Kopf- und Hautzentrum
Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf
Direktor: Prof. Dr. Dr. R. Schmelzle

„Einflüsse der prothetischen Suprakonstruktion auf die Veränderung des krestalen periimplantären Knochens bei Brückenversorgungen auf Implantaten des ITI Typs“
Eine retrospektive Studie

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
dem Fachbereich Medizin der Universität Hamburg vorgelegt von

Christian Deutsch
aus Wismar

Hamburg 2005

Angenommen von dem Fachbereich Medizin
der Universität Hamburg am: 24.02.2006

Veröffentlicht mit der Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität Hamburg

Prüfungsausschuss, Vorsitzende/r: PD Dr. Dr. M. Vesper

Prüfungsausschuss: 2. Gutachter/in: PD Dr. A. Klocke

Prüfungsausschuss: 3. Gutachter/in: PD Dr. Dr. M. Heiland

1 EINLEITUNG 3

1.1 Zielsetzung und Fragestellung 3

1.2 Allgemeines 4

1.2.1 Definition 5

1.2.2 Die Entwicklung des ITI-Bonefit-Implantatsystems 5

1.3 Der periimplantäre Knochen 6

1.3.1 Die Verbindung Implantat – Knochen 6

1.3.2 Der krestale Knochenverlauf 8

1.4 Prothetische Suprakonstruktion 10

1.4.1 Rein implantatgetragene Brücken 11

1.4.2 Verbundbrücken 11

1.4.3 Extensionsbrücken 13

2 MATERIAL UND METHODE 15

2.1 Patientenkollektiv 15

2.2 Datenerfassung 15

2.2.1 Patientenauswahl 15

2.2.2 Patientenanschreiben 16

2.3 Untersuchung 16

2.3.1 Gesundheitsfragebogen 16

2.3.2 Röntgendiagnostik 16

2.3.3 Intraorale Untersuchung am natürlichen Gebiss zur Ermittlung des parodontalen Status 18

2.3.4 Intraorale Untersuchung an Implantaten 19

2.4 Statistische Auswertung 20

3 ERGEBNISSE 22

3.1 Patientengut 22

3.2 Restaurationstypen 23

3.3 Untersuchungen zur Veränderung des periimplantären Knochens 23

3.3.1 Implantatspezifische Einflussgrößen 23
3.3.2 Patientenspezifische Einflussgrößen 26
3.3.3 Versorgungsdauer 29
3.3.4 Indikation und prothetische Suprakonstruktion 31

4 DISKUSSION 38

4.1 Implantatspezifische Einflussgrößen 38

4.2 Patientenspezifische Einflussgrößen 40

4.3 Versorgungsdauer 43

4.4 Indikation und prothetische Suprakonstruktion 44

4.5 Schlussfolgerung 51

5 ZUSAMMENFASSUNG 53

6 LITERATURVERZEICHNIS 55

7 ANHANG 62

8 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS 65

9 DANKSAGUNG 66

10 LEBENSLAUF 67

11 ERKLÄRUNG NACH §4 DER PROMOTIONSORDNUNG 68

1 Einleitung

1.1 Zielsetzung und Fragestellung

In der vorliegenden retrospektiven Studie werden Brückenversorgungen, d.h. ein Implantat ist über eine festsitzende prothetische Konstruktion mit einem oder mehreren Implantaten beziehungsweise natürlichen Zähnen verbunden, untersucht.

Basierend auf dem Patientengut der Jahre 1996-2000 eines niedergelassenen Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen soll geklärt werden, welche Einflüsse unterschiedliche Faktoren, isoliert und in Kombination betrachtet, auf die radiologisch festgestellten Veränderungen des krestalen periimplantären Knochens haben.

Hierzu wurden implantatspezifische Einflussgrößen wie Implantatlokalisation Implantatlänge und Implantatdurchmesser, patientenspezifische Einflussgrößen wie Geschlecht, Alter, Rauchstatus, parodontaler Status, und die Versorgungsdauer herangezogen.

Hauptsächlich sollte jedoch in dieser Studie geprüft werden, welchen Einfluss die prothetische Suprakonstruktion auf die radiologisch festgestellten Veränderungen des krestalen periimplantären Knochens hat. Dazu wurden rein implantatgetragene Brücken mit Verbundbrücken, Extensionsbrücken und verblockten Kronen hinsichtlich der zu untersuchenden Parameter verglichen.

Für diese Studie wurden ausschließlich Patienten mit ITI-Vollschraubenimplantaten (Straumann, Waldenburg) untersucht. Diese mussten mindestens ein Jahr prothetisch belastet sein. Desweiteren kamen vor oder während der Implantation keinerlei augmentative Verfahren zum Einsatz.

Alle Implantate, die in diese Untersuchung eingingen, wurden von einem Operateur inseriert.

1.2 Allgemeines

Die orale Implantologie nimmt heutzutage einen hohen Stellenwert in der Rehabilitation von unbezahnten und teilbezahnten Patienten ein. Das Indikationsspektrum für implantatgetragene Rekonstruktionen wurde in den letzten 20 Jahren durch unzählige technische Innovationen auf Seiten der Implantathersteller wie auch durch die ständige Verfeinerung von Operationsmethoden erweitert.

Im Jahre 2000 wurden in Deutschland ca. 200 000 enossale Implantate inseriert (Neukam 2000). Dies geschah hauptsächlich durch niedergelassene Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen und Zahnärzte.
Die meisten zur Verfügung stehenden Studien beruhen jedoch auf dem Patientengut großer universitärer Einrichtungen und Kliniken, deren Voraussetzungen für ein prospektives, konsekutives Vorgehen bei hohen Patientenzahlen vergleichsweise besser sind als für einen niedergelassenen Arzt.

Aufgrund des retrospektiven Studiendesigns dieser Arbeit werden keine Berechnungen zu Überlebenswahrscheinlichkeit, Erfolg und Misserfolg angestellt, zumal genügend, meist multizentrisch angelegte Studien verfügbar sind, die die Verlässlichkeit und den Langzeiterfolg des ITI-Bonefit-Implantatsystems dokumentieren. Buser ermittelte in einer 8-jährigen „life table"-Analyse mit 1141 Vollschraubenimplantaten eine kumulierte Erfolgsrate von 96,8% (Buser et al. 1997). In einer 10-Jahres-Studie berichtet Buser über eine kumulierte Erfolgsrate von 91,4% (Buser et al. 1999), Behneke gibt in einer 5-Jahres-Studie eine kumulierte Erfolgsrate von 89,0% an (Behneke, Behneke u. d`Hoedt 2000). Brocard ermittelte bei 251 konsekutiv inserierten ITI Vollschraubenimplantaten über einen Zeitraum von 7 Jahren eine kumulierte Erfolgsrate von 94,7% (Brocard et al. 2000). Lambrecht berichtet in einer 10-Jahres-„life table"-Analyse über eine kumulierte Erfolgsrate von 96,4% (Lambrecht et al. 2003). Nedir gibt in einer 7-Jahres-„life table"-Analyse eine kumulierte Erfolgsrate von 99,4% an (Nedir et al. 2004). Fugazzotto ermittelte aus seinen in drei privaten Praxen gewonnen Daten eine kumulierte Erfolgsrate von 96,1% für das ITI-Bonefit-Implantatsystem (Fugazzotto, Vlassis u. Butler 2004).

Unter den vielen weltweit im Einsatz befindlichen Implantatsystemen sind das Brånemark-System (Nobel Biocare, Göteborg, Schweden) und das ITI-Bonefit-

Implantatsystem diejenigen, für die die umfassendsten Langzeitdokumentationen verfügbar sind (Bornstein et al. 2003).

1.2.1 Definition

Unter Implantologie in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde wird das Einbringen von alloplastischem oder xenogenem Material verstanden, um die Voraussetzungen für eine prothetische oder epithetische Versorgung zu schaffen oder die Rehabilitation funktionell und ästhetisch zu verbessern sowie die physiologischen Involutionsprozesse (Resorption, Funktionsreduktion) zu vermindern (Koeck u. Wagner 2004).

1.2.2 Die Entwicklung des ITI-Bonefit-Implantatsystems

Das erste Dentalimplantatsystem der Straumann AG (Waldenburg, Schweiz) wurde in Zusammenarbeit mit einer Arbeitsgruppe um Schröder und Sutter entwickelt. Es gilt als einer der Grundsteine der modernen Implantologie (Scacchi 2000) und ist wissenschaftlich sehr gut dokumentiert.

1974 kam es zum ersten Einsatz in einer menschlichen Mundhöhle. Es war zunächst ein einteiliges, transgingivales Hohlzylinderimplantat mit Perforationen in den Wänden und einer rauen Oberfläche, der so genannten „Titanium Plasma Sprayed"-Oberfläche (TPS), die eine gute ankylotische Einheilung in den Knochen ermöglicht (Schroeder 1979). Diese Beschichtung war zwar aus anderen Disziplinen bekannt, jedoch neu in der Zahnheilkunde. Die Anwendung war auf den zahnlosen Unterkiefer zwischen den Foramina Mentale begrenzt.

Um das Indikationsspektrum zu erweitern und mehr Stabilität zu erzielen, wurde 1977 das Implantat im Durchmesser verändert und in unterschiedlichen Längen angeboten. Außerdem wurde parallel eine einteilige Vollschraube entwickelt, die so genannte „Swiss Screw". Da es mitunter wegen schlechter bzw. unzureichender nutritiver Versorgung zu Problemen mit dem knöchernen Zapfen in den Hohlzylindern kam, führte dieses Defizit zu Knochennekrosen oder zu nicht beherrschbaren Infektionen des periimplantären Gebietes (Scacchi 2000). Die Schraube war zunächst als eine echte Alternative entworfen worden. Sie war ebenfalls TPS-beschichtet und wurde für eine transgingivale Einheilung konzipiert.

Ein Außengewinde führte zum einen zu einer deutlich höheren primären Stabilität, zum anderen bot es eine vergrößerte Kontaktfläche zwischen Implantat und Knochen, was erste Einzelzahnversorgungen ermöglichte.

Anfang der 80er Jahre wurden zweiteilige Versionen der beiden Implantattypen entwickelt. Dieses sollte eine bessere provisorische Versorgung ermöglichen, die Ästhetik verbessern und die Indikationen erweitern. Weiterhin wurden eine Hohlzylinderschraube und ein um 15° abgewinkeltes Implantat auf den Markt gebracht (Scacchi 2000).

Mitte der 90er Jahre wurde das Indikationsspektrum noch einmal erweitert. Ein Implantat mit verringertem Durchmesser und schmalerer Schulter für eine Einzelzahnrekonstruktion wurde vorgestellt. Zusätzlich kam für eine Sofortimplantation nach einer Extraktion ein Implantat mit größerem Durchmesser und vergrößerter Schulter zur Marktreife. Auch das prothetische Handling wurde erstmals seit 1985 verändert.

Nach langen Forschungsarbeiten wurde 1998 eine neue Oberflächenbeschichtung vorgestellt. Die „Sandblasted, Large grit, Acid-etched“ (SLA-) Beschichtung. Die Einheilzeit der Implantate konnte bei gleichzeitiger Verbesserung der Prognose verkürzt werden (Cochran 2000).
Heutzutage sind die Hohlzylinder- oder Hohlschraubenimplantate vollständig durch das Vollschraubenimplantat ersetzt worden. Auch die SLA-Oberfläche hat sich gegenüber der TPS-Oberfläche durchgesetzt. Angeboten wird das aktuelle ITI-Bonefit-Implantatsystem in den Durchmessern 3,3 mm, 4,1 mm und 4,8 mm und den Längen 6 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm, 14 mm und 16 mm. Zusätzlich hat der Anwender die Möglichkeit, aus diversen Schulterhöhen zu wählen.

1.3 Der periimplantäre Knochen

1.3.1 Die Verbindung Implantat – Knochen

Der Erfolg eines Implantats hängt unweigerlich von einer festen Verbindung zwischen Implantat und Knochen ab. Die Erforschung einer solchen Verbindung war bereits frühzeitig Gegenstand von Untersuchungen, die den wissenschaftlichen

Hintergrund für einen vorhersagbaren Erfolg transgingivaler Implantate aus kommerziell reinem Titan darstellen.

Die Forschergruppen um Brånemark et al. und Schröder et al. beschrieben das biologische Phänomen der Verbindung von Knochen mit den Titanoxiden der Implantatoberfläche als „Osseointegration" (Brånemark et al. 1969; Schroeder, Pohler u. Sutter 1976; Brånemark et al. 1977; Schroeder et al. 1981). Von dem Gebrauch des Begriffes der Osseointegration, um eine klinisch erfolgreiche Integration eines Implantates zu charakterisieren, sollte jedoch abgesehen werden, da der Begriff per definitionem einen direkten Knochen-Implantat-Kontakt als lichtmikroskopisch gewonnenen histologischen Befund beschreibt (Cochran 2000).

Im Laufe der Jahre wurden viele Versuche unternommen, den Verbund von Implantaten zu Knochen zu verbessern. Gegenstand vieler Studien war die Untersuchung verschiedener Implantatoberflächen, deren Struktur, sowie deren biologische Wirksamkeit bezüglich der Gewebeintegration. In der Mehrzahl aller Studien, die meisten davon tierexperimentell, konnte belegt werden, dass es zu einem vermehrten Knochen-Implantat-Kontakt an rauen Implantatoberflächen im Vergleich zu hochglanzpolierten Oberflächen kommt.

Im Vergleich der aufzuwendenden Kräfte, die zur Entfernung eines Implantats notwendig sind, der sogenannten „removal torque", fanden Carlsson et al. heraus, dass raue Implantate eine bessere Ausgangsbasis für eine erfolgreiche Osseointegration bieten (Carlsson et al. 1988). In einem tierexperimentellen Versuch fanden Wilke et al. mindestens 6-fach höhere Werte bezüglich der „removal torque" für SLA- und TPS-beschichtete Implantate im Vergleich zu hochglanzpolierten Implantaten bei einer Einheilzeit von 8-52 Wochen (Wilke, Claes u. Steinemann 1990). Buser et al. fanden für SLA- und TPS-beschichtete Implantate im direkten Vergleich mit hochglanzpolierten Implantaten 4-fach höhere „removal torque"-Werte nach einer Einheilzeit von 4 Wochen; nach einer Einheilzeit von 12 Wochen waren es sogar 10-fach höhere „removal torque"-Werte (Buser et al. 1999).

Bezüglich des Anteils der Oberfläche des Implantates, der einen Verbund mit dem Knochen eingeht, konnten ebenfalls positive Ergebnisse für raue Implantatoberflächen gefunden werden. Cook et al. fanden heraus, dass raue Implantate früher und mehr Knochen-Implantat-Kontakt aufweisen als ähnlich geformte Implantate mit glatter Oberfläche (Thomas u. Cook 1985; Cook et al. 1987; Cook et al. 1992). Buser et al. kamen zu ähnlichen Ergebnissen bei einem

Vergleich des prozentualen Implantat-Knochen-Kontaktes. Bei Implantaten mit polierter Oberfläche wurden im Mittel zwischen 20% und 25%, bei TPS-beschichteten zwischen 30% und 40% und bei SLA-beschichteten Implantaten 50% bis 60% Knochen-Implantat-Kontakt gemessen. Es konnte geschlussfolgert werden, dass das Ausmaß an Knochen-Implantat-Kontakt positiv korreliert mit der Oberflächenrauhigkeit (Buser et al. 1991).
Bei einem direkten Vergleich von TPS-beschichteten mit SLA-beschichteten Implantaten konnten Cochran et al. weder klinische Unterschiede noch Unterschiede bezüglich der Qualität der periimplantären Gewebe finden. SLA-beschichtete Implantate weisen in der Studie jedoch zu frühen Zeitpunkten mehr Knochen-Implantat-Kontakt auf als TPS-beschichtete (Cochran et al. 1998).

Da es sich bei Knochen aber um eine vitale, durch ständig stattfindende Resorptions- und Appositionsvorgänge dynamische Struktur handelt, kann kein Implantat einen hundertprozentigen Knochen-Implantat-Kontakt aufweisen (Cochran 2000).
Cochran hält es heute für möglich, mit fast allen im klinischen Gebrauch befindlichen Implantatsystemen eine erfolgreiche Osseointegration zu erzielen, vorausgesetzt es liegen ideale Knochenverhältnisse sowie klinische Bedingungen vor (Cochran 2000).

1.3.2 Der krestale Knochenverlauf

Der radiologisch festgestellte Verlauf des krestalen, periimplantären Knochens und seine Veränderung über die Zeit stellt eine kritische Komponente in der Beurteilung von Erfolg und Misserfolg enossaler Implantate dar. So darf der Verlust an krestalem Knochen laut der NIH-Erfolgskriterien 1/3 der vertikalen Implantatlänge nicht übersteigen (Schnitman u. Shulman 1980). Die Erfolgskriterien nach Jahn und d'Hoedt sehen vor, dass der anguläre Knochendefekt nicht mehr als 3/10 des konstruktiv enossalen Implantatabschnitts betragen darf (Jahn u. d'Hoedt 1992). Entsprechend der Albrektsson-Erfolgskriterien muss der vertikale Knochenabbau nach dem ersten Jahr der Liegedauer kleiner als 0,2 mm sein (Albrektsson et al. 1986). Die periimplantären Knochenveränderungen im ersten postoperativen Jahr bleiben bei Albrektsson unberücksichtigt. Der radiologisch gemessene Knochenverlust in diesem Zeitraum wird für Implantate des ITI-Bonefit-Typs mit ungefähr 0,8 mm angegeben (Braegger et al. 1998), danach stabilisiert sich das

krestale Knochenniveau mit einem jährlich nur noch minimalen Knochenabbau (Buser et al. 1999).
Behneke berichtet über einen Knochenverlust im ersten Jahr zwischen 0,7 mm und 0,8 mm. In den darauffolgenden Jahren wurde ein durchschnittlicher Knochenverlust von 0,1 mm festgestellt. Innerhalb der Untersuchungsintervalle konnte zu keinem Zeitpunkt ein statistisch signifikanter Unterschied zur Vorjahreskontrolle gefunden werden, sodass man von stabilen Knochenverhältnissen ausgehen kann. (Behneke et al. 1997; Behneke, Behneke u. d`Hoedt 2000, 2002)
Lidquist ermittelte für einen Zeitraum von 10 Jahren einen Verlust an marginalem Knochen von 0,9 mm und für einen Zeitraum von 15 Jahren von 1,2 mm. Auch er beschreibt einen krestalen Knochenverlust von etwa 0,5 mm im ersten Jahr post operationem (Lindquist, Carlsson u. Jemt 1996).

Für den frühzeitigen Knochenverlust machen einige Autoren den so genannten Mikrospalt (*engl.* Microgap), einen bei zweiteiligen Implantaten unweigerlich entstehenden Spalt zwischen Implantat und Abutment, verantwortlich. Herrman et. al. (Hermann et al. 1997) konnten in einer tierexperimentellen Studie nachweisen, dass bei allen zweiteiligen Implantaten unabhängig davon, ob sie submukosal (*engl.* submerged) oder transmukosal (*engl.* non-submerged) einheilen, das krestale Knochenniveau etwa 2 mm unterhalb der Implantat-Abutment-Verbindung zu liegen kommt. Wenn der Mikrospalt oberhalb des Knochens zu liegen kommt, wie es bei den ITI-Bonefit-Implantaten der Fall ist, kommt es zu geringeren Umbauvorgängen am krestalen Knochen. Platziert man den Mikrospalt hingegen unterhalb des marginalen Knochenniveaus, können nicht unerhebliche krestale Knochenverluste auftreten.
Hämmerle et al. konnten in einer Studie an ITI-Bonefit-Implantaten nachweisen, dass subkrestales Platzieren des polierten Implantatanteils einen signifikanten Einfluss auf die marginalen Resorptionsprozesse des periimplantären Knochens hat. Bei 11 Patienten, die jeweils zwei Implantate benötigten, wurde ein Implantat gemäß der Herstellerempfehlung inseriert, das andere wurde ca. 1 mm subkrestal platziert. Es zeigte sich, dass an beiden Implantaten in den ersten 12 Monaten Knochen verloren gegangen war. Das marginale Knochenniveau subkrestal platzierter Implantate lag durchschnittlich 0,38 mm weiter apikal als das der Herstellerempfehlung entsprechend inserierte (Haemmerle et al. 1996; Haemmerle, Jung u. Feloutzis 2002).

Diese Ergebnisse liefern eine Erklärung für den Knochenverlust submukosal einheilender zweiteiliger Implantatsysteme, die bei der Ermittlung von Erfolgskriterien solcher Systeme berücksichtigt und akzeptiert werden (Cochran 2000). Für Knochenverluste von mehr als 0,5 mm bis 1 mm für den Zeitraum nach prothetischer Versorgung macht Misch überhöhte Krafteinwirkung im Sinne einer Überbelastung an der Implantat-Knochen-Verbindung verantwortlich. Einflussgrößen sind Frühkontakte, ungünstige Hebelverhältnisse entlang der prothetischen Versorgung, sowie Parafunktion (Misch 1995; Oh et al. 2002).
Später auftretender Knochenverlust stellt in der Regel eine Kombination aus Überbelastung und bakterieller Infektion durch Anaerobier dar (Steflik, McKinney u. Koth 1982).

1.4 Prothetische Suprakonstruktion

Aufgrund der Fortschritte auf dem Gebiet der Implantologie und der Implantatprothetik ist es heute möglich, einen Patienten bezüglich seiner Anforderungen und Bedürfnisse zu rehabilitieren. Die orale Implantologie bietet heute nahezu unbegrenzte Möglichkeiten - von der einfachen Befestigung einer Prothese bei zahnlosem Unterkiefer auf 2 Implantaten bis hin zur Rehabilitation von Syndrompatienten und Patienten nach Tumorresektionsoperationen (Kovacs 2000). Diese Patienten werden häufig aufgrund nicht selten auftretender muskulärer Dysfuktionen mit herausnehmbaren Prothesen, die über Titanmagnete auf Implantaten verankert sind, versorgt (Vesper et al. 1995).

Um die nicht selten sehr hohen Ansprüche der Patienten an die Ästhetik und die Funktion erfüllen zu können, muss häufig ein erheblicher Aufwand gerade in der präimplantologischen Chirurgie betrieben werden.
Einige Autoren propagieren eine „Zahn für Zahn Rehabilitation“ (Kirsch et al. 1999). Diese Forderung scheint überzogen, betrachtet man einen zahnlosen Unterkiefer, der im einfachsten Fall mit einer auf zwei Implantaten befestigten Prothese zufrieden stellend versorgt werden könnte. Dem gegenüber würden 14 Einzelzahnimplantate stehen. Eine solche Rehabilitation ist für den Patienten mit einem sehr hohen finanziellen Aufwand verbunden, stellt aber für jeden Implantologen eine Herausforderung dar.

Häufiger sehen sich Implantologen und Implantatprothetiker jedoch mit einseitig bzw. beidseitig verkürzten Zahnreihen oder Lückensituationen konfrontiert, deren Ausmaß so groß ist, dass sie durch konventionelle festsitzende Prothetik nicht mehr versorgt werden können und eine Versorgung mit herausnehmbarem Zahnersatz eine für den Patienten inakzeptable Lösung darstellt. Aufgrund der nicht unerheblichen Kosten fragen Patienten häufig nach kostengünstigen implantatgetragenen Lösungen, die sie vor einer konventionellen herausnehmbaren Prothetik bewahren. Implantologen und Implantatprothetiker greifen in solchen Fällen auf Brücken zurück. Diese können entweder rein implantatgetragen sein oder im Verbund mit natürlichen Zähnen stehen, so genannte Verbundbrücken. Auch können Extensionsbrücken zum Einsatz kommen. Alle diese Lösungen haben eines gemeinsam: Sie reduzieren die Anzahl der zu inserierenden Implantate, den Umfang des chirurgischen Eingriffs und damit die Kosten für den Patienten.

1.4.1 Rein implantatgetragene Brücken

Rein implantatgetragene Brücken kommen häufig bei verkürzten Zahnreihen oder in ausgedehnten Lückensituationen zum Einsatz. Oft handelt es sich um von zwei Implantaten getragene dreigliedrige Brücken beziehungsweise um von drei Implantaten getragene vier- oder fünfgliedrige Brücken. Diese Therapieform stellt eine Alternative zur Rehabilitation teilbezahnter Patienten dar.

Für eine Lückensituation mit drei fehlenden Zähnen empfehlen Belser et al. als Standardtherapie die dreigliedrige Brücke mit zentralem Brückenglied. Aufgrund der TPS- beziehungsweise SLA-beschichteten Oberfläche und des damit verbesserten Knochen-Implantat-Verbunds ist ein Implantat gleichwertig einem natürlichen Zahn in der Funktion eines Brückenankers (Belser et al. 2000).

Für rein implantatgetragene Brücken liegen ähnliche Erfolgsraten wie für Einzelzahnimplantate vor.

1.4.2 Verbundbrücken

Als Verbundbrücken werden festsitzende beziehungsweise bedingt abnehmbare Zahnersatzkonstruktionen bezeichnet, die zumindest einen Zahn und mindestens ein Implantat verbinden (Richter, Weigl u. Gomez Roman 2003).

Diese Form der prothetischen Suprakonstruktion wird derzeit noch sehr kontrovers diskutiert (Belser et al. 2000). Biomechanische Überlegungen zur Beweglichkeit der einzelnen Anteile der prothetischen Konstruktion könnten Zweifel an der Praktikabilität einer solchen Therapieform aufkommen lassen. Bei Verbundbrücken muss mit fünf Faktoren gerechnet werden, die eine gewisse Beweglichkeit in die prothetische Konstruktion hineinbringen: das Implantat, der Knochen, der Zahn, die prothetische Suprakonstruktion und die Implantat-Abutment-Verbindung (Misch 2004).

Ein natürlicher Zahn ist physiologischerweise über das parodontale Ligament gomphotisch mit dem Alveolarknochen verbunden und weist deshalb eine Beweglichkeit in vertikaler und horizontaler Richtung auf. Die initiale Intrudierbarkeit liegt bei 28 µm (Parfitt 1960). Die horizontale Beweglichkeit eines Zahnes ist abhängig von dessen Wurzelanatomie, Wurzeloberfläche und Wurzelkonfiguration. Sie ist mit 90- 108 µm bei Schneidezähnen am größten und nimmt nach distal hin ab. Für einen Molaren beträgt die horizontale Beweglichkeit nur noch 56- 75µm (Parfitt 1960).

Ein idealerweise ankylotisch mit dem Knochen verbundenes Implantat weist bei Anwendung einer Kraft von 10 lb (etwa 4500 g), eine Beweglichkeit in horizontaler Richtung von 2-3 µm auf. Diese Beweglichkeit kann auf die Viskoelastizität des umgebenden Knochens zurückgefürt werden (Sekine, Y. u. Hotta 1986). Die horizontale Beweglichkeit von Implantaten in vestibulo-oraler Richtung beträgt zwischen 12-66 µm (Sekine, Y. u. Hotta 1986). In mesio-distaler Richtung beträgt sie etwa 40-115 µm bei Kraftaufwendung von etwa 2000 g (Komiyama 1989). Die erhöhte Beweglichkeit in mesiodistaler Richtung resultiert aus dem Nichtvorhandensein einer stützenden kortikalen Knochenschicht. Deshalb korreliert die Implantatbeweglichkeit auch direkt mit der Knochendichte (Misch 2004).
Eine Verbindung von natürlichen Zähnen mit Implantaten ist dennoch möglich. Das belegen Studien zur Erfolgsrate von Verbundbrücken.
Olsson et al. ermittelten in einer prospektiven Studie etwa gleiche kumulierte Erfolgsraten für rein implantatgetragene Brücken und Verbundbrücken (Olsson et al. 1995).
Kumulierte Überlebensraten von 89,8% nach 5 Jahren der prothetischen Versorgung wurden von Kindberg et al. publiziert (Kindberg, Gunne u. Kronstrom

2001). Lindh et al. berichten über Überlebensraten von 95,5% nach 3 Jahren (Lindh et al. 2001).
Die Gründe dafür, warum eine solche Konstruktion trotz der Differenzen, die bezüglich der Beweglichkeit von Implantaten und natürlichen Zähnen bestehen, klinisch erfolgreich ist, sind vielfältig und werden in der Literatur häufig nur hypothetisch geäußert.
Misch sieht eine Kompensation der Differenz in der Beweglichkeit zum einen in der werkstoffspezifischen Elastizität der Legierung, aus der die Suprakonstruktion gefertigt wird. Des Weiteren macht er für die kompensatorischen Vorgänge die Implantat-Abutment-Verbindung verantwortlich, die besonders im Bereich der Abutmentverschraubung geringfügige Bewegungen zulässt (Misch 2004).
Richter et al. formulieren hypothetisch, dass bei einer kurzdauernden Krafteinwirkung, wie es bei der Mastikation und beim Schluckakt der Fall ist, eine Intrusion des Zahnes nicht in vollem Umfang stattfindet. Die Dauer der Krafteinwirkung ist nicht ausreichend, damit es zum Abfluss von Blut etc. aus dem Parodontalspalt kommt. Der Zahn ist also bei solchen impulsartigen Krafteinwirkungen ähnlich starr verankert wie ein Implantat (Richter 1992).

Mit dem Ziel, die Unterschiede in der Beweglichkeit zwischen natürlichem Zahn und Implantat auszugleichen, gab es Überlegungen, in die prothetische Suprakonstruktion resiliente Elemente im Sinne eines „Stressbreakers“ einzubeziehen. Aufgrund der dabei häufig beobachteten Intrusionserscheinungen an dem natürlichen Zahn (Sheets u. Earthman 1993; Pesun 1997; Garcia u. Oesterle 1998) ist davon dringend abzuraten. Vielmehr müssen Verbundbrücken als starre Konstruktion ausgelegt und definitiv auf dem Prothetikpfosten des Implantates zementiert sein (Richter, Weigl u. Gomez Roman 2003).

1.4.3 Extensionsbrücken

Unter einer Extensionsbrücke versteht man eine Brücke, bei der ein Ende der Brücke mesial oder distal nicht mit einem Brückenpfeiler, sondern mit einem Zwischenglied endet (Hoffmann-Axthelm 1995).

Bei rein implantatgetragenen Extensionsbrücken dienen mindestens zwei Implantate als Brückenpfeiler. Extensionsbrücken können auch als Verbundbrücken konstruiert werden, dann dient mindestens ein Implantat und mindestens ein natürlicher Zahn als Brückenpfeiler.

Die Indikation für eine derartige Suprakonstruktion ist häufig bei atrophischem Alveolarknochen gegeben, wenn ein mesiales Implantat aufgrund der Nähe wichtiger anatomischer Strukturen nicht suffizient inseriert werden kann und eine Augmentation zu aufwendig beziehungsweise wenig erfolgsversprechend erscheint. Das ist oft im Unterkiefer-Prämolarenbereich der Fall, wo bei stärkerer Atrophie die Nähe der Foramina mentale eine Implantation unmöglich macht, das Knochenangebot weiter distal jedoch die problemlose Insertion zweier Implantate zulässt. In solchen Fällen hat sich die mesiale Extension einer dreigliedrigen Brücke als therapeutische Alternative bewährt (Buser et al. 2000).

Eine Extensionsbrücke stellt immer eine Hebelsituation mit unweigerlich auftretendem Drehmoment dar.
Aus diesem Grund wird die distale Extension in der Literatur nur bedingt empfohlen. Eine distale Extension sollte dem klinischen Ausnahmefall vorbehalten sein (Buser u. Arx 2000). Misch et al. raten dazu, dass die Extension die Länge eines Prämolaren nicht überschreiten sollte (Misch 2004).

2 Material und Methode

2.1 Patientenkollektiv

Insgesamt sind in dieser Studie 71 Patienten nachuntersucht worden. Voraussetzung zur Teilnahme war die Insertion mindestens eines enossalen Implantates des Typs ITI-Bonefit der Firma Straumann (Vollschraubenimplantate). Diese mussten im Zeitraum zwischen 1996 und 2000 implantiert worden sein und sollten bereits mehr als ein Jahr prothetisch versorgt sein. Außerdem waren weder vor noch während der Implantation augmentative Verfahren zum Einsatz gekommen. Die chirurgische Leistung wurde von einem erfahrenen Operateur erbracht.

Es wurden zunächst die archivierten Krankenakten aller Patienten dieser Praxis analysiert und ausgewertet.
In der jeweiligen Patientenakte wurden mittels des Etiketts der Implantatverpackung die spezifischen Angaben wie Chargennummer, Artikelnummer, Implantat-Oberfläche, Implantatlänge und -durchmesser vermerkt. Es wurden das Datum der Operation sowie Art und Umfang des Eingriffs dokumentiert.

2.2 Datenerfassung

Die erfassten Patientendaten wurden mit Hilfe einer Implantatsoftware (ImpDat Vers. 2.10, Kea Software, Pöcking) archiviert bzw. digitalisiert. Es wurden sowohl die persönlichen Patientendaten, insbesondere jene, die die Implantation betrafen, vorgegebene Risikoparameter, sowie auch der überweisende Zahnarzt dokumentiert. Für den Zeitraum von 1996-2000 konnten damit 284 Patienten ermittelt werden.

2.2.1 Patientenauswahl

Um ein möglichst ausgeglichene Verhältnis der Patienten zu erreichen, sind aus jedem Jahr jeweils 25 Männer und 25 Frauen angeschrieben worden, wobei die Jahre 1996 und 1997 aufgrund des geringeren Patientenaufkommens zusammengefasst wurden. Die Auswahl der insgesamt 200 Probanden fand randomisiert statt.

2.2.2 Patientenanschreiben

Nach Sichtung der Patientenakten erfolgte mit Hilfe eines standardisierten Anschreibens eine schriftliche Anfrage zur Teilnahme an der retrospektiven Studie (Abb. 15, S. 62)
Fast 50% der angeschriebenen Patienten reagierten positiv und waren an einer Terminabsprache interessiert. Drei Patienten waren bereits verstorben und 5 weitere unbekannt verzogen.

2.3 Untersuchung

2.3.1 Gesundheitsfragebogen

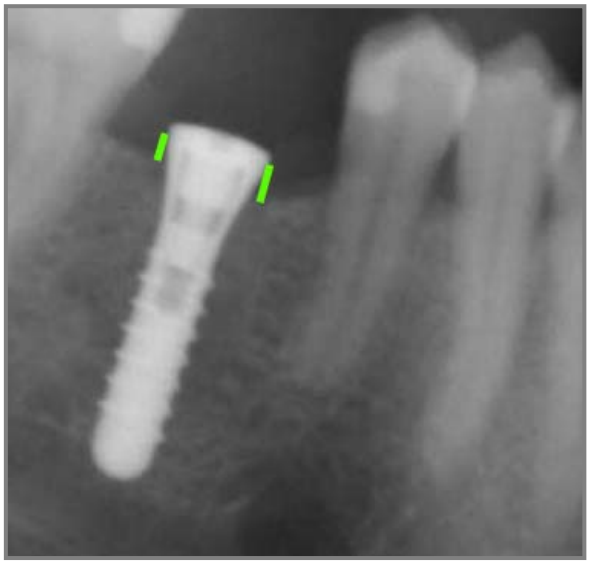
Der Gesundheitsfragebogen (Abb. 16, S. 63) wurde eigens für diese Untersuchung entworfen. Als Vorlage diente zum einen der Fragebogen aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde des UKE sowie der vorhandene Gesundheitsfragebogen aus der Praxis.
Jeder teilnehmende Patient bekam bei seiner Anmeldung an der Rezeption einen Bogen mit dem Vermerk ausgehändigt, unklare Fragen nicht zu beantworten und offen zu lassen. Diese sollten, wenn möglich, während des Untersuchungsgesprächs geklärt werden. Um Zeit zu sparen, wurden die Probanden aufgefordert, mit dem Ausfüllen des Bogens bereits im Warteraum der Praxis zu beginnen.
Mit dem Gesundheitsfragebogen sollten zum einen eventuell bestehende bzw. stattgehabte allgemeine Erkrankungen, zum anderen Habits, wie Nikotin- und Alkoholabusus erfragt werden.
Der Proband sollte in einem eigens dafür vorgesehenen Feld von ihm dauerhaft eingenommene Medikamente angeben. Des Weiteren sollte der Patient über die Anzahl der jährlichen Zahnarztbesuche, eventuell bestehende oder stattgehabte Mundschleimhaut- oder Parodontalerkrankungen sowie Parafunktionen (z.B. Knirschen) Auskunft geben.

2.3.2 Röntgendiagnostik

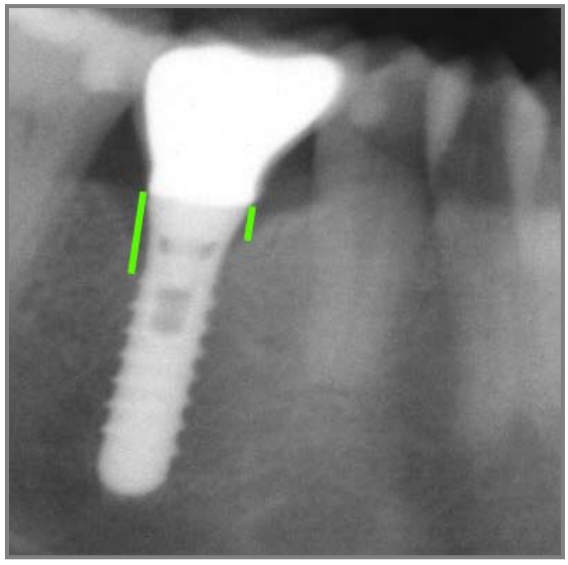
Zu Beginn jeder Untersuchung wurde eine digitale Panorama-Schichtaufnahme (Sirona Orthophos plus DS, Sirona Bensheim) angefertigt, sofern die letzte

Aufnahme länger als 3 Monate zurück lag. Diese Aufnahmen wurden zu den vorhandenen prä- bzw. postoperativen Aufnahmen auf dem zentralen Server gespeichert. Somit konnte dem Patienten unter anderem erklärt werden, wie sein Implantatlager vor dem Eingriff beschaffen war und wie es sich bis zu dem Zeitpunkt der Untersuchung verändert hatte. Im Sprechzimmer wurde das Röntgenbild implantatbezogen befundet. Eventuelle Nebenbefunde sind dem Patienten mitgeteilt worden. Danach wurde am Röntgenbild mit Hilfe einer digitalen Bildbearbeitungssoftware für Zahnarztpraxen (Sidexis Vers. 5.5, Sirona Bensheim) durch einen kalibrierten Anwender der „DIB"-Wert (*engl.:* „Distance from implantshoulder to first bone-implant contact"; Distanz von der Implantatschulter zum ersten Knochen/Implantat-Kontakt) ermittelt (Buser, Weber u. Lang 1990; Weber et al. 1992).

Das Programm bietet die Möglichkeit der kalibrierbaren Längenmessung. Da die Implantatlänge bekannt war, konnte das Messinstrument vor jeder Messung geeicht und die Distanz von der Implantatschulter (Referenzpunkt) zum ersten Knochen/Implantat-Kontakt gemessen werden (Abb. 1). Die Messung wurde sowohl bei den postoperativen als auch bei den zum Untersuchungszeitpunkt angefertigten Panorama-Schichtaufnahmen durchgeführt. Es wurden somit zwei „DIB"-Werte pro Implantat ermittelt, der „DIB1" für die postoperative Situation, der „DIB2" für die Situation zum Untersuchungszeitpunkt. Aus der Differenz von „DIB2" zu „DIB1" ergab sich die Veränderung des krestalen periimplantären Knochens in Relation zur Liegedauer.



Kontrollaufnahme nach Implantation



OPG zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Abb. 1: Screenshot der Programmoberfäche zur Darstellung der Messung und Berechnung der „DIB"-Werte

2.3.3 Intraorale Untersuchung am natürlichen Gebiss zur Ermittlung des parodontalen Status

Im Sprechzimmer wurde zunächst der Patient erneut über die Untersuchung informiert. Somit war eine erste Gesprächsgrundlage gegeben und ein persönliches Verhältnis geschaffen. Es wurden die persönlichen Zahnpflegegewohnheiten erfragt und daraus die Motivation des Probanden zur Mundhygiene in „gut", „mäßig" und „schlecht" eingeteilt.

Zu Beginn der eigentlichen Untersuchung erfolgte die Inspektion der Mundhöhle des Patienten mit Spiegel (M4 C, Hu-Friedy) und Sonde (EXS 9, Hu-Friedy).
Handelte es sich um einen teilbezahnten Patienten, wurde der Stand der Mundhygiene visuell beurteilt. Dabei ist zwischen wenig und viel Plaquebefall bzw. Zahnstein und Konkrementen differenziert worden.

Es wurde der Zustand der Gingiva ermittelt und in „ohne Befund", also rosa gestippelt, „leicht ödematös", „stark ödematös" und „Verlauf unterbrochen" eingeteilt. An den Indexzähnen 16, 21, 24, 36, 41 und 44 (Ramfjord 1967) wurde, soweit sie vorhanden waren, mit einer Parodontalsonde (Perio-Probe, Hawe) die Interdentalpapille abgestrichen. Das Ergebnis wurde unterteilt in „keine Blutung", „verzögerte Blutung" oder „spontane Blutung", wobei immer der gravierendste Befund des Zahnes festgehalten worden ist.

Ebenfalls an den Indexzähnen (Ramfjord 1967) wurden die Sondierungstiefe und die Zahnbeweglichkeit ermittelt, wobei auch hier wieder der Zahn mit den höchsten Werten ausschlaggebend war. Die Sondierungstiefen wurden unterteilt in „1-3 mm", „3-6 mm" und „≥-7 mm". Bei der Zahnbeweglichkeit wurde unterschieden zwischen „Grad 0", physiologisch, „Grad I", gerade fühlbar, „Grad II", sichtbar, und „Grad III", beweglich auf Lippen und Zungendruck bzw. beweglich in axialer Richtung.

Mit Hilfe dieses klinischen parodontalen Kurzbefundes und der röntgenologischen Auswertung des parodontalen Knochenverlaufes im Bereich der natürlichen Restbezahnung der Patienten wurde die klinische Verdachtsdiagnose „parodontal gesund", „Gingivitis", „Parodontitis marginalis superficialis" oder „Parodontitis marginalis profunda" gestellt. Entsprechend der Deutschen Nomenklatur seit 1987 (Hoffmann-Axthelm 1995) wurde die Verdachtsdiagnose „Parodontitis marginalis

profunda“ dann gestellt, wenn ein röntgenologisch erkennbarer Knochenverlust von mehr als 1/3 der Wurzellänge bzw. eine Furkationsbeteiligung vorlag. Bei Sondierungstiefen über 3 mm, Blutung auf Sondierung, unphysiologischer Zahnbeweglichkeit und einem röntgenologisch erkennbaren Knochenverlust von weniger als 1/3 der Wurzellänge wurde die Verdachtsdiagnose „Parodontitis marginalis superficialis“ gestellt. Eine Gingivitis lag dann vor, wenn die Gingiva Entzündungszeichen aufwies und eine erhöhte Taschentiefe ohne Atachmentverlust vorlag.

2.3.4 Intraorale Untersuchung an Implantaten

2.3.4.1 Zustand der periimplantären Gewebe

Bei jedem Implantat wurde durch einen kalibrierten Untersucher an vier Stellen (mesial, distal, vestibulär und oral) mit Hilfe einer Parodontalsonde (Perio-Probe, Hawe) die Sondierungstiefe ermittelt und notiert. Bei der späteren elektronischen Verarbeitung der Daten wurde der höchste Wert zu Grunde gelegt. Die Ergebnisse wurden drei Gruppen zugeordnet: „Gruppe 1“ (1-3 mm), „Gruppe 2“ (4-5 mm), „Gruppe 3“ (≥6 mm). Traten während oder nach Sondierung Blutungen am periimplantären Weichgewebe auf, wurden diese in einem extra dafür vorgesehenen Feld, graduiert von „keine“ bis „massiv“, registriert.

Die den Zustand der periimplantären Gewebe betreffenden Daten wurden erhoben, da sie unerlässlich für eine sorgfältige Nachuntersuchung von Implantaten sind und dem Untersucher bereits erste Information zum Zustand des Implantates liefern. Sie fanden jedoch keinen Eingang in diese Studie, da zur Beantwortung der Fragestellung ausschließlich der radiologische Befund herangezogen wurde.

2.3.4.2 Prothetische Suprakonstruktion

Einen weiteren Bestandteil der Untersuchung stellte die Auswertung der prothetischen Suprakonstruktion dar. Eine grobe Unterteilung in „Einzelkronen“, „verblockte Kronen“, „Brücken“ und „Prothesen“ fand statt, wobei alle auf zwei oder mehreren Implantaten bzw. auf einem Implantat und einem oder mehreren

Zähnen festsitzenden Konstruktionen, die nicht in die Gruppe der „verblockten Kronen“ fielen, den „Brücken“ zugeordnet wurden.
Für „Einzelkronen“, „verblockte Kronen“ und „Brücken“ wurde für den Parameter „Halt“ „zementiert“ gewählt, ohne Rücksicht darauf, ob diese tatsächlich zementiert oder verschraubt waren.

Zur Beantwortung der Fragestellung wurde die Gruppe der „Brücken“, sowie die Gruppe der „verblockten Kronen“ herangezogen. Die Gruppen „Einzelkronen“ und „Prothesen“ wurden in weiteren Studien ausgewertet.

2.4 Statistische Auswertung

Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS 11.5 und Microsoft Excel 2003. Zur Verdeutlichung einiger Sachverhalte sind grafische Darstellungen wie Balkendiagramme und Kreisdiagramme verwendet worden.
Andere Größen wurden in Box- und Whiskerdiagramme (Boxplots) nach Tukey dargestellt. Der Kasten wird zwischen dem 1. und 3. Quartil aufgebaut und umfasst 50% der Patienten. Die Streuung der restlichen 50% wird durch die „Schnurrhaare“, die oben und unten am Kasten ansetzen, verdeutlicht, ausgenommen Ausreißer und Extremwerte. Durch die Markierung des Medians innerhalb des Kastens lassen sich die Verteilungen der verschiedenen Gruppen mit einem Blick vergleichen.

Die folgenden Testverfahren wurden zur Untersuchung der Gruppen angewendet:

1. Der Mann-Whitney-Test. Ein parameterfreier Signifikanztest zur Prüfung der Hypothese, dass zwei unabhängige Stichproben aus derselben Grundgesamtheit stammen. Er setzt das Vorhandensein ordinalskalierter Daten, die eine Rangreihe bilden, voraus.

2. Kruskal-Wallis-Test: Ein parameterfreier Test zur Prüfung der Signifikanz mehrerer unabhängiger Stichproben hinsichtlich ihrer zentralen Tendenz, durch den festgestellt wird, ob die Stichproben aus derselben Grundgesamtheit stammen oder lediglich zufällig voneinander abweichen. Es handelt sich dabei um eine Erweiterung des Wilcoxon-Tests für mehr als

zwei Stichproben. Voraussetzung für seine Anwendung ist das Vorliegen ordinalskalierter Variablen.

3. Der statistische p-Wert: Er gibt an, auf welchem Niveau sich ein signifikantes Ergebnis einstellen würde, wenn man unter der zweiseitigen Fragestellung ein statistisches Testverfahren durchgeführt hätte. Das Signifikanzniveau wurde auf p= 0,05 festgelegt.

3 Ergebnisse

3.1 Patientengut

Es wurden 29 Patienten, 15 Frauen (51,7%) und 14 Männer (48,3%), in dieser Studie erfasst (Abb. 2).

Das mittlere Alter der Patienten betrug zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 54,24 Jahre (Min.: 20 Jahre, Max.: 77 Jahre; SD: 11,067).

Zum Zeitpunkt der Untersuchung gaben 18 Patienten (62,1%) an, Nichtraucher zu sein, 11 Patienten (37,9%) konnten der Gruppe der Raucher zugeordnet werden.

Aufgrund des klinischen parodontalen Kurzbefundes und der röntgenologischen Auswertung des parodontalen Knochenverlaufes im Bereich der natürlichen Restbezahnung wurden 3 Patienten (10,3%) als parodontal gesund eingestuft, 9 Patienten (31,0%) wiesen Zeichen einer Gingivitis auf, 14 Patienten (48,3%) zeigten Symptome einer bestehenden beziehungsweise stattgehabten Parodontitis marginalis superficialis und 3 Patienten(10,3%) die einer Parodontitis marginalis profunda.

Insgesamt wurden 71 Implantate statistisch ausgewertet. Jeder Patient erhielt im Mittel 2,52 Implantate (Min.: 1 Implantat, Max.: 6 Implantate; SD: 1,326).

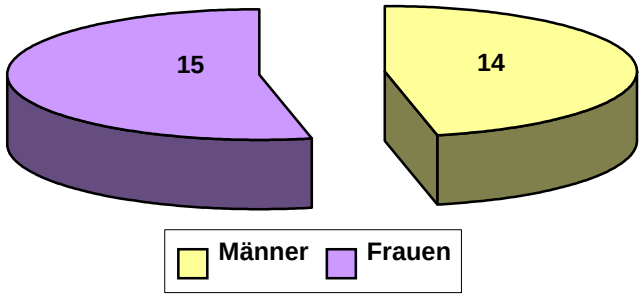


Abb. 2: Patienten nach Geschlecht

3.2 Restaurationstypen

Es wurden 40 prothetische Suprakonstruktionen ausgewertet; davon waren 16 Brücken mit einer Spannweite von höchstens einem Molaren (3 rein implantatgetragene, 13 im Verbund mit natürlichen Zähnen), 14 verblockte Kronen (9 rein implantatgetragene, 5 im Verbund mit natürlichen Zähnen) und 10 Extensionsbrücken (7 rein implantatgetragene, 3 im Verbund mit natürlichen Zähnen) (Abb. 3).

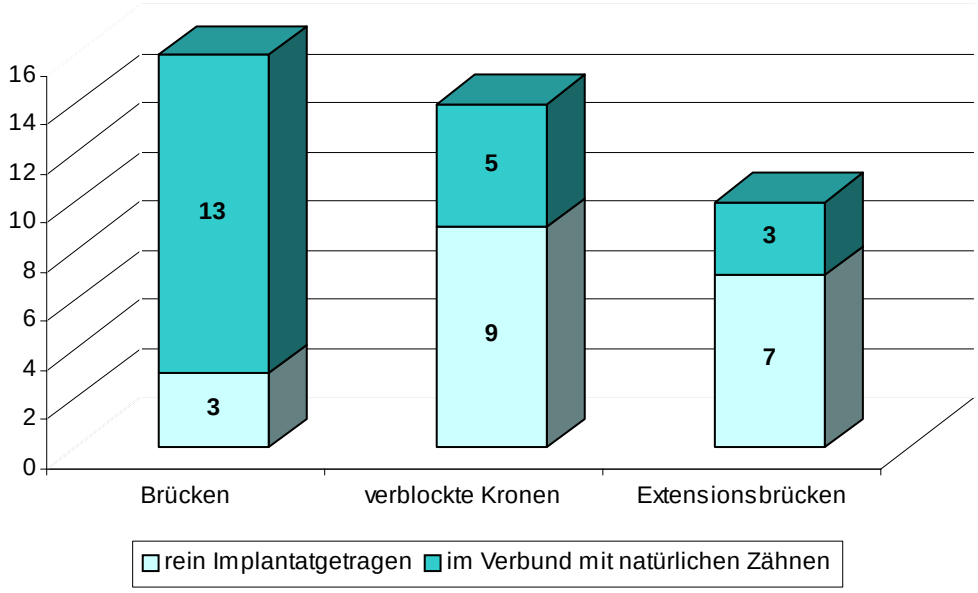


Abb. 3: Verteilung der Restaurationstypen

3.3 Untersuchungen zur Veränderung des periimplantären Knochens

3.3.1 Implantatspezifische Einflussgrößen

3.3.1.1 Implantatlokalisation

Um die statistische Aussagekraft zu erhöhen, wurden die Implantate folgenden Regionen zugeordnet: „Oberkiefer anterior“ (n=6, entspricht 8%), „Oberkiefer posterior“ (n=18, entspricht 24,7%), „Unterkiefer anterior“ (n=0, entspicht 0%),

„Unterkiefer posterior“ (n=49, entspricht 67,1%), wobei die Region „anterior“ den Bereich der Schneide- und der Eckzähne beschreibt, die Region „posterior“ den der Prämolaren und Molaren.
Für die Region „Oberkiefer anterior“ wurde ein größerer Knochenverlust festgestellt als für die Regionen „Oberkiefer posterior“ und „Unterkiefer posterior“ ($Md_{\text{Oberkiefer anterior}}$ =-1,90 mm, $Md_{\text{Oberkiefer posterior}}$ = -1,02 mm, $Md_{\text{Unterkiefer posterior}}$ =-0,85 mm) (Tab. 1, Abb. 4). Eine statistische Signifikanz bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens in Zusammenhang mit dem Implantatstandort konnte nicht nachgewiesen werden (p=0,123).

Tab. 1: Veränderung des periimplantären Knochens bei verschiedenen Implantatstandorten

	Anzahl	Prozent	Minimum	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Maximum	Mittel-wert	Standard-abweichung
OK anterior	**6**	**8,2**	**-2,90**	**-2,57**	**-1,90**	**-1,39**	**-0,59**	**-1,87**	**0,88**
OK posterior	**18**	**24,7**	**-6,89**	**-1,63**	**-1,02**	**-0,42**	**-0,07**	**-1,40**	**1,59**
UK anterior	**0**	**0**	**.**	**.**	**.**	**.**	**.**	**.**	**.**
UK posterior	**49**	**67,1**	**-5,88**	**-1,43**	**-0,85**	**-0,30**	**0,41**	**-1,19**	**1,38**

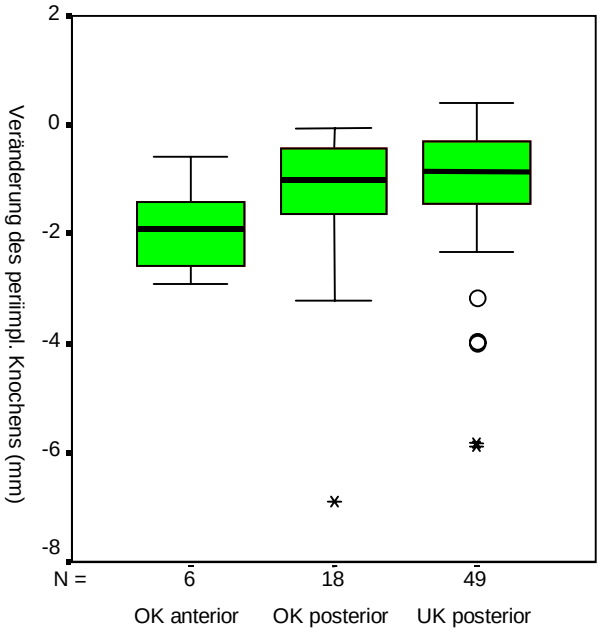


Abb. 4 Veränderung des periimplantären Knochens bei verschiedenen Implantatstandorten

3.3.1.2 Länge und Durchmesser der Implantate

Bei der Implantatlänge wurde zur Erhöhung der statistischen Aussagekraft eine Gruppierung vorgenommen. Die Einteilung erfolgte in Implantate der Länge von „8 oder 10 mm“, n=26 (35,6%), „12 mm“, n=41 (56,2%) und „14 oder 16 mm“, n=6 (8,2%) (Tab. 2).
Für die einzelnen Längen konnte bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens kein signifikanter Unterschied (p=0,818) gefunden werden.

Tab. 2: Veränderung des periimplantären Knochens bei verschiedenen Implantatlängen

	Anzahl	Prozent	Minimum	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Maximum	Mittel-wert	Standard-abweichung
8 oder 10 mm	**26**	**35,6**	**-6,89**	**-2,20**	**-0,85**	**-0,12**	**0,41**	**-1,42**	**1,86**
12 mm	**41**	**56,2**	**-5,88**	**-1,45**	**-1,05**	**-0,42**	**-0,05**	**-1,23**	**1,12**
14 oder 16 mm	**6**	**8,2**	**-2,57**	**-1,90**	**-0,83**	**-0,62**	**-0,59**	**-1,22**	**0,82**

Eine zahlenmäßige Auswertung der einzelnen Implantatdurchmesser ergab, dass die meisten Implantate, n=63 (86,3%), einen Durchmesser von 4,1 mm hatten. Am zweithäufigsten wurden Implantate mit einem Durchmesser von 3,3 mm, n=9 (12,3%), inseriert, gefolgt von Implantaten mit einem Durchmesser von 4,8 mm, n=1 (1,4%). Eine Auswertung bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens ergab für die Implantate mit einem Durchmesser von 3,3 mm und 4,1 mm keinen signifikanten Unterschied (p=0,107), von einer diesbezüglichen Auswertung der 4,8 mm im Durchmesser messenden Implantate musste aufgrund der geringen Fallzahl (n=1) abgesehen werden (Tab. 3).

Tab. 3: Veränderung des periimplantären Knochens bei verschiedenen Implantatdurchmessern

	Anzahl	Prozent	Minimum	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Maximum	Mittel-wert	Standard-abweichung
3,3 mm	**9**	**12,3**	**-5,88**	**-3,15**	**-1,43**	**-0,59**	**-0,08**	**-2,15**	**1,92**
4,1mm	**63**	**86,3**	**-6,89**	**-1,45**	**-0,87**	**-0,33**	**0,41**	**-1,15**	**1,28**
4,8 mm	**1**	**1,4**	**-2,90**	**-2,90**	**-2,90**	**-2,90**	**-2,90**	**-2,90**	**.**

3.3.2 Patientenspezifische Einflussgrößen

3.3.2.1 Geschlecht und Alter der Patienten

Die Anzahl der Implantate betrug bei Frauen n=38 (52,1%), bei Männern n=35 (47,9%). Ungeachtet aller anderen Kriterien für die Veränderung des periimplantären Knochens ließ sich bei Frauen (Md_{Frauen} =-1,28 mm) im Vergleich zu Männern ($Md_{Männer}$ = -0,80mm) eine Tendenz zu vermehrtem Knochenabbau erkennen, die aber für eine statistische Signifikanz (p=0,067) nicht ausreichend ist (Tab. 4).

Tab. 4: Veränderung des periimplantären Knochens bei Frauen und Männern

	Anzahl	Prozent	Minimum	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Maximum	Mittel-wert	Standard-abweichung
Frauen	**38**	**52,1**	**-6,89**	**-2,14**	**-1,28**	**-0,48**	**0,41**	**-1,54**	**1,54**
Männer	**35**	**47,9**	**-5,81**	**-1,20**	**-0,80**	**-0,29**	**0,36**	**-1,03**	**1,20**

Das Patientenalter wurde zu statistischen Zwecken, um eine ausreichend große Anzahl an Implantaten zu erhalten, gruppiert in: „20-39 Jahre“, n=8 (11%), „40-59 Jahre“ n=43 (58,9%) und 60-80 Jahre, n=22 (30,1%). Bei den einzelnen Altersgruppen konnte kein signifikanter Unterschied (p=0.811) bezüglich des periimplantären Knochens festgestellt werden (Tab. 5).

Tab. 5: Veränderung des periimplantären Knochens bei verschiedenen Altersgruppen

	Anzahl	Prozent	Minimum	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Maximum	Mittel-wert	Standard-abweichung
20-39 Jahre	**8**	**11,0**	**-2,57**	**-1,90**	**-0,88**	**-0,11**	**0,36**	**-1,00**	**1,10**
40-59 Jahre	**43**	**58,9**	**-5,88**	**-1,77**	**-0,88**	**-0,48**	**-0,08**	**-1,29**	**1,22**
60-80 Jahre	**22**	**30,1**	**-6,89**	**-1,45**	**-1,00**	**-0,39**	**0,41**	**-1,43**	**1,81**

Überprüft man beide Parameter in Kombination (Tab. 6, Abb. 5), erscheint die Gruppe „20-39 Jahre“ (n=4 bei Frauen und n=4 bei Männern) unterrepräsentiert. Bei der Gruppe „40-59 Jahre“ (n=22 bei Frauen und n=21 bei Männern) und „60-80Jahre“ (n=12 bei Frauen und n=10 bei Männern) ergaben sich etwa gleiche

Verhältnisse in Bezug auf die Veränderung des periimplantären Knochens („40-59 Jahre Frauen“: *Md*=-1,10 mm, „40-59 Jahre Männer“: *Md*=-0,80 mm, „60-80 Jahre Frauen“: *Md*=-1,06 mm, „60-80 Jahre Männer“ *Md*=-1,00 mm) und somit keine statistisch relevanten Unterschiede („40-59 Jahre“: p=0,162, „60-80Jahre“ p=0,895).

Tab. 6: Veränderung des periimplantären Knochens bei verschiedenen Altersgruppen getrennt nach Frauen und Männern

		Anzahl	Prozent	Minimum	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Maximum	Mittel-wert	Standarda-bweichung
Frauen	20-39 Jahre	**4**	**5,5**	**-2,57**	**-2,47**	**-1,90**	**-1,40**	**-1,39**	**-1,94**	**0,63**
	40-59 Jahre	**22**	**30,1**	**-5,88**	**-2,12**	**-1,10**	**-0,59**	**-0,08**	**-1,52**	**1,37**
	60-80 Jahre	**12**	**16,4**	**-6,89**	**-2,11**	**-1,06**	**-0,06**	**0,41**	**-1,46**	**2,04**
Männer	20-39 Jahre	**4**	**5,5**	**-0,37**	**-0,27**	**-0,11**	**0,16**	**0,36**	**-0,06**	**0,31**
	40-59 Jahre	**21**	**28,8**	**-3,96**	**-1,20**	**-0,80**	**-0,29**	**-0,09**	**-1,05**	**1,01**
	60-80 Jahre	**10**	**13,7**	**-5,81**	**-1,34**	**-1,00**	**-0,62**	**-0,33**	**-1,39**	**1,60**

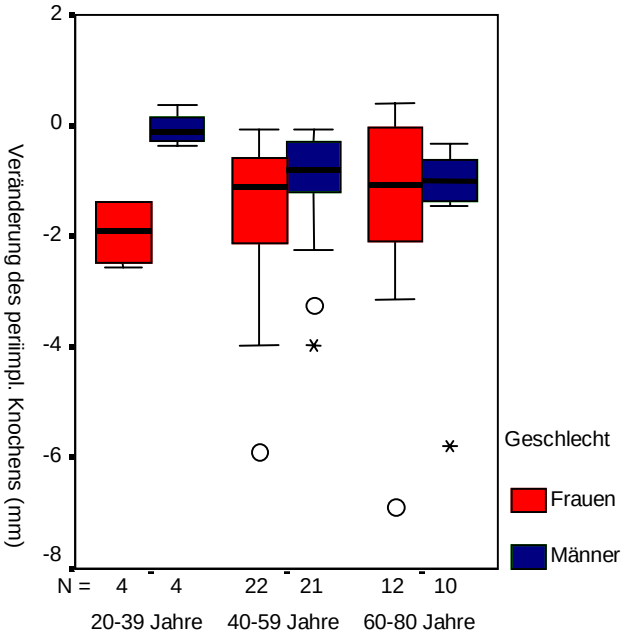


Abb. 5: Veränderung des periimplantären Knochens bei verschiedenen Altersgruppen getrennt nach Frauen und Männern

3.3.2.2 Rauchstatus

Etwa zwei Drittel der untersuchten Implantate, n=46 (63%), wurden bei Nichtrauchern, etwa ein Drittel, n=27 (37%), bei Rauchern inseriert. Ungeachtet anderer Kriterien ließ sich aus den Ergebnissen kein signifikanter Unterschied (p=0,964) bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens ableiten (Tab. 7).

Tab. 7: Veränderung des periimplantären Knochens bei Nichtrauchern und Rauchern

	Anzahl	Prozent	Minimum	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Maximum	Mittel-wert	Standard-abweichung
Nichtraucher	**46**	**63,0**	**-6,89**	**-1,77**	**-0,90**	**-0,37**	**0,40**	**-1,41**	**1,63**
Raucher	**27**	**37,0**	**-3,23**	**-1,63**	**-1,00**	**-0,39**	**0,41**	**-1,12**	**0,88**

3.3.2.3 Parodontaler Status

Aufgrund des klinischen parodontalen Kurzbefundes und der röntgenologischen Auswertung des parodontalen Knochenverlaufes im Bereich der natürlichen Restbezahnung der Patienten wurden die inserierten Implantate analog den Gruppen „parodontal gesund“, „Gingivitis“, „Parodontitis marginalis superficialis“ und „Parodontitis marginalis profunda“ zugeordnet. Die Anzahl der Implantate betrug in der Gruppe „parodontal gesund“ n=9 (12,3%), in der Gruppe „Gingivitis“ n=21 (28,8%), in der Gruppe der bestehenden, beziehungsweise stattgehabten „Parodontitis marginalis superficialis“ n=37 (50,7%) und in der Gruppe der bestehenden, beziehungsweise stattgehabten „Parodontitis marginalis profunda“ n=6 (8,2%). Ungeachtet aller anderen Kriterien wies die Gruppe „parodontal gesund“ gegenüber allen anderen Gruppen ($Md_{\text{parodontal gesund}}$ =-0,40mm , $Md_{\text{Gingivitis}}$ = -1,00mm, $Md_{\text{Parodontitis marginalis superficialis}}$ =-0,87mm, $Md_{\text{Parodontitis marginalis profunda}}$ = -1,42mm) einen deutlich geringeren Knochenverlust auf. Den größten Knochenverlust wies die Gruppe „Parodontitis marginalis profunda“ auf ($Md_{\text{Parodontitis marginalis profunda}}$ =–1,42mm) (Tab. 8, Abb. 6). Es konnte kein Nachweis einer statistischen Signifikanz gefunden werden (p=0,707).

Tab. 8: Veränderung des periimplantären Knochens entsprechend dem parodontalen Befund

	Anzahl	Prozent	Minimum	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Maximum	Mittel-wert	Standard-abweichung
parodontal gesund	**9**	**12,3**	**-2,57**	**-1,41**	**-0,40**	**-0.05**	**0,40**	**-0,87**	**1,12**
Gingivitis	**21**	**28,8**	**-5,88**	**-1,77**	**-1,00**	**-0,48**	**-0,05**	**-1,55**	**1,68**
Parod. marg. superficialis	**37**	**50,7**	**-6,89**	**-1,43**	**-0,87**	**-0,48**	**0,41**	**-1,24**	**1,34**
Parod. marg. profunda	**6**	**8,2**	**-3,23**	**-2,07**	**-1,42**	**-0,19**	**-0,19**	**-1,42**	**1,17**

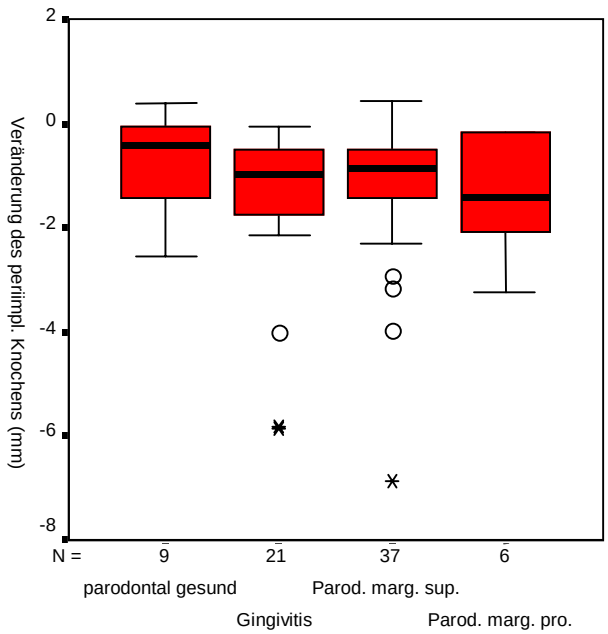


Abb. 6: Veränderung des periimplantären Knochens entsprechend dem parodontalen Befund

3.3.3 Versorgungsdauer

Um eine entsprechend große Anzahl an statistisch auswertbaren Implantaten zu erhalten, wurden sie entsprechend ihrer Verweildauer seit prothetischer Versorgung in Gruppen unterteilt. Die Gruppe „12-35 Monate“, n=20 (27,4%), schließt alle Implantate ein, die mindestens 12 Monate und maximal 35 Monate prothetisch versorgt waren, die Gruppe „36-47 Monate“, n=21 (28,8%), die, die mindestens 36 Monate und maximal 47 Monate prothetisch versorgt waren. Die Gruppe „48-59

Monate“, n=13 (17,8%), erfasst Implantate, die mindestens 48 Monate und maximal 59 Monate prothetisch versorgt waren und die Gruppe „60-80 Monate“, n=19 (26%), solche, die mindestens 60 Monate und maximal 80 Monate prothetisch versorgt waren (Abb. 7).

Im Gruppenvergleich konnte ein statistisch signifikanter Zusammenhang (p=0,020) bezüglich der Versorgungsdauer und Veränderung des periimplantären Knochens in der Gruppe „36-47 Monate“ gefunden werden. Bei allen anderen Gruppen konnten über eine Versorgungsdauer von bis zu 80 Monaten nahezu unveränderte krestale Knochenverhältnisse festgestellt werden ($Md_{\text{12-35 Monate}}$ = -0,87 mm , $Md_{\text{36-47 Monate}}$ = -1,43 mm, $Md_{\text{48-59 Monate}}$ = -0,80 mm, $Md_{\text{60-80 Monate}}$ = -0,70 mm) (Tab. 9, Abb. 8).

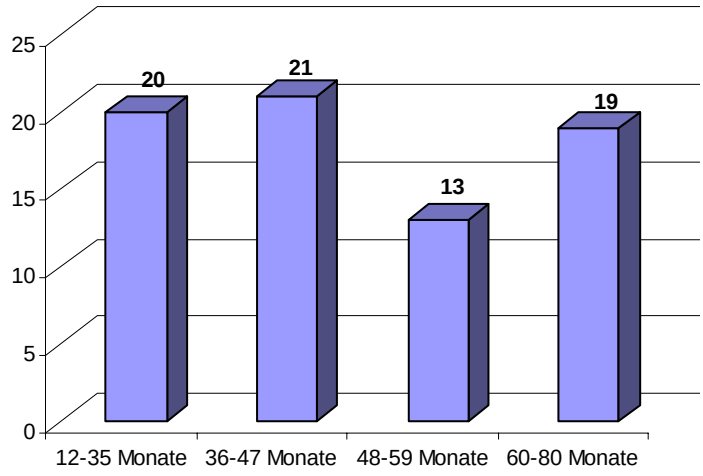


Abb. 7: Anzahl der Implantate geordnet nach der Versorgungsdauer

Tab. 9: Veränderung des periimplantären Knochens entsprechend der Versorgungsdauer

	Anzahl	Prozent	Minimum	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Maximum	Mittel-wert	Standard-abweichung
12-35 Monate	**20**	**27,4**	**-3,23**	**-1,77**	**-0,87**	**-0,44**	**0,36**	**-1,14**	**0,96**
36-47 Monate	**21**	**28,8**	**-6,89**	**-2,57**	**-1,43**	**-0,87**	**-0,05**	**-2,18**	**1,96**
48-59 Monate	**13**	**17,8**	**-2,12**	**-1,14**	**-0,80**	**-0,33**	**-0,19**	**-0,87**	**0,63**
60-80 Monate	**19**	**26,0**	**-3,96**	**-1,12**	**-0,70**	**-0,09**	**0,41**	**-0,79**	**0,99**

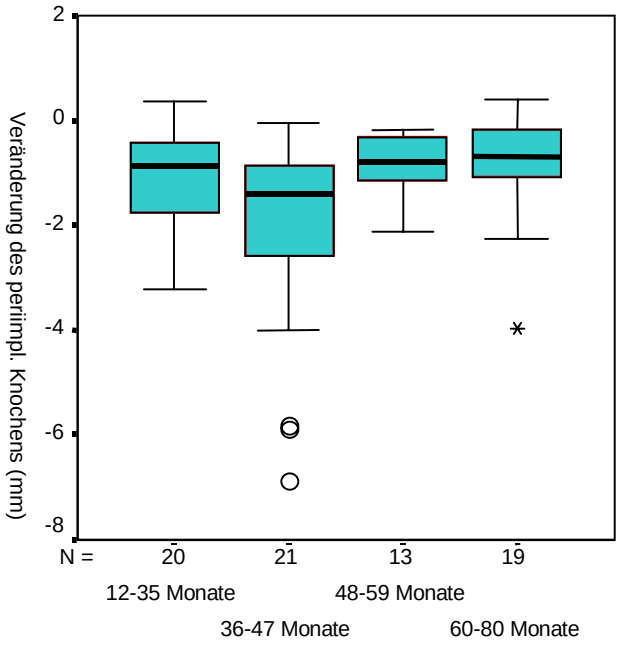


Abb. 8: Veränderung des periimplantären Knochens geordnet nach Versorgungsdauer

3.3.4 Indikation und prothetische Suprakonstruktion

3.3.4.1 Vergleich rein implantatgetragener Konstruktionen – Verbundkonstruktionen

Bei dem Vergleich der Implantate, deren Suprakonstruktion mit der natürlichen Restbezahnung verbunden war, n=30 (41,1%), mit denen, deren Suprakonstruktion allein von Implantaten getragen war, n=43 (58,9%), konnte kein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens festgestellt werden (p=0,494) (Tab. 10, Abb. 9).

Tab. 10: Veränderung des periimplantären Knochens bei Implantaten nach Suprakonstruktion („Verbund“ und „rein implantatgetragen“)

	Anzahl	Prozent	Minimum	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Maximum	Mittel-wert	Standard-abweichung
Verbund	**30**	**41,1**	**-5,88**	**-1,43**	**-0,83**	**-0,39**	**0,40**	**-1,32**	**1,59**
implantatgetragen	**43**	**58,9**	**-6,89**	**-1,90**	**-1,12**	**-0,37**	**0,41**	**-1,28**	**1,27**

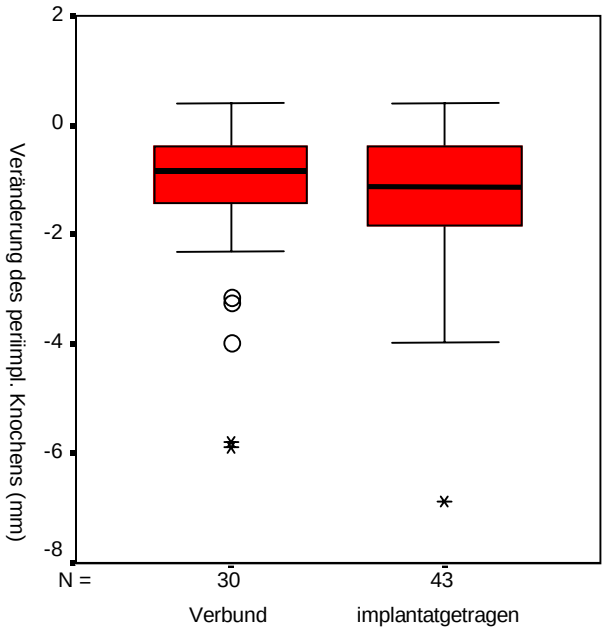


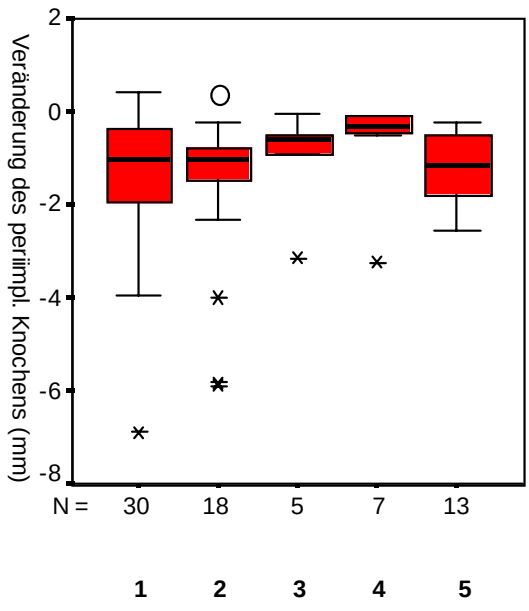
Abb. 9: Veränderung des periimplantären Knochens bei Implantaten geordnet nach Suprakonstruktion („Verbund“ und „rein implantatgetragen“)

3.3.4.2 Vergleich Anzahl der Implantate zu natürlichen Zähnen

Zur weiteren statistischen Auswertung wurden die Implantate, deren Suprakonstruktion mit der natürlichen Restbezahnung verbunden war, sowie die Implantate, deren Suprakonstruktion allein von Implantaten getragen wurde, entsprechend ihrer Pfeilerkonfiguration gruppiert. Die Gruppen „2 Implantate, kein natürlicher Zahn“, n=30 (41,1%), „2 Implantate, 1 natürlicher Zahn“, n=18 (24,7%), und „3 oder mehr Implantate, kein natürlicher Zahn“, n=13 (17,8%), zeigten eine fast gleiche Veränderung des periimplantären Knochens ($Md_{\text{2 Implantate, kein natürlicher Zahn}}$ =-1,02 mm, $Md_{\text{2 Implantate, 1 nat. Zahn}}$ =-1,02 mm, $Md_{\text{3 oder mehr Implantate, kein nat. Zahn}}$ =-1,14 mm). Die Gruppen „1 Implantat, 1 natürlicher Zahn“ und „1 Implantat, 2 oder mehr natürliche Zähne“ wiesen geringfügig weniger Knochenverlust ($Md_{\text{1 Implantat, 1 nat. Zahn}}$ = -0,59 mm, $Md_{\text{1 Implantat, 2 oder mehr nat. Zähne}}$ =-0,30 mm) (Tab. 11, Abb. 10) auf. Eine statistische Signifikanz bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens konnte hier nicht nachgewiesen werden (p=0,240).

Tab. 11: Veränderung des periimplantären Knochens bei Implantaten geordnet nach Suprakonstruktion (Anzahl der Implantate zu natürlichen Zähnen)

	Anzahl	Prozent	Minimum	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Maximum	Mittel-wert	Standard-abweichung
2 Implantate, kein nat. Zahn	**30**	**41,1**	**-6,89**	**-1,90**	**-1,02**	**-0,37**	**0,41**	**-1,30**	**1,44**
2 Implantate, 1 nat. Zahn	**18**	**24,7**	**-5,88**	**-1,43**	**-1,02**	**-0,80**	**0,40**	**-1,66**	**1,78**
1 Implantat, 1 nat. Zahn	**5**	**6,8**	**-3,15**	**-0,87**	**-0,59**	**-0,48**	**-0,05**	**-1,03**	**1,22**
1 Implantat, 2 oder mehr nat. Zähne	**7**	**9,6**	**-3,23**	**-0,48**	**-0,30**	**-0,09**	**-0,08**	**-0,67**	**1,14**
3 oder mehr Implantate, kein nat. Zahn	**13**	**17,8**	**-2,57**	**-1,77**	**-1,14**	**-0,50**	**-0,24**	**-1,25**	**0,79**



1 2 Implantate, kein natürlicher Zahn
2 2 Implantate, 1 natürlicher Zahn
3 1 Implantat, 1 natürlicher Zahn
4 1 Implantat, 2 oder mehr natürliche Zähne
5 3 oder mehr Implantate, kein natürlicher Zahn

Abb. 10: Veränderung des periimplantären Knochens bei Implantaten nach Suprakonstruktion (Anzahl der Implantate zu natürlichen Zähnen)

3.3.4.3 Vergleich Brücke, verblockte Krone und Extensionsbrücke

Entsprechend des jeweiligen Restaurationstyps wurden die Implantate in „Brücke“, n=25 (34,2%), „verblockte Krone“, n=27 (37,0%), und „Brücke mit Anhänger“, n=21 (28,8%), eingeteilt.

Ungeachtet aller anderen Kriterien wies die Gruppe „verblockte Krone“ ($Md_{\text{verblockte Krone}}$ =-0,60 mm) etwas geringeren Knochenverlust auf als die Gruppe „Brücke“ ($Md_{\text{Brücke}}$ =-0,87 mm). Die Gruppe „Brücke mit Anhänger“ wies den größten Knochenverlust ($Md_{\text{Brücke mit Anhänger}}$ =-1,39 mm) auf. Dieser Wert ist im Gruppenvergleich statistisch nicht signifikant (p=0,061) (Tab. 12, Abb. 11).

Tab. 12: Veränderung des periimplantären Knochens bei Implantaten; Vergleich Brücke, verblockte Krone und Extensionsbrücke

	Anzahl	Prozent	Minimum	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Maximum	Mittel-wert	Standard-abweichung
Brücke	**25**	**34,2**	**-5,81**	**-1,43**	**-0,87**	**-0,30**	**0,40**	**-1,17**	**1,31**
verblockte Krone	**27**	**37,0**	**-6,89**	**-1,43**	**-0,60**	**-0,29**	**0,36**	**-1,10**	**1,46**
Brücke mit Anhänger	**21**	**28,8**	**-5,88**	**-2,20**	**-1,39**	**-0,86**	**0,41**	**-1,71**	**1,40**

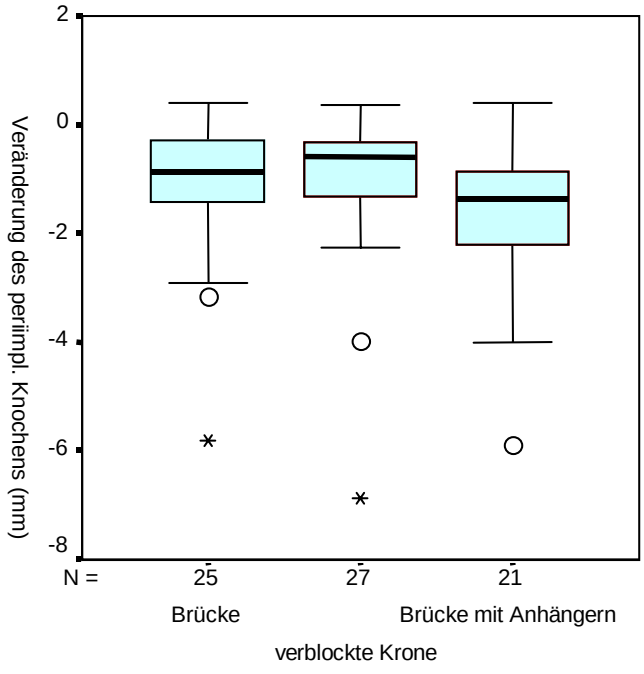


Abb. 11: Veränderung des periimplantären Knochens bei Implantaten; Vergleich Brücke, verblockte Krone und Extensionsbrücke

Bei der weiteren Unterteilung des jeweiligen Restaurationstyps in „Verbund“ und „rein implantatgetragen“ ergaben sich etwa gleiche Verhältnisse bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens für die Gruppen „Brücke Verbund“ (*Md*=-0,87 mm), „Brücke implantatgetragen“ (*Md*=-1,03 mm), „verblockte Krone Verbund“ (*Md*=-0,48mm), „verblockte Krone implantatgetragen“ (*Md*=-0,81 mm) und „Brücke mit Anhänger implantatgetragen“ (*Md*=-1,30). In der Gruppe „Brücke mit Anhänger Verbund“ (*Md*=-3,23mm) fiel ein größerer Knochenverlust auf. Der Vergleich mit der Gruppe „Brücke mit Anhänger implantatgetragen“ ergab keine statistische Signifikanz (p=0,322) (Tab. 13, Abb. 12).

Tab. 13: : Veränderung des periimplantären Knochens bei Implantaten; Unterteilung der Restaurationstypen in „Verbund und „implantatgetragen“

		Anzahl	Minimum	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Maximum	Mittel-wert	Standard-abweichung
Brücke	Verbund	**19**	**-5,81**	**-1,41**	**-0,87**	**-0,30**	**0,40**	**-1,16**	**1,39**
	implantat-getragen	**6**	**-2,90**	**-1,90**	**-1,03**	**-0,16**	**-0,05**	**-1,18**	**1,11**
Verblockte Krone	Verbund	**6**	**-1,43**	**-,60**	**-0,48**	**-0,39**	**-0,05**	**-,57**	**0,46**
	implantat-getragen	**21**	**-6,89**	**-1,53**	**-0,81**	**-0,29**	**0,36**	**-1,25**	**1,62**
Brücke mit Anhänger	Verbund	**5**	**-5,88**	**-3,99**	**-3,23**	**-0,80**	**-0,23**	**-2,83**	**2,33**
	implantat-getragen	**16**	**-2,57**	**-2,11**	**-1,30**	**-0,89**	**0,41**	**-1,36**	**0,79**

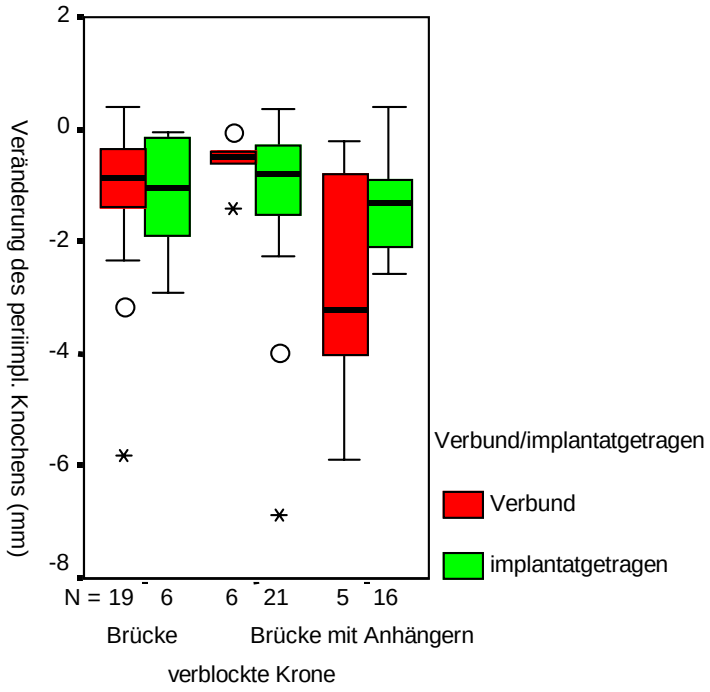


Abb. 12: Veränderung des periimplantären Knochens bei Implantaten; Unterteilung der Restaurationstypen in „Verbund und „implantatgetragen“

3.3.4.4 Vergleich Schaltlücke - Freiendlücke

Entsprechend der jeweiligen Lückensituation wurden die Implantate eingeteilt in „Schaltlücke“, n=16 (21,9%), und „Freiendlücke“, n=57 (78,1%) (Abb. 13).

Bei den Implantaten der Gruppe „Schaltlücke“ konnte eine etwas geringere Veränderung des periimplantären Knochens ($MD_{Schaltlücke}$ =-0,61 mm) als bei den Implantaten der Gruppe „Freiendlücke“ ($MD_{Freiendlücke}$ =-1,00 mm) festgestellt werden (Tab. 14). Dieser Wert ist statistisch jedoch nicht signifikant (p=0,566).

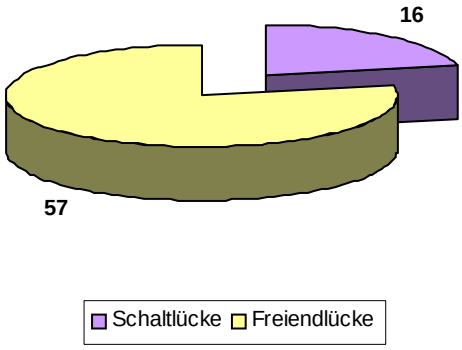


Abb. 13: Anzahl der Implantate geordnet nach Lückensituation

Tab. 14: Veränderung des periimplantären Knochens bei Implantaten geordnet nach Lückensituation

	Anzahl	Prozent	Minimum	25. Perzentil	Median	75. Perzentil	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Schaltlücke	**16**	**21,9**	**-2,90**	**-1,67**	**-0,61**	**-0,28**	**0,36**	**-1,04**	**0,99**
Freiendlücke	**57**	**78,1**	**-6,89**	**-1,63**	**-1,00**	**-0,42**	**0,41**	**-1,37**	**1,49**

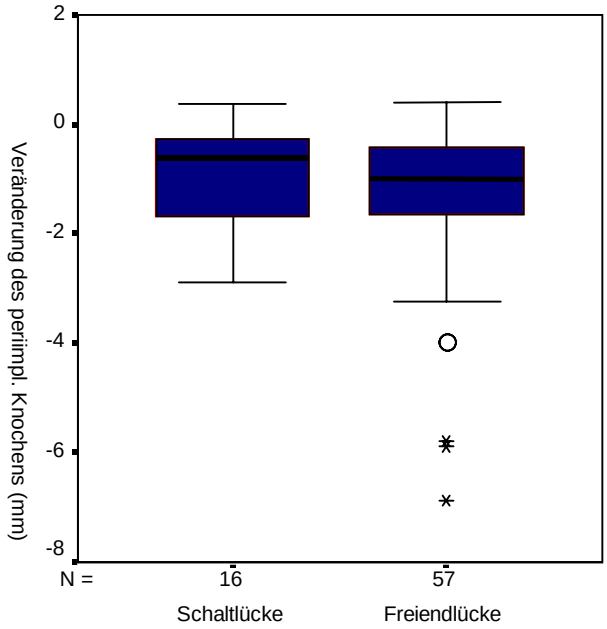


Abb. 14: Veränderung des periimplantären Knochens bei Implantaten geordnet nach Lückensituation

4 Diskussion

4.1 Implantatspezifische Einflussgrößen

Als implantatspezifische Einflussgrößen wurden die Implantatlokalisation, die Implantatlänge und der Implantatdurchmesser ausgewertet. Es sollte untersucht werden, ob sich bereits bei der isolierten Auswertung dieser Parameter Unterschiede bezüglich des periimplantären Knochenabbaus ergeben.

Entsprechend ihrer Lokalisation wurden die Implantate gruppiert in: „Oberkiefer anterior", „Oberkiefer posterior", „Untererkiefer anterior" und „Unterkiefer posterior", wobei die Region „anterior" den Bereich der Schneide- und der Eckzähne beschreibt, die Region „posterior" den der Prämolaren und Molaren.
Die Anzahl der inserierten Implantate ist in den Gruppen „Oberkiefer posterior" (n=18) und „Unterkiefer posterior" (n=49) ausreichend groß, um sie statistisch auswerten und miteinander vergleichen zu können. Die Gruppe „Oberkiefer anterior" (n=6) ist zahlenmäßig unterrepräsentiert, was einen statistischen Vergleich erschwert. In der Gruppe „Unterkiefer anterior" lagen keine Implantationen vor.

Die Gruppe „Unterkiefer posterior" (*Md*=-0,85 mm) wies den geringsten Knochenverlust auf. Für die Gruppe „Oberkiefer posterior" (*Md*=-1,02 mm) wurde ein geringfügig höherer Wert bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens ermittelt.
Diese Differenz beruht wahrscheinlich auf Unterschieden in der Knochenqualität zwischen Ober- und Unterkiefer. Im anterioren Unterkieferbereich findet man gewöhnlich dichteren Knochen als im anterioren Oberkieferbereich. Der posteriore Unterkieferbereich weist eine geringere Knochendichte auf als der anteriore Unterkieferbereich. Die schlechteste Knochenqualität findet man im posterioren Oberkiefer (Misch 2004). Misch et. al konnten eine Korrelation zwischen Knochendichte und krestalem Knochenverlust nachweisen (Misch 2004). Da in der vorliegenden Studie die Knochenqualität nicht untersucht wurde, kann die Begründung für die Unterschiede bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens innerhalb der Gruppen „Oberkiefer posterior" und „Unterkiefer posterior" nur hypothetisch erfolgen. Dennoch belegen auch Untersuchungen zur Erfolgswahrscheinlichkeit von Implantaten eine Differenz zwischen Implantaten im Oberkiefer und Implantaten im Unterkiefer. Da die Erfolgskriterien in der Regel

den krestalen Knochenverlust berücksichtigen, erscheint ein Vergleich an dieser Stelle angemessen. Becker et al. geben kumulierte Erfolgsraten von 91,5% für den posterioren Unterkiefer und 82,9% für den posterioren Oberkiefer nach einem Zeitraum von 6 Jahren an (Becker et al. 1999). Buser et al. ermittelten eine kumulierte Erfolgsrate von 95,4% für den posterioren Unterkiefer und 86,7% für den posterioren Oberkiefer nach einem Zeitraum von 8 Jahren (Buser et al. 1997).
Bei Betrachtung der Maximalwerte fällt auf, dass in den Gruppen „Oberkiefer posterior" (-0,07mm) und „Oberkiefer anterior" (-0,59mm) alle Implantate Knochenverlust aufweisen. In der Gruppe „Unterkiefer posterior" (0,41mm) gibt es Implantate, die Knochen hinzugewonnen haben.
Bei Betrachtung der Minimalwerte zeigt sich, dass es sowohl in der Gruppe „Oberkiefer posterior" (-6,89 mm) als auch in der Gruppe „Unterkiefer posterior" (-5,88 mm) Implantate gibt, deren Knochenabbau soweit fortgeschritten ist, dass ein Erfolg fraglich erscheint.

Zur Auswertung der Implantatlängen wurden die Implantate in folgende Gruppen eingeteilt: „8 oder 10 mm", „12 mm" und „14 oder 16 mm".
Die Anzahl der Implantate in den Gruppen „8 oder 10 mm" (n=26) und „12 mm" (n=41) war ausreichend, um eine statistische Auswertung vorzunehmen. Die Gruppe „14 oder 16 mm" (n=6) war zahlenmäßig unterrepräsentiert, was die statistische Aussagekraft einschränkt.
Die Gruppen „8 oder 10 mm" (*Md*=-0,85 mm) und „14 oder 16 mm" (*Md*=-0,83 mm) wiesen nahezu identische Werte bezüglich der Veränderung des krestalen Knochens auf. Für die Gruppe „12 mm" (*Md*=-1,05 mm) wurde ein geringfügig höherer Wert ermittelt, der statistisch jedoch nicht signifikant war.
Somit wird hier deutlich, dass auch kürzere ITI-Bonefit-Implantate erfolgreich als Brückenanker verwendet werden können. Das ist besonders wichtig im Hinblick auf posteriore Implantatlokalisationen. Diese weisen, aufgrund vorangegangener Resorptionsprozesse und/oder aufgrund der Nähe wichtiger anatomischer Strukturen, wie den nervus mandibularis im Unterkiefer oder den sinus maxilaris im Oberkiefer, häufig nicht ausreichend Knochenhöhe auf. Kürzere Implantate besitzen ihrer Länge entsprechend weniger Oberfläche und damit weniger Knochen-Implantat-Kontakt. Dennoch werden sie in posterioren Implantatlokalisationen eingesetzt, wo ungleich höhere Kaudrucke auf sie einwirken als im anterioren Bereich. Zum guten Abschneiden der verkürzten Implantate trägt sicherlich die TPS- und SLA-Beschichtung der ITI-Bonefit-Implantate bei, die in vorangegangenen tierexperimentellen Studien eine deutlich schnellere und stärkere Verankerung im Knochen bewirkte (Wilke, Claes u. Steinemann 1990; Buser et al.

1999). Studien, die eine Berechnung der Erfolgsraten beinhalten, belegen die guten Ergebnisse, die mit Implantaten mit reduzierter Länge erreicht werden. Buser et al. konnten in einer 8-Jahres-„life table"-Analyse kumulierte Erfolgsraten von 91,4 % für ITI-Bonefit-Implantate mit einer Länge von 8 mm nachweisen (Buser et al., 1997). Brocard et al. ermittelten Erfolgsraten nach einem Zeitraum von 7 Jahren von 89,0 % für ITI-Bonefit-Implantate mit einer Länge von 8 mm oder weniger und 92,8 % für ITI-Bonefit-Implantate mit einer Länge von 10 mm.

Eine Auswertung der Implantate entsprechend ihrem Durchmesser muss an dieser Stelle ausbleiben, da die Verteilung der Implantate in den einzelnen Gruppen sehr ungleich ist. Das im Durchmesser 4,1 mm messende Standardimplantat war mit 86,3 % gegenüber dem 3,3 mm Implantat (12,3 %) und dem 4,8 mm Implantat (1,4 %) deutlich überrepräsentiert. Ein Vergleich der Implantatdurchmesser bezüglich ihres Einflusses auf den periimplantären Knochen wäre hier nicht sinnvoll.

4.2 Patientenspezifische Einflussgrößen

Die Parameter, die in dieser Kategorie untersucht wurden, waren zum einen das Geschlecht der Patienten, zum anderen das Patientenalter. Des Weiteren wurden Risikofaktoren wie das Rauchen und parodontale Vorerkrankungen in diese Kategorie aufgenommen.

Bei der Aufteilung der Implantate entsprechend dem Geschlecht der Patienten, bei denen sie inseriert wurden, ergab sich eine ausgeglichene Anzahl an Implantaten für beide Gruppen. In der Gruppe der Frauen wurden 38, in der Gruppe der Männer 35 Implantate inseriert. Frauen weisen in dieser Studie einen erheblich größeren Knochenverlust (*Md*=-1,28 mm) als Männer auf (*Md*= -0,80 mm). Aufgrund der relativ geringen Anzahl der Implantate in beiden Gruppen könnte dieses Phänomen eine rein statistische Ursache haben. Aus der Literatur sind keine Angaben über geschlechtsspezifische Unterschiede bei der Veränderung des periimplantären Knochens verfügbar. Eine groß angelegte prospektive Studie mit deutlich mehr Implantaten wäre erforderlich, um zu beweisen, dass dieses Phänomen weiterhin existent ist oder dass sich die Werte mit steigender Anzahl der untersuchten Implantate einander annähern.

Bei der Auswertung der Veränderung des periimplantären Knochens bezüglich des Alters ergaben sich für die Gruppen, „20-39 Jahre“ (*Md*=-0,88 mm) , „40-59 Jahre“ (*Md*=-0,88 mm) und „60-80 Jahre“ (*Md*=-1,00 mm) etwa gleiche Werte. Im Vergleich zu den Gruppen „40-59 Jahre“ (n=43) und „60-80 Jahre“ (n=22) war die Gruppe „20-39 Jahre“ (n=8) von der Anzahl der inserierten Implantate her unterrepräsentiert, was einen statistischen Vergleich erschwert.

Bryant et al. fanden in einem Vergleich von älteren und jüngeren Patienten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede bezüglich des krestalen Knochenverlustes. Dennoch fanden sich in dieser Studie signifikante Unterschiede in der Untergruppe „festsitzender Zahnersatz“. Es konnte nachgewiesen werden, dass jüngere Patienten in dieser Gruppe mehr Knochenverlust aufwiesen als ältere Patienten. Eine hypothetische Begründung liefert Bryant, indem er die Länge des Intervalls der Zahnlosigkeit in Verbindung mit dem Knochenverlust bringt. Er geht davon aus, dass ältere Patienten gewöhnlich ein längeres Intervall der Zahnlosigkeit durchgemacht haben. Der Knochen kann so die unweigerlich nach einer Extraktion auftretenden Remodellierungsvorgänge über einen längeren Zeitraum mitmachen, was den frühzeitigen Knochenverlust an den Implantaten gegenüber den Implantaten, die kurz nach einer Extraktion inseriert werden, reduziert (Bryant u. Zarb 2003). Brocard et al. ermittelten in einer Studie mit konsekutiv inserierten ITI-Bonefit-Implantaten Erfolgsraten von 86,7% für die Gruppe der unter 40-jährigen, 96,6% für die Gruppe der 40- bis 60-jährigen und 89,9 % für die Gruppe der über 60-jährigen nach einer Zeit von 7 Jahren (Brocard et al. 2000). Die Anzahl der in dieser Studie untersuchten Implantate war im 7. Jahr nicht besonders groß (n=15 für die Gruppe der unter 40-jährigen, n=58 für die Gruppe der 40- bis 60-jährigen und n=59 für die Gruppe der über 60-jährigen).

In diese Studie konnte mit Hilfe der Röntgenbilder und des parodontalen Kurzbefundes bei fast 59% der Patienten eine bestehende beziehungsweise stattgehabte Parodontopathie nachgewiesen werden. Etwa 59% (n=43) der Implantate wurden im parodontal vorgeschädigten Gebiss inseriert, die meisten davon bei dem Befund Parodontitis marginalis superficialis (n=37). Bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens sind die Werte der Gruppe „Parodontitis marginalis superficialis“ und „Gingivitis“ unauffällig und mit den von Brägger und Behneke publizierten Ergebnissen für ITI-Bonefit-Implantate vergleichbar (Behneke et al. 1997; Braegger et al. 1998; Behneke, Behneke u. d`Hoedt 2000, 2002).

Die Gruppen „Parodontitis marginalis profunda“ (n=6) und „parodontal gesund“ (n=9) sind zahlenmäßig unterrepräsentiert und dadurch statistisch wenig aussagekräftig. Vergleicht man dennoch diese beiden Gruppen untereinander, findet man in der Gruppe „Parodontitis marginalis profunda“ etwa 1 mm mehr Knochenverlust. In einigen Studien konnte nachgewiesen werden, dass die mikrobiologische Flora an Implantaten, die eine Periimplantitis aufweisen, vergleichbar ist mit der an natürlichen Zähnen, die eine fortgeschrittene Parodontitis aufweisen (Mombelli et al. 1987; Listgarten et al. 1991; Rosenberg, Rorosian u. Slots 1991). Auch könnten oralpathogene Keime das inserierte Implantat besiedeln und einen Abbau der periimplantären Strukturen hervorrufen (Mombelli, Buser u. Lang 1988; Mombelli u. Lang 1992). Diese Überlegungen lassen vermuten, dass Implantate im parodontal vorgeschädigtem Gebiss einem erhöhten Risiko des Verlustes von periimplantären Knochen ausgesetzt sind.
Ellegard et al. ermittelten in einer Studie eine Überlebensrate von 95% an ITI-Bonefit-Implantaten im parodontal vorgeschädigten Gebiss und kamen zu dem Schluss, dass derartige Implantate erfolgreich bei parodontal vorgeschädigten Patienten inseriert werden können (Ellegaard, Baelum u. Karring 1997). In einer Studie an Patienten mit stattgehabten Parodontopathien ermittelten Feloutzis et al. Unterschiede bezüglich des Abbaus von periimplantärem Knochen in Abhängigkeit des Nachweises von Interleukin-1 im Sulkusfluid und der Rauchgewohnheiten des Patienten. Es konnten keine signifikanten Veränderungen des periimplantären Knochens bezüglich des Nachweises von Interleukin-1 gefunden werden. Lediglich in der Gruppe der starken Raucher wirkte sich die Anwesenheit von Interleukin-1 signifikant auf den Knochenverlust aus (Feloutzis et al. 2003).

Die Rauchgewohnheiten wurden in dieser Studie isoliert ausgewertet. Eine Unterteilung der Raucher in schwach, mäßig und stark fand nicht statt, da die Angaben zum täglichen Zigarettenkonsum nicht zu verifizieren waren, und ein wissenschaftlich genauer Wert des Nikotinabusus nur mit Hilfe einer Serumnikotinbestimmung möglich gewesen wäre. Vielmehr wurden alle Patienten, die jemals geraucht haben, der Gruppe der Raucher zugeordnet. Bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens konnte für beide Gruppen ein etwa gleicher Wert ermittelt werden. Es konnte also nicht nachgewiesen werden, dass Rauchen allein für einen vermehrten Abbau von periimplantärem Knochen verantwortlich ist.

Im Allgemeinen sollten Erhebungen über patientenspezifische Einflussgrößen und die auf sie zurückzuführenden Erkenntnisse groß angelegten prospektiven Studien

überlassen werden. Erkrankungen des Alters und geschlechtsspezifische Osteopathien sollten in interdisziplinärer Zusammenarbeit mit Hilfe von Ärzten anderer Fachrichtungen verifiziert werden. Bestehende parodontale Erkrankungen müssten mit Hilfe mikrobiologischer Tests bewiesen werden. Ein Test bezüglich des für die Genese von parodontalen Erkrankungen verantwortlichen Interleukin-1β-Polymorphismus wäre ebenfalls sinnvoll.

4.3 Versorgungsdauer

Die Veränderung der krestalen Knochenverhältnisse über die Versorgungsdauer stellt einen wichtigen Indikator für den Langzeiterfolg der untersuchten Implantate dar. In dieser Studie wurde jeder Patient nur einmal untersucht. Es können daher keine Verlaufsdaten zu den einzelnen Implantaten geliefert werden. Dennoch konnten in fast allen Gruppen ähnliche Werte gefunden werden (*Md*=-0,87 mm für die Gruppe „12-35 Monate“, *Md*=-0,87 mm für die Gruppe „48-59 Monate“ und *Md*=-0,87 mm für die Gruppe „60-80 Monate“). Diese Werte bestätigen die Ergebnisse vorangegangener Studien. Brägger et al. geben den radiologisch gemessenen Knochenverlust für Implantate des ITI-Bonefit-Typs für das erste Jahr post operationem mit ungefähr 0,8 mm an (Braegger et al. 1998). Danach stabilisiert sich das krestale Knochenniveau bei einem jährlich nur noch minimalen Knochenabbau (Buser et al. 1997). Behneke berichtet über einen Knochenverlust im ersten Jahr zwischen 0,7 mm und 0,8 mm. In den darauf folgenden Jahren wurde ein durchschnittlicher Knochenverlust von 0,1 mm festgestellt. Da innerhalb der Untersuchungsintervalle zu keinem Zeitpunkt ein statistisch signifikanter Unterschied zur Vorjahreskontrolle gefunden wurde, kann man von stabilen periimplantären Knochenverhältnissen ausgehen (Behneke et al. 1997; Behneke, Behneke u. d`Hoedt 2000, 2002).

Nur in der Gruppe „36-47 Monate“ (*Md*=-1,43 mm) konnte in der vorliegenden Studie ein größerer Knochenverlust nachgewiesen werden. Dieser Wert beruht auf der Tatsache, dass allein 9 der 16 Implantate, die mehr als 2 mm Knochenverlust aufwiesen, dieser Gruppe angehören. Aufgrund der insgesamt relativ geringen Anzahl an untersuchten Implantaten (n=20 für die Gruppe „12-35 Monate“, n=21 für die Gruppe „36-47 Monate“, n=13 für die Gruppe „48-59 Monate“ und n=19 für die Gruppe „60-80 Monate“) ist dieser Wert als ein Phänomen der statistischen

Verteilung zu werten, da es keine weiteren Anhaltspunkte dafür gibt, warum in der Gruppe „36-47 Monate“ ein ungleich größerer Knochenverlust aufgetreten ist. Es ist zu erwarten, dass dieser Wert sich bei zunehmender Anzahl von untersuchten Implantaten dem Wert der anderen Gruppen annähern wird.

4.4 Indikation und prothetische Suprakonstruktion

Die Untersuchung der prothetischen Suprakonstruktion und ihr Einfluss auf die Veränderung des periimplantären Knochens ist zentrales Thema dieser Studie. Es sollte herausgefunden werden, ob die Verbindung von Implantaten mit natürlichen Zähnen, die Anzahl von Implantaten zu natürlichen Zähnen und die prothetische Konstruktion - sei es eine konventionelle Brücke, eine verblockte Krone oder eine Extensionsbrücke - Einfluss auf die Veränderung des periimplantären Knochens haben.

Bei dem Vergleich der Implantate, deren Suprakonstruktion mit der natürlichen Restbezahnung verbunden war, mit denen, deren Suprakonstruktion allein von Implantaten getragen war, konnte kein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens gefunden werden.

Die Anzahl der Implantate in beiden Gruppen war mit n=30 für die Verbundkonstruktionen und n=43 für die rein implantatgetragenen Konstruktionen ausreichend groß, um eventuell bestehende statistisch signifikante Ergebnisse zu erlangen.

Die in dieser Kategorie ermittelten Werte für Verbundkonstruktionen (*Md*=-0,83 mm) und für die rein implantatgetragenen Konstruktionen (*Md*=-1,12 mm) bezüglich der Veränderung des krestalen Knochens bestätigen die Ergebnisse vorangegangener Studien. Olsson et al. ermittelten einen durchschnittlichen Knochenverlust von 0,4-0,9 mm, sowohl für rein implantatgetragene Brücken als auch für Verbundbrücken über einen Zeitraum von 5 Jahren (Olsson et al. 1995). Block et al. ermittelten sowohl für einen Zeitraum von 5 Jahren als auch für einen Zeitraum von 10 Jahren einen durchschnittlichen Knochenverlust von 0,83 mm an Implantaten, die über eine starre Konstruktion mit natürlichen Zähnen verbunden waren (Block et al. 2002).

Betrachtet man den Maximalwert bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens bei den Verbundkonstruktionen (0,4 mm) und bei den rein implantatgetragenen Konstruktionen (0,41 mm), gelangt man zu dem Ergebnis, dass es in beiden Gruppen Implantate gibt, die Knochen hinzugewonnen haben. Diese Beobachtung machten auch Olsson et al. bei ihren Untersuchungen (Olsson et al. 1995).
Bei der Betrachtung der jeweiligen Minima fällt auf, dass es sowohl bei den Verbundkonstruktionen (-5,88 mm) als auch bei den rein implantatgetragenen Konstruktionen (-6,89 mm) Implantate gibt, deren Prognose äußerst zweifelhaft erscheint.

Die in dieser Studie gewonnen Ergebnisse zeigen, dass Verbundkonstruktionen bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens den rein implantatgetragenen Konstruktionen gleichwertig sind.
Ein bestehender Unterschied zwischen der Beweglichkeit natürlicher Zähne und der von Implantaten scheint keinen Einfluss auf die Veränderung des periimplantären Knochens zu haben.
Die Gefahr für das Scheitern einer Verbundkonstruktion liegt vielmehr bei der in die Konstruktion eingebundenen natürlichen Bezahnung, die anfällig für Sekundärkaries, endodontische und parodontale Erkrankungen ist.

Um weitere Rückschlüsse auf die Veränderung des periimplantären Knochens bezüglich der Art der prothetischen Suprakonstruktion ziehen zu können, wurde eine Unterteilung der jeweiligen Konstruktionstypen entsprechend ihrer Pfeilerkonstellation vorgenommen. Für rein implantatgetragene Konstruktionen wurden die Gruppen „2 Implantate, kein natürlicher Zahn“ und „3 oder mehr Implantate, kein natürlicher Zahn“ gebildet. Die Verbundkonstruktionen wurden folgendermaßen gruppiert: „1 Implantat, 1 natürlicher Zahn“, „2 Implantate, 1 natürlicher Zahn“ und „1 Implantat, 2 oder mehr natürliche Zähne“.
Die Gruppen „1 Implantat, 1 natürlicher Zahn“ (n=5) und „1 Implantat, 2 oder mehr natürliche Zähne“ (n=7) sind zahlenmäßig unterrepräsentiert. Die statistische Aussagekraft ist dadurch begrenzt.

Vergleicht man die Ergebnisse der Gruppen bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens, so ergeben sich identische Werte für die Gruppen „2 Implantate, kein natürlicher Zahn“ (*Md*=-1,02 mm) und „2 Implantate, 1 natürlicher Zahn“ (*Md*=-1,02 mm). Ähnliche Werte erhält man auch für die Gruppe „3 oder mehr Implantate, kein natürlicher Zahn“ (*Md*=-1,14 mm).

Hosny et al. untersuchten in einer Studie an Verbundbrücken die Veränderung des krestalen Knochenniveaus. Sie unterteilten die prothetischen Rekonstruktionen in: „1 Implantat verbunden mit 1 Zahn", „mehrere Implantate und/oder mehrere Zähne mit einem Verbinder" und „mehrere Implantate und/oder mehrere Zähne mit mehreren Verbindern". Für diese drei Gruppen ermittelten sie einen durchschnittlichen Knochenabbau von 1,15 mm für die ersten 6 Monate nach prothetischer Versorgung und einen jährlichen Knochenverlust von 0,015 mm für die darauffolgenden Jahre (Hosny et al. 2000).
Da ansonsten wenig Literatur zu dieser speziellen Fragestellung verfügbar ist, lassen sich diese Ergebnisse nur mit den Werten, die aus allgemeinen Untersuchungen zur Veränderung des krestalen Knochenniveaus zur Verfügung stehen, vergleichen. Die hier gewonnen Ergebnisse bestätigen die von Behneke beschriebenen Werte über einen Knochenverlust zwischen 0,7 mm und 0,8 mm im ersten Jahr und von durchschnittlich 0,1 mm in den darauffolgenden Jahren (Behneke et al. 1997; Behneke, Behneke u. d`Hoedt 2000, 2002). Auch Brägger berichtet über einen Knochenverlust von ungefähr 0,8 mm im ersten Jahr für Implantate des ITI-Bonefit-Typs (Braegger et al. 1998).
Für die Gruppen „1 Implantat, 1 natürlicher Zahn" (*Md*=-0,59 mm) und „1 Implantat, 2 oder mehr natürliche Zähne" (*Md*=-0.30 mm) ergeben sich geringfügig bessere Werte, die jedoch aufgrund der oben schon erwähnten Unterrepräsentanz weniger aussagekräftig sind.
Dennoch lässt sich die Gruppe „1 Implantat, 1 natürlicher Zahn" mit vorangegangenen Studien vergleichen. Olsson et al. ermittelten einen durchschnittlichen Knochenverlust von 0,4-0,9 mm für genau diese Konstellation (Olsson et al. 1995), was die in dieser Studie ermittelten Ergebnisse bestätigt.

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Studie lässt sich nicht ersehen, ob eine Pfeilerkonstellation - besonders im Hinblick auf die Verbundbrücken - einer anderen bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens überlegen ist. Aufgrund der geringen Anzahl der Implantate in den einzelnen Gruppen sollte eine derartige Untersuchung Gegenstand weiterer groß angelegter Studien werden.

Des Weiteren fand eine Einteilung der untersuchten Implantate bezüglich ihrer prothetischen Suprakonstruktion in „Brücke" (n=25), „verblockte Krone" (n=27), und „Brücke mit Anhänger" (n=21) statt. Die Anzahl der Implantate war annähernd gleichmäßig verteilt und groß genug, um eventuell bestehende statistisch signifikante Ergebnisse zu erlangen.

Die Aufnahme der Gruppe „verblockte Krone“ in diese Untersuchung mag streitbar sein. Diese Gruppe kann jedoch aufgrund ihrer Funktion als Zahngruppenersatz eher den Brücken zugeordnet werden, da es sich, bedingt durch Verblockung, faktisch nicht um Einzelzahnersatz handelt. Des Weiteren ist die Verteilung der auf die Konstruktion wirkenden Kräfte am ehesten mit der einer Brücke zu vergleichen.

Im Vergleich der Gruppen in Bezug auf die Veränderung des periimplantären Knochens weist die Gruppe „verblockte Krone“ (*Md*=-0,60 mm) den geringsten Knochenverlust auf. Die für die Gruppen „Brücke“ (*Md*=-0,87 mm) und „verblockte Krone“ (*Md*=-0,60 mm) ermittelten Werte entsprechen ebenfalls den von Olsson, Brägger und Behneke publizierten Ergebnissen (Olsson et al. 1995; Behneke et al. 1997; Braegger et al. 1998; Behneke, Behneke u. d`Hoedt 2000, 2002). Die Gruppe „Brücke mit Anhänger“ (*Md*=-1,39 mm) wies einen Knochenabbau auf, der mehr als doppelt so groß war, wie der in der Gruppe „verblockte Krone“ (*Md*=-0,60 mm). Prothetisch gesehen sind Extensionsbrücken verblockte Kronen mit Anhängern. Ein Vergleich der beiden Gruppen erscheint also gerechtfertigt. Eine statistische Signifikanz bezüglich der Veränderung konnte in dieser Kategorie zwar nicht gefunden werden (p=0,061), die ermittelten Daten dieser Studie zeigen allerdings, dass der Knochenverlust bei Extensionsbrücken erheblich größer ist als bei den prothetisch ähnlichen verblockten Kronen.

Eine Erklärung für einen vermehrten Knochenverlust an Implantaten einer Extensionsbrücke kann nur hypothetisch geäußert werden. Da eine solche Konstruktion eine Hebelsituation darstellt, muss mit größeren einwirkenden Kräften auf die Pfeiler, in diesem Fall die Implantate, gerechnet werden. Das am weitesten von der Extension entfernte Implantat erfährt nach dem Hebelgesetz eine Last, die der aufgewendeten Kaukraft multipliziert mit dem Quotienten aus der Länge des extendierten Elementes und der Länge des Interimplantatabstandes entspricht. Bei einer Extension von 15 mm und einem Interimplantatabstand von 10 mm wirkt eine Kraft auf das entferntest gelegene Implantat, die 1½-mal so groß ist wie die, die auf die Extension einwirkt. Das dem extendierten Element am nächsten gelegene Implantat dient als Hypomochlion und erfährt eine Krafteinwirkung die der Summe der auf die Extension einwirkenden Kraft und der auf das am weitesten entfernte Implantat einwirkenden Kraft entspricht.
In einer „Stressfaktoren-Hypothese“ macht Misch (Misch 2004) übermäßigen Druck am Übergang vom Implantat zum Knochen, der von einer übermäßigen Belastung des Implantates ausgeht, für den Verlust von krestalem Knochen

verantwortlich. Die Belastung des Knochens erfährt ihr Maximum im krestalen Bereich. Das führt in diesem Gebiet zum einen zu einer Unterbrechung der Blutversorgung zum anderen zu Mikrofrakturen. Der Knochen reagiert darauf mit Resorption, die gewöhnlich V-förmig oder U-förmig entlang der Implantatachse verläuft.
Besonders die Drehmomentkräfte, die bei Extensionsbrücken auftreten, können eine pathologische, meist extraaxiale Überbelastung der als Brückenpfeiler dienenden Implantate hervorrufen. Diese Kräfte sind auch dafür verantwortlich, dass es hin und wieder zu Frakturen der Abutmentverschraubung oder gar zu Implantatfrakturen kommt.
Besonders in den ersten 6 Monaten nach prothetischer Versorgung ist der periimplantäre Knochen wenig mineralisiert und hauptsächlich geflechtartig organisiert. Damit ist er weniger fest als mineralisierter lamellärer Knochen. Der krestale Knochen ist also in diesem Zeitraum besonders anfällig für Resorption (Misch 2004).

Lindquist et al. ermittelten für Extensionsbrücken mit einer distalen Extension von 15 mm durchschnittliche Knochenverluste von 0,9 mm nach einem Zeitraum von 10 Jahren und 1,2 mm nach einem Zeitraum von 15 Jahren (Lindquist, Carlsson u. Jemt 1996). Die von ihm untersuchten Implantate befanden sich jedoch alle im Unterkiefer. Sie wurden eingesetzt, um unbezahnte Unterkiefer mit einer auf 6 Implantaten gelagerten festsitzenden Brücke zu versorgen. Eine derartige Rehabilitation weist andere statische Voraussetzungen auf. Die Abstützung auf 6 Implantaten erfolgt polygonal, was zu einer deutlich besseren Kräfteverteilung als bei den in dieser Studie untersuchten, in der Mehrzahl linear konstruierten, Extensionsbrücken führt. Des Weiteren waren die von Lindquist untersuchten Patienten im Oberkiefer mit einer schleimhautgetragenen und damit resilient gelagerten Totalprothese versorgt, was den Vorteil reduzierter Kaukräfte mit sich bringt. Diese Tatsachen führen dazu, dass die in dieser Studie gewonnenen Daten nur sehr begrenzt mit den von Lindquist ermittelten Werten vergleichbar sind.

Betrachtet man den Maximalwert bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens bei den drei Gruppen, stellt man fest, dass sowohl bei den Brücken (0,40 mm) als auch den verblockten Kronen (0,36 mm) und den Brücken mit Anhängern (0,41 mm) an einigen Implantaten Knochengewinne zu verzeichnen sind.

Bei Betrachtung der Minima fällt auf, dass es sowohl bei den Brücken (-5,81 mm) als auch den verblockten Kronen (-6,89 mm) und den Brücken mit Anhängern (-5,88 mm) einige Implantate gibt, deren Prognose äußerst zweifelhaft erscheint.
Weiterhin wurden die Gruppen „Brücke", „verblockte Krone" und „Brücke mit Anhänger" in Untergruppen, entsprechend ihrer Pfeilerkonstellation, in rein implantatgetragene Konstruktionen und Verbundkonstruktionen unterteilt. Für die Kategorien „Brücke Verbund" (n=19), „verblockte Krone implantatgetragen" (n=21) und „Brücke mit Anhänger implantatgetragen" (n=16) lag eine ausreichend große Anzahl von Implantaten vor. Die Gruppen „Brücke implantatgetragen" (n=6), „verblockte Krone Verbund" (n=6) und „Brücke mit Anhänger Verbund" (n=5) sind bezüglich der Anzahl der jeweils inserierten Implantate unterrepräsentiert.

Den geringsten Knochenverlust weist die Gruppe „verblockte Krone Verbund" (*Md*=-0,48 mm) auf. Die Aussagekraft dieses Wertes ist jedoch aufgrund der geringen Anzahl der untersuchten Implantate gering. Im übrigen lässt sich der Sinn einer solchen Konstruktion anzweifeln, da es keinen Grund gibt, ein Einzelzahnimplantat mit einem natürlichen Zahn zu verblocken. Die prothetische Konstruktion ist aufgrund der oben schon erwähnten Anfälligkeit natürlicher Zähne für Sekundärkaries, endodontische und parodontale Erkrankungen überflüssigen Risiken ausgesetzt. Ein weiterer Kritikpunkt ist die eingeschränkte Hygienefähigkeit einer solchen Konstruktion.
Die Werte bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens für die Gruppen „Brücke Verbund" (*Md*=-0,87 mm) und „verblockte Krone implantatgetragen" (*Md*=-0,81 mm) sind fast gleich und bestätigen die Ergebnisse von Olsson, Brägger und Behneke (Olsson et al. 1995; Behneke et al. 1997; Braegger et al. 1998; Behneke, Behneke u. d`Hoedt 2000, 2002). Die Gruppe „Brücke implantatgetragen" (*Md*=-1,03 mm) weist geringfügig mehr Knochenverlust auf als in den oben genannten Studien publiziert. Das liegt hauptsächlich an der geringen Anzahl der in dieser Gruppe untersuchten Implantate, was eine statistische Auswertung erschwert.

Die Gruppe „Brücke mit Anhänger implantatgetragen" (*Md*=-1,30 mm) verzeichnet einen Knochenverlust, der fast 0,5 mm größer ist als der in der Gruppe „verblockte Krone implantatgetragen" (*Md*=-0,81 mm). Aufgrund der oben bereits erwähnten Ähnlichkeit beider Konstruktionen erscheint ein Vergleich beider Gruppen sinnvoll.

Der größte Knochenverlust wurde in der Gruppe „Brücke mit Anhänger Verbund“ (*Md*=-3,23 mm) festgestellt. Aufgrund der geringen Anzahl der Implantate in dieser Gruppe (n=5) ist dieser Wert statistisch nicht repräsentativ. Die geringe Anzahl der Implantate bildet auch den Grund, warum trotz des erheblichen Knochenverlustes keine statistische Signifikanz im Vergleich mit der Gruppe „Brücke mit Anhänger implantatgetragen“ gefunden wurde (p=0,322). Dennoch können diese Werte als Anhaltspunkt dafür gesehen werden, dass eine solche Konstruktion nur bedingt empfehlenswert ist. Da aus der Literatur bezüglich dieser Fragestellung keine Daten vorhanden sind, muss ein Vergleich an dieser Stelle ausbleiben.
Erklärungen für den vermehrten Knochenabbau bei einer solchen Konstruktion können nur hypothetisch geäußert werden. Zum einen hat die oben erwähnte „Stressfaktoren-Hypothese“ (Misch 2004) Einfluss auf die Veränderung des periimlantären Knochens. Zum anderen muss davon ausgegangen werden, dass die im Rahmen einer solchen Konstruktion auftretenden Hebelkräfte den natürlichen Zahn über einen längeren Zeitraum unphysiologisch hoch belasten. Das kann dazu führen, dass der als Brückenpfeiler dienende natürliche Zahn im Gegensatz zu einer „klassischen“ Verbundbrücke tiefer intrudiert wird. Damit würde die Beweglichkeit der Konstruktion zunehmen. Das relativ starre Implantat würde die Drehmomentkräfte, die durch den zusätzlichen Weg hervorgerufen werden, den die Extensionsbrücke bei Belastung zurücklegt, an den periimplantären Knochen weiterleiten. Dort würde das Hauptbelastungsmoment im krestalen Bereich liegen. Bei unphysiologisch hohen Kräften hätte dies eine Resorption des krestalen periimplantären Knochens zur Folge.

Bei Betrachtung der Lückensituation wurden die Implantate den Gruppen „Freiendlücke“ und „Schaltlücke“ zugeordnet.
Etwa 78 % der inserierten Implantate gehören zur Gruppe „Freiendlücke“. Das bestätigt die Beobachtung, dass Patienten in dem Moment Implantate nachfragen, wenn mit Hilfe konventioneller Prothetik unter keinen Umständen mehr ein festsitzender Zahnersatz möglich ist.
Unter dem Aspekt der Veränderung des periimplantären Knochens weist die Gruppe „Schaltlücke“ (*Md*=-0,61 mm) weniger Knochenverlust auf als die Gruppe „Freiendlücke“ (*Md*=-1,00 mm). Die Begründung dafür liegt wahrscheinlich in den oben schon erwähnten regionalen Unterschieden der Knochendichte (Misch 2004). Implantate der Gruppe „Schaltlücke“ sind in der Regel geringeren Belastungen ausgesetzt, da sie weiter anterior, also in qualitativ besseren Knochen, inseriert worden sind. Außerdem sind die auftretenden Kaukräfte anterior geringer. Prothetische Konstruktionen in Schaltlücken sind, so sie präzise gefertigt sind, über

ihre aproximalen Kontaktpunkte sowohl nach mesial als auch nach distal besser gegen horizontal auftretende Kräfte geschützt.
Die Unterschiede bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens bei in Schaltlücken inserierten Implantaten im Vergleich zu in Freiendlücken iserierten waren nicht signifikant. Vielmehr konnte in dieser Studie belegt werden, dass ITI-Bonefit-Implantate sehr erfolgreich in Freiendsituationen zur Anwendung kommen können, trotz der dort angenommenen schlechteren Knochenqualität und der erhöhten Belastungen.

4.5 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser Studie bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens bestätigen die Ergebnisse vorangegangener Studien und zeigen auf, dass das ITI-Bonefit-Implantatsystem (Straumann, Waldenburg) mit hoher Zuverlässigkeit in der privaten Praxis eingesetzt werden kann. Von der rein implantatgetragenen Bücke bis hin zu Kompromisslösungen wie Verbund- und Extensionsbrücken weisen die hier untersuchten Implantate des ITI-Bonefit-Implantatsystems stabile Knochenverhältnisse für einen Zeitraum von bis zu 80 Monaten auf.

Die in dieser Studie untersuchten prothetischen Suprakonstruktionen waren in der Regel so konzipiert, dass nicht jeder fehlende Zahn durch ein Implantat ersetzt wurde. Diese Tatsache verhindert häufig größere präimplantologische Interventionen und kommt damit einer wirtschaftlichen, kostengünstigen Versorgung des Patienten entgegen.

Kritisch anzumerken ist, dass eine Reduktion der für eine prothetische Versorgung notwendigen Implantate auf ein Minimum immer ein Risiko darstellt. Erfolgsraten um 90% bedeuten im Umkehrschluss Misserfolgsraten von 10%. Bei den dieser Studie zugrunde gelegten etwa 2,5 inserierten Implantaten pro Patient könnte im Extremfall bei jedem vierten Patienten die prothetische Versorgung scheitern. Bei der heute landläufig akzeptierten Meinung, Implantate gelten nur dann als erfolgreich, wenn sie suffizient prothetisch versorgt sind, würde dies eine Erfolgsrate von nur noch 75% ausmachen. Vor diesem Hintergrund erscheint das

Konzept der „Zahn für Zahn Rehabilitation“ (Kirsch et al. 1999), also die Forderung nach möglichst vielen Implantaten, keinesfalls abwegig.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden retrospektiven Studie sind bei 29 Patienten 71 Implantate hinsichtlich der Veränderung des krestalen periimplantären Knochens untersucht worden. Alle Implantate sind von einem niedergelassenen Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen im Zeitraum zwischen 1996 und 2000 inseriert und anschließend mit einer festsitzenden Brücke, verblockten Kronen oder mit einer Extensionsbrücke versorgt worden.

Bei den untersuchten Implantaten handelte es sich ausschließlich um ITI-Vollschraubenimplantate (Straumann, Waldenburg), die von nur einem Operateur ohne jegliche augmentative Verfahren inseriert worden sind.

Ziel dieser Studie war es, Unterschiede bezüglich der Veränderung des krestalen periimplantären Knochens in Abhängigkeit zur prothetischen Suprakonstruktion zu ermitteln.

Dazu wurde an digital angefertigten Panoramaschichtaufnahmen der DIB-Wert des jeweiligen Implantates post operationem und zum Untersuchungszeitpunkt gemessen. Aus der Berechnung der Differenz der beiden DIB-Werte ergab sich die Veränderung des krestalen periimplantären Knochens.

Bei einer Unterscheidung von rein implantatgetragenen Konstruktionen und Verbundkonstruktionen konnte entsprechend der Fragestellung kein signifikanter Unterschied gefunden werden. Es konnten weder bezüglich der Anzahl der Implantate, die in die Konstruktion eingebunden waren, noch bezüglich des Verhältnisses der Anzahl von Implantaten zu natürlichen Zähnen in einer Konstruktion, statistisch signifikante Unterschiede ermittelt werden.

Sowohl für Brücken als auch für verblockte Kronen wurden ähnliche Ergebnisse für die Veränderung des krestalen periimplantären Knochens gefunden. Lediglich die Gruppe der Extensionsbrücken wies einen geringfügig größeren Knochenverlust auf, der jedoch statistisch nicht signifikant war. Die weitere Unterteilung dieser Gruppen in „rein implantatgetragen“ und „Verbund“ ergab sowohl bei den verblockten Kronen als auch bei den Brücken ähnliche Ergebnisse, unabhängig davon, ob sie rein implantatgetragen waren oder im Verbund mit natürlichen

Zähnen standen. Die Gruppe der Extensionsbrücken, die im Verbund mit natürlichen Zähnen standen, wies einen erheblich größeren Knochenverlust als alle anderen Gruppen auf. Zwar war dieser Wert aufgrund der geringen Anzahl an Implantaten, die in dieser Studie für diese Gruppe untersucht worden sind, statistisch nicht signifikant, sollte aber Anlass dazu geben eine solche Konstruktion klinischen Ausnahmesituationen vorzubehalten.

Die Ergebnisse dieser Studie bezüglich der Veränderung des periimplantären Knochens bestätigen die Ergebnisse vorangegangener Studien und zeigen auf, dass das ITI-Bonefit-Implantatsystem (Straumann, Waldenburg) mit hoher Zuverlässigkeit in der privaten Praxis eingesetzt werden kann. Von der rein implantatgetragenen Bücke bis hin zu Kompromisslösungen wie Verbund- und Extensionsbrücken weisen die hier untersuchten Implantate des ITI-Bonefit-Implantatsystem stabile Knochenverhältnisse für einen Zeitraum von bis zu 80 Monaten auf.

6 Literaturverzeichnis

Albrektsson, T, Zarb, G, Worthington, P, Ericson, RA (1986) The long-term efficiacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. Int J Oral Maxillofac Implants 1:11

Becker, W, Becker, BE, Alsuwyed, A, Al Mubarak, S (1999) Long-term evaluation of 282 implants in maxillary and mandibular molar positions: a prospective study. 70(8):896-901

Behneke, A, Behneke, N, d`Hoedt, B (2000) The longitudinal clinical effectiveness of ITI solid-screw implants in partially edentulous patients: A 5-year follow-up report. Int J Oral Maxillofac Implants 15(5):633-45

Behneke, A, Behneke, N, d`Hoedt, B (2002) A 5-year longitudinal study of the clinical effectiveness of ITI solid-screw implants in the treatment of mandibular edentulism. Int J Oral Maxillofac Implants 17(6):799-810

Behneke, A, Behneke, N, d'Hoedt, B, Wagner, W (1997) Hard and soft tissue reactions to ITI screw implants: 3-year longitudinal results of a prospective study. Int J Oral Maxillofac Implants 12(6):749-57

Belser, UC, Mericske Stern, R, Bernard, JP, Taylor, TD (2000) Prosthetic management of the partially dentate patient with fixed implant restorations. Clin Oral Impl Res 11 Suppl 1:126-45

Block, MS, Lirette, D, Gardiner, D, Linxiong, L (2002) Prospective evaluation of implants connected to teeth. Int J Oral Maxillofac Implants 17(4):473-87

Bornstein, M, Lussi, A, Schmidt, B, Belser, UC, Buser, D (2003) Early loading of non-submerged titanium implants with a sandblasted and acid-etched (SLA) surface: 3-year results of a prospective study in partially edentulous patients. Int J Oral Maxillofac Implants 18(5):659-66

Braegger, U, Haefeli, U, Huber, B, Haemmerle, CHF, Lang, NP (1998) Evaluation of postsurgical crestal bone levels adjacent to non-submerged dental implants. Clin Oral Impl Res 9:218-24

Brånemark, P-I, Adell, R, Breine, U, Lindstroem, J, Hallen, O, Oeman, A (1977) Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. Scand J Plast Reconstr Surg 11 Suppl 16

Brånemark, P-I, Breine, U, Adell, R, Hansson, BO, Lindstroem, J, Olsson, A (1969) Intra-osseous anchorage of dental prosthesis I. Experimental studies. Scand J Plast Reconstr Surg 3:81-100

Brocard, D, Barthet, P, Baysse, E, Duffort, JF, Eller, P, Justumus, P, Marin, P, Oscaby, F, Simonet, T, Benque, E, Brunel, G (2000) A multicenter report on 1022 consecutively placed ITI implants: a 7-year longitudinal study. Int J Oral Maxillofac Implants 15(5):691-700

Bryant, SR, Zarb, G (2003) Crestal bone loss proximal to oral implants in older and younger adults. J Prosthet Dent 89(6):589-97

Buser, D, Arx, Tv (2000) Surgical procedures in partially edentulous patients with ITI implants. Clin Oral Impl Res 11 Suppl 1:83-100

Buser, D, Arx, Tv, Bruggenkate, Ct, Weingart, D (2000) Basic surgical principles with ITI implants. Clin Oral Impl Res 11 Suppl 1:59-68

Buser, D, Mericske Stern, R, Bernard, J-P, Behneke, A, Behneke, N, Hirt, H-P, Belser, UC, Lang, NP (1997) Langzeitauswertung transmukosal einheilender ITI-Implantate Teil I: 8-Jahres "life-table"-Analyse einer prospektiven Multicenterstudie mit 2359 Implantaten. Clin Oral Impl Res 8:161-72

Buser, D, Mericske Stern, R, Dula, K, Lang, NP (1999) Klinische Erfahrungen mit einzeitigen, transmukosal einheilenden Implantaten. Adv Dent Res 13(1):153-61

Buser, D, Schenk, RK, Steinemann, S, Fiorellini, JP, Fox, C, Stich, H (1991) Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants. A histomorphometric study in miniature pigs. J Biomed Mater Res 25:889-902

Buser, D, Weber, H-P, Lang, NP (1990) Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-screw and hollow-cylinder implants. Clin Oral Impl Res 1:33-40

Carlsson, LV, Rostlund, T, Albrektsson, B, Albrektsson, T (1988) Removal torques for polished and rough titanium implants. Int J Oral Maxillofac Implants 3:21-4

Cochran, DL (2000) The scientific basis for and clinical experiences with Straumann implants including the ITI dental implant system: a consensus report. Clin Oral Impl Res 11 Suppl 1:33-58

Cochran, DL, Schenk, RK, Lussi, A, Higginbottom, FL, Buser, D (1998) Bone response to unloaded and loaded titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface. A histometric study in the canine mandible. J Biomed Mater Res 40:1-11

Cook, S, Baffes, G, Palafox, A, Wolfe, M, Burgess, A (1992) Torsional stability of HA-coated and grit-blasted titanium dental implants. J Oral Implantol 18:354-8

Cook, S, Kay, J, Thomas, K, Jarcho, M (1987) Interface mechanics and histology of titanium and hydroxylapatite-coated titanium for dental implant applications. Int J Oral Maxillofac Implants 2:15-22

Ellegaard, B, Baelum, V, Karring, T (1997) Implant therapy in periodontally compromised patients. Clin Oral Impl Res 8:180-8

Feloutzis, A, Lang, NP, Tonetti, MS, Buergin, W, Braegger, U, Buser, D, Duff, GW, Kornman, KS (2003) IL-1 gene polymorphism ans smoking as risk factors for peri-implant bone loss in a well-maintained population. Clin Oral Impl Res 14:10-7

Fugazzotto, PA, Vlassis, J, Butler, B (2004) ITI implant use in private practice: Clinical results with 5526 implants followed up to 72+ months in function. Int J Oral Maxillofac Implants 19(3):408-12

Garcia, LT, Oesterle, LJ (1998) Natural tooth intrusion phenomenon with implants: a survey. Int J Oral Maxillofac Implants 13(2):227-31

Haemmerle, CHF, Braegger, U, Buergin, W, Lang, NP (1996) The effect of subcrestal placement of the polished surface of ITI implants on marginal soft and hard tissues. Clin Oral Impl Res 7(2):111-9

Haemmerle, CHF, Jung, RE, Feloutzis, A (2002) A systematic review of the survival of implants in bone sites augmented with barrier membranes (guided bone regeneration) in partially edentulous patients. J Clin Periodontol 29(3):226-31; 32-3

Hermann, JS, Cochran, DL, Nummikoski, P-V, Buser, D (1997) Crestal bone changes around titanium implants. A radiographic evaluation of unloaded non-submerged and submerged implants in the canine mandible. J Periodontol 68(11):1117-30

Hoffmann-Axthelm, W (Ed.). (1995) Lexikon der Zahnmedizin (6th ed.). Quintessenz Verlag GmbH, Berlin Chicago London Sao Paulo Tokio

Hosny, M, Duyck, J, van Steenberge, D, Naert, I (2000) Within-subject comparison between connected and nonconnected tooth-to-implant fixed partial prostheses: up to 14-year follow-up study. Int J Prosthodont 13(4):340-6

Jahn, M, d'Hoedt, B (1992) Zur Definition des Erfolges bei dentalen Implantaten. Z Zahnärztl Implantol:221-6

Kindberg, H, Gunne, J, Kronstrom, M (2001) Tooth- and implant-supported protheses: a retrospective clinical follow-up up to 8 years. Int J Prosthodont 14(6):575-81

Kirsch, A, Neuendorff, G, Ackermann, KL, Nagel, R (1999) Ein teamorienriertes implantatprothetisches Behandlungskonzept für den teilbezahnten Patienten - Die Zahn-für-Zahn-Restauration. In: Mönckmeyer, UR (Ed.): Implantatprothetische Therapiekonzepte - Die Versorgung des Oberkiefers (pp. 43-84). Quintessenz, Berlin

Koeck, B, Wagner, W (Eds.). (2004) Implantologie (2nd ed.). Urban & Fischer, München Jena

Komiyama, Y (1989) Clinical and research experience with osseointegrated implants in Japan. In: Zarb, G (Ed.): The Brånemark osseointegrated implant. Quintessence, Chicago

Kovacs, AF (2000) Clinical analysis of implant losses in oral tumor and defect patients. Clin Oral Impl Res 11(5):494-504

Lambrecht, JT, Filippi, A, Raetzer-Kuenzel, A, Schiel, HJ (2003) Long-term evaluation of submerged and non-submerged ITI solid-screw titanium implants: A 10-year life table analysis of 468 implants. Int J Oral Maxillofac Implants 18(6):826-34

Lindh, T, Dahlgren, S, Gunnarsson, K, Josefsson, T, Nilson, H, Wilhelmsson, P, Gunne, J (2001) Tooth-implant supported fixed protheses: a retrospective multicenter study. Int J Prosthodont 14(4):321-8

Lindquist, LW, Carlsson, GE, Jemt, T (1996) A prospective 15-year follow-up study of mandibular fixed prostheses supported by osseointegrated implants. Clinical results and marginal bone loss. Clin Oral Impl Res 7:329-36

Listgarten, MA, Lang, NP, Schroeder, HE, Schroeder, A (1991) Periodontal tissues and their counterparts around emdosseous implants. Clin Oral Impl Res 2:1-19

Misch, CE (1995) Early crestal bone loss etiology and its effect on treatment planning for implants. Postgrad Dent 2:3-17

Misch, CE (Ed.). (2004) Dental Implant Prothetics (1. ed.). Elsevier Mosby, St. Louis

Mombelli, A, Buser, D, Lang, NP (1988) Colonization of osseointegrated titanium implants in edentulous patients. Early results. Oral Microbiology and Immunology 3:113-22

Mombelli, A, Lang, NP (1992) Antimicrobial treatment of peri-implant infections. Clin Oral Impl Res 3:162-8

Mombelli, A, van Oosten, MAC, Schuerch, E, Lang, NP (1987) The microbiota associated with successfull or failing osseointegrated titanium implants. Oral Microbiology and Immunology 2:145-51

Nedir, R, Bischof, M, Briaux, J-M, Beyer, S, Szmukler-Moncler, S, Bernard, J-P (2004) A 7-year life table analysis from a prospective study on ITI implants with special emphasis on the use of short implants - Results from a private practice. Clin Oral Impl Res 15(2):150-7

Neukam, F (2000) Wissenschaftliche Stellungnahme der DGZMK: Lebenserwartung von Implantaten und Implantatlager. DZZ 55

Oh, TJ, Yoon, J, Misch, CE, Wang, HL (2002) The causes of early implant bone loss: myth or science? J Periodontol 73(3):322-33

Olsson, M, Gunne, J, Astrand, P, Borg, K (1995) Bridges supported by free-standing implants versus bridges supported by tooth and implant. Clin Oral Impl Res 6:114-21

Parfitt, GS (1960) Measurement of the physiologic mobility of individual teeth in an axial direction. J Dent Res 39:608-12

Pesun, IJ (1997) Intrusion of teeth in the combination implant-to-natural-tooth fixed partial denture: A review of the theories. J Prosthodont 6(4):268-77

Ramfjord, SP (1967) The periodontal disease index (PDI). J Periodontol 38(6):602-10

Richter, EJ (1992) Die Verbundbrücke zwischen Zahn und Implantat: Ergebnisse experimenteller und klinischer Untersuchungen. Med Habil, Aachen

Richter, EJ, Weigl, P, Gomez Roman, G. (2003) Empfehlungen der DGI: Verbundbrücken. Unveröffentlichtes Manuskript

Rosenberg, E, Rorosian, JP, Slots, J (1991) Microbial differences in 2 clinically distinct types of failures of osseointegrated implants. Clin Oral Impl Res 2:135-44

Scacchi, M (2000) The development of the ITI dental implant system - Part I: A review of literature. Clin Oral Impl Res 11 Suppl 1:8-21

Schnitman, PA, Shulman, LB (1980) Dental implants. Benefit and risk. Proceedings of an NIH Harvard Consensus Development Conference 1978. National Institute of Health (NIH) Harvard Consensus Development Conference. NIH, US Department of Health and Human Services Bethesda:81-1531

Schroeder, A (1979) Coated hollow cylinder implants: previous experimental and clinical observations. Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 89:1136

Schroeder, A, Pohler, O, Sutter, F (1976) Gewebsreaktion auf ein Titan-Hohlzylinderimplantat mit Titan-Spritzschicht-Oberfläche. Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 86:713-27

Schroeder, A, van der Zypen, E, Stich, H, Sutter, F (1981) The reaction of bone, connective tissue and epithelium to endosteal implants with sprayed titanium surfaces. Int J Oral Maxillofac Implants 9:15-25

Sekine, H, Y., K, Hotta, H (1986) Mobility characteristics and tactile sensitivity of osseointegrated fixturesupporting systems. In: van Steenberge, D (Ed.): Tissue integration in oral maxillofacial reconstruction. Elsevier, Amsterdam

Sheets, CG, Earthman, JC (1993) Natural tooth intrusion and reversal in implant-assisted prosthesis. J Prosthet Dent 70:513-20

Steflik, DE, McKinney, RV, Koth, DL (1982) Ultrastructural (TEM) observations of the gingival response to the single crystal saphire endosteal implant. J Dent Res 61:231

Thomas, K, Cook, S (1985) An evaluation of variables influencing implant fixation by direct bone apposition. J Biomed Mater Res 21:1395-414

Vesper, M, Gbara, A, Gehrke, G, Hellner, D, Schmelzle, R (1995) Titanmagnetics als Hilfsmittel zur Verankerung bei anatomisch schwieriger Situation im Oberkiefer. Z Zahnärztl Implantol 4

Weber, AP, Buser, D, Fiorellini, JP, Williams, RC (1992) Radiographic evaluations of crestal bone levels adjacent to non-submerged titanium implants. Clin Oral Impl Res 3:181-8

Wilke, HJ, Claes, L, Steinemann, S (1990) The influence of various titanium surfaces on the interface shear strength between implants and bone. Adv Biomat 9:309-11

7 Anhang

Herr/ Frau

Anschrift

Ahrensburg, den 05.08.2002

Sehr geehrter Herr/ Frau,

Sie haben vor ca. x Jahren bei uns in der Praxis ein Implantat gesetzt bekommen.
Im Rahmen einer wissenschaftlichen Studie in Zusammenarbeit mit dem Universitätskrankenhaus Eppendorf untersuchen wir das Implantat und die umgebene Knochenstruktur.
Die etwa halbstündige Untersuchung ist für Sie selbstverständlich kostenfrei und hätte den Vorteil, dass Ihr aufwendiger Zahnersatz im Sinne einer „ Inspektion“ von uns untersucht wird.
Sollte sich über die Jahre an Ihrem Zahnersatz etwas geändert haben, bitten wir Sie trotzdem an der Untersuchung teilzunehmen. Die erhobenen Daten werden von uns vertraulich behandelt und fließen anonym in die Auswertung ein.
Für eine Terminabsprache wenden Sie sich bitte telefonisch an uns.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. V.A. von Zitzewitz

Abb. 15: Patientenanschreiben

Praxis Dr. Dr. v. Zitzewitz – Untersuchung Deutsch / Günther 02

Allgemeiner Gesundheitsfragebogen

Name / Vorname: _____ geb._____

Systemische Erkrankungen	☐ Hepatitis A	☐ Hepatitis B	☐ Hepatitis C
Tumorerkrankungen	Zeitpunkt: _____ ☐ Bestrahlung	Lokalisation: _____ ☐ Chemotherapie	andere Therapie: _____
Organtransplantate	Organ: _____	Zeitpunkt: _____	
Herz-Kreislauferkrankungen	☐ Infarkt ☐ Hochdruck ☐ Schlaganfall	☐ Endokarditis ☐ Niederdruck ☐ Andere _____	☐ künstl. Herzklappe ☐ Durchblutungsstörung
Blutgerinnungsstörungen	☐ Hämophilie ☐ Leukämie	☐ Thrombozytopenie ☐ Agranulozytose	
Antikoagulantientherapie	☐ Acetylsalicylsäure	☐ Cumarinderivate	
Stoffwechselerkrankungen	☐ Diabetes I	☐ Diabetes II	☐ Gicht
Schilddrüse	☐ Unterfunktion	☐ Überfunktion	
Knochen und Bewegungsapparat		☐ Osteoporose	☐ Rheuma
Rauchen	☐ Wenig (bis 10 Zigaretten)	☐ Mäßig (10 bis 20 Zigaretten)	☐ viel (mehr als 20 Zigaretten)
Suchterkrankungen	☐ Alkohol	☐ Andere	

Dauerhaft eingenommene Medikamente

Medikament	Zeitraum

Zahnarztbesuche pro Jahr:	☐		
Mundschleimhauterkrankungen	☐ Herpes zoster ☐ Andere _____	☐ Lichen ruber planus ☐ Pemphigus	☐ Herpes labialis ☐ aphtöse Stomatitis
Parodontalerkrankungen	☐ Bestehen	☐ Bestanden	
Parafunktionen:	☐ Knirschen	☐ Pressen	

Abb. 16: Allgemeiner Gesundheitsfragebogen

Praxis Dr. Dr. v. Zitzewitz – Untersuchung Deutsch / Günther 02

Befundbogen

Name / Vorname: _____ geb._____

Motivation des Patienten: ☐ gut ☐ mäßig ☐ schlecht
Mundhygiene: ☐ gut ☐ mäßig ☐ schlecht

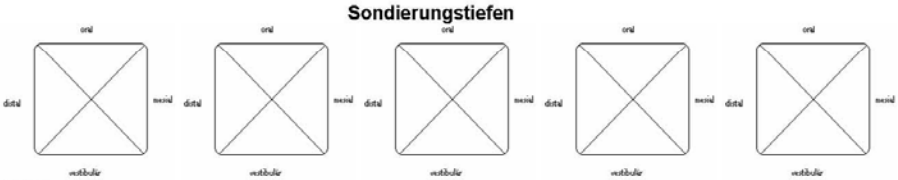
Parodontaler Kurzbefund

Beläge	Gingiva	Sondierungstiefe
☐ wenig Plaque	☐ o.B.	☐ 1 - 3mm
☐ viel Plaque	☐ leicht ödem.	☐ 4 - 6mm
☐ Zahnstein	☐ stark ödem.	☐ ≥ - 7mm
☐ Konkremente	☐ Verlauf unterbr.	

Sond.-Blutung	Zahnbewegung	klin. Diagnose
☐ Keine	☐ ZB 0	☐ Parodontal gesund
☐ Verzögert	☐ ZB I	☐ Gingivitis
☐ Spontan	☐ ZB II	☐ Parod. marg. superf.
	☐ ZB III	☐ Parod. marg. prof.

Implantatbezogene Befunde

Sondierungstiefen



Regio:
Periotestwert:

Sulkusblutung: keine ☐☐☐☐ massiv
Percussion: ☐hell ☐dumpf
Hygienefähigkeit: ☐gut ☐schlecht

Suprakonstruktion

Einzelzahnimplantat: ☐ Keramik ☐ Kunststoff

Brückenkonstruktion: ☐ Verbundbrücke ☐ rein Implantat getragene Brücke
Anzahl der Brückenglieder: _____ Anzahl der Pfeiler: _____
Kontaktpunkte: ☐ keine ☐ mäßig ☐ stark

Prothese: ☐ Teleskop ☐ Knopf ☐ Magnet ☐ Steg
Halt: ☐ fest ☐ beweglich

Persönliche Einstellung

Fremdkörper: ja ☐ nein ☐ Dolor post: ja ☐ nein ☐
zufrieden: ja ☐ nein ☐ Schwellung: ja ☐ nein ☐
wieder Implantat: ja ☐ nein ☐

Röntgenbefund

Abb. 17: Befundbogen

8 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
OK	Oberkiefer
UK	Unterkiefer
Abb.	Abbildung
DIB	Distance from implantshoulder to first bone contact
NIH	National Institute of Healthcare
TPS	Titanium Plasmasprayed Surface
SLA	Sandblasted-Large grid-Acid etches-Surface
PA-Patienten	Parodontal erkrankte Patienten
SD	Standardabweichung
Md	Median

9 Danksagung

Herrn PD. Dr. med. Dr. med. dent. Meikel Vesper, meinem geschätzten akademischen Lehrer, danke ich für die Überlassung des Themas und die bereitwillige Unterstützung dieser Arbeit. Mit großem Können und viel Geduld brachte er mir das wissenschaftliche Arbeiten näher.

Herrn Dr. med. Dr. med. dent. Volker Alexander von Zitzewitz danke ich für die freundliche Überlassung seiner Patienten, seiner Praxisräume sowie seines Personals. Ohne diese großzügig gewährte Unterstützung wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

Frau Sabine Viether danke ich für ihre freundliche Hilfe bei der Aktenauswertung und ihr großes organisatorisches Talent bei der Patientenbestellung.

Mein besonderer Dank gilt Dr. med. dent. Meike Ehmann für die Unterstützung, ihre stets konstruktive Kritik und ihren unermüdlichen Einsatz, dem ein nicht unerheblicher Anteil am Gelingen dieser Arbeit zukommt.

Herrn Hans-Peter Brose aus dem Institut für Medizische Biometrie und Epidemiologie des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf danke ich für die ausführliche Unterweisung in die Software SPSS und seine äußerst hilfreichen Ratschläge bezüglich der statistischen Aufbereitung, der in dieser Studie gewonnenen Daten.

Meinen Eltern und meiner Familie danke ich für ihre Geduld und die finanzielle Hilfe.

10 Lebenslauf

Christian Deutsch

24. August 1976	geboren in Wismar als Sohn von Christiane Deutsch, geb. Barthel, Germanistin, und Rainer Deutsch, Zahnarzt.
September 1983 – Juli 1987	Fritz-Reuter-Schule Wismar
September 1987 – Juni 1989	Goethe-Schule Wismar
September 1989 – Juli 1990	Gymnasium am Rosterberg Siegen
September 1990 – Juli 1992	Ludwig-Meyn-Gymnasium Uetersen
September 1992 – Juli 1993	Bodin High School Philadelphia, USA
August 1993 – Juni 1997	Gymnasium Schenefeld, Allgemeine Hochschulreife
Januar 1997 – Januar 2004	Wehrersatzdienst beim DRK Pinneberg, OV Uetersen
Wintersemester 1997/98	Immatrikulation zum Zahnmedizinstudium an der Universität Hamburg
März 2000	naturwissenschaftliche Vorprüfung
März 2001	Physikum
Dezember 2003	Approbation
Seit September 2001	Dissertation am Kopf- und Hautzentrum an der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Seit Januar 2004	Ausbildungsassistenz

11 Erklärung nach §4 der Promotionsordnung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

……

Christian Deutsch