine ungünstige Kieferanatomie, ungünstige Okklusionsverhältnisse, hohes lokales Infektionsrisiko, mangelhafte Mundhygiene (73,78). Wegen des bei fehlender funktioneller Belastung nach Zahnverlust einsetzenden Abbaus des Kieferkamms und die dadurch bedingte Häufigkeit eines unzureichenden Knochenangebots bei ansonsten guter Qualität des Knochens wurde bald nach Wegen gesucht, das Knochenangebot zu verbessern. Dabei hat sich die präimplantäre lokale laterale Augmentation des Kieferkamms neben anderen operativen Techniken zu einer oft angewandten Verfahrensweise entwickelt (32).

Abgesehen von dieser Maßnahme können gegebenenfalls weitere chirurgische Maßnahmen erforderlich werden. Eine andere, relativ häufig erforderliche Maßnahme stellt die chirurgische Freilegung des Implantats dar. Diese wird einerseits bei subgingival einheilenden Implantatsystemen nach Abschluß der Einheilphase vor dem Einsetzen des transgingivalen Abutments durchgeführt. Andererseits kann auch bei aus ästhetischen Gründen tief gesetzten Implantaten eine chirurgische Freilegung erforderlich sein, da deren Einheilkappen dann oft zu großen Teilen von Gingivagewebe bedeckt sind.

1.2 Knochenkammaugmentation und Guided Bone Regeneration

Für eine gute Langzeitprognose enossaler Implantate ist ein genügendes Knochenangebot und eine ausreichende Knochenqualität an der geplanten Insertionsstelle eine wesentliche Voraussetzung, damit eine gute Primärstabilität und ein guter Knochenkontakt des Implantats sichergestellt werden (64). Um diese Voraussetzungen zu schaffen, kann eine Knochentransplantation indiziert sein.

Da bei autogenen Transplantaten keine Abstoßungsreaktion stattfindet und eine hohe osteogenetische Potenz vorhanden ist, wird frischer autogener Knochen als das Knochenersatzmaterial erster Wahl angesehen (38, 63).

Abgesehen von autogenem Knochen werden weitere Knochenersatzmaterialien für die Augmentation angewandt (32):

- mineralisierter oder demineralisierter gefriergetrockneter allogener Knochen (FDBA bzw. DFDBA)
- gefriergetrockneter entproteiniertes xenogener Knochen
- Calcium-Phosphat-Keramik (Hydroxylapatit, Tricalciumphosphat)
- Calcium-Carbonat (aus Korallen gewonnen)

Dabei stellt sich bei allogenen sowie xenogenen Materialien die Frage, ob trotz der Konservierungs- und Sterilisationsverfahren die Möglichkeit einer Infektionsübertragung besteht. In dieser Hinsicht sind alloplastische Materialien wie beispielsweise das Tricalciumphosphat, welches eine gute Substitution durch neugebildeten Knochen zeigt (18, 26, 32), von Vorteil.

Eine weitere Möglichkeit zur Regeneration von Knochendefekten besteht seit einigen Jahren in der Technik der „Guided Bone Regeneration“, der membrangeschützten Knochenregeneration. Dabei wirkt eine über den Knochendefekt gelegte alloplastische Membran als physikalische Barriere, wodurch nur Zellen aus dem Knochen in den Defekt einwachsen können, Zellen aus dem schnell wachsenden Weichgewebe dagegen abgehalten werden. Das Resultat besteht in einer zuverlässigen knöchernen Regeneration des Defekts (15).

Mögliche Komplikationen bestehen im Auftreten einer Membrandehiszenz, einer Verlagerung der Membran bei Wundverschluss, dem Kollabieren der Membran sowie einer vorzeitigen Resorption des unter der Membran liegenden Knochens.

1.3 Anwendung des Erbium-YAG-Lasers in der Zahnmedizin

Der Erbium-YAG-Laser (auch Er:YAG-Laser) zeichnet sich durch seine große Effektivität unter anderem in der Weichgewebschirurgie aus. Aufgrund der im Infrarotbereich liegenden Wellenlänge dieses gepulsten Lasers von 2,94 μm findet in Wasser eine hohe Absorption des Laserlichts statt. Durch die damit verbundene sehr geringe Eindringtiefe in das Gewebe „wird die gesamte Energie also in einem kleinen, oberflächennahen Volumen deponiert und führt deshalb zu einem effizienten Gewebeabtrag (Ablation)“ (43, S. 115), wobei die Gewebepartikel durch plötzliche Erhitzung und Verdampfung des Wassers im Gewebe „mikroexplosionsartig“ abgelöst werden (47). Bei diesem Laser treten nur sehr schmale thermisch veränderte Bereiche im Gewebe auf, wodurch keine Beeinträchtigung der Wundheilung erfolgt, das Erreichen einer Blutstillung in gewissem Grad aber möglich ist (45). Im

Vergleich zwischen Laserinzision und Skalpellinzision wurde ein ähnlicher Wundheilungsverlauf beobachtet (41, 44). Zusätzlich besitzt der Er:YAG-Laser schon bei niedrigen Energiestufen ein hohes bakterizides Potential auch bei parodontalpathogenen Keimen (34).

Aufgrund dieser speziellen Charakteristik des Er:YAG-Lasers ist dieser neben der Anwendung bei nahezu allen Indikationen in der Weichgewebschirurgie auch sehr gut zum Einsatz bei Osteotomien geeignet (41, 43, 46). Darüberhinaus existieren als weitere Indikationen die Anwendung in der Kariestherapie zur Präparation von Kavitäten für die Füllungstherapie (33), in der Parodontologie zur Entfernung subgingivaler Konkremente (45, 79) sowie in der Endodontie zur Desinfektion des Wurzelkanals (59). Aufgrund der hohen Absorption der Er:YAG-Laserstrahlung im Weichgewebe ist dieser Laser überdies für den Einsatz in der Implantologie geradezu prädestiniert, da bei der chirurgischen Freilegung von Implantaten oder der Dekontamination von Implantatoberflächen im Rahmen der Periimplantitistherapie bei hohem bakteriziden Potential auf Titanoberflächen (51) ein sehr effizientes Arbeiten mit Energiedichten unterhalb der Ablationsschwelle von Titan möglich ist, eine Schädigung der Titanoberfläche bei Einhaltung entsprechender Parameter also ohne weiteres vermieden werden kann (39, 50, 58, 71).

1.4 Fragestellung

Im Rahmen einer Implantatversorgung können weitere begleitende Maßnahmen erforderlich werden, um einen sicheren Erfolg zu gewährleisten bzw. eine Optimierung des Ergebnisses zu erzielen. Dabei stellt sich die Frage, inwieweit die getroffenen Maßnahmen einen Einfluß auf die Prognose des Implantats/ der Implantate haben. Dazu wurden im Rahmen dieser Studie folgende Maßnahmen erfasst:

chirurgische Freilegung des Implantats unter Verwendung eines Erbium-YAG-Lasers

präimplantäre Augmentation des Alveolarknochenkamms mit autogenem Knochen bzw. alloplastischen Knochenersatzmaterialien, teilweise in Kombination mit dem Verfahren der „Guided Bone Regeneration“ (GBR)

intraoperative Augmentation mit autogenem Knochen bzw. alloplastischem Knochenersatzmaterial, teilweise in Kombination mit dem GBR-Verfahren

Zur Beurteilung der Prognose werden folgende Kriterien herangezogen:

zeitlicher Verlauf der Taschentiefe

zeitlicher Verlauf der Gingivabreite

Marginale Infektion

Lockerungsgrad

Implantatverluste

im Röntgenbild mesial und distal gemessener Knochenabbau im zeitlichen Verlauf

Ziel dieser Untersuchung ist dabei, festzustellen, ob die Durchführung der oben genannten Maßnahmen Auswirkungen auf die Implantatprognose zeigt.

2 Material und Methode

2.1 Patienten

In diese Studie wurden im Zeitraum von 1991 bis Ende 2000 insgesamt 62 Patienten mit 97 Implantaten sukzessive einbezogen. Bei allen Patienten wurden ein oder mehrere enossale Implantate transgingival inseriert und nach einer unbelasteten Einheilphase von 3 bis 6 Monaten prothetisch versorgt.

Darüberhinaus sind begleitend zur Implantation bei einem Teil der Patienten weitere Maßnahmen erfolgt:

Bei insgesamt 26 Patienten mit 31 Implantaten ist 4 bis 6 Monate vor der Implantation in einer getrennten Operation eine Augmentation des Kieferknochens, teilweise kombiniert mit dem Verfahren der membrangeschützten Knochenregeneration, durchgeführt worden. Dabei wurde autogenes Knochenmaterial verwendet, welches in einigen Fällen mit alloplastischem Knochenersatzmaterial gemischt wurde.

Eine weitere Maßnahme bestand in der chirurgischen Freilegung der transgingival eingeheilten Implantate bei insgesamt 47 Patienten mit 80 Implantaten drei bis vier Monate nach der Implantation mittels eines Er:YAG-Lasers (Key-Laser, Fa. KaVo, Biberach/Riß).

Um ein gutes ästhetisches Ergebnis zu erzielen, ist es erforderlich, das Implantat so tief zu setzen, dass die Implantatschulter bis zu 2 Millimeter unterhalb der Schmelz-Zement-Grenze der Nachbarzähne zu liegen kommt (10). Dadurch sind die Einheilkappen der Implantate nach Ablauf der Einheilzeit zumindest teilweise von neu gebildeter Gingiva überdeckt, was trotz der transgingivalen Einheilung eine chirurgische Freilegung erforderlich macht.

Bei 11 Patienten mit 14 Implantaten ist eine Freilegung sowie eine präimplantäre Augmentation erfolgt. Darüber hinaus wurden bei 25 Patienten mit 40 Implantaten im Rahmen der Implantation kleinere Knochendefekte intraoperativ mit auto-

genem Knochenmaterial, zum Teil in Verbindung mit alloplastischen Knochenersatzmaterialien, gefüllt.

2.2 Verwendete Implantatsysteme

2.2.1 Das ITI-Bonefit[®]-System

Dieses Implantatsystem ist ursprünglich von SCHROEDER und SUTTER als transgingival einheilender Hohlzylinder mit folgenden Merkmalen entwickelt worden (69, 72, 77):

- transgingivale Einheilung
- Oberflächenvergrößerung durch Titan-Plasma-Flame-Beschichtung und teilweise durch Hohlzylinderdesign
- dem Knochen angepasste Elastizität des Implantates ebenfalls durch das Hohlzylinderdesign
- Verwendung von unlegiertem Reintitan als Implantatwerkstoff

Durch konsequente Weiterentwicklung ist daraus das heutige ITI-System[®] des Instituts Straumann AG, Waldenburg, Schweiz, entstanden. Zusätzlich zu den einteiligen Hohlzylinderimplantaten, mit welchen bereits günstige Langzeitergebnisse erreicht wurden (60), wurde das Sortiment um mehrteilige Hohlzylinder, Hohl- und Vollschraubenimplantate erweitert. Insbesondere das zweiteilige, transgingival entlastet einheilende Vollschraubenimplantat ist in der Anwendung sehr weit verbreitet (22, 77) und wird in einer Vielzahl verschiedener Ausführungen angeboten.

Neben dem Vollschraubenimplantat besteht eine weitere verbreitete Modifikation in einem um 15° abgewinkelten Hohlzylinderimplantat zur Korrektur der Achsneigung vor allem im Oberkiefer-Frontzahnbereich.

Des Weiteren wurde die Oberflächenbearbeitung der Implantate geändert, indem die Oberflächenbehandlung nun durch Bestrahlen mit Grobsand und anschließender Säureätzung erfolgt (SLA-Behandlung), woraus ein weiter verbesserter Implantat-Knochen-Kontakt resultiert (24).

Die Implantate sind mit einem Durchmesser von 3,3 Millimetern, 3,5 Millimetern (Hohlzylinder), 4,1 Millimetern (Standardimplantat) und 4,8 Millimetern mit Längen von 6, 8, 10, 12 und 14 Millimetern erhältlich.

2.2.2 Das BEGO-Semados[®]-System

Dieses von der Firma BEGO[®], Bremen, angebotene System ist ebenfalls ein unbelastet einheilendes, zweiteiliges Implantatsystem, wobei die Einheilung gedeckt oder transgingival erfolgen kann. Das Sortiment umfasst Vollschraubenimplantate aus Reintitan (siehe ITI-System) mit mikrostrukturierter Oberfläche in den Längen 7 Millimeter, 8,5 Millimeter, 10 Millimeter, 11,5 Millimeter, 13, 15 und 18 Millimeter mit den Durchmessern 3,25 Millimeter, 3,75 Millimeter, 4,5 und 5,5 Millimeter.

2.3 Der KaVo-Key[®]-Laser

Nach den 1987 begonnenen Grundlagenforschungen und klinischen Untersuchungen der Ulmer Arbeitsgruppe von Keller und Hibst wurde dieses Er:YAG-Lasersystem der Firma KaVo, Biberach, entwickelt und liegt mittlerweile in der 3. Generation vor. Neben den allgemeinen Eigenschaften des Er:YAG-Lasers (siehe Einleitung) zeichnet sich dieses System durch folgende Eigenschaften aus (44):

- gepulster Er:YAG-Laser mit der Wellenlänge 2,94 μm im infraroten Spektralbereich
- steuerbarer thermomechanischer Ablationsprozess über einstellbare Parameter: Pulsfrequenz von 1 bis 25 Hz, Pulsenergie bis 600 mJ
- breites Indikationsspektrum aufgrund der Steuerbarkeit und der Vielfalt der angebotenen Applikatoren
- sehr kurze Pulsdauer von wenigen hundert Mikrosekunden

In der oralchirurgischen Anwendung kann mit diesem Laser aufgrund seiner Eigenschaften (siehe Einleitung) eine sehr schonende Inzision und Exzision von Weichgeweben durchgeführt werden, wobei die Wundheilung der nach einer Skalpellanwendung vergleichbar ist. Dabei kann auch eine lokale Hämostase ohne negative Auswirkungen auf die Wundheilung erreicht werden (44).

Gegenüber einer chirurgischen Implantatfreilegung mit Skalpell oder einer entsprechenden Stanze ergeben sich folgende Vorteile (39):

- reduzierte Blutung und damit verringerte Kontaminationsgefahr für das Innere des Implantates nach Entfernen der Verschlusschraube
- durch drucklose Arbeitsweise weniger traumatisierend und sehr präzise Schnittführung (kein Verschieben des Gewebes), dadurch wenig Gewebeverlust

2.4 Verwendete GBR-Folien und Knochenersatzmaterial

Bei der Augmentation des Kieferkamms wurde in einem Teil der Fälle als ergänzende Maßnahme die Technik der „Guided-Bone-Regeneration“ (siehe Einleitung) angewandt. Zur Stabilisation und Adaptation der Folien wurden ggf. Schrauben oder Leadfix-Pins verwendet. Die folgenden Membranen kamen dabei zum Einsatz:

GoreTex[®]-Membran, hergestellt von W.L.GORE&Associates, USA. Diese zeichnet sich durch folgende Eigenschaften aus (49):

- Material: expandiertes PTFE (Polytetrafluorethylen)
- äußere Schicht ermöglicht Einwachsen von Gewebe
- innere Schicht verhindert zelluläre Penetration (Barrierefunktion für schnellwachsende Epithelzellen)

Guidor[®]- oder auch Vicryl-Folien, diese sind in der Funktion mit der oben genannten ePTFE-Membran vergleichbar.

Bei der präimplantären Augmentation sowie bei der Deckung von Knochendefekten während der Implantation wurden neben autogenem Knochen folgende Tri-Calcium-Phosphat-Präparate als resorbierbare alloplastischen Materialien verwendet:

Biobase[®] (Straumann AG, Waldenburg, Schweiz)

Cerasorb[®] (Curasan AG, Kleinostheim)

2.5 Datenerfassung

Die Dokumentation der Implantation und der Nachkontrollen erfolgte durch die Erfassung klinisch gemessener Parameter, sowie durch die Anfertigung von Röntgenaufnahmen.

2.5.1 Klinische Parameter

Die Datenerfassung erfolgte mit drei verschiedenen Dokumentationsbögen:

1. Dokumentationsbogen für die Implantation

Auf diesem Bogen wurden unmittelbar vor oder nach der Operation folgende Parameter erfasst:

- Lokalisation des Implantates
- „Zahnbefund vor OP“: hier sind folgende Angaben möglich: keine Angabe = Zahn vorhanden; f = fehlender Zahn;)(= Lückenschluß; x = nicht erhaltungswürdiger Zahn; k = Krone; b = Brückenglied; e = ersetzter Zahn und i = vorhandenes Implantat
- „Implantat-Code“: Hier wird ein aus zwei oder drei Buchstaben bestehender Code angegeben, der den Implantattyp und spezifische Kennzeichen beinhaltet.
- „Mobilität“: Angabe der Beweglichkeit des Implantates. 0 = fest, I = gerade fühlbare Lockerung, II = sichtbare Lockerung, III = beweglich auf Zungen- und Lippendruck und/oder in axialer Richtung

- „Knochendefizit“: An dieser Stelle kann eingetragen werden, ob das Implantat nicht vollständig von Knochen bedeckt ist. Die Angabe erfolgt in Vierteln bezogen auf die Implantatlänge, von 0 (Implantat liegt nicht frei) bis 3 (3/4 der Implantatlänge liegen frei); * = „nicht zu ermitteln“
- „Indikation für Implantation“: E = Einzelzahnverlust, V = verkürzte Zahnreihe, S = Schallücke, Z = zahnloser Unterkiefer

2. Dokumentationsbogen für die Nachkontrolle

Die Implantatpatienten wurden in ein Recallsystem eingebunden. Bei den Nachuntersuchungen wurden folgende Werte erfasst:

- „Zahnbefund“: analog zum Implantationsbogen
- „vestibuläre Taschentiefe“, gemessen in Millimetern
- „Mobilität“, „Knochenabbau“: analog zum Implantationsbogen
- „marginale Infektion“: klinisch feststellbare Infektion, angegeben in Graden: keine Infektion = 0; leichte Infektion = 1; ausgeprägte im Röntgenbild nicht sichtbare Infektion = 2; ausgeprägte im Röntgenbild sichtbare Infektion = 3
- „Breite der fixierten Gingiva“ (Gingiva propria), gemessen vestibulär in Millimetern

3. Dokumentationsbogen bei Implantatverlust

Bei Auftreten eines Implantatverlusts werden mit diesem Bogen der **Zahnbefund**, **Implantatcode**, **Ursache** und evtl. **Folgeschäden** des Verlusts erfasst.

Auf allen o.g. Bögen können noch zusätzliche Bemerkungen eingetragen werden.

Zusätzlich wurden noch folgende **Daten aus den Patientenakten** erfasst:

Datum der Implantation, verwendetes Implantatsystem, Durchmesser, Länge (75), eventuelle Deckung eines Knochendefektes und dabei verwendetes Material, Datum der Implantatfreilegung, verwendete Faser zur Laserapplikation, Pulsfrequenz (Hz), Pulsenergie (mJ), Art der Anästhesie (keine, Oberflächen- oder Lokalanästhesie), Datum der jeweiligen Kontrolle, eventuell aufgetretene Komplikationen nach Augmentation.

2.5.2 Auswertung der Röntgenaufnahmen

Zum Zeitpunkt der Implantation und bei den Nachkontrollen wurden Kontrollaufnahmen als Mundfilm mit Filmhalter in der Rechtwinkeltechnik oder als Orthopantomogramm angefertigt. Um Aufschluß über eine eventuelle Veränderung der periimplantären Knochenverhältnisse zu gewinnen, wurde die marginale Knochenhöhe (Bezugspunkt: Implantatspitze) auf 1 mm genau gemessen (74).

Folgende Daten wurden dabei erfasst: Art der Aufnahme, Datum, Knochenniveau mesial und distal.

Durch Differenzbildung mit den Werten der zum Zeitpunkt der Implantation gemachten Aufnahme wurde dann der Knochenabbau ermittelt.

2.6 Statistik

Die deskriptive Datenanalyse erfolgte mit der Tabellenverarbeitungssoftware Excel 2000. Zunächst wurden dazu alle auf den Bögen und den Akten erfassten und aus den Röntgenaufnahmen gewonnenen Daten in eine Tabelle übertragen.

Für jedes Implantat wurde ein operationsbezogener Datensatz erstellt. Darüber hinaus liegen für jedes Implantat eine variierende Anzahl von Datensätzen aus den Kontrollbögen sowie aus den Röntgenaufnahmen vor. Insgesamt wurden 97 operationsbezogene Datensätze und 210 Datensätze aus Kontrollbögen mit klinisch gemessenen Werten sowie 154 Datensätze mit Messwerten aus Röntgenaufnahmen erstellt.

Entsprechend den jeweils durchgeführten Maßnahmen (präimplantäre Augmentation, Implantatfreilegung, intraoperative Augmentation) erfolgte zunächst eine Einteilung der Datensätze. Daraufhin wurden die Werte für Gingivabreite, Taschentiefe und Knochenabbau der eingeteilten Gruppen mit Literaturdaten verglichen. In den Gruppen eventuell aufgetretene Implantatverluste und Komplikationen wurden ebenfalls erfasst.

Für die Werte „mesialer Knochenabbau“, „distaler Knochenabbau“, „Taschentiefe“ und „Gingivabreite“ wurden Mittelwerte berechnet; die entsprechenden Standardabweichungen wurden der Variablen „s“ zugeordnet und als numerische Werte im Diagramm eingetragen. Diese befinden sich zusammen mit der jeweiligen Anzahl „n“ der Implantate unterhalb des jeweiligen Balkens im Diagramm.

3 Ergebnisse

3.1 Freilegung mit dem Er:YAG-Laser

3.1.1 Geschlechtsverteilung und Alter

Bei insgesamt 47 Patienten erfolgte eine chirurgische Freilegung der Implantate mit dem Er:YAG-Laser, davon waren 26 Patienten weiblich (55%) und 21 männlich (45%) (Abbildung 1).

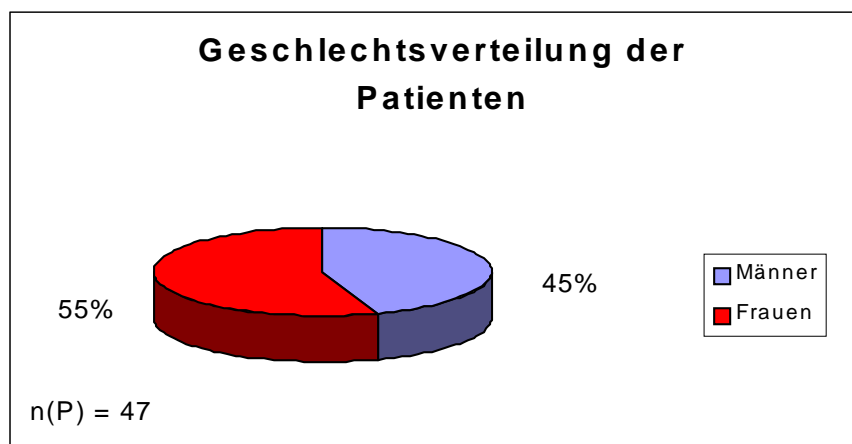


Abbildung 1: Geschlechtsverteilung Patienten

Die Anzahl der gesetzten Implantate pro Patient variierte dabei zwischen eins und fünf.

Insgesamt wurden 80 Implantate freigelegt, davon 38 bei Frauen (48%) und 42 bei Männern (52%) (Abbildung 2).

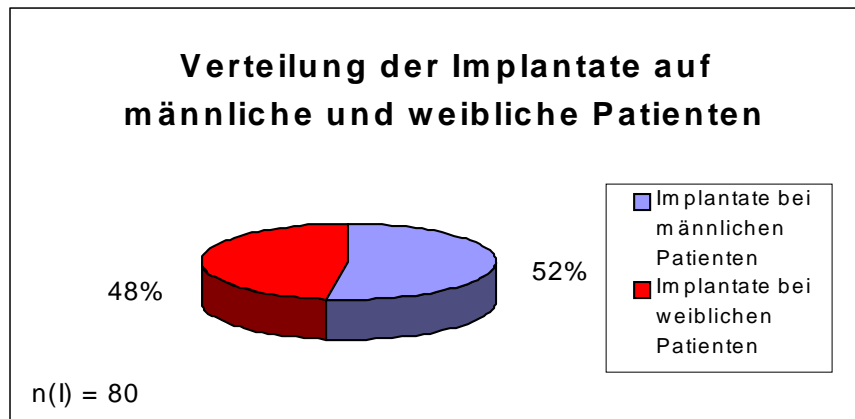


Abbildung 2: Verteilung der Implantate auf männliche und weibliche Patienten

Das Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Implantation reichte von 16 Jahren bis zu 76 Jahren; das Durchschnittsalter betrug 39,1 Jahre. Es ergab sich die folgende Verteilung der Implantate auf die verschiedenen Altersgruppen (Abbildung 3):

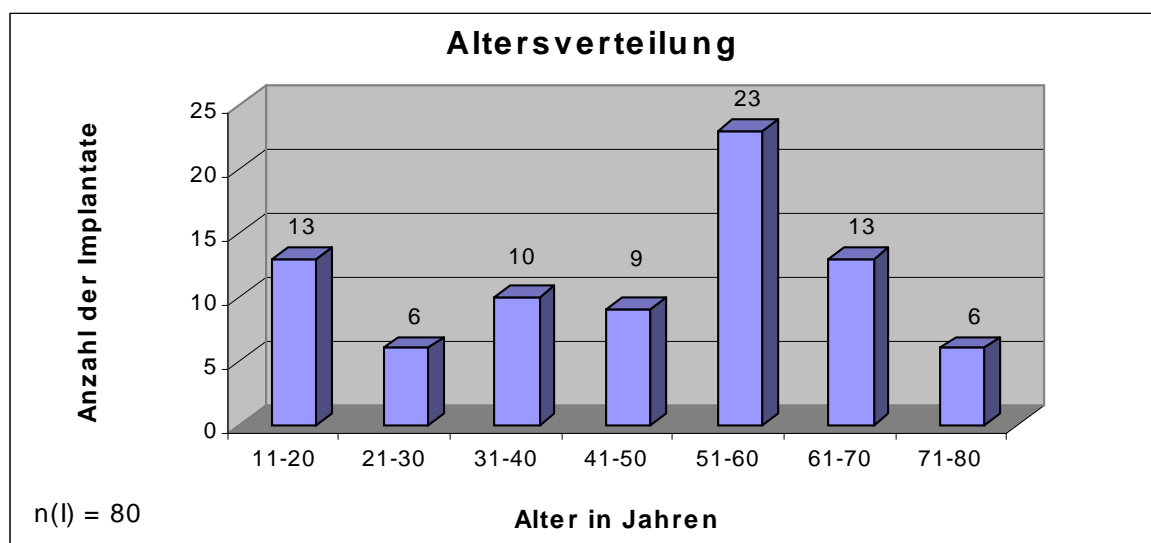


Abbildung 3: Verteilung der Implantate auf die Altersgruppen

Die meisten Implantate wurden bei Patienten im Alter von 51 bis 60 Jahren mit dem Er:YAG- Laser freigelegt, gefolgt von der Gruppe der 11- bis 20-jährigen sowie der 61- bis 70-jährigen Patienten.

3.1.2 Indikation und Lokalisation

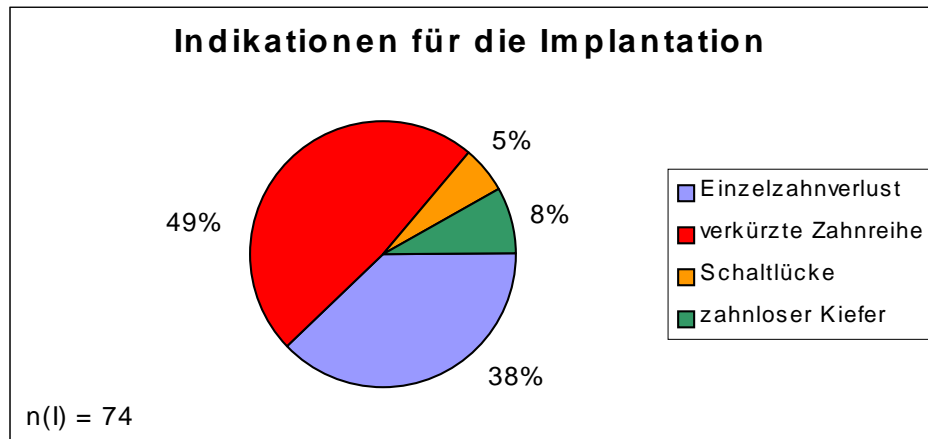


Abbildung 4: Indikationen für die Implantation

Abbildung 4 zeigt die Verteilung der Implantate auf die verschiedenen Indikationsbereiche. Für 74 Implantate wurde die Indikation angegeben, davon kamen mit einer Anzahl von 36 die meisten Implantate als Brückenpfeiler bei verkürzter Zahnreihe zur Anwendung (49%). 28 Implantate (38%) fielen unter die Indikation Einzelzahnverlust, gefolgt von 6 als Teleskopfeiler in zahnlose Kiefer gesetzten Implantaten (8%) und 4 Implantaten zur Versorgung von Schaltlücken (5%). Somit waren in dieser Gruppe sämtliche Indikationen vertreten.

Die Gesamtanzahl von 80 Implantaten verteilte sich zu 58% auf den Oberkiefer und zu 42% auf den Unterkiefer, wobei im Oberkiefer von insgesamt 46 Implantaten 31 in der Front (39% aller gesetzten Implantate), 9 Implantate (11%) im Prämolaren- und 6 Implantate (8%) im Molarenbereich inseriert wurden (Abbildung 5).

Im Unterkiefer dagegen wurden 19 der 34 Implantate Regio 6/7 eingesetzt (24% aller gesetzten Implantate), gefolgt von 10 Implantaten Regio 4/5 (12%) und 5 Implantaten im Frontzahnbereich (6%) (Abbildung 6).

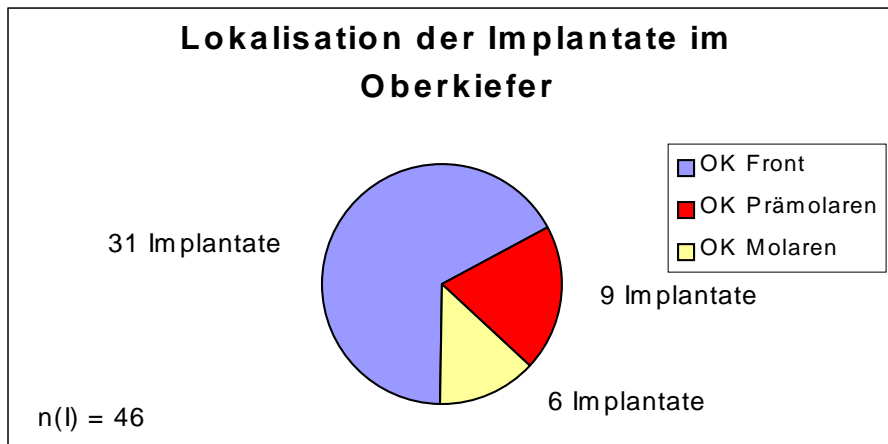


Abbildung 5: Lokalisation der Implantate im Oberkiefer

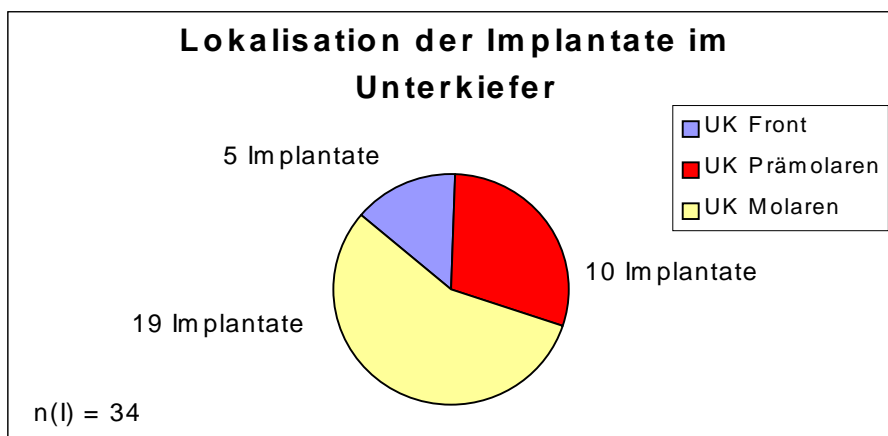


Abbildung 6: Lokalisation der Implantate im Unterkiefer

3.1.3 Freilegung mittels Laser: Zeitpunkt, Anästhesie

Die chirurgische Freilegung der Implantate mit Hilfe des Er:YAG-Lasers wurde zum größten Teil drei (bei 30 Implantaten, 37%) bis vier (bei 35 Implantaten, 44%) Monate nach der Implantation durchgeführt; 4 Implantate wurden bereits nach 2 Monaten (5%), 11 Implantate (14%) nach 5 Monaten oder später freigelegt (Abbildung 7).

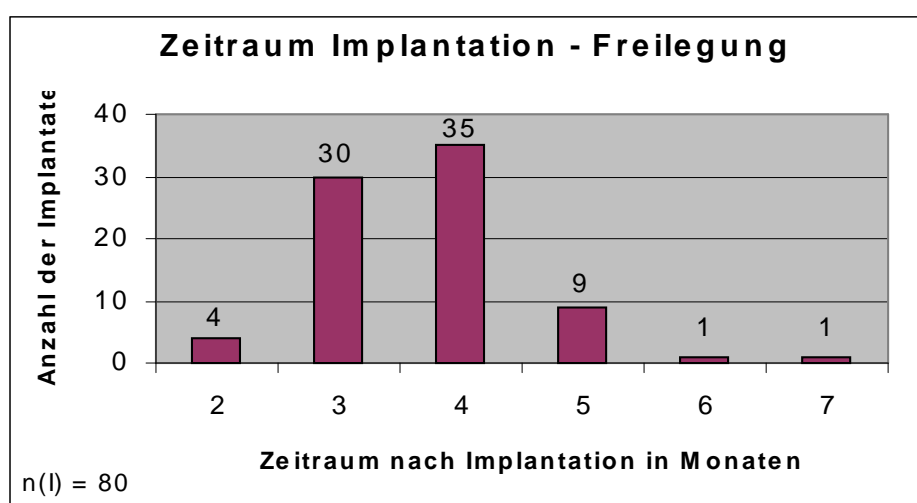


Abbildung 7: Zeitintervall zwischen Implantation und Freilegung

Die Freilegung erfolgte bis auf wenige Einzelfälle mit Pulsenergien von 180 bis 250 mJ bei einer Pulsfrequenz von 6 bis 15 Hz.

Bei 21 Implantaten (26%) konnte dabei mit einer Oberflächenanästhesie eine ausreichende analgetische Wirkung erzielt werden; zwei Implantate (3%) wurden sogar völlig ohne Anästhesie freigelegt, während bei den übrigen 57 Implantaten (71%) eine Lokalanästhesie zur Anwendung kam (Abbildung 8).

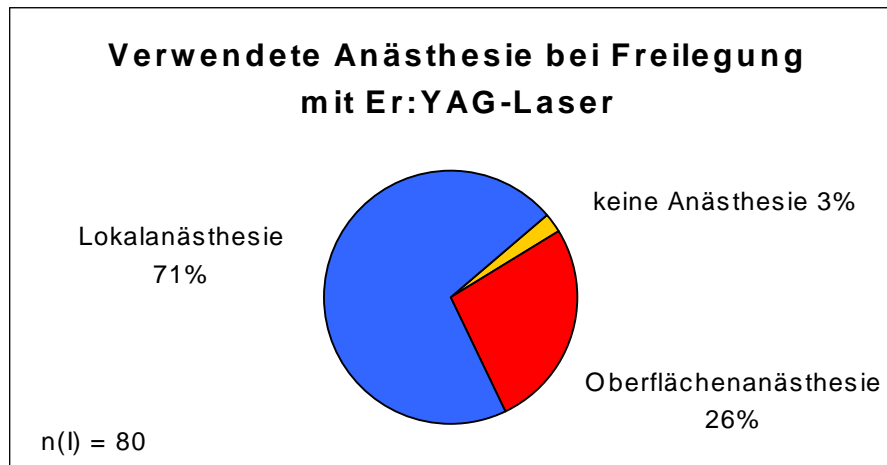


Abbildung 8: Bei Freilegung mit Er:YAG-Laser verwendete Anästhesie

3.1.4 Mobilität, marginale Infektionen und Implantatverluste

Eine Übersicht über die Anzahl der betroffenen Implantate und den Zeitpunkt des Auftretens einer Implantatmobilität, einer marginalen Infektion und von Verlusten ist im Folgenden gegeben:

Im Intervall bis 3 Monate nach Insertion war der Verlust eines Implantats zu verzeichnen, darüber hinaus lag in diesem Zeitraum bei zwei weiteren Implantaten eine vorübergehende leichte marginale Infektion Grad 1 vor.

In den folgenden Intervallen von 4 bis 6 sowie von 7 bis 12 Monaten konnte keiner der obigen Befunde festgestellt werden, ebenso im Intervall von 19 bis 24 Monaten.

Im Zeitintervall von 13 bis 18 Monaten war an einem Implantat eine zeitweise marginale Infektion Grad 1 zu beobachten.

Im Zeitintervall >24 Monate traten bei einem Patienten an zwei Implantaten eine marginale Infektion Grad 1 31 Monate nach Implantatfreilegung zusammen mit einer Fraktur des jeweiligen Implantats am Hexagon auf.

Der Implantatverlust ereignete sich 1 Monat nach Freilegung / 6 Monate nach Implantation, Ursache war dabei eine periimplantäre Infektion, die nicht mehr erfolgreich therapiert werden konnte. Vor der Freilegung kam es bei diesem Implantat darüber hinaus zu einer Nahtdehiszenz 6 Tage nach der Implantation. Diese wurde mit Kürzung der bei der Implantatinsertion als zusätzliche Maßnahme intraoperativ eingelegten GBR-Folie und mit H₂O₂-Spülung behandelt.

3.1.5 Zeitlicher Verlauf der Taschentiefe, der Gingivabreite und des Knochenabbaus

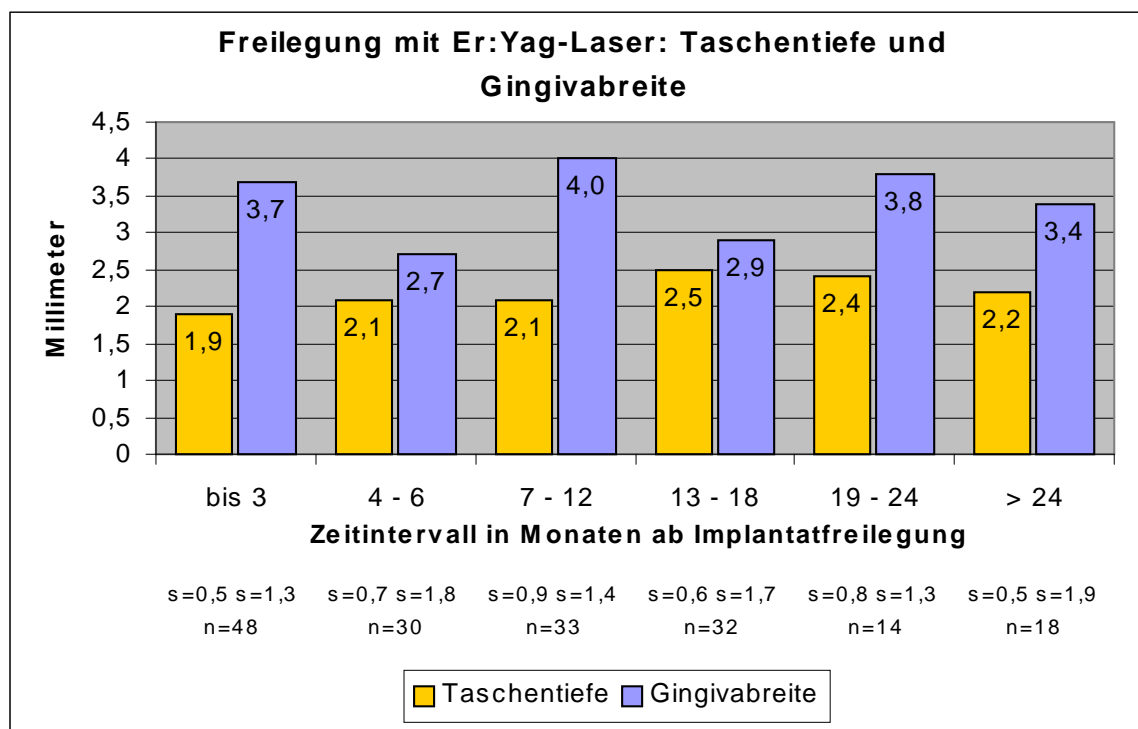


Abbildung 9: Zeitlicher Verlauf der Taschentiefe und Gingivabreite

Der zeitliche Verlauf vom Zeitpunkt der Implantatfreilegung an der bei den klinischen Nachkontrollen gemessenen Parametern Taschentiefe und Breite der fixierten Gingiva wird in Abbildung 9 wiedergegeben. Abbildung 10 zeigt den an den Röntgenbildern gemessenen Knochenabbau in Bezug auf das jeweilige Zeitintervall; zeitlicher Bezugspunkt ist dabei die Implantation.

Die Taschentiefe zeigte zunächst eine leichte Zunahme vom kleinsten Wert von 1,9 Millimetern im ersten Intervall um 0,6 Millimeter bis auf den höchsten Wert von 2,5 Millimetern im Intervall zwischen 13 und 18 Monaten nach Implantatfreilegung, dann jedoch wieder eine Abnahme bis auf 2,2 Millimeter. Im Verlauf spiegelte sich insgesamt eine minimal zunehmende Tendenz der Mittelwerte um 0,3 Millimeter in über 2 Jahren wieder. Dabei lagen die Werte im ganzen Beobachtungszeitraum eindeutig im normalen Bereich.

Die Werte für die Gingivabreite wiesen relativ starke Schwankungen auf, wobei sich der Wert zwischen dem Minimum von 2,7 Millimetern im Intervall von 4 bis 6 Monaten und dem Maximum von 4,0 Millimetern im Intervall von 7 bis 12 Monaten bewegte und somit keine kritischen Werte erreichte. Es war dabei keine eindeutige zu- oder abnehmende Tendenz zu ersehen.

Ein Zusammenhang zwischen den Parametern Gingivabreite und Taschentiefe ließ sich nicht erkennen. Auch im Hinblick auf die aufgetretenen marginalen Infektionen Grad 1 im ersten, vierten und sechsten Intervall zeigte sich keine Auswirkung auf die Gingivabreite.

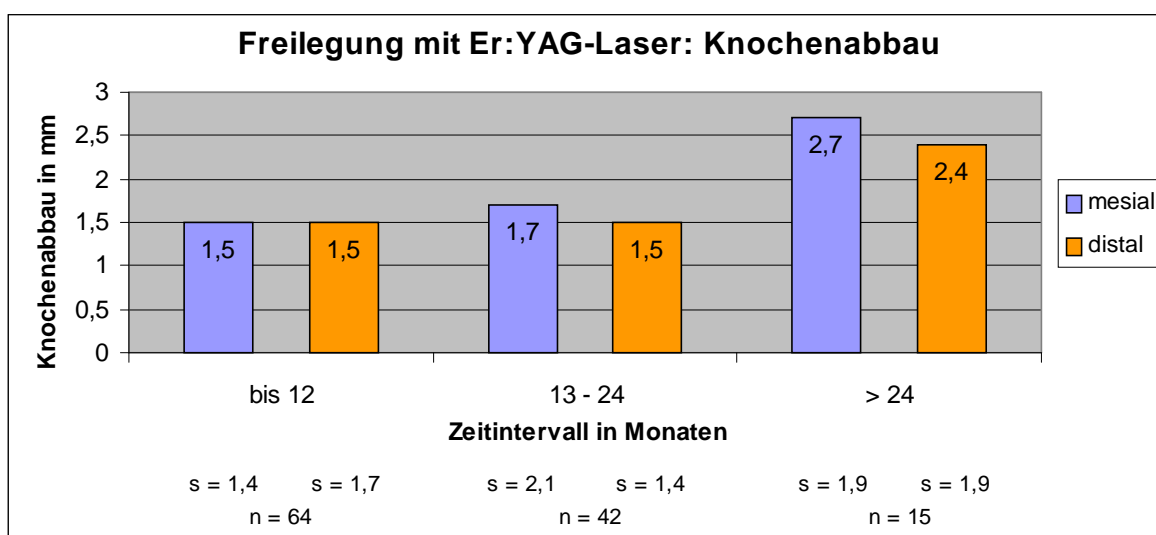


Abbildung 10: Zeitlicher Verlauf des Knochenabbaus

Die in Abbildung 10 dargestellten Mittelwerte für den an den Röntgenaufnahmen gemessene Knochenabbau beziehen sich jeweils auf den unmittelbar nach der Implantatinsertion gemessenen Wert und den Zeitpunkt der Implantation. Der Knochenabbau betrug dabei im ersten Jahr nach dem Setzen des Implantats mesial sowie distal 1,5 Millimeter, wobei sich das Knochenniveau im zweiten Jahr lediglich mesial leicht um 0,2 Millimeter verringerte, distal dagegen konstant blieb. Im Zeitraum nach 24 Monaten zeigte sich hier bei 15 Implantaten ein weiterer durchschnittlicher Abbau um einen Millimeter bzw. 0,9 Millimeter auf insgesamt 2,7 Millimeter mesial bzw. 2,4 Millimeter distal seit der Implantatinsertion.

3.1.6 Intraoperative Augmentation

In der Hälfte der Fälle der chirurgisch freigelegten Implantate wurde nach der Präparation des Implantatbettes und dem Setzen des Implantats bei der Präparation gewonnener autogener Knochen, zum Teil ergänzt mit Tricalciumphosphat, bei kleineren Knochendefekten lokal zur Augmentation des Kieferkamms aufgelagert. Als zusätzliche Behandlungsmaßnahme wurde gegebenenfalls auch die Technik der „Guided Bone Regeneration“ (GBR) angewandt.

Abbildung 11 stellt die Altersverteilung der intraoperativ augmentierten Implantate dar:

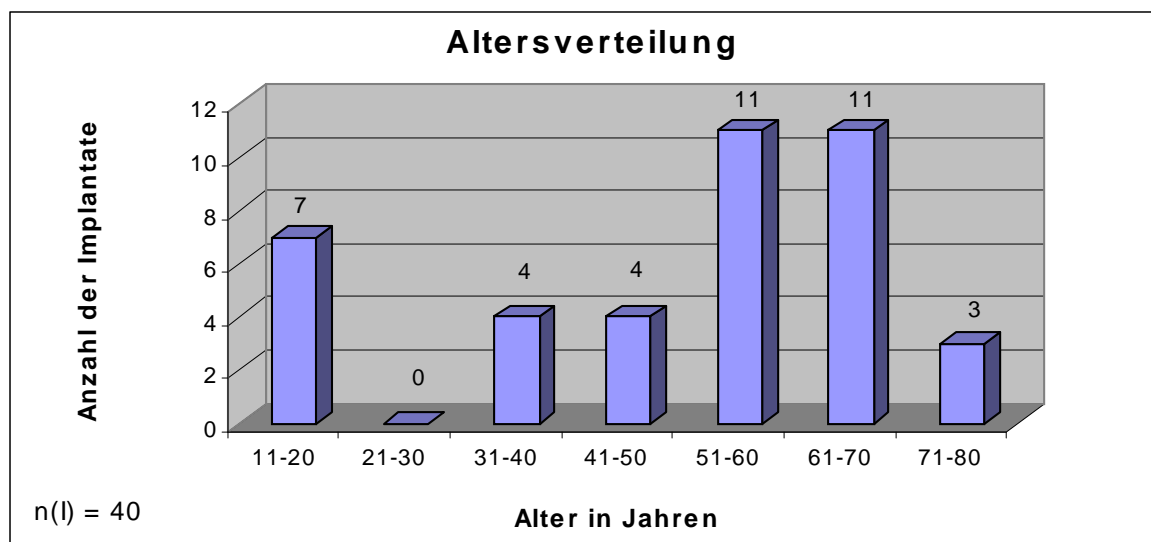


Abbildung 11: Verteilung der Implantate auf die Altersgruppen

Aus der Altersverteilung geht hervor, dass diese Maßnahme nicht auf bestimmte Altersgruppen beschränkt blieb.

Für 36 Implantate war die Indikation angegeben, davon wurden insgesamt 78% der Implantate zur Therapie von verkürzten Zahnreihen (42%) sowie von Einzelzahnverlusten (36%) gesetzt, wobei jedoch alle Indikationsbereiche vertreten waren (Abbildung 12).

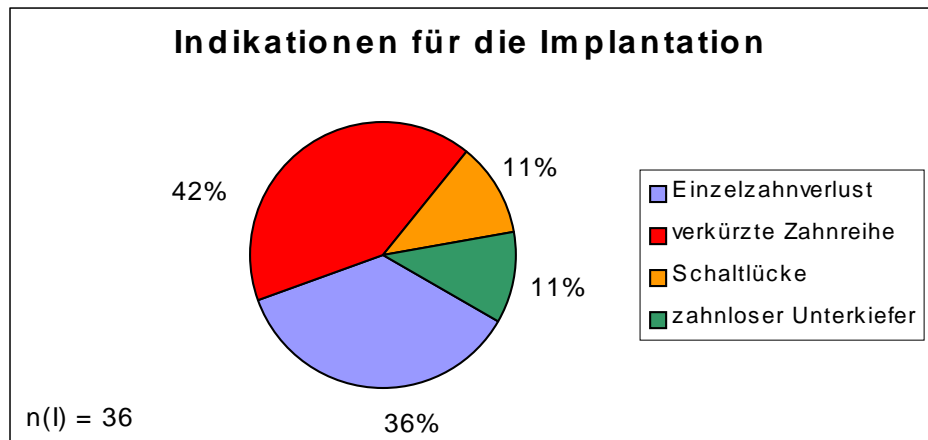


Abbildung 12: Indikationen für die Implantation

Eine intraoperative Augmentation erfolgte in der überwiegenden Anzahl der Fälle im Oberkiefer-Frontzahnbereich (39%), gefolgt vom Molaren- und Prämolaren-Bereich des Unterkiefers (25% bzw. 18%, Abbildung 13).

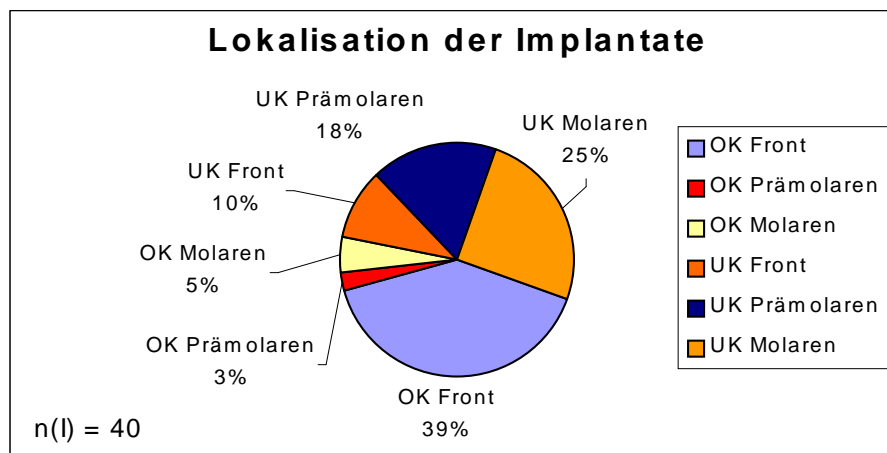


Abbildung 13: Implantatlokalisierung

Das Knochenmaterial wurde bei 74% der Implantate auf der buccalen bzw. vestibulären Seite aufgelagert; bei 13% zusätzlich auf der oralen Seite, und bei 13% ausschließlich auf der oralen Seite (Abbildung 14).

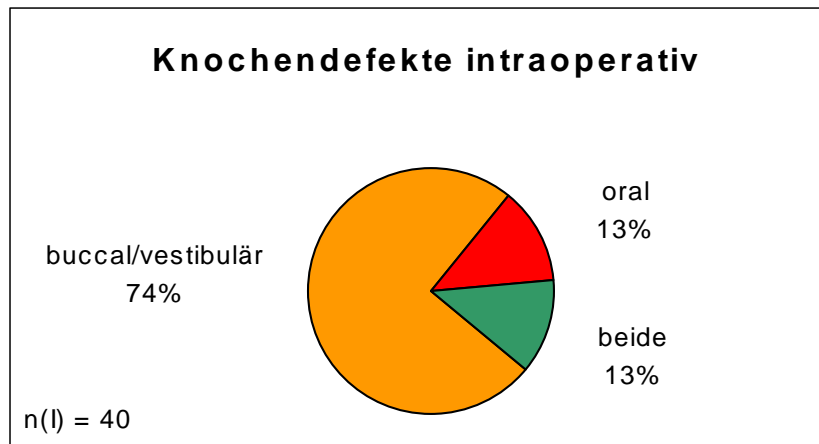


Abbildung 14: Defektlokalisationen

Keines der Implantate mit durchgeführter intraoperativer Augmentation war locker; lediglich im ersten Zeitintervall wurde bei zwei Implantaten eine leichte marginale Infektion Grad 1 festgestellt. Darüberhinaus trat im ersten Intervall ein Implantatverlust 6 Monate nach Implantatinsertion auf, welchem als Ursache eine periimplantäre Infektion zugrunde lag, bei der keine erfolgreiche Therapie möglich war. Bei diesem Implantat lag zudem 6 Tage postoperativ eine Nahtdehiszenz vor; daraufhin wurde eine Kürzung der eingelegten GBR-Membran vorgenommen sowie mit H_2O_2 -Lösung gespült.

In Abbildung 15 wird der zeitliche Verlauf der Taschentiefe und der Gingivabreite wiedergegeben; zeitlicher Bezugspunkt ist dabei die Implantatinsertion.

Die Taschentiefe betrug im ersten Intervall bis 6 Monate nach Implantation 2 Millimeter und wies mit zunehmendem Verlauf eine nur sehr leicht ansteigende Tendenz um 0,2 Millimeter bis auf 2,2 Millimeter nach mehr als 18 Monaten im letzten Intervall auf, wobei die Schwankungen zwischen den Intervallen unterhalb der statistischen Relevanz lagen.

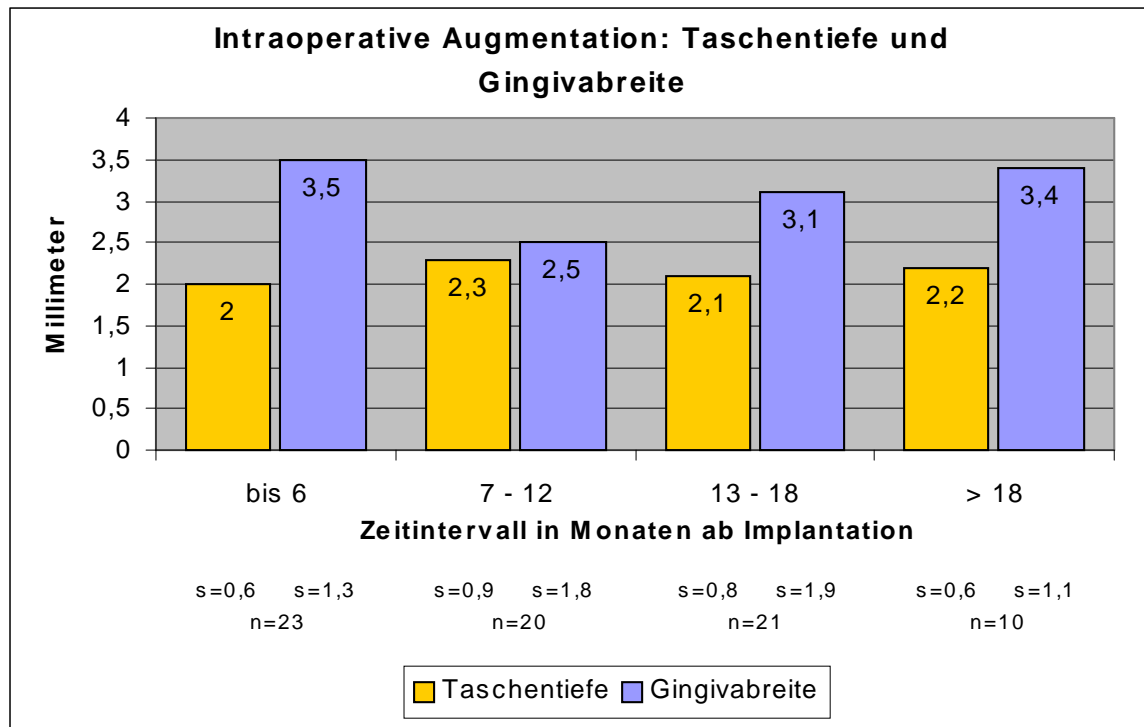


Abbildung 15: Zeitlicher Verlauf der Taschentiefe und Gingivabreite

Die Werte der Breite der Gingiva propria lagen zwischen maximal 3,5 Millimetern im ersten und minimal 2,5 Millimetern im zweiten Intervall. Im Verlauf zeigte sich zuerst ein Rückgang um einen Millimeter zwischen dem ersten und zweiten Intervall, dann bis zum letzten Intervall wieder ein Anstieg bis 0,1 Millimeter unter den Ausgangswert.

Auch in dieser Gruppe war zwischen Gingivabreite und Taschentiefe kein Zusammenhang feststellbar.

Der röntgenologisch ermittelte Knochenabbau wird in Abbildung 16 wiedergegeben. Die Werte beziehen sich dabei auf den Zeitpunkt der Implantation und das an diesem Zeitpunkt vorhandene Knochenniveau.

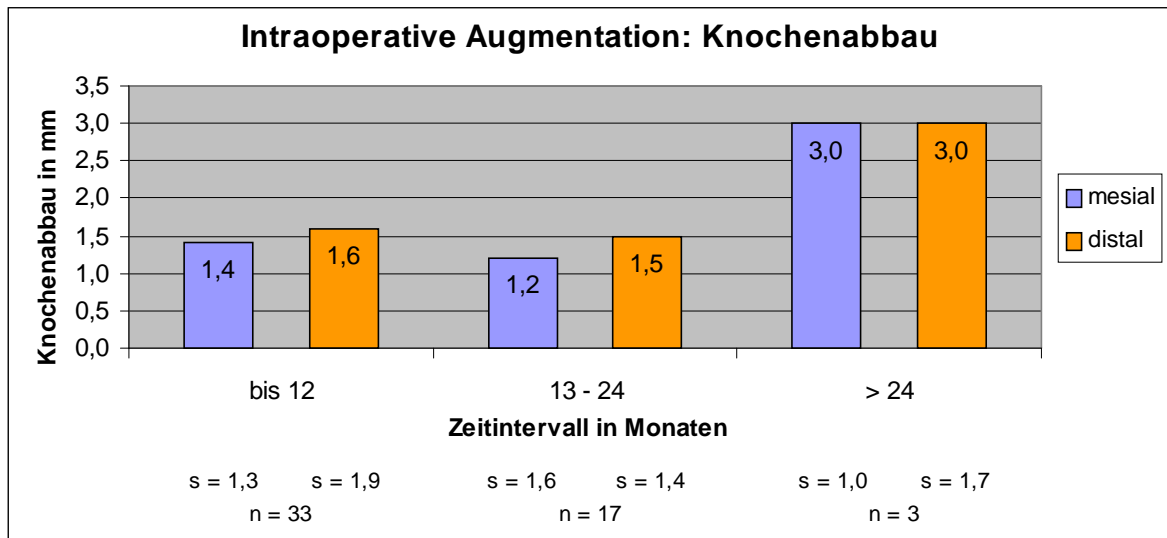


Abbildung 16: Zeitlicher Verlauf des Knochenabbaus

Nach intraoperativer Augmentation betrug der Knochenverlust im ersten Intervall bis 12 Monate nach Implantatsetzung mesial 1,4 und distal 1,6 Millimeter. Im Zeitraum von 13 bis 24 Monate zeigte sich ein leichter Anstieg des Knochenniveaus um durchschnittlich 0,2 bzw. 0,1 Millimeter. Im letzten Intervall lagen bei einer Anzahl von 3 Implantaten Mittelwerte von jeweils 3 Millimetern vor.

3.2 Präimplantäre Augmentation

3.2.1 Geschlechtsverteilung und Alter

Bei einer Gruppe von 26 Patienten wurde in einem zeitlichen Abstand von mindestens 4 Monaten vor der Implantatinserktion in einer eigenen Operation eine präimplantäre Augmentation des Kieferkamms durchgeführt. Neun der Patienten waren männlich (35%), 17 Patienten weiblich (65%) (Abbildung 17).

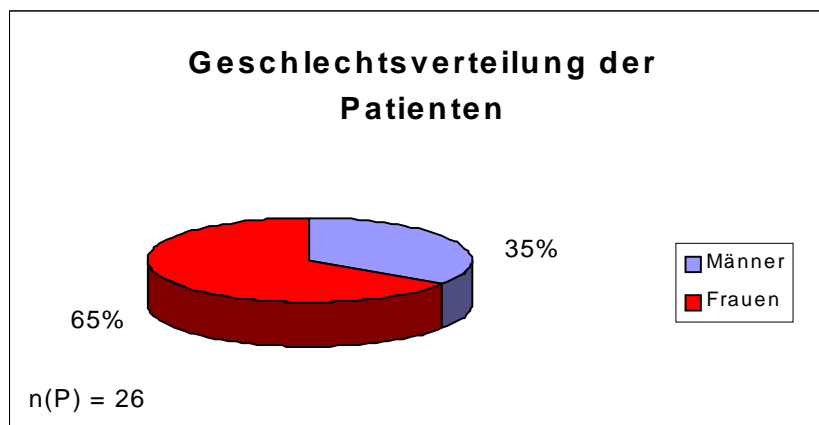


Abbildung 17: Geschlechtsverteilung Patienten

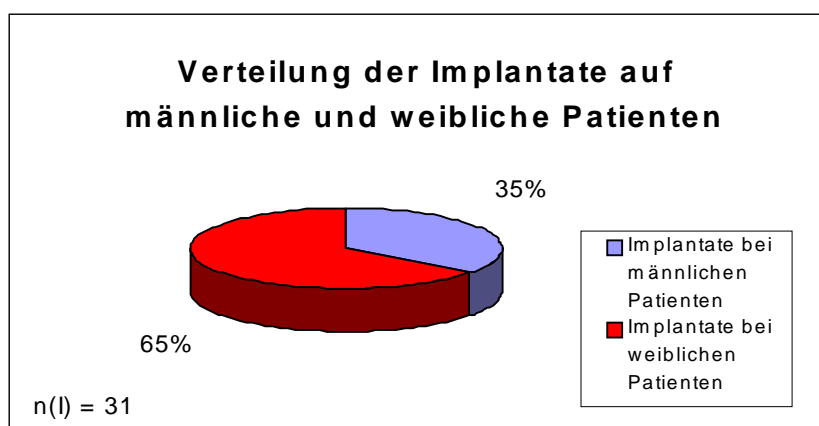


Abbildung 18: Verteilung der Implantate auf männliche und weibliche Patienten

Insgesamt wurden 31 Implantate gesetzt, davon 11 (35%) bei männlichen und 20 (65%) bei weiblichen Patienten (Abbildung 18), wobei ein bis zwei Implantate pro Patient inseriert wurden.

Das Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Implantation reichte von 16 bis 76 Jahren bei einem durchschnittlichen Alter von 31,5 Jahren. Es ergab sich folgende Verteilung auf die Altersgruppen (Abbildung 19):

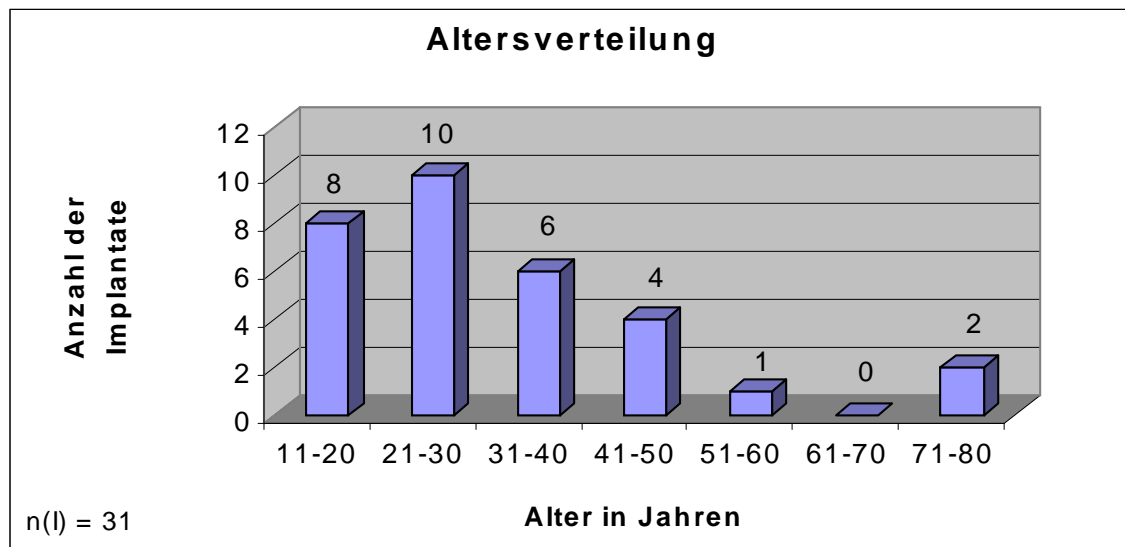


Abbildung 19: Verteilung der Implantate auf die Altersgruppen

Mit 18 Implantaten wurde ein großer Teil der 31 Implantatinsertionen in Verbindung mit präimplantärer Augmentation dabei bei Patienten durchgeführt, die jünger als 31 Jahre waren; bei über 50-jährigen Patienten wurden lediglich drei Implantate gesetzt.

3.2.2 Indikation und Lokalisation

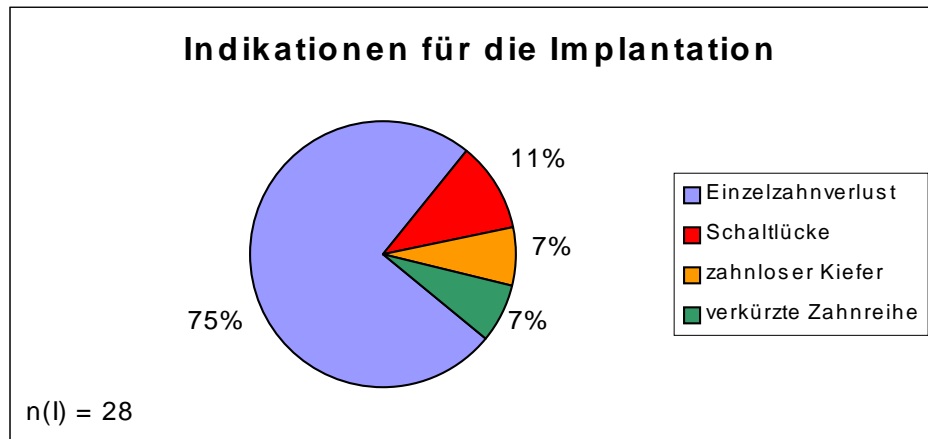


Abbildung 20: Indikationen für die Implantation

Wie aus Abbildung 20 hervorgeht, wurde die Indikation für 28 Implantate angegeben. Davon fielen die meisten Implantate in den Indikationsbereich „Einzelzahnverlust“ (75%), gefolgt von der Indikation „Schaltlücke“ (11%) und „zahnloser Kiefer“ sowie „verkürzte Zahnreihe“ (jeweils 7%).

Mit 26 von insgesamt 31 Implantaten (84%) wurde die große Mehrzahl im Oberkiefer-Frontzahnbereich gesetzt; die restlichen 5 Implantate waren auf die Bereiche der Oberkiefer-Prämolaren, der Unterkiefer-Prämolaren und Unterkiefer-Molaren verteilt.

3.2.3 Präimplantäre Augmentation: Material, GBR

Die Augmentation des Kiefers wurde mit autogenem Knochenmaterial durchgeführt, das bis auf wenige Ausnahmen (2 Implantate) aus dem retromolaren Bereich des Unterkiefers gewonnen worden war. Bei 19% der Implantate wurde der Eigenknochen dabei mit alloplastischem Knochenersatzmaterial (Tricalciumphosphat) kombiniert, und bei 45% der Implantate wurde als zusätzliche Behandlungsmaßnahme eine GBR-Membran eingebracht. (Abbildung 21).

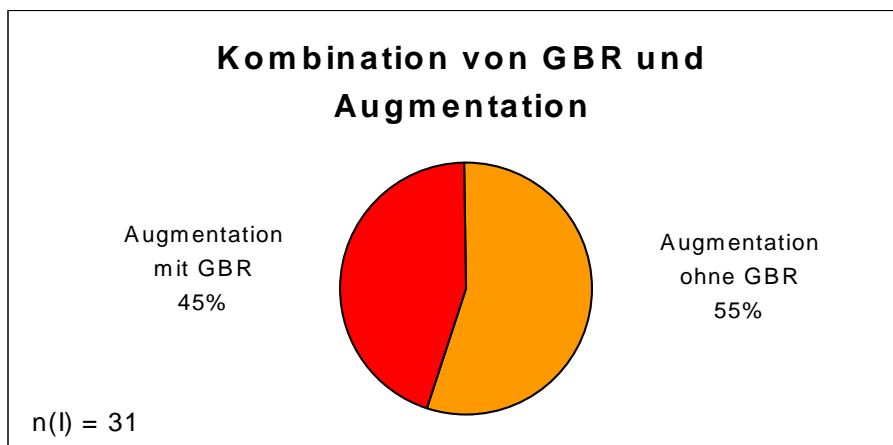


Abbildung 21: GBR-Membranen bei präimplantärer Augmentation

3.2.4 Mobilität, marginale Infektionen und Implantatverluste

Im Beobachtungsintervall von 13 bis 24 Monaten lag bei einem Implantat gleichzeitig Lockerungsgrad 1 in Verbindung mit einer marginalen Infektion der Gingiva Grad 2 vor; dieses Implantat musste explantiert werden. Die massive Entzündung trat lokalisiert vestibulär in Verbindung mit einem Fremdkörper und einer daraus resultierenden isolierten tiefen Tasche auf; die Sondierungstiefe betrug 5 Millimeter bei einer Gingivabreite von 2 Millimetern.

Darüberhinaus ereignete sich bei einem anderen Implantat in diesem Intervall eine vorübergehende leichte marginale Infektion der Gingiva Grad 1, welche jedoch keine weiteren Komplikationen nach sich zog.

3.2.5 Zeitlicher Verlauf der Taschentiefe, der Gingivabreite und des Knochenabbaus

Zeitlicher Bezugspunkt für Taschentiefe, Gingivabreite und Knochenabbau ist der Zeitpunkt der Implantation.

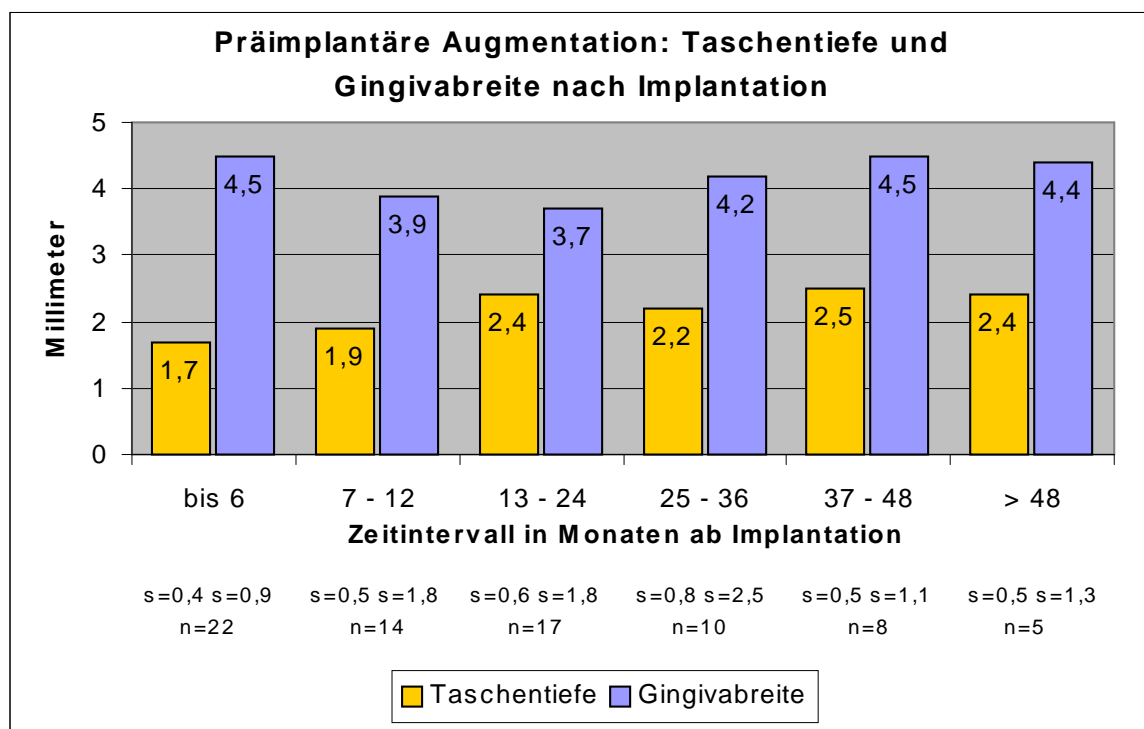


Abbildung 22: Zeitlicher Verlauf der Taschentiefe ab Implantation

Die für die Taschentiefe gemessenen Mittelwerte in Abbildung 22 zeigten vom kleinsten Wert mit 1,7 Millimetern im ersten Intervall an einen Anstieg um 0,7 Millimeter auf 2,4 Millimeter im Zeitraum von 13 bis 24 Monaten nach der Implantatinsertion und erreichten nach einer vorübergehenden leichten Abnahme den Maximalwert von 2,5 Millimetern im Intervall von 37 bis 48 Monaten. Die Zu-

nahme betrug dabei vom ersten Intervall an insgesamt 0,8 Millimeter. Im letzten Intervall war hingegen wieder eine leichte Verringerung sichtbar.

Der Mittelwert der für die Gingivabreite gemessenen Werte betrug in den ersten sechs Monaten nach der Implantation 4,5 Millimeter; für den folgenden Zeitraum bis 24 Monate nach der Implantation war ein Rückgang um 0,8 Millimeter bis auf den kleinsten Wert von 3,7 Millimetern im dritten Intervall ersichtlich. Danach nahmen die Mittelwerte wieder bis auf den Ausgangswert von 4,5 Millimetern zu, welcher im gesamten Verlauf nicht überschritten wurde (Abbildung 22).

Ein Zusammenhang zwischen den Parametern Gingivabreite und Taschentiefe war hier ebenfalls nicht zu beobachten.

Auch zwischen Gingivabreite und dem aufgetretenen Verlust eines einzelnen Implantats sowie der vorübergehenden marginalen Infektion Grad 1 an einem weiteren Implantat konnte kein Bezug hergestellt werden.

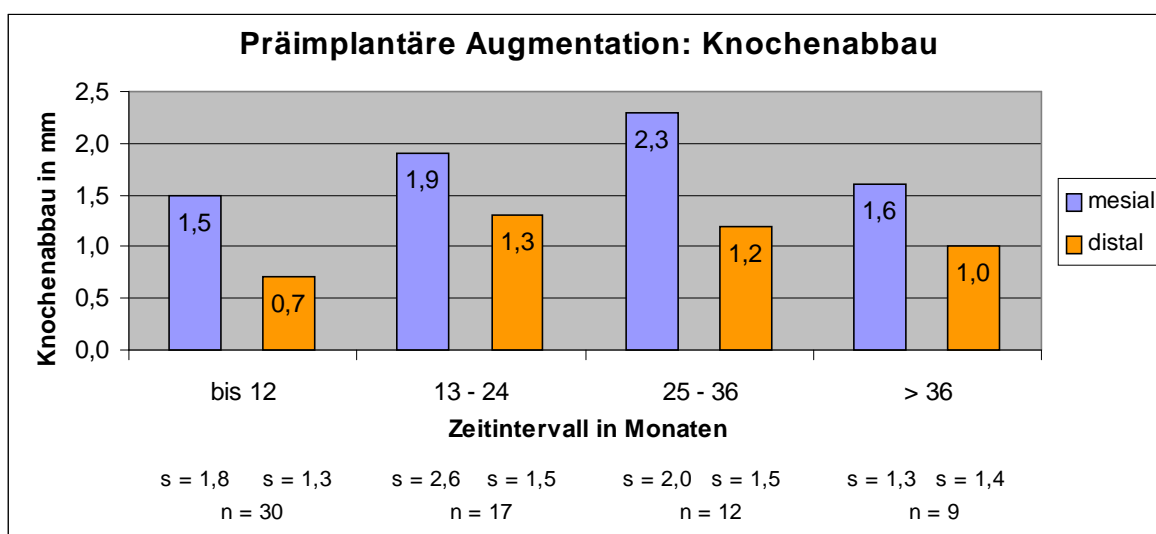


Abbildung 23: Zeitlicher Verlauf des Knochenabbaus

Abbildung 23 stellt den nach Implantatinsertion röntgenologisch gemessenen Knochenabbau, jeweils bezogen auf den Ausgangswert des Knochenniveaus unmittelbar nach dem Setzen des Implantats, dar. Hierbei zeigte sich im ersten Jahr ein Abbau von mesial 1,5 Millimetern und distal 0,7 Millimetern; im zweiten Jahr eine weiterer Abbau um 0,4 Millimeter mesial bzw. 0,6 Millimeter distal. Im dritten Intervall setzte sich bei einer Anzahl von 12 Implantaten mesial der Abbau um 0,4 Millimeter fort; distal dagegen blieb das Knochenniveau stabil. Im letzten

Intervall wurden die an 9 Implantaten gemessenen Werte für den seit dem Zeitpunkt der Implantation erfolgten Knochenabbau wieder kleiner.

4 Diskussion

4.1 Klinische Untersuchung

4.1.1 Chirurgische Freilegung von Implantaten mit dem Er:YAG-Laser

Im Rahmen dieser Studie wurden bei 47 Patienten aus allen Altersgruppen insgesamt 80 Implantate mit dem Er:YAG-Laser chirurgisch freigelegt, wobei alle Indikationsbereiche zur Implantatinsertion vertreten waren. In dieser Gruppe trat lediglich ein Implantatmisserfolg im Sinne eines Verlusts auf; eine erhöhte Mobilität Grad 1 oder größer wurde nicht festgestellt. Das betreffende Implantat musste aufgrund einer periimplantären Infektion einen Monat nach der chirurgischen Freilegung explantiert werden (siehe Kapitel 3.1.4). Die gravierende Rolle parodontalpathogener Keime beim Auftreten von Komplikationen bei Implantaten wird von anderen Autoren bestätigt (11, 54, 67). Da bei diesem Implantat jedoch bereits vor der Freilegung eine Nahtdehiszenz sechs Tage postoperativ nach der Implantatinsertion auftrat und darüber hinaus der Er:YAG-Laser eine sehr starke bakterizide Wirkung sowohl an Zahnoberflächen wie auch an Implantatoberflächen mit TPS-Beschichtung aufweist (34, 45, 51), kann ein Zusammenhang mit der Laseranwendung ausgeschlossen werden. Darüber hinaus wurde im Beobachtungszeitraum bei insgesamt fünf weiteren Implantaten eine leichte marginale Infektion Grad 1 festgestellt, die jeweils nur bei einer Kontrolle auftrat; eine Infektion Grad 2 oder 3 lag bei keinem Implantat vor. Von diesen fünf Befunden wurde bei zwei Implantaten gleichzeitig mit der Infektion eine Fraktur am Hexagon diagnostiziert; beide Ereignisse traten bei einem Patienten mehr als 2 Jahre nach der Freilegung auf, so dass ein Zusammenhang zwischen der Infektion und der Fraktur als am wahrscheinlichsten angesehen werden kann. Von einigen Autoren (21) wird die Implantatfraktur an sich zwar als Misserfolg betrachtet; in diesem Fall kann ein kausaler Zusammenhang mit der Laserapplikation jedoch mit hoher Si-

cherheit ausgeschlossen werden, da neben diesen beiden Implantaten keine weiteren Frakturen im Patientenkollektiv auftraten und sich beide Frakturen bei demselben Patienten ereigneten. Beide Implantate wurden im Unterkiefer zur Therapie einer Freiendsituation im dritten Quadranten im Seitenzahnbereich gesetzt, daher liegt bei einer Fraktur eine Überbeanspruchung, beispielsweise durch Bruxismus, auch bei lege artis gesetzten Implantaten im Einzelfall durchaus im Bereich des Möglichen. Zudem befindet sich während der Implantatfreilegung die Einheilkappe auf dem Implantatpfosten, so dass ein Schutz der Implantatoberfläche dadurch gegeben ist. Darüber hinaus wird ein Großteil der Laserstrahlung an spiegelnden polierten Oberflächen wie den transgingivalen Bereichen der Implantatpfosten oberhalb der TPS-Beschichtung reflektiert, wodurch eine mögliche Oberflächenmodifikation als sehr unwahrscheinlich anzusehen ist.

Als weiterer Faktor zur Beurteilung der Implantatprognose wurde bei jeder Nachkontrolle die vestibuläre Taschentiefe am Implantat gemessen. Nach BUSER und MAEGLIN besteht ein eindeutiger Zusammenhang zwischen erhöhten Messwerten für den Parameter Taschentiefe und einer periimplantären Infektion (20). Dies wurde durch SCHMID im Rahmen einer klinischen Verlaufsstudie über das Benefit-Implantatsystem bestätigt (68). Die Taschentiefe ist also im zeitlichen Verlauf ein sehr aussagekräftiges Kriterium in Bezug auf das Vorhandensein einer Infektion. Die Mittelwerte für die Taschentiefe lagen zwischen 1,9 Millimetern, gemessen bis 3 Monate nach der Implantatfreilegung, und maximal 2,5 Millimetern im Zeitraum von 13 bis 18 Monaten nach der Freilegung. Im letzten Intervall mehr als 2 Jahre nach Freilegung war wieder eine Abnahme auf 2,2 Millimeter zu verzeichnen. Da die Freilegung der Implantate bis auf wenige Ausnahmen drei bis vier Monate nach der Implantatinsertion durchgeführt wurde, entspricht das in etwa den Zeitintervallen bis 7 Monate nach Implantatinsertion bzw. 17 bis 22 Monate nach Implantatinsertion; im letzten Intervall lagen dementsprechend zum größten Teil mehr als 28 Monate zwischen Insertion und Nachkontrolle. In der oben genannten Verlaufsstudie über das Benefit-System gibt der Autor in den Intervallen von 0 bis 12, von 13 bis 24 und 25 bis 36 Monaten jeweils einen Medianwert von zwei Millimetern für die Taschentiefe an (68), wobei der Minimalwert in den ersten beiden Intervallen bei einem Millimeter, der Maximalwert bei 8 Millimetern lag; im dritten Intervall lagen die Werte zwischen 1 und 4 Millimetern. In einer weiteren

klinischen Verlaufsstudie zur Prognose trans- und subgingival inserierter enossaler Implantate untersuchte BORST 2000 an 96 Patienten mit insgesamt 169 ITI-Bonefit-Implantaten unter anderem den zeitlichen Verlauf der Taschentiefe in Abhängigkeit von der Implantatlokalisierung. Für im Oberkiefer-Frontzahnbereich gesetzte Implantate bewegten sich die Mittelwerte für die Taschentiefe zwischen 1,9 Millimetern und 2,4 Millimetern im Zeitraum bis 36 Monate nach Implantatinsertion, während für Implantate im Oberkiefer-Seitenzahnbereich im gleichen Zeitraum Mittelwerte von 2,3 bis 3,1 Millimeter berechnet wurden, die somit etwas größer waren. Für den Unterkiefer-Seitenzahnbereich blieben die Mittelwerte mit 2,2 bis 2,4 Millimetern bis 36 Monate nach Implantation nahezu völlig konstant. Im zeitlichen Verlauf stellte BORST bei allen drei Lokalisationen eine leichte Zunahme der Taschentiefe ab dem zweiten Jahr nach Implantatinsertion fest (11). Weitere Autoren geben für die Sondierungstiefe bei erfolgreichen Implantaten Werte von 1,5 Millimetern bis zu 3,5 Millimetern an (1, 4, 6, 7, 23, 25, 36, 65, 66). Die in vorliegender Studie gemessenen Mittelwerte lagen also während des gesamten Beobachtungszeitraumes in einem normalen und unkritischen Bereich, zumal je nach individueller Schleimhautdicke sogar Werte über 3,5 Millimeter als physiologisch eingestuft werden können (5). Im Verlauf zeigte sich zwar ein relativ früher Anstieg von 1,9 auf 2,1 Millimeter und weiter bis auf 2,5 Millimeter, jedoch war in den darauffolgenden Intervallen im Gegensatz zu den Angaben von BORST auch wieder eine Abnahme auf 2,2 Millimeter zu beobachten, so dass die Zunahme der Taschentiefe mehr als 24 Monate nach der Implantatinsertion sich auf lediglich 0,3 Millimeter belief. Aufgrund der auf die Lokalisation des Implantats bezogenen Angaben BORSTs ergeben sich im Vergleich mit den eigenen Daten kleinere Abweichungen, die jedoch statistisch bedingt sind. BORST und SCHMID stufen einen Anstieg der Taschentiefe von 1 Millimeter jeweils als signifikant ein (11, 68), der in diesem Ausmaß bei den eigenen Daten nicht festgestellt werden konnte.

Im Gegensatz zur Taschentiefe besitzt die gemessene Breite der Gingiva propria weniger Aussagekraft in Bezug auf die Implantatprognose, weder ein Zusammenhang zwischen Gingivabreite und Taschentiefe (5, 11, 68) bzw. zwischen Gingivabreite und marginalem Knochenverlust konnte festgestellt werden (5). KELLER untersuchte den Einfluß der Gingivabreite auf das Implantat, wobei er als Parame-

ter für die periimplantären Gingiva-Verhältnisse unter anderem die Sulkus-Fluid-Flow-Rate (SFFR) am jeweiligen Implantat ermittelte, welche eine genaue Aussage über den Entzündungsgrad ermöglicht (55) und eine sehr hohe Wertigkeit bezüglich pathologischer Veränderungen des periimplantären knöchernen Lagergewebes aufweist (5). Dabei stellte er fest, dass selbst bei einer Gingivabreite von unter dem von einigen Autoren als Mindestbreite geforderten Wert von 2 Millimetern (28, 52) die SFFR nur geringe Abweichungen im Vergleich zu Gingivabreiten von über 2 Millimetern zeigte und somit eine schmale keratinisierte Gingiva nicht zwangsläufig für Nachteile für die Funktion oder Stabilität eines Implantats sorgt (40). Der Forderung nach einer Mindestbreite von 2 Millimetern als unbedingte Voraussetzung für gute periimplantäre Verhältnisse wird auch von anderen Autoren widersprochen (11, 35, 62, 81). Da jedoch ein schmaler Saum fixierter Gingiva nur eine geringe Schutzfunktion gegen Putzdefekte und Einwirkungen der Mukosa wie hoch ansetzenden Bändern bietet, kann durch die Entstehung von Putzverletzungen oder Pseudotaschen sowie Rezessionen in Verbindung mit mangelhafter Mundhygiene eine periimplantäre Entzündung begünstigt werden. Darüberhinaus spielt die Gingivabreite eine wichtige Rolle für den Prothesenhalt (8, 11), wodurch diesem Parameter durchaus eine funktionelle Bedeutung zukommt. Aus diesem Grund wurden die Werte der Gingivabreite in den Nachkontrollen erfasst. Auch SCHMID wertete die Breite der Gingiva propria aus; die Medianwerte betragen dabei bis 60 Monate nach Implantation konstant 4 Millimeter mit Ausnahme des Zeitraumes von 37 bis 48 Monaten, in dem der Medianwert bei 3,5 Millimetern lag. Die Minimalwerte lagen im Intervall von 13 - 24 Monaten nach Implantatinsertion bei 0 Millimetern, sonst bei 1 Millimeter; die Maximalwerte in den ersten beiden Intervallen bis 24 Monate nach Implantatsetzung 9 Millimeter, dann von 25 bis 36 Monaten 6 Millimeter (68). BORST gibt – analog zu der Angabe der Taschentiefen – wieder in Abhängigkeit von der Implantatlokalisierung bis 36 Monate nach Implantatinsertion Mittelwerte der Gingivabreite für den Oberkiefer-Frontzahnbereich von 5,1 Millimetern im Intervall bis 6 Monate nach Implantatinsertion und in den darauffolgenden Intervallen von 4,5 bzw. 4,4 Millimetern an. Für den Oberkiefer-Seitenzahnbereich betrug der Mittelwert im ersten Intervall 4,6 Millimeter, in den darauffolgenden Intervallen 3,5 bis 3,8 Millimeter. Im Unterkiefer-Seitenzahnbereich lagen die Mittelwerte vom ersten Intervall an bis nach 36 Monaten zwischen 3 und 3,4 Millimetern. Die in eigener Studie errechneten Mittel-

werte bewegten sich zwischen 2,7 Millimetern im Intervall von 4 bis 6 Monaten nach Freilegung des Implantats (respektive analog zu den Intervallen beim Parameter Taschentiefe ca. 8 bis 10 Monate nach Implantatinsertion) und maximal 4 Millimetern 7 bis 12 Monate nach Freilegung (ca. 11 bis 16 Monate nach Insertion). Dabei liegt der Wert von 2,7 Millimetern immer noch deutlich über dem diskutierten Grenzwert von 2 Millimetern. Im ersten Intervall bis 3 Monate nach der Freilegung betrug der Mittelwert 3,7 Millimeter; im letzten Intervall mehr als 24 Monate nach der Freilegung zeigte sich eine leichte Verringerung um 0,3 Millimeter auf 3,4 Millimeter, was jedoch keine Veränderung mit signifikanter Relevanz darstellt. Im Verlauf zeigten sich relativ starke Schwankungen zwischen den Mittelwerten der einzelnen Intervalle, die jedoch keine eindeutige Tendenz aufwiesen und statistisch bedingt waren. Auch sind die erhöhten Werte für die Standardabweichung ein Hinweis auf eine größere Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert. Im Vergleich zu den Werten von BORST lagen die eigenen Werte tendenziell unter denen des Oberkiefer-Frontzahnbereichs und über den Werten des Unterkiefer-Seitenzahnbereichs. Eine relativ gute Übereinstimmung findet sich mit den Werten für den Oberkiefer-Seitenzahnbereich. Auch im Hinblick auf die von SCHMID ermittelten Werte waren die eigenen Werte nur geringfügig kleiner.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich bei den mit dem Er:YAG-Laser freigelegten Implantaten keine signifikante Abweichung der Parameter Taschentiefe und Breite der Gingiva propria im Vergleich mit anderen Implantaten mit gleicher Beschichtung, jedoch ohne Anwendung des Er:YAG-Lasers, feststellen lässt. Aufgetretene Implantatverluste beschränkten sich auf einen Einzelfall, auch die Anzahl der leichten Infektionen der Gingiva war - abgesehen von den frakturierten Implantaten - mit 3 zeitlich begrenzten Fällen bei insgesamt 80 Implantaten gering. Im Hinblick auf die Tatsache, dass bei 26% der Implantate eine Oberflächenanästhesie ausreichend war und bei 3% sogar völlig auf eine Anästhesie verzichtet werden konnte, stellt die chirurgische Freilegung von Implantaten mit dem Er:YAG-Laser eine schmerzarme Methode dar, bei der sich im Rahmen dieser Studie keinerlei negative Auswirkung auf die oben genannten klinisch erfassten Parameter und somit auf die periimplantären Schleimhautverhältnisse gezeigt hat. Weitere Vorteile neben der verringerten Schmerzempfindung während der Applikation (2) liegen in der hohen Schneideffizienz bei ungestörtem und günstigem

Wundheilungsverlauf (44, 45, 48, 79) bei geringerer Blutung (2, 45, 79) sowie sehr geringen postoperativen Beschwerden (2). Darüber hinaus besitzt der Er:YAG-Laser eine sehr starke bakterizide Wirkung (2, 51), was gerade im periimplantären Bereich einen großen Vorteil darstellt. Da sich 36 der mit dem Er:YAG-Laser erfolgreich freigelegten Implantate im ästhetisch sensiblen Frontzahnbereich im Ober- und im Unterkiefer befanden, konnten auch im Hinblick auf die oben verglichenen Werte der Gingivabreite die von anderen Autoren angegebenen Einschränkungen bezüglich der Anwendung dieses Lasers bei hohen ästhetischen Anforderungen oder einem Mangel an keratinisierter Gingiva (2) in dieser Studie widerlegt werden.

4.1.2 Intraoperative Augmentation

Bei insgesamt 20 der 40 freigelegten Implantate waren kleinere lokale Knochendefekte vorhanden, die im Verlauf der Implantatinserterion durch Augmentation im simultanen Verfahren gedeckt wurden. Die Vorteile dieses Vorgehens bei der Augmentation liegen darin, dass keine weitere Operation durchgeführt werden muß, was für den Patienten eine erhebliche Erleichterung und ein verringertes Risiko darstellt. Zur Defektdeckung wurde autogener Knochen verwendet, der beim Anlegen des Implantatlagers gewonnen wurde. In einigen Fällen wurde je nach Situation das autogene Material mit dem alloplastischen Knochenersatzmaterial Tricalciumphosphat (TCP) vermischt, welches sich dadurch auszeichnet, dass es bei hoher Biokompatibilität gut durch neugebildeten Knochen ersetzt wird (26, 32). Außerdem kam bei einem Teil der Fälle zusätzlich die Technik der „Guided Bone Regeneration“ zur Anwendung.

Bei einem der Implantate, bei denen das Verfahren der intraoperativen Augmentation unter Anwendung der GBR-Technik durchgeführt wurde, ereignete sich 6 Tage postoperativ eine Nahtdehiszenz. Diese wurde mit H₂O₂-Spülung und mit Kürzung der Membran behandelt. Sechs Monate nach Implantatinserterion kam es zu einer periimplantären Infektion, die nicht mehr erfolgreich therapiert werden

konnte, so dass eine Explantation indiziert war. Abgesehen von diesem Einzelfall traten bei den restlichen Implantaten keine derartigen Komplikationen auf.

Die Werte für die Taschentiefe der intraoperativ augmentierten Implantate lagen zwischen 2,0 und 2,3 Millimetern und damit im normalen Bereich. Die Schwankungen betragen wenige Zehntelmillimeter und waren damit statistisch nicht signifikant. Im gesamten Verlauf zeigte sich vom ersten bis zum letzten Intervall eine konstante bis leicht zunehmende Tendenz von 0,2 Millimetern in mehr als 18 Monaten nach der Implantation. Im Vergleich zu den von BORST angegebenen Werten (11) für die im Oberkiefer-Frontzahnbereich inserierten Implantate wiesen die eigenen Werte bis auf eine kleinere Differenz im Zeitraum von 7 bis 12 Monaten eine gute Übereinstimmung auf. Hinsichtlich der Werte des Oberkiefer-Seitenzahnbereichs sowie des Unterkiefer-Seitenzahnbereichs lagen die eigenen Werte sogar etwas niedriger. Bezogen auf die von SCHMID angegebenen Werte (68) von 2 Millimetern bis 24 Monate nach Implantation zeigte sich ebenfalls eine gute Übereinstimmung.

Die nach intraoperativer Augmentation gemessenen Mittelwerte für die Breite der befestigten Gingiva lagen zwischen maximal 3,5 Millimetern im ersten Intervall bis 6 Monate nach Implantatinsertion und minimal 2,5 Millimetern im darauffolgenden Intervall und blieben somit deutlich über 2 Millimetern. Im Verlauf trat vom ersten zum zweiten Intervall zwar eine starke Verminderung um einen Millimeter auf, jedoch erfolgte dann wieder eine kontinuierliche Zunahme der Werte bis auf 3,4 Millimeter im letzten Intervall >18 Monate, was nahezu dem Ausgangswert entspricht. Insgesamt zeigte sich also eine konstante bis leicht abfallende Tendenz, jedoch ohne ein statistisch signifikantes Ausmaß zu erreichen. Im Vergleich zu den Werten von BORST lagen die eigenen Werte in der Größenordnung der für den Unterkiefer-Seitenzahnbereich angegebenen Werte von 3 bis 3,2 Millimetern bis 24 Monate nach Implantatinsertion; die für den Oberkiefer ermittelten Werte lagen über den eigenen Werten. Angesichts der Tatsache, dass 43% der in der vorliegenden Studie erfaßten Implantate mit intraoperativer Augmentation im Unterkiefer-Seitenzahnbereich inseriert worden sind und angesichts der relativ starken Schwankungen der Mittelwerte sowie der erhöhten Werte für die Standardabweichung kann hier von einer vergleichsweise guten Übereinstimmung ausgegangen werden. Eine Abnahme der Gingivabreite von einem Millimeter nach mehr als

sechs Monaten konnte auch von BORST im Oberkiefer-Seitenzahnbereich beobachtet werden, ansonsten zeigten die von ihm angegebenen Werte einen konstanten Verlauf. Die von SCHMID angegebenen Medianwerte lagen - bei großer Streuung der Einzelwerte von 0 bis 9 Millimetern - mit 4 Millimetern über den eigenen Werten.

Das Verfahren der intraoperativen Augmentation zeigte also hinsichtlich der Messwerte für die Taschentiefe keine signifikante Auswirkung. Auch die Werte der Gingivabreite bewegten sich im normalen Bereich deutlich über dem bereits diskutierten Wert von 2 Millimetern. Es lassen sich daher im Rahmen dieser Studie aus den klinisch erfassten Parametern keine Nachteile dieses Verfahrens für die Implantatprognose sowie die funktionell bedeutsame Breite der fixierten Gingiva feststellen.

4.1.3 Präimplantäre Augmentation

Bei insgesamt 31 Implantaten und 26 Patienten wurde die lokale Augmentation des Alveolarknochenkamms in einer eigenen Operation mindestens vier Monate vor der Implantatinsertion, teilweise unter Anwendung der GBR-Technik, durchgeführt. Das Durchschnittsalter dieser Gruppe lag mit 31,5 Jahren relativ niedrig, wobei mit 26 von 31 Implantaten bei weitem die meisten Implantate im Oberkiefer-Frontzahnbereich gesetzt wurden. In 75% der Fälle mit angegebener Indikation lag ein Einzelzahnverlust vor. Ursachen für den Zahnverlust an dieser Stelle sind neben kariös bedingten Prozessen oft Frontzahntraumata wie auch erbliche Nichtanlagen von Zähnen. Nun stellt der Oberkiefer-Frontzahnbereich gerade bei hoher Lippenlinie einen Bereich dar, in dem eine optimale Ästhetik eine sehr hohe Priorität hat. Um eine solche Ästhetik zu erreichen, ist eine entsprechende Position des Implantats in allen drei Dimensionen von grundlegender Wichtigkeit (9). Dennoch kann meist eine entsprechende Position nach labial nicht erreicht werden, da die ursprüngliche buccale Kontur des Oberkiefer-Alveolarfortsatzes resorbiert worden ist, jedoch der Erhalt einer mindestens 1 Millimeter dicken buccalen Knochenwand

eine für eine unbeeinträchtigte Lanzeitprognose zwingend erforderliche Bedingung darstellt (9, 56). Gerade in dieser Situation in Verbindung mit flachen, ausgedehnten Knochendefekten ist das zweistufige Vorgehen der präimplantären Augmentation indiziert (9), da bei diesem eine optimale Position des Implantats erreicht werden kann. Darüber hinaus wird das Anlegen des Implantatlagers erleichtert und eine bessere Primärstabilität des Implantats erreicht (14). Als Augmentationsmaterial wurden kortikospongiöse autogene Blöcke verwendet, die mehrere Vorteile bieten: Einerseits findet in dem den Knochen aufliegenden spongiösen Bereich eine schnelle Revaskularisierung und ein vollständiger Ersatz durch neues Knochengewebe statt; andererseits weist der kortikale Anteil eine hohe Stabilität, sowohl die Resorption betreffend als auch in mechanischer Hinsicht, auf (80).

Von 31 Implantaten dieser Gruppe trat bei einem Implantat eine starke Entzündung der Gingiva in Verbindung mit einer Lockerung auf, worauf dieses Implantat explantiert werden mußte. Ursache war ein Fremdkörper, der vestibulär zu einer lokalisierten tiefen Tasche führte. Abgesehen von einer weiteren leichten temporären marginalen Infektion ereigneten sich keine weiteren Komplikationen. Die Mittelwerte der nach präimplantärer Augmentation gemessenen Taschentiefen der Implantate lagen zwischen 1,7 Millimetern im Zeitraum bis 6 Monate nach Implantatinsertion und 2,5 Millimetern im Zeitraum von 37 bis 48 Monaten. Im Verlauf zeigten sich in den ersten beiden Intervallen mit 1,7 bzw. 1,9 Millimetern sehr geringe Werte, dann folgte im dritten Intervall ein Anstieg um 0,5 Millimeter auf den Wert 2,4 Millimeter, welcher in den nächsten Intervallen bis über 4 Jahre nach Insertion mit geringen Schwankungen von maximal 0,2 Millimetern jedoch stabil und deutlich innerhalb des normalen Bereichs blieb. BORST gibt für Implantate ohne präimplantäre Augmentation eine Taschentiefe von konstant 2,1 Millimetern bis 60 Monate nach Insertion an, abgesehen vom Zeitraum von 37 bis 48 Monaten mit 2,4 Millimetern (11). Bis 12 Monate nach Insertion lagen die eigenen Werte 0,4 bzw. 0,2 Millimeter darunter; in den folgenden Intervallen 0,1 bis 0,3 Millimeter darüber. Bei den Implantaten mit präimplantärer Augmentation beobachtete BORST ebenfalls einen Anstieg der Taschentiefe im Intervall von 13 bis 24 Monaten, und zwar um 1 Millimeter von 1,6 auf 2,6 Millimetern mit darauffolgenden nahezu konstanten Werten. Im Vergleich dazu lagen die eigenen Werte bis 12 Monate leicht höher, danach etwas niedriger; der Anstieg der Taschentiefe war

lediglich halb so groß wie der von BORST beobachtete und mit einem Wert von 0,5 Millimetern statistisch nicht signifikant. Hinsichtlich der von SCHMID angegebenen Werte zeigten sich ebenfalls keine großen Abweichungen (68).

Die Gingivabreite bewegte sich zwischen 3,7 und 4,5 Millimetern und erreichte damit bei konstantem Verlauf und relativ geringen Schwankungen relativ hohe und günstige Werte. Die Werte stimmten dabei gut mit den Angaben von BORST und SCHMID überein.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im Rahmen dieser Studie das Verfahren der präimplantären Augmentation keine signifikanten negativen Auswirkungen auf die klinischen Parameter der vestibulären Taschentiefe und Breite der fixierten Gingiva zeigte und so keine Nachteile für die Implantatprognose sowie die Breite der fixierten Gingiva festzustellen sind.

Auch in der Literatur werden für Implantate in augmentiertem Knochen gute Erfolge beschrieben. Dabei kann eine laterale Augmentation des Kieferkamms sowohl alleine mit autogenen aufliegenden Transplantaten (13, 14, 38, 53, 61, 76) als auch in Kombination mit der Technik der „Guided Bone Regeneration“ durchgeführt werden (14, 16), wobei hinsichtlich der klinischen Parameter sowie der Osseointegration und des Knochenniveaus kein Unterschied zu Implantaten in natürlichem Knochen festgestellt werden konnte (3, 17, 19).

4.2 Auswertung der Röntgenaufnahmen

Die Darstellung der periimplantären Knochenverhältnisse im Röntgenbild wird von vielen Autoren als wichtiges Kriterium im Hinblick auf die Implantatprognose gewertet, insbesondere in Bezug auf den gemessenen marginalen Knochenabbau (5, 12, 30, 31, 37). KELLER führte daher 1995 eine Studie zur Überprüfung der Genauigkeit von Messungen an Knochentaschen durch (42). Dabei wurde die Tiefe der Knochentaschen von 3 erfahrenen Auswertern an Titan- sowie an Keramikimplantaten in Orthopantomogrammen sowie in Zahnfilmaufnahmen gemessen. KELLER kommt zu dem Ergebnis, daß aufgrund einer geringen Übereinstimmung der Auswerter von bestenfalls 76% der Fälle sowie der möglichen Fehlerquellen dieser Diagnostikmethode eine sehr kritische Betrachtung der aus dem Röntgenbefund gewonnenen Implantatprognose angebracht ist (42). Als mögliche Fehlerquellen gibt KELLER unter anderem an:

- nicht reproduzierbare Röntgenaufnahmen
- exzentrische Einstellung (Implantatachse)
- Vergrößerung nicht berücksichtigt
- Auswertungsgenauigkeit und subjektive Einschätzung: Beurteilung

Angesichts dieser Tatsachen sollte die klinische Untersuchung im Vordergrund stehen und die Röntgendiagnostik ergänzend herangezogen werden (42). Auch JANSEN stellte im Vergleich zwischen klinischer und röntgenologischer Vermessung von Defekten im OPT bei einer Genauigkeit von ± 1 Millimeter eine Übereinstimmung in nur ca. 60 % aller Fälle fest, daher steht für ihn bei der Beurteilung von Röntgenaufnahmen die qualitative Aussage im Vordergrund (37).

Die in der vorliegenden Studie errechneten Mittelwerte für den Knochenabbau betragen bei den mit dem Er:YAG-Laser freigelegten Implantaten im ersten Jahr nach der Implantatinsertion mesial und distal jeweils 1,5 Millimeter. Im Zeitintervall von 13 bis 24 Monaten blieb das Knochenniveau mesial und distal konstant. Im Zeitraum >24 Monate zeigte sich zwar eine deutliche Zunahme um jeweils 1 Millimeter, jedoch lagen mit einer Anzahl von 15 Implantaten nur wenige Implantate

vor. In Verbindung mit der vorliegenden hohen Standardabweichung von jeweils 1,9 ist diese Zunahme bei wenigen Implantaten mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit statistisch bedingt und nicht signifikant. Die Ursache für die hohe Standardabweichung, die ein Maß für die Streuung der Einzelwerte um den Mittelwert darstellt, liegt mit in der oben beschriebenen Ungenauigkeit der Defektmessung am Röntgenbild.

Die Werte für den Knochenabbau bei den intraoperativ augmentierten Implantaten lagen im ersten Jahr nach Implantation bei 1,4 Millimetern mesial und 1,6 Millimetern distal. Im zweiten Intervall blieben die Werte bis auf geringe Abweichungen konstant. Bei einer Anzahl von 17 Implantaten lagen die Werte der Standardabweichung hier vergleichsweise niedrig, weshalb diese Werte relativ aussagekräftig sind. Die Mittelwerte für den Zeitraum >24 Monate waren wegen der geringen Anzahl von 3 Implantaten nicht signifikant.

Für den Knochenabbau nach präimplantärer Augmentation betragen die Werte im ersten Jahr mesial 1,5 und distal 0,7 Millimeter. Im zweiten Intervall nahm der Knochenabbau mesial um 0,4 Millimeter auf 1,9 Millimeter und distal um 0,6 Millimeter auf 1,3 Millimeter zu. Dabei nahm die Standardabweichung des mesialen Wertes mit 2,6 einen sehr hohen Wert an, bei einer Anzahl von 17 Implantaten ist dieser Wert daher weniger aussagekräftig. Die Werte für das dritte und vierte Intervall waren aufgrund kleiner Fallzahlen wenig repräsentativ. Auffallend ist die Differenz zwischen mesialen und distalen Werten in allen Intervallen, wobei die mesialen Werte stets höher lagen und dabei mit einer höheren Standardabweichung eine höhere Streuung aufwiesen als die distalen Werte. Auch im Hinblick auf die Messgenauigkeit von ± 1 Millimeter sind die Differenzen, vor allem in den ersten beiden Intervallen, als nicht signifikant anzusehen. Insgesamt zeigte sich nach präimplantärer Augmentation ein Knochenabbau zwischen 0,7 und 1,5 Millimetern im ersten Jahr nach Implantation. Im zweiten Intervall betrug der Knochenabbau etwa 1,5 Millimeter. In den darauffolgenden Intervallen war keine signifikante Zunahme des Knochenabbaus zu verzeichnen.

SCHMID stellte einen engen Zusammenhang zwischen den Parametern Knochenabbau, Infektion und Taschentiefe fest (68). Demzufolge müssten sich die stark erhöhten Werte für den Knochenabbau im jeweiligen Verlauf der Taschentiefe widerspiegeln, was jedoch nicht der Fall ist. Lediglich nach präimplantärer

Augmentation wiesen Taschentiefe und Knochenabbau in den ersten beiden Intervallen einen ähnlichen Verlauf mit anfangs geringen Werten und einer Zunahme bis zum Zeitraum von 13 bis 24 Monaten nach Insertion auf, bei danach konstanten Werten.

In allen drei Gruppen trat ein Knochenabbau nach Implantatinsertion von etwa 1,5 Millimetern auf, der dann keine weitere signifikante Zunahme aufwies. Dieser schien nach präimplantärer Augmentation etwas langsamer zu erfolgen. Ein postoperativer Knochenabbau wurde auch von KELLER sehr häufig beobachtet und wird von anderen Autoren teilweise als „physiologisch“ bezeichnet (42, 70), stellt also keine pathologische Veränderung dar. Andere Autoren geben einen postoperativen Knochenverlust von bis zu 1 Millimeter im ersten Jahr nach Implantation an, der jedoch ausschließlich an Zahnfilmen gemessen wurde (17), so dass im Rahmen der Messgenauigkeit und unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Meßmethoden sowie der diskutierten möglichen Fehlerquellen bei einer Differenz von 0,5 Millimetern nicht von einer signifikanten Abweichung ausgegangen werden kann.

Im Rahmen dieser Studie ließen sich weder für die chirurgische Freilegung von Implantaten mit dem Er:YAG-Laser noch für das Verfahren der intraoperativen sowie der präimplantären Augmentation signifikante Auswirkungen auf den Verlauf des röntgenologisch gemessenen Knochenlevels ermitteln. Diese Aussage wird durch andere Studien hinsichtlich der Augmentation bestätigt, wonach sich durch Augmentation gewonnener Knochen gegenüber Implantaten wie nativer Knochen verhält (17, 64). Dabei hat das Verfahren der Augmentation (intraoperativ oder präimplantär) keinen Einfluß auf den klinische Erfolg der Implantate (64), was auch für die Verwendung von Tricalciumphosphat als Knochenersatzmaterial (3, 29, 64) sowie für die Anwendung der GBR-Technik (3) zutrifft.

5 Zusammenfassung

An dieser Studie waren insgesamt 62 Patienten mit 97 Implantaten beteiligt. Bei einer Anzahl von 47 Patienten wurde an 80 Implantaten eine chirurgische Freilegung mit dem Erbium:YAG-Laser 3 bis 4 Monate nach der Implantatinsertion durchgeführt. Eine intraoperative Augmentation während der Implantatinsertion erfolgte zusätzlich bei 25 Patienten und 40 Implantaten, eine präimplantäre Augmentation in einer eigenen Operation mindestens 4 Monate vor der Implantatinsertion bei 26 Patienten und 31 Implantaten. 2 Implantate mussten innerhalb des Beobachtungszeitraums explantiert werden; Ursache war bei beiden Implantaten eine nicht mehr zu beherrschende periimplantäre Infektion. Eines dieser Implantate wurde nach intraoperativer Augmentation und chirurgischer Freilegung, das andere nach präimplantärer Augmentation entfernt. Abgesehen von diesen beiden Implantaten lag bei keinem anderen Implantat eine ausgeprägte marginale Infektion oder eine Lockerung vor. Bei jedem Implantat wurden Nachkontrollen durchgeführt und die klinischen Parameter „vestibuläre Taschentiefe“ und „Breite der Gingiva propria“ zur Einschätzung der Prognose bestimmt. Die errechneten Mittelwerte wurden mit Literaturwerten verglichen. Darüberhinaus wurden Orthopantomogramme oder Zahnfilme angefertigt und durch Ausmessen dieser Aufnahmen der Knochenabbau mesial und distal am Implantat bestimmt und Mittelwerte errechnet.

Weder für die Implantatfreilegung mittels des Er:YAG-Lasers noch für die intraoperative sowie die präimplantäre Augmentation konnte im Rahmen dieser Studie eine signifikante Auswirkung auf die klinisch erfassten Werte der Taschentiefe sowie der Breite der fixierten Gingiva beobachtet werden. Die Aussage anderer Autoren, bei einem Mangel an keratinisierter Gingiva sei eine Freilegung mittels Er:Yag-Laser kontraindiziert, wurde somit von dieser Studie nicht bestätigt. Auch auf die Werte des röntgenologisch ermittelten Knochenabbaus hatten die verschiedenen Maßnahmen keinen signifikanten Einfluß. Somit ließ sich keinerlei negative Auswirkung der genannten Maßnahmen auf die Implantatprognose feststellen.

Zwischen den Parametern Gingivabreite und Taschentiefe konnte kein Zusammenhang ermittelt werden.

Ein großer Teil der erfolgreich freigelegten Implantate war im ästhetisch sensiblen Frontzahnbereich inseriert, daher wurden die von anderen Autoren hinsichtlich der Freilegung mit dem Er:YAG-Laser gemachten Einschränkungen bezüglich der Ästhetik von dieser Studie nicht gestützt.

Da die Freilegung etlicher Implantate lediglich unter Oberflächenanästhesie erfolgte, stellt die Anwendung des Er:Yag-Lasers eine schmerzarme Methode dar.

Die Aussagen vieler Autoren über gute Ergebnisse bei der Anwendung des Verfahrens der präimplantären sowie der intraoperativen Augmentation in Verbindung mit Implantaten konnten von dieser Studie bestätigt werden.

Darüberhinaus wurden die Aussagen über die hohe Bedeutung des klinischen Parameters der Taschentiefe für die Beurteilung der Implantatprognose von dieser Studie unterstrichen, ebenso wurden die Aussagen hinsichtlich der eingeschränkten Aussagekraft des am Röntgenbild gemessenen Knochenabbaus für die Implantatprognose bestärkt.

6 Literaturverzeichnis

1. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI: A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 10: 387-416 (1981)
2. Arnabat-Dominguez J, Espana-Tost AJ, Berini-Aytes L, Gay-Escoda C: erbium:YAG laser application in the second phase of implant surgery: a pilot study in 20 patients. *Int J Oral Maxillofac Implants* 18: 104-112 (2003)
3. von Arx T, Cochran DL, Hermann JS, Schenk RK, Higginbottom FL, Buser D: Lateral ridge augmentation and implant placement: an experimental study evaluating implant osseointegration in different augmentation materials in the canine mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants* 16: 343-354 (2001)
4. Aspe P, Zarb GA, Schmitt A, Lewis DW: The longitudinal effectiveness of osseointegrated dental implants. The Toronto study: Peri-implant mucosal response. *Int J Periodontics Restorative Dent* 11: 94-111 (1991)
5. Behneke A, Behneke N: Korrelation und Prädiktion klinischer und radiologischer Parameter enossaler Implantate. *Z Zahnärztl Implantol* 15: 209-223 (1999)
6. Behneke A, Behneke N, Fuhr K, d'Hoedt B, Wagner W: Konventionelle implantatgetragene Geschiebestege vs. Extensionsstege im zahnlosen Unterkiefer. 3-Jahresergebnisse einer randomisierten prospektiven Studie. *Dtsch Zahnärztl Z* 52: 787-804 (1997)
7. Behneke A, Behneke N, d'Hoedt B, Wagner W: Hard and soft tissue reactions to ITI screw implants: 3-year longitudinal results of a prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 12: 749-757 (1997)
8. Behneke N, Gartner A: Zahnloser Kiefer. In: Tetsch P (Hrsg.): *Enossale Implantationen in der Zahnheilkunde*, 2. Aufl., Carl Hanser München Wien, S. 195-231 (1991)

9. Belser UC, Bernard J-P, Buser D: Implant-supported restorations in the anterior region: Prosthetic considerations. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 8: 875-883 (1996)
10. Belser U, Buser D, Hess D, Schmid B, Bernard JP, Lang NP: Aesthetic implant restorations in partially edentulous patients – a critical appraisal. *Periodontol 2000* 17: 132-150 (1998)
11. Borst A: Prognose transgingival und subgingival inserierter enossaler Implantate: Klinische Verlaufsstudie und Vergleich des ITI-Bonefit- mit dem IMZ-Implantatsystem. Med Dissertation Universität Ulm 2001
12. Brägger U, Hugel-Pisoni C, Bürgin W, Buser D, Lang NP: Correlations between radiographic, clinical and mobility parameters after loading of oral implants with fixed partial dentures. A 2-year longitudinal study. *Clin Oral Implants Res* 7: 230-239 (1996)
13. ten Bruggenkate CM, Kraaijenhagen HA, van der Kwast WAM, Krekeler G, Oosterbeek HS: Autogenous maxillary bone grafts in conjunction with placement of ITI endosseous implants. A preliminary report. *Int J Oral Maxillofac Surg* 21: 81-84 (1992)
14. Buser D, Dula K, Hess D, Hirt HP, Belser UC: Localized ridge augmentation with autografts and barrier membranes. *Periodontol 2000* 19: 151-163 (1999)
15. Buser D, Dula K, Hirt HP, Berthold H: Localized ridge augmentation using guided bone regeneration. In: Buser D, Dahlin C, Schenk R K (Hrsg.): *Guided bone regeneration in implant dentistry*, S. 189-233. Quintessenz, Berlin (1994)
16. Buser D, Dula K, Hirt HP, Schenk RK: Lateral ridge augmentation using autografts and barrier membranes: A clinical study with 40 partially edentulous patients. *J Oral Maxillofac Surg* 54: 420-432 (1996)
17. Buser D, Dula K, Lang NP, Nyman S: Long-term stability of osseointegrated implants in bone regenerated with the membrane technique. 5-year results of a prospective study with 12 implants. *Clin Oral Implants Res* 7: 175-183 (1996)
18. Buser D, Hoffmann B, Bernard JP, Lussi A, Mettler D, Schenk RK: Evaluation of filling materials in membrane-protected bone defects. A comparative histo-

- morphometric study in the mandible of miniature pigs. *Clin Oral Implants Res* 9: 137-150 (1998)
19. Buser D, Inimarsson S, Dula K, Lussi A, Hirt HP, Belser UC: Long-term stability of osseointegrated implants in augmented bone: a 5-year prospective study in partially edentulous patients. *Int J Periodontics Restorative Dent* 22: 109-117 (2002)
20. Buser D, Maeglin B: Komplikationen mit ITI-Implantaten. In: Schroeder A, Sutter F, Buser D, Krekeler G (Hrsg.): *Orale Implantologie - Allgemeine Grundlagen und ITI-System*, 2. Aufl., Thieme Stuttgart New York, S. 442-473 (1994)
21. Buser D, Mericske-Stern R, Bernard J-P, Behneke A, Behneke N, Hirt HP, Belser UC, Lang NP: Long-term evaluation of non-submerged ITI implants. Part 1: 8-year life table analysis of a prospective multi-center study with 2359 implants. *Clin Oral Implants Res* 8: 161-172 (1997)
22. Buser D, Mericske-Stern R, Dula K, Lang NP: Clinical experience with one-stage, non-submerged dental implants. *Adv Dent Res* 13: 153-161 (1999)
23. 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)
24. Cochran DL, Buser D, ten Bruggenkate CM, Weingart D, Taylor TM, Bernard J-P, Peters F, Simpson JP: The use of reduced healing times on ITI implants with a sandblasted and acid-etched (SLA) surface: Early results from clinical trials on ITI SLA implants. *Clin Oral Implants Res* 13: 144-153 (2002)
25. Cox JF, Zarb GA: The longitudinal clinical efficacy of osseointegrated dental implants: A 3-year report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2: 91-100 (1987)
26. Egli PS, Müller W, Schenk RK: Porous hydroxyapatite and tricalcium phosphate cylinders with two different pore size ranges implanted in the cancellous bone of rabbits: a comparative histomorphometric and histologic study of bony ingrowth and implant substitution. *Clin Orthop* 232: 127-138 (1988)

27. Fiorellini JP, Buser D, Paquette DW, Williams RC, Haghghi D, Weber HP: A radiographic evaluation of bone healing around submerged and non-submerged dental implants in beagle dogs. *J Periodontol* 70: 248-254 (1999)
28. Flores de Jakoby L, Diedrich P, Mutschelknauss R: Breite der befestigten Gingiva bei Verwendung eines Gingivatransplantatstreifens. *Dtsch Zahnärztl Z* 29: 492-496 (1974)
29. Fugazzotto PA: Success and failure rates of osseointegrated implants in function in regenerated bone for 6 to 51 months: A preliminary report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 12: 17-24 (1997)
30. Gómez-Román G, d'Hoedt B, Axmann D, Schulte W: Visual-metric measurement of periimplant bone defects on radiographs. *Z Zahnärztl Implantol* 12: 104-109 (1996)
31. Gómez-Román G, Schulte W, Axmann-Krcmar D: Periimplantäre Prognosefaktoren von Implantatverlusten. *Z Zahnärztl Implantol* 12: 225-229 (1996)
32. Hermann JS, Buser D: Guided bone regeneration for dental implants. *Curr Opin Periodontol* 3: 168-177 (1996)
33. Hibst R: Kariestherapie mit Lasern. *ZWR-Zahnaerztl Welt Zahnaerztl Rundsch Zahnaerztl R* 108: 26-31 (1999)
34. Hibst R, Stock K, Keller U: Controlled tooth surface heating and sterilisation by Er:YAG laser radiation. *Dent Appl Lasers* 2922: 119-126 (1996)
35. d'Hoedt B, Büsing C M: Die Einheilung von Al₂O₃-Keramik am Beispiel des Tübinger Implantates, *Fortschr Zahnärztl Implantol* 1: 150-163 (1985)
36. d'Hoedt B, Lukas D: Verlaufsmessungen parodontaler Indizes beim Tübinger Implantat aus Frialit. Eine 10-Jahres-Analyse. *Z Zahnärztl Implantol* 3: 6-25 (1987)
37. Jansen VK, Augthun M, Richter E-J, Spiekermann H: Zur Genauigkeit des Orthopantomogramms bei der Bestimmung des Knochenabbaus an IMZ-Implantaten. *Z Zahnärztl Implantol* 9: 200-204 (1993)

-
38. Jensen J, Sindet-Pedersen S: Autogenous mandibular bone grafts and osseintegrated implants for the reconstruction of the severely atrophied maxilla: A preliminary report. *J Oral Maxillofac Surg* 49: 1277-1287 (1991)
39. Keller U: Alternative bei Implantatfreilegung und Periimplantitistherapie – Der Er:Yag-Laser (KaVo) in der Implantologie. *Laser-Journal* 3: 20-21 (2000)
40. Keller U: Der Einfluß der peripilären Gingivabreite auf das Implantat. *Z Zahnärztl Implantol* 2: 203-208 (1986)
41. Keller U: Die ablativ Wirkung des Erbium:YAG-Lasers an oralen Hart- und Weichgeweben. *Med. Habilitationsschrift Universität Ulm* (1989)
42. Keller U: Die Darstellung des periimplantären Knochenabbaus im Röntgenbild. *Z Zahnärztl Implantol* 11: 88-91 (1995)
43. Keller U: Erbium-YAG-Laser in der Oralchirurgie. *Deutscher Zahnärztekalendar*: 113-129 (1998)
44. Keller U: Indikationen und klinische Anwendungen des KEY-Lasers in der Mu-ko-Gingival-Chirurgie. *Laser-Journal* 1: 35-38 (1998)
45. Keller U: Laser in der Oralchirurgie. *ZWR-Zahnaerztl Welt Zahnaerztl Rundsch Zahnaerztl R* 108: 32-35 (1999)
46. Keller U, Hibst R: Lasersysteme für die orale Hart- und Weichgewebschirurgie – Gewebewirkungen und Indikationen. *Lasermedizin* 10: 208-214 (1994)
47. Keller U, Hibst R: Therapeutischer Einsatz des Erbium-YAG-Lasers in der Mundhöhle. *Lasermedizin* 9: 41-47 (1993)
48. Keller U, Hibst R, Mohr W: Tierexperimentelle Untersuchungen zur Wundheilung der Mundschleimhaut nach Laserbehandlung. *Dtsch Zahnärztl Z* 50: 58-60 (1995)
49. Köhler S, Schmelzle K, Donath K: Die gesteuerte periimplantäre Geweberegeneration mit der Goretex-Membran. *Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir* 17: 88-92 (1993)

-
50. Kreisler M, Al Haj H, d'Hoedt B: Temperature changes at the implant-bone interface during simulated surface decontamination with an Er:YAG laser. *Int J Prosthodont* 15: 582-587 (2002)
51. Kreisler M, Kohnen W, Marinello C, Gotz H, Duschner H, Jansen B, d'Hoedt B: Bactericidal effect of the Er:YAG laser on dental implant surfaces: an in vitro study. *J Periodontol* 73: 1292-1298 (2002)
52. Krekeler G: Ist die Verbindung parodontal-chirurgischer Maßnahmen mit zahnärztlich-chirurgischen Maßnahmen sinnvoll? *Dtsch Zahnärztl Z* 39: 581-588 (1984)
53. Krekeler G, ten Bruggenkate CM, Oosterbeek HS: Verbesserung des Implantatbettes durch Augmentation mit autologem Knochen. *Z Zahnärztl Implantol* 9: 231-244 (1993)
54. Krekeler K: Parodontale Gesichtspunkte. In: Bruggenkate C, Daubländer M, Foitzik C, Krekeler G, Lipp M D W, Oosterbeek H, Schilli W, Wirz J: ITI. Das Dental Implantat System, 1. Aufl, Schlütersche Verlagsanstalt Hannover, S. 181-191 (1994)
55. Lange D E, Topoll H H: Experimentelle Untersuchungen über den Wert der Sulcus-Fluid-Flow-Rate (SFFR) als diagnostisches Hilfsmittel bei Parodontalerkrankungen unter Verwendung eines halbautomatischen Analysegerätes. *Dtsch Zahnärztl Z* 34: 353-371 (1979)
56. Lekholm U, Adell R, Lindhe J, Branemark PI, Eriksson B, Rockler B, Lindvall AM, Yoneyama T: Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures. (II) A cross-sectional retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 15: 53-61 (1986)
57. Ludwig P, Niedermeier W: Implantologische Vorbehandlung. In: Ludwig P, Niedermeier W (Hrsg): Checkliste Prothetik, 1. Aufl, Thieme Stuttgart New York, S. 13-14 (2002)
58. Matsuyama T, Aoki A, Oda S, Yaneyama T, Ishikawa I: Effects of the Er:YAG laser irradiation on titanium implant materials and contaminated implant abutment surfaces. *J Clin Laser Med Surg* 21: 7-17 (2003)

-
59. Mehl A, Folwaczny M, Hickel R: Laserbehandlung in der Endodontie. ZWR-Zahnaerztl Welt Zahnaerztl Rundsch Zahnaerztl R 108: 18-24 (1999)
60. Merickse-Stern R, Aerni D, Geering AH, Buser D: Long-term evaluation of non-submerged hollow cylinder implants. Clinical and radiographic results. Clin Oral Implants Res 12: 252-259 (2001)
61. Misch CM, Misch CE, Resnik R, Ismail YH: Reconstruction of maxillary alveolar defects with mandibular symphysis grafts for dental implants: a preliminary procedural report. Int J Oral Maxillofac Implants 7: 360-366 (1992)
62. Mutschelknauss R: Eine Infektion ist Voraussetzung für Zusammenbruch parodontalen Gewebes. Zahnärztl Mitt 19: 2126-2134 (1985)
63. Neukam FW, Buser D: Implantate bei unzureichendem Knochenangebot. In: Koeck B., Wagner W. (Hrsg): Implantologie - Praxis der Zahnheilkunde, Band 13, Urban und Schwarzenberg München - Wien - Baltimore, S. 179-194 (1996)
64. Nevins M, Mellonig JT, Clem DS, Reiser GM, Buser DA: Implants in regenerated bone: Long-term survival. Int J Periodontics Restorative Dent 18: 35-45 (1998)
65. Olsson M, Friberg B, Nilson H, Kultje C: Mk II - A modified self-tapping Bråne-mark Implant: 3-year results of a controlled prospective pilot study. Int Oral Maxillofac Implants 10: 15-21 (1995)
66. Quirynen M, Naert I, van Steenberghe D, Dekeyser C, Callens A: Periodontal aspects of osseointegrated fixtures supporting a partial bridge. An up to 6-years retrospective study. J Clin Periodontol 19: 118-126 (1992)
67. Rutar A, Lang NP, Buser D, Burgin W, Mombelli A: Retrospective assessment of clinical and microbiological factors affecting periimplant tissue conditions. Clin Oral Implants Res 12: 189-195 (2001)
68. Schmid C: Zur Prognose enossaler Implantate. Klinische Verlaufsstudie des Benefit-Implantatsystems. Med Dissertation Universität Ulm 1996
69. Schmitz H-J, Kettner R, Eren S: Implantatmaterialien. In: Koeck B, Wagner W (Hrsg): Praxis der Zahnheilkunde - Implantologie, Band 13, Urban und Schwarzenberg München - Wien - Baltimore, S.11-30 (1996)

-
70. Schramm-Scherer B, Behneke N, Reiber T, Tetsch P: Röntgenologische Untersuchungen zur Belastung von Implantaten im zahnlosen Unterkiefer. *Z Zahnärztl Implantol* 5: 185-192 (1989)
71. Schwarz F, Rothamel D, Becker J: Influence of an Er:YAG laser on the surface structure of titanium implants. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 113: 660-671 (2003)
72. Spiekermann H.: Implantatmaterialien. In: Rateitschak KH, Wolf HF (Hrsg): *Farbatlant der Zahnmedizin – Implantologie*, Band 10, Thieme Stuttgart - New York, S. 11-24 (1994)
73. Spiekermann H: Voraussetzungen. In: Rateitschak KH, Wolf HF (Hrsg): *Farbatlant der Zahnmedizin – Implantologie*, Band 10, Thieme Stuttgart - New York, S. 3-10 (1994)
74. Strid K-G: Radiologische Untersuchungsmethoden. In: Brånemark P-I, Zarb GA, Albrektsson T, Tetsch P (Hrsg.): *Gewebeintegrierter Zahnersatz*, Quintessenz Berlin – Chicago – London, S. 313-323 (1985)
75. Tetsch P, Braß M: Aktualisierung des Implantat-Codes. *Z Zahnärztl Implantol* 6: 77-107 (1990)
76. Triplett RG, Schow SR: Autologous bone grafts and endosseous implants: complementary techniques. *J Oral Maxillofac Surg* 54: 486-494 (1996)
77. Wagner W: Konstruktionsprinzipien aus chirurgischer Sicht. In: Koeck B, Wagner W (Hrsg): *Praxis der Zahnheilkunde – Implantologie*, Band 13, Urban und Schwarzenberg München - Wien - Baltimore, S. 57 - 87 (1996)
78. Wahl G: Indikation, Kontraindikation und Differentialindikation aus chirurgischer Sicht. In: Koeck B, Wagner W (Hrsg): *Praxis der Zahnheilkunde - Implantologie*, Band 13, Urban & Schwarzenberg München – Wien - Baltimore, S. 31-40 (1996)
79. Watanabe H, Ishikawa I, Suzuki M, Hasegawa K: Clinical assessments of the erbium:YAG laser for soft tissue surgery and scaling. *J Clin Laser Med Surg* 14: 67-75 (1996)

80. Weber H-P, Fiorellini JP, Buser DA: Hard-tissue augmentation for the placement of anterior dental implants. *Compend Contin Educ Dent* 18: 779-784 (1997)
81. Wennström I, Lindhe J, Nyman S: Role of keratinized gingiva for gingival health. A clinical and histological study of normal and regenerated tissue in dogs. *J Clin Periodontol* 8: 311-328 (1981)

7 Anhang:

7.1 Werte aus klinischen Nachuntersuchungen

Freilegung mit Er:YAG-Laser									
Zeitintervall (Monate)	Anz. Impl. (n)	Mob. > 0	Taschentiefe [mm]	s	Infektion Grad.		Gingivabreite [mm]	s	Anzahl Verluste
					1	2			
bis 3	48	0	1,9	0,5	2	0	3,7	1,3	1
4 - 6	30	0	2,1	0,7	0	0	2,7	1,8	0
7 - 12	33	0	2,1	0,9	0	0	4,0	1,4	0
13 - 18	32	0	2,5	0,6	1	0	2,9	1,7	0
19 - 24	14	0	2,4	0,8	0	0	3,8	1,3	0
> 24	18	0	2,2	0,5	2	0	3,4	1,9	0

Intraoperative Augmentation									
Zeitintervall (Monate)	Anz. Impl. (n)	Mob. > 0	Taschentiefe [mm]	s	Infektion Grad.		Gingivabreite [mm]	s	Anzahl Verluste
					1	2			
bis 6	23	0	2,0	0,6	2	0	3,5	1,3	1
7 - 12	20	0	2,3	0,9	0	0	2,5	1,8	0
13 - 18	21	0	2,1	0,8	0	0	3,1	1,9	0
> 18	10	0	2,2	0,6	0	0	3,4	1,1	0

Präimplantäre Augmentation									
Zeitintervall (Monate)	Anz. Impl. (n)	Mob. > 0	Taschentiefe [mm]	s	Infektion Grad.		Gingivabreite [mm]	s	Anzahl Verluste
					1	2			
bis 6	22	0	1,7	0,4	0	0	4,5	0,9	0
7 - 12	14	0	1,9	0,5	0	0	3,9	1,8	0
13 - 24	17	1	2,4	0,6	1	1	3,7	1,8	1
25 - 36	10	0	2,2	0,8	0	0	4,2	2,5	0
37 - 48	8	0	2,5	0,5	0	0	4,5	1,1	0
> 48	5	0	2,4	0,5	0	0	4,4	1,3	0

7.2 Messwerte aus Röntgenaufnahmen

Freilegung mit Er:YAG-Laser					
Zeitintervall (Monate)	Anz. Impl. (n)	Knochenabbau mesial in mm	s	Knochenabbau distal in mm	s
bis 12	64	1,5	1,4	1,5	1,7
13 - 24	42	1,7	2,1	1,5	1,4
> 24	15	2,7	1,9	2,4	1,9

Intraoperative Augmentation					
Zeitintervall (Monate)	Anz. Impl. (n)	Knochenabbau mesial in mm	s	Knochenabbau distal in mm	s
bis 12	33	1,4	1,3	1,6	1,9
13 - 24	17	1,2	1,6	1,5	1,4
> 24	3	3,0	1,0	3,0	1,7

Präimplantäre Augmentation					
Zeitintervall (Monate)	Anz. Impl. (n)	Knochenabbau mesial in mm	s	Knochenabbau distal in mm	s
bis 12	30	1,5	1,8	0,7	1,3
13 - 24	17	1,9	2,6	1,3	1,5
25 - 36	12	2,3	2,0	1,2	1,5
> 36	9	1,6	1,3	1,0	1,4

8 Danksagung

Zuerst möchte ich meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. U. Keller, für die Überlassung des Themas sowie für seine ausführliche Betreuung danken. Bei Unklarheiten und Problemen unterstützte er mich stets geduldig mit wertvollen Hinweisen und Anregungen.

Desweiteren gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. F. Sitzmann, der mir freundlicherweise entsprechende Räumlichkeiten für die Datenerfassung zur Verfügung stellte.

Meinen Eltern danke ich herzlich für ihre Begleitung während des Studiums und dafür, dass sie mir die Voraussetzungen dafür geschaffen haben. Ohne sie wäre ein solches Vorhaben schwer durchzuführen gewesen.

Ich danke meiner Frau herzlich für ihre Liebe, ihre Gesellschaft und Motivation.

9 Lebenslauf

Personalien:

Name: Roland Maximilian Albert Bahrs
Geboren am 11.04.1975 in Kempten (Allgäu)
Eltern: Dr. med. dent. Joachim Bahrs und Ursula Bahrs, geb. Haseloff

Bildungsgang:

1982-1986 Besuch der Grundschule Mitte Sonthofen
1986-1995 Besuch des Gymnasiums Sonthofen
30.06.1995 Abitur am Gymnasium Sonthofen

03.07.1995 bis 31.07.1996 Zivildienst Caritas Sonthofen

Studium:

ab WS 1996 Studium der Zahnmedizin an der Universität Ulm
08.10.1997 Naturwissenschaftliche Vorprüfung
23.07.1999 Zahnärztliche Vorprüfung
20.06.2002 Staatsexamen
12.07.2002 Approbation als Zahnarzt

Beruf:

ab 01.10.2002 Vorbereitungsassistent
Praxis Dr. J. Bahrs in Sonthofen