

DIPLOMARBEIT

**KLINISCHE UNTERSUCHUNG VON ENDSTÄNDIG
UNVERBLOCKTEN IMPLANTATRESTAURATIONEN**

eingereicht von

Dr. Sabine Wadsack

Geb. Dat.: 27. 09. 1977

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der Zahnheilkunde

(Dr. med. dent.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

Department für Zahnärztliche Chirurgie und Röntgenologie

unter der Anleitung von

Dr. Ferenc Fabian

Univ.-Prof. DDr. Norbert Jakse

Graz, am 19.08.2013

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 19.08.2013

Danksagung

Mein Dank gilt all jenen, die mich während meines Studiums begleitet und unterstützt haben. Besonders bedanken möchte ich mich bei meinen beiden Betreuern Dr. Ferenc Fabian und Univ.-Prof. Dr. Norbert Jakse für ihre unermüdliche fachliche Unterstützung.

Ein besonderer Dank gebührt meiner Familie.

Inhaltsverzeichnis

1	Erklärung der Autorin.....	1
2	Abkürzungen und Glossar.....	2
3	Zusammenfassung.....	3
4	Einleitung.....	5
5	Grundlagen.....	7
5.1	Physiologie des Implantatlagers.....	7
5.1.1	Knochenaufbau und Knochenstoffwechsel.....	7
5.1.2	Grundlagen der Knochenheilung.....	9
5.1.3	Osseointegration von Zahnimplantaten.....	10
5.1.4	Erfolgskriterien für Zahnimplantate.....	11
5.2	Biomechanik von Implantaten.....	13
5.3	Prothetische Versorgung von Implantaten.....	16
5.3.1	Prothetische Hilfsteile.....	17
5.3.2	Der unbezahnte Patient.....	18
5.3.3	Der teibezahnte Patient.....	19
5.4	Komplikationen und ihre Ursachen.....	20
5.4.1	Komplikationen in der Implantattherapie.....	20
5.4.2	Risikofaktoren.....	22
5.4.3	Prävention und Management von Komplikationen.....	23
6	Studie.....	26
6.1	Ziel der Studie.....	26

6.2	Material und Methoden.....	26
6.2.1	Patientenkollektiv.....	27
6.2.2	Untersuchungsprotokoll.....	27
6.2.3	Vermessung der Röntgenaufnahmen.....	28
7	Ergebnisse	36
7.1	Patientenkollektiv.....	36
7.2	Implantattypen, -dimensionen und –verteilung.....	36
7.3	Knochenaufbauten.....	38
7.4	Aufgetretene Komplikationen.....	39
8	Diskussion.....	41
9	Literaturverzeichnis.....	47
10	Abbildungsverzeichnis	51
11	Tabellenverzeichnis.....	53

1 Erklärung der Autorin

Genderklausel: Zur leichteren Lesbarkeit wurde auf eine geschlechtergerechte Schreibweise unter Verwendung sowohl des weiblichen, als auch des männlichen Substantives verzichtet, es fand lediglich das männliche Substantiv Verwendung. Sofern keine geschlechterspezifischen Unterschiede explizit erwähnt werden, gelten die Resultate sowohl für Frauen, als auch für Männer.

2 Abkürzungen und Glossar

alloplastisch	künstlich, körperfremd
BoP	Bleeding on Probing, Blutung auf Sondierung
C/I Ratio	Verhältnis der Kronenlänge zur Verankerung im Knochen
interforaminal	Unterkieferregion zwischen beiden Foramina mentalia
keratinisierte Mukosa	befestigte, verhornte Mukosa
Sympathomimetikum	Mittel, das den Sympathikus aktiviert und eine allgemeine Leistungssteigerung bewirkt

3 Zusammenfassung

Studienziel: Die Absicht hinter der „Klinischen Untersuchung von endständig unverblockten Implantatrestaurationen“ war zu beleuchten, ob endständig nicht verblockt versorgte Implantate eine höhere Rate an biologischen und mechanischen Komplikationen aufweisen als verblockt versorgte.

Material und Methoden: In einer klinischen Nachuntersuchung wurden Patienten, die von 2000 bis 2010 ein endständig unverblocktes Implantat am Departement für Zahnärztliche Chirurgie der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Graz erhalten hatten, zu einem Recall einberufen. Dabei wurden die Implantate im Rahmen einer Routinekontrolle auf biologische und mechanische Komplikationen untersucht. Patienten, die nicht zum Recall erscheinen wollten oder konnten, wurden telefonisch bezüglich stattgefundener Komplikationen befragt. Die Ergebnisse der Studie wurden mit verschiedenen Resultaten der Literatur verglichen.

Ergebnisse: 43 Patienten konnten nachuntersucht und 24 befragt werden, diese 67 Patienten waren mit 91 Implantaten, darunter Ankylos, Frialit, Neoss, Replace, Straumann, Xive und Ziterion, versorgt worden. Die Überlebensrate der Implantate betrug bei einer durchschnittlichen Liegedauer von 6 Jahren 100%. Bei 31% der nachuntersuchten Implantate wurde eine Perimukositis festgestellt, bei 1,7% eine Periimplantitis. Eine Kronen- oder Abutmentlockerung trat bei 9,9% aller Implantate auf, ein Chipping bei 1,1%.

Konklusion: Die Ergebnisse der Studie weisen darauf hin, dass auch endständige Implantate mit unverblockten Restaurationen versorgt werden können, ohne einen höheren Implantatverlust oder ein erhöhtes Risiko für biologische Komplikationen befürchten zu müssen. Ein Abplatzen von Keramik scheint ebenfalls nicht öfter aufzutreten, als bei anderen prothetischen Versorgungsmöglichkeiten. Lediglich das Risiko einer Abutment- oder Kronenlockerung scheint höher zu sein, als bei Implantaten mit verblockten Kronen, aber nicht höher als bei unverblockten Kronen an anderer Position.

Abstract

Purpose: The aim of this clinical study was to assess the risk for biological and mechanical complications of terminal implants with unsplinted restorations.

Material and Methods: All patients who received a terminal implant with a single crown between the years 2000 and 2010 at the department for oral surgery at the medical university of Graz were invited to come to a follow-up examination. All implants were screened for biological and mechanical complications. Those patients who couldn't come to the follow-up examination were interviewed by phone about complications with their implants. The outcome of the study was compared with results in literature.

Results: 43 patients came to the follow-up examination, 24 patients were interviewed by phone. A total of 91 implants (Ankylos, Frialit, Neoss, Straumann, Xive and Ziterion) in 67 patients had a survival rate of 100% 6 years after placement on average. Peri-mucositis occurred in 31 % of the evaluated implants. Peri-implantitis defined as bone loss more than 2,5 mm combined with bleeding on probing and a probing depth over 6 mm, was diagnosed among 1,7 % of the examined implants. Abutment screw loosening or a loss of retention was observed in 9,9 %, ceramic chipping in 1,1% of all implants.

Conclusion: Terminal dental implants with unsplinted crowns may clinically perform well without a higher risk of implant loss, peri-mucositis or peri-implantitis. Ceramic chipping doesn't seem to occur more often than for other fixed partial dentures. The risk for abutment screw loosening or a loss of retention seems to be higher for implants with splinted crowns, but not higher than for unsplinted crowns in any other position.

4 Einleitung

Unter dentalen Implantaten versteht man in der Zahnmedizin alloplastische Materialien, die direkt im Knochen verankert werden und als Halteelemente für Prothesen oder als Pfeiler für festsitzende Kronen und Brücken dienen. Sie können als Sofortimplantate, verzögerte Sofortimplantate (6 bis 8 Wochen nach Zahnverlust) oder Spätimplantate (Insertion erst nach Verknöcherung der Alveole) gesetzt werden (Strub 2005).

Historisch gesehen gibt es archäologische Funde, die belegen, dass es bereits um 5000 vor Christus Implantationen gegeben hat. So wurde in der Nähe des heutigen Qacentinal (Algerien) ein Schädel ausgegraben, bei dem ein zweiter oberer Prämolare durch einen Knochen ersetzt worden war. Ein anderer Fund aus Klozomenai nahe Izmir (Türkei) belegt den Ersatz eines oberen Eckzahnes durch einen aus Calciumcarbonat bestehenden Stein, der nachgeschnitzt und als Implantat in die Alveole eingebracht worden war. Dieses Implantat wird auf das 6. Jahrhundert vor Christus datiert. Im 19. Jahrhundert versuchte man erstmals Dentalimplantate aus Gold und Platin zu entwickeln und erst 1937 gelang an der Harvard Universität die erste Implantation auf der Basis einer Kobalt-Chrom-Molybdän-Legierung (Strub 2005).

Bis etwa 1965 wurden orale Implantate nur selten verwendet, typische Formen waren subperiostale Klingen oder transmandibuläre Elemente. 1965 setzte Per-Ingvar Branemark ein erstes enorales Titanimplantat. In den folgenden Jahren zeigten seine klinischen Ergebnisse eine noch sehr bescheidene Erfolgsrate von etwa 50% und es schien fast so, als würden fremde Materialien in der Mundhöhle als knöcherne Verankerung für Zahnersatz keine erfolgsversprechende Option bieten (Albrektsson 2005). In den 1970er Jahren verbesserten sich die klinischen Resultate, weil eine Reihe von Parametern geändert wurden. So nahm der Implantatdurchmesser zu, das Implantatdesign wurde überarbeitet und die Einheilungszeit wurde verlängert, um nur einige der Entwicklungen zu nennen. Zu dieser Zeit wurde auch der Begriff der Osseointegration von Branemark geprägt. George Zarb initiierte 1982 die Toronto Konferenz, die der Erläuterung des Begriffs der Osseointegration gewidmet war. Diese Konferenz verhalf Branemarks Konzept zu großer Akzeptanz und zu einer weiten Verbreitung in der Zahnheilkunde (Albrektsson 2005).

Im Verlauf der letzten Jahre hat die orale Implantattherapie bemerkenswerte Fortschritte erzielt, was in verschiedenen Langzeitstudien aufgezeigt werden konnte. Generell gilt die Behandlung mit Implantaten heute als eine sichere und gut vorhersagbare

Therapiemöglichkeit sowohl für unbezahnte Patienten, als auch für Teilbezahnte. Stand zuerst die Einheilung beziehungsweise der Erhalt des Implantates im Vordergrund, so geht die Entwicklung nun in Richtung optimierte Ästhetik und vereinfachte Anwendung (Albrektsson 2005).

Einzelzahnimplantate werden heute vor allem im Bereich von Einzelzahnschaltlücken als verlässliche Therapiemöglichkeit betrachtet (Schmitt 1993). Daher werden zunehmend auch mehrere benachbarte Implantate mit unverblockten Einzelkronen versorgt. Manche Autoren berichten allerdings, dass bei verblockten Implantaten der Druck unter funktioneller Belastung besser verteilt wird, was wiederum zu einem geringeren periimplantären Knochenabbau führen soll. Dies wurde mittels Finite-Elemente-Methode (Wang 2002) und photoelastischen Modellen (Guichet 2002) untersucht. Andererseits konnten Vigolo et al. (2010) in einer klinischen Studie zeigen, dass der periimplantäre Knochenabbau um nicht verblockte Implantate statistisch gleich groß war wie der um verblockte Implantate.

Am Departement für Zahnärztliche Chirurgie der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Graz werden benachbarte Implantate, auch endständige, routinemäßig mit unverblockten Restaurationen versorgt. Als Kontraindikation gilt lediglich ein vorliegender Bruxismus. Bei einer elektronischen Medlinesuche konnten in Bezug auf endständig unverblockte Implantatrestorationen nur in sehr geringem Ausmaß Studien gefunden werden. Auf Grund dieser Tatsachen wurde eine klinische Nachuntersuchung von endständigen Implantaten durchgeführt, die im Zeitraum von 2000 bis 2010 am Departement für Zahnärztliche Chirurgie der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Graz gesetzt und mit Einzelkronen unverblockt versorgt worden waren. Diese Implantate wurden im Rahmen des jährlichen Recalls bezüglich Überlebensrate, prothetischer und biologischer Komplikationen nachuntersucht. Die Ergebnisse dieser Nachuntersuchung wurden mit Ergebnissen in der Literatur verglichen.

5. Grundlagen

5.1 Physiologie des Implantatlagers

5.1.1 Knochenaufbau und Knochenstoffwechsel

Die Knochengrundsubstanz besteht zu etwa 50% aus Mineralien, zu 25% aus organischen Verbindungen und etwa zu 25% aus Hydratationswasser. Unter den anorganischen Bestandteilen überwiegen Phosphat (ca. 50%) und Kalzium (ca. 35%), daneben finden sich Zitat, Karbonat, Nitrat, Natrium, Magnesium und Fluor. Die Mineralien liegen in erster Linie als Apatitkristalle vor. Der organische Anteil der Grundsubstanz besteht im wesentlichen aus Kollagenfasern (90-95%), daneben kommen noch andere Proteine wie Osteonektin oder Osteocalcin vor. Alle Knochen bestehen aus denselben Baumaterialien, nämlich aus Knochenzellen und Interzellulärsubstanz. Vier Haupttypen von Zellen nehmen am Knochenstoffwechsel und an der Knochenphysiologie teil: Vorläuferzellen, Osteoblasten, Osteozyten und Osteoklasten (Junqueira & Carneiro 1996).

Vorläuferzellen sind mesenchymaler Herkunft und besonders proliferationsfreudig. Sie liegen in der Nähe von äußeren und inneren Knochenoberflächen, sowie in den Havers-Kanälen. Die histologische Differenzierung von Vorläuferzellen ist relativ gering, sie enthalten wenig endoplasmatisches Retikulum und einen spärlichen Golgi-Apparat, aber sie können sich in Osteoblasten umwandeln (Junqueira & Carneiro 1996).

Knochenaufbauende Osteoblasten finden sich hauptsächlich an der Knochenaußenfläche unter dem Periost (periostale Osteoblasten), oder sie kleiden die Gefäßkanäle innerhalb des Knochens aus (endostale Osteoblasten). Während des Knochenwachstums produzieren sie die Proteine der Knochenmatrix und lagern neuen Knochen in konzentrischen Kreisen an die Innenfläche des Hohlraumes, in dem sie sich befinden, an. Die Knochenproduktion hält an bis die Blutgefäße, die durch den Tunnel laufen, eingeengt werden. Dann formen sich die Osteoblasten in Osteozyten um, die über dendritische Fortsätze den Ionentransport kontrollieren und miteinander kommunizieren (Garg 2006).

Osteoklasten sind verschmolzene mononukleäre Monozyten aus dem Blut, die in der Lage sind, Knochengrundsubstanz abzubauen. Dazu werden saure Hydrolasen synthetisiert und in den extrazellulären Raum abgegeben, wo sie die Knochenmatrix auflösen. Kalziumhaltige Kristalle und andere abgebaute Knochenbestandteile werden daraufhin aufgenommen und in benachbarte Gefäße abgegeben. Gesteuert wird die Osteoklastenaktivität hormonell: eine

Hemmung erfolgt durch Kalzitinin und Östrogene, eine Förderung durch Parathormon (Junqueira & Carneiro 1996).

Histologisch kann man Geflecht- und Lamellenknochen unterscheiden. Bei jeder Knochenneubildung oder -heilung wird das Stadium des Geflechtknochens durchlaufen. Für Geflechtknochen ist typisch, dass die Kollagenfasern der Grundsubstanz keine besondere Verlaufsrichtung besitzen, dadurch fehlt die Lamellenbildung. Er ist jedoch besonders fest gegen Zug und Biegung. Während der Entwicklung wird der Geflechtknochen durch lamellären Knochen ersetzt. Dieser ist gekennzeichnet durch deutlich voneinander abgegrenzte Knochenschichten (Lamellen) und Knochenkanälchen, die den Knochen ernährenden Blutgefäße und Nerven enthalten. Die Kollagenfasern haben in jeder Lamelle einen typischen, meist schraubenförmigen Verlauf. In abgeflachten Knochenhöhlen in den Lamellen oder an ihren Grenzen liegen Osteozyten, die miteinander über Osteozytenfortsätzen verbunden sind (Junqueira & Carneiro 1996).

Der wichtigste Kalziumspeicher des Körpers ist das Skelett, da es 99% des gesamten Kalziums enthält. Durch ständigen Austausch von Kalziumionen zwischen Blut und Knochen kann die Kalziumkonzentration in Blut und Gewebe sehr konstant gehalten werden (Junqueira & Carneiro 1996). Ein stabiles Kalziumniveau im Serum spielt für die Aufrechterhaltung des pH-Gleichgewichtes des Körpers, die Nervenleitung und die elektrische Entladung der Muskeln, inklusive der Herztätigkeit, eine wichtige Rolle (Garg 2006). Für die Kalziummobilisierung stehen ein schneller und ein langsamer Mechanismus zur Verfügung. Bei der schnellen Mobilisierung wird durch Diffusionsprozesse ein Gleichgewichtszustand zwischen der Kalziumkonzentration im Blut und einer labilen Kalziumfraktion im Knochen aufrechterhalten. Langsamer verläuft die Regulierung durch Hormone wie das Parathormon (Nebenschilddrüsenhormon) und das antagonistisch wirkende Kalzitinin. Durch die Wirkung des Parathormons werden die Osteoklasten aktiviert, ihre Zahl nimmt zu, dadurch kommt es zu einer gesteigerten Knochenresorption und einer Erhöhung des Kalziumspiegels. Gleichzeitig wird die Resorption von Kalzium im Darm erhöht und die Ausscheidung über die Niere vermindert. Das Kalzitinin hingegen steigert die Grundsubstanzbildung und Kalziumablagerung im Knochen durch Hemmung der Osteoklasten. Simultan wird vermehrt Kalzium über die Niere abgegeben (Junqueira & Carneiro 1996).

5.1.2 Grundlagen der Knochenheilung

Die Stützgewebe des Körpers sind bei Gewebeerlust in unterschiedlichem Maß zur Regeneration befähigt. Während Knorpelgewebe kaum Heilung aufweist, zeigt Bindegewebe gute Heilungstendenzen, wenn auch unter Narbenbildung mit reduzierten Eigenschaften im Vergleich zum Ursprungsgewebe. Der Knochen hingegen ist unter gewissen Umständen zu einer vollständigen Restitutio ad integrum fähig. Dazu sind mechanische Stabilität und eine ausreichende Blutversorgung erforderlich. Der Alveolarknochen weist jedoch einige Besonderheiten auf, so kommt es im Rahmen einer Reparatur immer auch zu einem Volumenverlust (Khoury 2009).

Bei der Heilung kleiner kortikaler Defekte kommt es durch das initiale Trauma zur Verletzung von versorgenden Gefäßen und in weiterer Folge zu Hypoxie, zu Stoffwechselbeeinträchtigung, zu Absinken des pH-Wertes und zu zellulärer Nekrose. Daraufhin werden Blutzellen in den Wundbereich freigesetzt, die ein Blutkoagel bilden (primäre Hämostase) und zahlreiche Zytokine und Wachstumsfaktoren abgeben. Dadurch werden weitere Zellen des Blutkreislaufs und Stammzellen der Stützgewebe chemotaktisch angelockt und aktiviert. Es kommt zur Bildung von Granulationsgewebe und Gefäßen, sowie zum Ersatz des Koagels durch Stützgewebe. Diese primäre Heilung erfolgt ungeordnet und ohne Anpassung an die funktionelle Belastung des Körpers. Erst sekundär wird der Knochen durch funktionelle Vorgänge wie Kauen und Beißen umstrukturiert. Defekte, die die Größe eines Osteons nicht überschreiten (0,2 mm), werden direkt mit konzentrischem Knochen aufgefüllt. Bei Knochendefekten zwischen 0,2 und 1 mm wird zuerst ein Geflechtknochen als Leitschiene gebildet, der danach in lamellären Knochen umgewandelt wird. Überschreitet die Größe des Traumas 3-5 mm, so dauert es einige Monate bis zur vollständigen Verknöcherung (Khoury 2009).

Nach einer Zahnextraktion bildet sich in einer Extraktionsalveole ein Blutkoagel, das die Alveole in den ersten 3 Tagen ausfüllt. Von basal beginnt danach hochvaskularisiertes Granulationsgewebe das Koagel zu ersetzen. Sämtliche Fasern des Zahnhalteapparates sind innerhalb einer Woche aufgelöst und in der Alveole findet man neu gebildete Blutgefäße, weiße Blutkörperchen, mesenchymale Zellen und Kollagenfasern. Nach 14 Tagen trifft man bereits auf den ersten Geflechtknochen, der in Kontakt mit dem Knochenmark des angrenzenden Alveolarknochens steht. Ab etwa 30 Tagen zeigen sich erste Osteone, der Rest der Alveole besteht aus fibrösem Gewebe, das von einer Epithelschicht bedeckt wird. Nach 120 bis 180 Tagen ist der zuerst gebildete Geflechtknochen durch lamellären Knochen ersetzt.

Durch den oben geschilderten Umbau kommt es in den ersten 8 Wochen zu einem Breiten- und Höhenverlust im Bereich der Extraktionsalveole (Khoury 2009).

5.1.3 Osseointegration von Zahnimplantaten

Unter Osseointegration versteht man die direkte knöchernen Verankerung des Implantatkörpers, die die Grundlage zur direkten Übertragung von okklusalen Kräften auf den Knochen darstellt. Die erfolgreiche Einheilung hängt ab von den Eigenschaften des Implantatmaterials, des Designs, der Form und der Oberfläche, sowie der Verhinderung von Hitzeentwicklung während des Bohrprozesses (Garg 2006). Ebenso sind eine ausreichende Primärstabilität, sowie die Abwesenheit von Entzündung und Mikro- und Makrobewegungen während der Einheilphase erforderlich für eine erfolgreiche Osseointegration.

Die Osseointegration beeinflusst unmittelbar die Implantatstabilität. Allerdings müssen zwei Typen der Stabilität unterschieden werden: die Primärstabilität und die sekundäre Stabilität des Implantats. Die Größe der Primärstabilität hängt von der mechanischen Verankerung in der Kortikalis und der Spongiosa ab und sie ist zum Zeitpunkt der Implantation am größten. Danach nimmt sie durch periimplantäre Knochenab- und umbauprozesse ab, während die Osseointegration und damit die Sekundärstabilität zunimmt. Etwa 4 Wochen nach der Implantation ist die Stabilität des Implantats am geringsten, da die mechanische Festigkeit bereits abgenommen hat und die biologische Festigkeit noch nicht ihr volles Maß erreicht hat. Die sekundäre Stabilität entsteht durch biologische Prozesse und ist bedingt durch periimplantäre Knochenbildung und Remodellingprozesse (Wilmowsky 2013): Wird ein Implantat in die Spongiosa des Ober- oder Unterkiefers eingesetzt, so befindet sich von Anfang an Blut zwischen Implantat und Knochen, aus dem sich ein Koagel bildet. Gleichzeitig beginnen als Antwort auf das chirurgische Trauma, das Einwachsen von Blutgefäßen und die Migration von Osteoblasten auf die Implantatoberfläche. Danach breiten sich die Knochenzellen entlang der Metalloberfläche aus und produzieren eine bindegewebige Matrix, die in Geflechtknochen und lamellären Knochen umgebaut wird. Diese Vorgänge dauern etwa vier Monate, dann ist ein maximaler Oberflächenanteil des Implantates von Knochen bedeckt. In der anschließenden osteoadaptiven Phase kommt es zu weiterem Knochenumbau, besonders nach der Implantatfreilegung und der beginnenden Belastung (Garg 2006).

5.1.4 Erfolgskriterien für Zahnimplantate

Als Kriterium für den Erfolg von dentalen Implantaten wird meist der fehlende Implantatverlust beziehungsweise in der Literatur häufig die Überlebenszeitanalyse nach Kaplan und Meier angeführt. Allerdings wird hierbei lediglich eine Aussage darüber getroffen, ob sich ein Implantat noch in situ befindet oder nicht. Eine Auskunft über den Zustand des Implantats, die periimplantären Weichgewebe oder das Knochenniveau wird dabei aber nicht gegeben (Buch 2003). Buch, Weibrich und Wagner (2003) versuchten 5 verschiedene internationale Erfolgskriterien an einem eigenen Patientenkollektiv zu vergleichen und zu beurteilen. Diese fünf Kriterien lauten wie folgt:

Erfolgskriterien der NIH-Konferenz:

- Das Implantat ist in situ.
- Die Mobilität beträgt weniger als 1mm in jede Richtung.
- Eine röntgenologische periimplantäre Transluzenz ist nicht größer als 1/3 der vertikalen Implantatlänge.
- Eine eventuell vorhandene Gingivitis ist der Therapie zugänglich. Es bestehen keine Symptome für Infektion, keine Verletzung benachbarter Zähne, keine Parästhesien oder Anästhesie, keine Verletzung des Mandibularkanals, der Kieferhöhle oder des Nasenbodens.
- Nach 5 Jahren Belastung sollte die Überlebensrate der Implantate mindestens 75% betragen.

Albrektsson-Erfolgskriterien:

- Das Implantat ist in situ.
- Das individuell unverblockte Implantat ist klinisch fest.
- Das Röntgenbild zeigt keine durchgehende periimplantäre Transluzenz.
- Der vertikale Knochenabbau ist kleiner als 0,2 mm/Jahr nach dem 1. Jahr der Liegedauer.
- Es bestehen keine bleibenden und/oder irreversiblen Symptome wie Schmerz, Infektion, Neuropathie, Parästhesie oder Verletzung des Mandibularkanals.
- Nach 5 Jahren Belastung sollte die Überlebensrate der Implantate mindestens 85%, nach 10 Jahren mindestens 80% betragen.

Buser-Erfolgskriterien:

- Das Implantat ist in situ.

- Es bestehen keine persistierenden Beschwerden wie Schmerz, Fremdkörpergefühl und/oder Dysästhesie.
- Es besteht keine periimplantäre Infektion mit putrider Sekretion.
- Es ist keine Mobilität des Implantats nachweisbar.
- Es findet sich keine persistierende periimplantäre Radiotransluzenz.

Jahn-d'Hoedt-Erfolgskriterien:

- Das Implantat ist in situ.
- Die Sulcustiefe mesial, distal, bukkal und oral darf jeweils nicht mehr als 4 mm bei 2 aufeinander folgenden Kontrollen betragen.
- Die klinische Beweglichkeit darf den Lockerungsgrad I der Klassifikation der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie nicht überschreiten.
- Das Implantat darf keinen zweiseitig durchgehenden Spalt mit einer Breite größer als 0,5 mm im Röntgenbild aufweisen.
- Der anguläre Knochendefekt (Mittelwert der mesial und distal gemessenen Knochentaschen am Röntgenbild) darf nicht mehr als 3/10 des konstruktiv enossalen Implantatabschnitts betragen.
- Die subjektive Bewertung des Implantats nach dem deutschen Schulnotensystem durch den Patienten darf nicht schlechter als 3 sein.

Naert-Erfolgskriterien:

- Das Implantat ist in situ.
- Der Periotestwert ist kleiner +8.
- Es findet sich keine periimplantäre Radiotransluzenz.
- Es liegen keine implantatinduzierten Schmerzen, Infektionen oder Parästhesien vor.
- Es findet sich keine Implantatfraktur.
- Das Implantat muss zum prothetischen Ersatz herangezogen worden sein.

Obwohl sich die genannten Kriterien aus klinischer Sicht sehr ähneln, gibt es doch keine eindeutige Vergleichbarkeit der Ergebnisse untereinander. Das Vorhandensein einer prothetischen Versorgung wird nur von Naert als Kriterium miteinbezogen, obwohl diese für die Wiederherstellung der Kaufunktion unerlässlich ist. Durch die verschiedenen Ansätze für einen Implantaterfolg entstehen Erfolgsraten von 75 – 89% bei einer In-situ-Rate von 95% (Buch 2003).

5.2 Biomechanik von Implantaten

Im natürlichen Gebiss betragen die durchschnittlichen Kaukräfte bei axialer Belastung 469 +/- 85 N im Bereich der Eckzähne, 583 +/- 99 N im Bereich der zweiten Prämolaren und 723 +/- 138 N im Bereich der zweiten Molaren (Van Eijden 1991). Für Implantate mit unverblochten Kronenversorgungen wirken die gleichen Kräfte wie bei natürlichen Zähnen, da die Kaukräfte auf einzelne, alleine stehende Kronen treffen. Allerdings beeinflussen Faktoren wie die Größe des okklusalen Tisches, die Höhe des Abutments und die Angulation des Implantats in Bezug auf die Kauebene die auftreffende Kraft. Selbstverständlich spielt auch die Eingliederung der Implantatkrone in das Okklusionschema eine große Rolle (Brunski 2000). Zähne sind mit einer besonders feinen Wahrnehmung für Berührung, Richtungsbestimmung, Unterscheidung von Nahrungsmitteloberfläche und deren Festigkeit ausgestattet. Die Basis dafür bilden die harte Schmelzoberfläche und das darunter liegende Dentin mit reichlicher pulpaler Innervation und Durchblutung. Parodontale Afferenzen und das Schmelz-Dentin-Pulpa-System leiten Informationen über wechselnde vertikale und horizontale Kräfte an das Zentralnervensystem weiter. Mechanorezeptoren des Parodonts reagieren besonders auf niedrige Drücke, es gibt allerdings unterschiedliche Schwellenwerte für Schneide- und Eckzähne (<1 N), sowie Prämolaren und Molaren (<4 N). Dieses Feedback ist bei Implantaten jedoch anders durch das Fehlen des Schmelz-Dentin-Pulpa-Komplexes und des Parodonts. Werden die afferenten Informationen der Zähne durch Lokalanästhesie blockiert, so sind die Dosierung der Kraft und der Ablauf der Kaufunktion beeinträchtigt. Zahnlose Patienten, die mit Implantat getragenen Brücken in beiden Zahnbögen versorgt werden, verhalten sich, als wären sie anästhesiert. Darüber hinaus zeigen sie beim Kauen von Nahrung unterschiedlicher Festigkeit eine herabgesetzte Anpassung der Kaumuskulatur an die Konsistenz der Kost. Obwohl Patienten mit dentalen Implantaten in der Lage sind zu kauen, so ist ihre Feinmotorik im Vergleich zu der von vitalen Zähnen deutlich herabgesetzt (Klineberg 2012).

Bei Implantaten, die mit einer Einzelzahnkrone versorgt werden, sollten die gleichen Kräfte wie bei natürlichen Zähnen wirken. Dies wird erwartet, weil in beiden Fällen die Kaukräfte auf eine einzelne, alleinstehende Krone übertragen werden. Darüber hinaus spielen Faktoren wie die Größe der Kaufläche, das Verhältnis Kronenlänge zu Implantat (crown to implant C/I Ratio), die Neigung des Implantats in Bezug auf die Okklusionsebene und die Eingliederung der Krone in das Okklusionsschema eine Rolle (Brunski 2000).

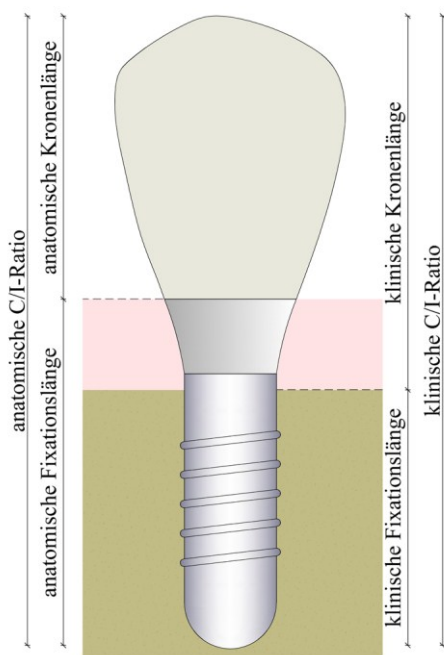


Abb. 1: Anatomische und klinische C/I Ratio

Ein ungünstiges Verhältnis Kronenlänge zu Implantat wird als eine Form von nicht axialer Belastung betrachtet. Man kann diesbezüglich die anatomische C/I Ratio und die klinische C/I Ratio unterscheiden. Bei der anatomischen C/I Ratio liegt der Angelpunkt des Hebelarms im Bereich der Implantatschulter, bei der klinischen C/I Ratio hingegen liegt dieser Angelpunkt in Höhe des krestalen Knochenniveaus. Daraus ergibt sich für das anatomische Verhältnis Kronenlänge zu Implantat eine bessere biomechanische Ausgangslage durch einen kürzeren Hebelarm. Das klinische Verhältnis Kronenlänge zu Implantat bietet allerdings ein realistischeres Szenario, da die Verbindung zwischen Restauration und Implantatschulter viel rigider ist als zwischen Implantat und krestalem Knochen wegen der Elastizität des Knochens. Je größer die Kronenlänge, desto größer der Hebelarm und als eine Konsequenz daraus desto größer der Druck im Bereich des krestalen Knochens (Blanes 2007). Im Rahmen einer prospektiven Studie konnten Blanes et al. (2007) die Annahme, eine größere C/I Ratio (anatomisch und/oder klinisch) würde durch einen größeren Hebelarm und einem daraus resultierenden größeren Druck im Bereich des krestalen Knochens zu vermehrtem Knochenabbau führen, widerlegen. Daraus wurde gefolgert, dass Implantatrestaurationen mit einem hohen klinischen oder anatomischen Verhältnis Kronenlänge zu Implantat keine niedrigere Überlebensrate aufweisen als solche mit einem niedrigen Verhältnis. Als weiterer

Schluss wurde gezogen, dass Implantate in der Molaren- und Prämolarenregion erfolgreich mit Restaurationen mit einer C/I Ratio von 2-3 versorgt werden können.

Mittels eines Finite-Elemente-Modells untersuchten O'Mahony et al. (2000) die Druckverteilung auf Implantate mit einer Einzelkrone im Molaren- und Prämolarenbereich bei axialer und nicht axialer Belastung. Dabei konnten sie zeigen, dass bei nicht axialer Belastung die Druckbeanspruchung im Bereich des krestalen Knochens auf der Seite des applizierten Drucks stark anstieg, während auf der gegenüberliegenden Seite die Zugspannung zunahm.

Die Gestaltung der okklusalen Fläche sowie die Lage der Höckerkontaktpunkte an der antagonistischen Krone beeinflussen die Größe und die Richtung der Kaukräfte, die auf Implantat und umgebenden Knochen wirken. Dort, wo sich Knochen um ein Implantat in „milder Überbelastung“ befindet, scheint eine Knochenanlagerung erleichtert zu sein. Andererseits bewirkt eine inadäquate mechanische Lastverteilung von der Krone auf den tragenden Knochen eine verminderte Anlagerung und in weiterer Folge Knochenabbau. Mittels Finite-Elemente-Analysen zum Thema okklusales Design und Knochenremodelling konnte gezeigt werden, dass Belastungsspitzen im Bereich des coronalen Knochens bei steilerer Höckerneigung und größerem okklusalen Tisch auftraten. Diese Spitzen konnten bei Anordnungen mit einer Belastung in der zentralen Fossa und einem schmalen okklusalen Tische deutlich reduziert werden. Klineberg et al. (2012) folgerten daraus, dass die Kauflächen von Molaren und Prämolaren einen kleinen Höckerneigungswinkel und einen schmalen okklusalen Tisch aufweisen sollen. Zusätzlich sollte der antagonistische Arbeitshöcker mit der zentralen Fossa okkludieren, damit die horizontale Belastung auf Implantate minimiert wird.

Angaben zum Okklusionskonzept von Implantatrestorationen in der Literatur sind oft widersprüchlich. Zum einen weil osseointegrierte Implantate starr im Knochen verankert sind und natürliche Zähne durch den Zahnhalteapparat eine größere Resilienz aufweisen. Zum anderen konnte Richter (1995) zeigen, dass das flüssigkeitsgefüllte Parodont bei kurzen Belastungen eine Versteifung zeigt, die einer ankylotischen Verankerung entspricht. An der Prothetischen Abteilung Wien wird ein okklusales Konzept umgesetzt, das in der Zahnheilkunde weit verbreitete Anwendung findet: Im Seitzahnbereich soll es zu einer axialen Krafteinleitung und einer zentrischen Abstützung im Bereich hoher Krafteinwirkung (300 – 500 N) kommen. In der Exzentrik wird der Seitzahnbereich durch die Führung der Frontzahngruppe entlastet. Durch die Neigung des frontalen Alveolarfortsatzes und die daraus

folgende Implantatachse trifft die Gegenbezahnung ausschließlich an der Palatinalfläche auf, was zu einer paraaxialen Belastung der Oberkieferfront führt. Eine Abstützung durch diese Gruppe ist daher biomechanisch nicht sinnvoll (Piehslinger 2002).

5.3 Prothetische Versorgung von Implantaten

Der prothetische Aufbau wird auch als Suprastruktur bezeichnet und soll alle fehlenden Funktionen wie Mastikation, Ästhetik und Phonetik wiederherstellen. Restaurationen können abnehmbar, bedingt abnehmbar (verschraubt oder provisorisch zementiert) oder definitiv zementiert sein. Der Vorteil abnehmbarer Versorgungen liegt in der erleichterten Reinigung für den Patienten und der einfach umsetzbaren Rekonstruktion von Ästhetik und Phonetik selbst bei hochgradigem Alveolarkammabbau. Nachteilig kann eine psychische Ablehnung einer abnehmbaren Restauration seitens des Patienten sein. Bedingt abnehmbare Restaurationen (verschraubt oder provisorisch zementiert) haben den Vorteil, dass die Implantate im Falle entzündlicher oder mechanischer Probleme leicht zugänglich sind. Außerdem ist eine optimale Reinigung möglich, wenn sie vom Behandler abgenommen wird und man kann sie recht einfach reparieren (z. B. beim Verlust von Verblendmaterial). Nachteilig an dieser Art der Versorgung kann ein Spannungsgradient im Implantat sein, falls eine unpräzise Suprakonstruktion verschraubt wird. Ungünstig kann sich auch eine Perforation eines Schraubenkanals an einer gnathologisch bedeutsamen Stelle erweisen. Die Korrektur der Implantatrichtung ist mit einer verschraubten Restauration nur begrenzt möglich. Bei zementierten Versorgungen liegt der Vorzug in der optimalen ästhetischen und okklusalen Gestaltung ohne Schraubenperforation. Zusätzlich ist die Korrektur der Implantatrichtung recht einfach möglich und unpräzise Suprastrukturen können durch Zementage ausgeglichen werden. Nachteilig hingegen sind bei definitiver Zementierung der erschwerte Zugang bei entzündlichen Problemen, eine mögliche Fremdkörperreaktion auf Zementreste und die fehlende Reparaturmöglichkeit (Piehslinger 2002).

An der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Graz werden die prothetischen Aufbauten routinemäßig provisorisch zementiert. Diese Variante bietet ästhetische Vorteile, eine einfache Reparaturmöglichkeit und eine gute Zugänglichkeit zum Implantat durch den Behandler.

5.3.1 **Prothetische Hilfsteile**

Abutments, die die Strecke zwischen Implantatoberkante und Gingiva überbrücken, liegen konfektioniert und individuell gestaltbar vor. Konfektionierte Abutments werden eingesetzt, falls die Distanz zwischen Implantat und Gingiva groß ist, oder die Ästhetik eine untergeordnete Rolle spielt. Individuelle Abutments wiederum werden präpariert und dienen der Aufnahme zementierter Kronen bei hohem ästhetischen Anspruch, zum Beispiel im Frontzahngebiet. Die Höhe des Aufbaus richtet sich nach dem ästhetischen Anspruch der prothetischen Restauration und liegt bei Einzelkronen etwa 2 mm subgingival, um ein Emergenzprofil aufbauen zu können. Bei Brückenversorgung befindet sich die Oberkante des Abutments zirka 1 mm subgingival und bei Stegversorgungen gingival bis subgingival. Individuelle Abutments werden wie ein natürlicher Zahn präpariert, die Präparationsgrenze liegt meist knapp subgingival. Divergente Implantatachsen können so ausgeglichen werden und die Präparationsränder können an den Gingivalrand angeglichen werden (Piehslinger 2002).

Die Verbindung zwischen Implantat und Abutment liegt in vielen verschiedenen Designs für den klinischen Gebrauch vor. Prinzipiell kann zwischen Implantataußen- und Innenverbindungen unterschieden werden, wobei die Außenverbindung mittlerweile als eher veraltet angesehen wird. Bei den Innenverbindungen kann man wiederum zwischen parallelwandigen und konischen differenzieren (Freitas-Junior 2013). In Bezug auf die Beschaffenheit des Implantatkopfes unterscheidet man solche ohne und mit einem Rotationsschutz. Dieser dient zur Verkantung des Abutments im Implantatkörper und ist besonders dann von Bedeutung, wenn es sich bei der Versorgung um eine Einzelzahnkrone handelt. Hierbei muss das Implantat einen Rotationsschutz aufweisen, damit eine Drehung der Krone um ihre Rotationsachse verhindert wird. Heute weisen routinemäßig alle Implantate einen Rotationsschutz auf (Strub 2005).

Platform Switching bezeichnet ein Konstruktionsprinzip, bei dem das Abutment einen geringeren Durchmesser als das Implantat aufweist. Dadurch wird der Umfang der Verbindung zwischen Implantat und Abutment nach innen in Richtung zentrale Implantatachse verschoben, außerdem soll eine Verbesserung der Lastverteilung erreicht werden. Außerdem wird der Spalt zwischen Implantat und Abutment vom periimplantären Knochen wegverlegt. Dies soll zu einer Verminderung von Bakterien und Entzündungszellen im Bereich der periimplantären Weichgewebe und in weiterer Folge zu vermindertem Knochenabbau führen (Freitas-Junior 2012).

5.3.2 Der unbezahnte Patient

Die interforaminale Region des Unterkiefers weist zumeist ausreichend Knochen mit günstiger Qualität auf. Hier hat sich das Konzept mit vier beziehungsweise sechs interforaminalen Implantaten bewährt. Die prothetische Versorgung wird in Form eines nach distal auskragenden Steges oder einer nach distal auskragenden Brücke ausgeführt. Im Oberkiefer ist die Situation durch das Vorhandensein der Kieferhöhle, des Nasenbodens und des Canalis incisivus deutlich komplizierter, außerdem ist auch die Qualität des Knochens deutlich schlechter. Versuche, das Konzept der anterioren Implantation des Unterkiefers auf den Oberkiefer zu übertragen, führten zu deutlich höheren Implantatverlusten im Oberkiefer. Deshalb wurde für den Oberkiefer ein Konzept entwickelt, das die Implantation im Seitzahnbereich vorsieht, wodurch die Kaubelastung axial im Seitzahnbereich eingeleitet wird. Voraussetzung für dieses Vorgehen war die Entwicklung des Sinuslifts, da durch die Pneumatisation der Kieferhöhlen im Laufe des Lebens eine Implantation im Oberkiefer-Seitzahnbereich meist nur nach augmentativen Maßnahmen möglich ist (Piehslinger 2002).

Bei einer Stegversorgung im Unterkiefer auf zwei Implantaten entspricht die Abstützung der herausnehmbaren Prothese der auf zwei Stützelementen. Um den Steg entsteht eine Rotationsachse, daher sind diese Konstruktionen Implantat-schleimhautgetragen. Diese Art der Versorgung erfordert nur einen geringen operativen Aufwand, bei Verlust eines Implantates kommt es aber zu einem Totalverlust der gesamten Konstruktion. Darüber hinaus kommt es durch die distale Kaubelastung zu Atrophie im hinteren Kieferanteil und in weiterer Folge zum Verlust der Abstützung. Im Gegenkiefer führt dies zu einer Überlastung des frontalen Alveolarfortsatzes unter der antagonistischen Totalprothese. Dieses Konzept wird mit Rundstegen ausgeführt, retentive Elemente sind Gold- oder Kunststoffreiter. Grundsätzlich unterscheidet sich die Stegversorgung auf vier Implantaten. Abhängig von der Position der Implantate ist die Größe des Stützfeldes an dessen distalem Ende sich eine Rotationsachse befindet. Bei Belastung werden die endständigen Implantate biegebeansprucht, während die anterioren Implantate zugbelastet werden. Eine distale Extension sollte das 1,6 fache des Abstandes beider Stützlinsen nicht überschreiten und okklusale Kontakte sollten nicht weiter distal auftreten. In diesem Konzept findet keine Rotation statt, daher können die Stege im Kantstegprinzip ausgeführt werden. Im Oberkiefer können Ästhetik und Phonetik gut durch eine abnehmbare Versorgung auf einer Stegkonstruktion wiederhergestellt werden. Die Retention erfolgt über Riegel, retentive Anker und Reiter (Piehslinger 2002).

Eine weitere sehr sinnvolle Versorgung für zahnlose Kiefer ist der herausnehmbare Zahnersatz mit Doppelkronen. Hierzu sind für eine rein implantatgetragene Lösung mindestens vier Implantate erforderlich. Die Abformung erfolgt auf Implantatniveau, die Primärteile (Konus oder Teleskop) erhalten wie in der konventionellen Prothetik eine einheitliche Einschubrichtung für die Aufnahme der verblockten Sekundärteile in der Prothese. Dafür müssen die Implantatpfosten in exakter Position umgesetzt werden, damit es zu keinen Problemen in der Gesamtpassung der Arbeit kommt (Strub 2005).

5.3.3 Der teilbezahnte Patient

Eine gute Versorgungsmöglichkeit bei teilbezahnten Patienten ist durch die Implantatbrücke gegeben. Ebenso besteht die Möglichkeit mehrere Implantate im Seitenzahnbereich mit Implantatkronen im verblockten Verband zu versehen, besonders im Oberkiefer mit schlechter Knochenqualität (Piehslinger 2002). Einzelne Implantatkronen werden im Schalllückenbereich als verlässliche Therapie angesehen (Schmitt 1993). Einer der entscheidenden Vorteile gegenüber der konventionellen Brückentechnik besteht darin, dass die Nachbarzähne bei der Versorgung durch Implantate nicht als Pfeilerzähne in die prothetischen Maßnahmen integriert werden müssen (Strub 2005). In der Planung muss darauf geachtet werden, dass für die prothetische Restauration genügend Platz vorhanden ist. So werden in der Vertikalen mindestens 5 mm benötigt, der Abstand vom endständigen natürlichen Zahn zum Zentrum des ersten Implantates beträgt 3,5 mm. Die gewünschte Implantatposition aus prothetischer Sicht kann dabei durch eine Schiene übertragen werden. Implantatbrücken beim Teilbezahnten können sowohl verschraubt als auch zementiert werden, das Restaurationsniveau wird aus ästhetischen Gründen immer subgingival gewählt. Eine Verblockung kann aus statischen Gründen zur Vergrößerung der Implantatoberfläche und Reduktion der Biegebelastung durchgeführt werden. Eine Einschränkung der Hygienefähigkeit und der Ästhetik wird dabei jedoch in Kauf genommen. Ebenso kann es durch Passungsungenauigkeiten zu Spannungen im Bereich der Implantate, die als Brückenpfeilern dienen, kommen. Bei guter Knochenqualität, zahnkonformer Implantatposition und günstiger Relation der Implantatlänge zur Kronenlänge (größer als 1, das heißt das Implantat muss länger als die Krone sein) kann auch die Versorgung mit unverblockten Implantatkronen gewählt werden (Piehslinger 2002).

Voraussetzung für eine Einzelkrone auf einem Implantat ist eine rotationsfreie und dauerhafte Befestigung. Dies ist entweder durch Zementierung (provisorisch oder definitiv) oder Verschraubung (vertikal oder horizontal) zu erreichen. Bevor man sich jedoch für eine dieser Möglichkeiten entscheidet, muss geklärt werden, ob die Krone in der Nachsorge abnehmbar sein soll, beziehungsweise ob eine horizontale oder eine vertikale Verschraubung überhaupt möglich sind. Die Anlage einer okklusalen bzw. horizontalen Verschraubung kann einerseits störend in Bezug auf die Ästhetik wirken und andererseits können Kontaktpunkte oder Gleitflächen (Okklusion) dadurch beeinträchtigt sein. Eine eindeutige Indikation für eine Zementierung ist durch die hohen Anforderungen an die Ästhetik im Frontzahnbereich gegeben. Dabei werden Abutments mittels einer Halteschraube am Implantat befestigt, der lösungsfreie Halt ist ein wichtiger Gesichtspunkt für den klinischen Langzeiterfolg der Restaurationen. Besonders bei Abutments, auf denen die Versorgung zementiert wird, ist sicherzustellen, dass durch die Dauerbelastung durch statische und dynamische Okklusionskontakte keine Schraubenlockerung entsteht. Eine Schraubenlockerung kann an drei Stellen entstehen: zwischen Schraube und Pfosten, Implantat und Pfosten und im Schraubengewinde. Als mögliche Ursache werden eine schlechte Gerüstpassung der Restauration, eine nicht ausreichende Vorspannung der Schraube und mögliche Mikrobewegungen zwischen Aufbau und Implantat angeführt (Strub 2005).

5.4 Komplikationen und ihre Ursachen

5.4.1 Komplikationen in der Implantattherapie

In der Implantattherapie treten zwei Arten von Komplikationen auf: biologische und technische (mechanische). Biologische Komplikationen gehören zu Störungen biologischer Prozesse, die das Gewebe um ein Implantat betreffen. Dazu zählt man Reaktionen der periimplantären Weichgewebe und des Knochens, der ein Implantat umgibt. Das Erkennen solcher biologischer Komplikationen erfordert regelmäßige klinische und radiologische Untersuchungsmethoden.

Der Implantatverlust zählt zu den biologischen Komplikationen, es kann dabei zwischen einem frühen und einem späten Verlust unterschieden werden. Der Verlust eines Implantates oder die Entfernung eines solchen vor der prothetischen Versorgung wird als ein früher bezeichnet und ist ein Zeichen für fehlende oder nicht stattgefundene Osseointegration. Alle

Ausfälle oder Entfernungen eines prothetisch in Funktion befindlichen Implantats, mit Ausnahme einer Implantatfraktur, werden als später Verlust bezeichnet (Berglundh 2002).

Bei einer periimplantären Mukositis handelt es sich um eine reversible Entzündungsreaktion in der Mukosa, die ein osseointegriertes Implantat umgibt. Die periimplantäre Mukosa bildet eine 3-4 mm dicke biologische Barriere, die die Zone der Osseointegration gegen die Mundhöhle abschirmt. Das Bindegewebe um die Implantatoberfläche bildet eine Art Abdichtung, wo die entzündliche Antwort auf bakterielle Besiedelung der Implantatoberfläche entsteht. Blutung auf Sondierung und das Ausmaß der Blutung geben über den Schweregrad der Mukositis Auskunft. Das Fehlen einer Blutung auf Sondierung ist ein Indikator für stabiles und entzündungsfreies periimplantäres Gewebe (Algraffee 2011).

Die Periimplantitis, ebenfalls eine biologische Komplikation, wird definiert als eine entzündliche Erkrankung, die sich auf die Schleimhaut und den Knochen um ein Implantat erstreckt und zu einem Abbau von marginalem Knochen führt (Heitz-Mayfield 2008). Oft verläuft die Periimplantitis asymptomatisch und wird bei Routinekontrollen entdeckt durch ein Bluten auf Sondierung. Wird sie nicht diagnostiziert und effektiv behandelt, so kann sie zu einem Verlust der Osseointegration und in weiterer Folge zu einem Implantatverlust führen (Algraffee 2011). Berglundh et al. (2002) bezeichneten ein gemeinsames Auftreten folgender Faktoren als Periimplantitis, wobei es in der Literatur insgesamt unterschiedliche Definitionen von Periimplantitis gibt:

- Sondierungstiefen von > 6 mm
- Blutung auf Sondierung
- Attachmentverlust oder Knochenabbau von über 2,5 mm.

„Technische Komplikation“ dient als ein Sammelbegriff für eine mechanische Beschädigung des Implantats, der Implantatkomponenten oder der Suprastrukturen. Dazu zählen die Implantatfraktur, ein Bruch der Abutment- oder Prothetikschrabe, die Abutmentlockerung, die Kronenlockerung, Gerüstfrakturen oder Abplatzen des Kronenverblendmaterials (Berglundh 2002).

5.4.2 Risikofaktoren

Knochenverlust um orale Implantate stellt eine Gefahr für deren Langzeitüberleben dar. Daher stellt ein stabiles periimplantäres Knocheniveau ein wichtiges Kriterium für ein erfolgreich eingeheltes Implantat dar. Unter den Faktoren, die eine Periimplantitis auslösen und ein Fortschreiten vorantreiben können, sind eine bestehende Parodontitis, Zigaretten rauchen, ungenügende orale Hygiene, eine schlechte Hygienefähigkeit der prothetischen Versorgung und eine Reihe von lokalen Faktoren zu nennen. Bis zu einem bestimmten Ausmaß kann periimplantärer Knochenabbau durch ein Remodeling bedingt sein. Dabei liegt keine Entzündung vor, es wird in diesem Fall nicht von Periimplantitis gesprochen. Als Ausgangsbild für eine radiologische Verlaufskontrolle sollte daher nicht die Röntgenaufnahme nach der Implantation, sondern nach der Implantatfreilegung verwendet werden. 3 Monate nach der Implantation sollte sich ein Gleichgewicht der periimplantären Gewebe eingestellt haben (Klinge 2012).

Entscheidend für die Entwicklung einer Parodontitis aus einer vorangegangenen Gingivitis sind neben pathogenen Mikroorganismen, wie *A. actinomycetencomitans* und hydrolysierenden Bakterien, diverse Wirtsfaktoren. Zu diesen Wirtsfaktoren zählen ein Interleukin-1-positiver Genotyp, der auf Makrophagenreizung die vierfache Interleukin-1-Menge produziert, Rauchen, Stress und Diabetes mellitus. Diese Risikofaktoren beeinflussen die Entstehung, Progression und das klinische Bild der Parodontitis dadurch, dass sie durch eine negative Einwirkung auf die Wirtsabwehrreaktion den Wirt empfänglicher für die Erkrankung machen (Wolf 2004). Viele Patienten, die Zähne auf Grund einer Parodontitis verloren haben, werden mit Implantaten versorgt, aber genau diese Patienten scheinen ein größeres Risiko für eine Periimplantitis aufzuweisen. Karoussis (2003) konnte in einer Studie zeigen, dass das Risiko an einer Periimplantitis zu erkranken für Patienten mit einer früheren chronischen Parodontitis fünf mal höher ist als für Patienten ohne eine solche Vorgeschichte.

Rauchen ist ein wesentlicher Risikofaktor für die Parodontitis: Teerprodukte reizen die Gingiva lokal, Nikotin als Sympathomimetikum führt zu einem reduzierten Stoffwechsel in den parodontalen Geweben und Verbrennungsprodukte beeinträchtigen die chemotaktischen Reaktionen der Granulozyten (Wolf 2004). Auch bei Implantatpatienten spielt das Rauchen eine wichtige Rolle. Eine erhöhte Knochenresorption bei Rauchern wurde in mehreren Studien beschrieben, so zum Beispiel durch Haas et al (1996), Carlsson et al (2000) and Nitzan et al (2005). Ebenso ist eine Assoziation zwischen Rauchen und Periimplantitis durch mehrere Studien belegt (Heitz-Mayfield 2008).

Durch die Mastikation werden vertikale und transversale Kräfte auf die prothetischen Überkonstruktionen von Implantaten übertragen. Diese Kräfte werden weitergeleitet und erzeugen Druckgradienten im Implantat und dem umgebenden Knochen. Belastungsspitzen treten im Bereich des Apex und im Knochen unter der Implantatschulter auf (De Smet 2001). Als okklusale Überbelastung wird jene Last definiert, die größer ist, als die prothetische Versorgung, die Implantatkomponenten oder der umgebende Knochen ohne Schaden zu nehmen, standhalten können. In klinischen Studien wurde bei Implantatpatienten mit Parafunktion ein signifikant erhöhter marginaler Knochenverlust bei gleichzeitig wenig vorhandenen Entzündungszellen gefunden. Bei einem zusätzlichen Vorliegen einer Entzündung konnte ein noch größerer Abbau von marginalem Knochen bei Patienten mit okklusaler Überlastung beobachtet werden (Qian 2012).

Insgesamt gibt es eine klare klinische Evidenz, dass die Kombination verschiedener Faktoren wie klinisches Handling, Implantathardware oder Charakteristika eines Patienten marginalen Knochenverlust oder sogar den Verlust eines Implantates verursachen können. Oft besteht der Mechanismus hinter der Kombination verschiedener Faktoren aus Knochenmikrofrakturen oder Knochenverletzungen anderer Art, die zu Entzündung und Knochenresorption führen. Auch eine Fremdkörperreaktion, zum Beispiel durch Zementüberschuss hervorgerufen, kann zu einem Knochenabbau und beim Vorliegen weiterer Faktoren, zu einer Periimplantitis führen (Qian 2012).

5.4.3 Prävention und Management von Komplikationen

Vor einer Implantation sollte eine Prophylaxe/Parodontaltherapie zur Elimination jeglicher Inflammation mit Bleeding on Probing abgeschlossen sein, da diese ein Risiko für eine Periimplantitis und einen Implantatverlust darstellen. Beim Vorliegen von Resttaschen mit einer Sondierungstiefe von ≥ 5 mm mit BoP oder einem Plaqueindex von über 20% sollte eine parodontale Reevaluation erfolgen, bevor Implantate gesetzt werden. Patienten mit aggressiver Parodontitis benötigen eine Parodontaltherapie mit kürzeren Recallintervallen.

Faktoren, die bei der Implantatplanung besonders berücksichtigt werden sollten, sind das Angebot an keratinisierter Mukosa, der Implantatabstand, die 3D Positionierung des Implantats und das Design der prothetischen Versorgung für eine gute Hygienefähigkeit.

Zu den präventiven Maßnahmen, die nach der Implantation vorgenommen werden sollen, gehört eine Messung der Ausgangswerte nach der prothetischen Versorgung. Weiters sollte die Erhebung von Sondierungstiefen von einem Fixpunkt zur Dokumentation von

Veränderungen erfolgen. Eine unterstützende Parodontaltherapie mindestens einmal pro Jahr ist unerlässlich. Falls im Rahmen dieser Kontrollen klinische Zeichen einer Periimplantitis beobachtet werden, ist eine radiologische Bildgebung indiziert.

Ziel einer Periimplantitistherapie ist es, die Infektion zu beseitigen und ein Wiederauftreten zu verhindern:

- Zuerst erfolgen die Diagnose und die Klassifizierung des Schwerdegrades. Danach müssen Risikofaktoren wie schlechte orale Hygiene, Rauchen und schlechte Diabeseinstellung reduziert werden und iatrogene Zusatzfaktoren wie Zementüberschuss, überkonturierte prothetische Versorgungen oder schlecht positionierte Implantate beseitigt werden.
- Anschließend ist eine nicht chirurgische Beseitigung des Biofilms indiziert.
- Eine frühe Wiederbeurteilung der Situation nach Einleitung der Periimplantitistherapie sollte etwa 1 – 2 Monate später erfolgen.
- Bei einem weiteren Fortschreiten der Periimplantitis ist eine chirurgische Revision angezeigt. Dazu wird ein Mukoperiostlappen im Bereich der betroffenen Implantate präpariert, außerdem werden eine Entfernung von Granulationsgewebe und eine Oberflächenreinigung mit verschiedenen Techniken (chemisch, mit Handinstrumenten, Airflow, Er-YAG Laser, photodynamischer Therapie und anderen) durchgeführt. Danach soll der knöcherne Defekt mit Knochenersatzmaterial oder bioaktiven Substanzen aufgefüllt werden und eventuell mit einer Membran gedeckt werden. Der Mukoperiostlappen wird apikal positioniert.
- Postoperativ werden eine tägliche Spülung mit Chlorhexamed, sowie eine systemische Antibiotikagabe empfohlen. Ebenso sollte eine professionelle Unterstützung bei der Plaquekontrolle erfolgen.
- Engmaschige klinische und radiologische Kontrollen sind unbedingt erforderlich für weitere 3 – 6 Monate.

Sollten die Größe der Läsion, die Implantatposition, die umgebenden Weichgewebe oder die Erfolgsaussichten der Behandlung ungünstig erscheinen, so ist die Implantatentfernung als Behandlungsoption in Erwägung zu ziehen.

Die Implantatfraktur stellt eine seltene Komplikation dar. Um diese zu vermeiden sollten nur sachgemäß entwickelte und produzierte Implantate mit einer gut untersuchten und dokumentierten Frakturnrate verwendet werden. Ebenso sollten nur Implantate aus genau getesteten und erprobten Materialien eingesetzt werden. Das Frakturrisiko ist besonders niedrig wenn Verteilung, Anzahl und Durchmesser der benutzten Implantate optimal gewählt wird. Die Implantatpositionierung sollte sich an einer für die spätere Restauration passenden Lokalisation orientieren. Auch kann das Risiko eines Implantatbruches durch einen guten Sitz der prothetischen Überkonstruktion verringert werden.

Ein Bruch und/oder eine Lockerung der Prothetikschaube werden beeinflusst durch eine falsche Handhabung der Schraube, einen schlechten Sitz der Überkonstruktion und durch okklusale Kräfte. Deshalb sollte beim Gebrauch der Implantatschrauben immer entsprechend der Herstelleranweisungen vorgegangen werden. Beim Überprüfen der Passung von Überkonstruktionen sollte im gesamten Kontaktbereich zwischen Schraubenkopf und Gerüst der Randschluss kontrolliert werden.

Hinsichtlich der Lockerung von Abutmentschrauben wird empfohlen, die genaue Ursache zu erforschen. Eine Fraktur von Metallabutments hingegen ist eine sehr seltene Komplikation. Größere Vorsicht ist bei Keramikabutments geboten, da hier auf die Materialanforderungen bei Auswahl und Handling genau geachtet werden muss, um Brüchen vorzubeugen. Die Verwendung einer Drehmomentkontrolle ist für eine sichere Abutmentfixation sinnvoll.

Um Gerüstfrakturen vorzubeugen, sollten das Material, das Design und die Herstellungsmethode sorgfältig gewählt werden. Generell kommen solche Brüche aber selten vor. Um exzessive Materialstärken des Verblendmaterials wie Keramik oder Kunststoff zu vermeiden, sollte das Gerüst eine optimale Abstützung bieten. Dazu sollte aber die Endgestaltung der prothetischen Versorgung bekannt sein, bevor das Material und die Gestalt des Gerüsts gewählt werden. Eine planmäßige regelmäßige Nachsorge muss unbedingt eine okklusale Kontrolle und eine sorgfältige Politur von abgeriebenen Keramikoberflächen beinhalten, um die Möglichkeiten einer Fraktur oder eines Abplatzens zu verringern (Heitz-Mayfield 2013). Insgesamt ist der wesentlichste Faktor für den Erfolg der prothetischen Versorgung eine stabile Okklusion ohne störende Interferenzen in der Exzentrik und der Erhalt derselben.

6. Studie

6.1 Ziel der Studie

Am Departement für Zahnärztliche Chirurgie der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Graz werden benachbarte Implantate, auch endständige, routinemäßig mit unverblochten Restaurationen versorgt, außer es würde Bruxismus vorliegen. Bei einer elektronischen Medlinesuche konnten in Bezug auf endständig unverblochte Implantatrestorationen nur in sehr geringem Ausmaß Studien gefunden werden. Infolge dieser Tatsachen wurde eine klinische Nachuntersuchung von endständigen nicht verblochten Implantaten in Bezug auf Überlebensrate, prothetischer und biologischer Komplikationen durchgeführt. Diese Resultate wurden mit Ergebnissen in der Literatur verglichen.

Als Hypothese wurde aufgestellt, dass endständige Implantate, die mit nicht verblochten Kronen versorgt wurden, keinen höheren Implantatverlust und keine höhere Rate in Bezug auf biologische und technische Komplikationen als verblocht versorgte Implantate aufweisen.

6.2 Material und Methoden

Zum Thema endständig unverblochte Implantate beziehungsweise endständig verblochte Implantate wurde im April 2013 eine elektronische Literatursuche in der Datenbank Medline (Pubmed) durchgeführt. Dabei wurde die Suche auf Artikel in deutscher oder englischer Sprache begrenzt, eine Einschränkung bezüglich des Publikationsjahres wurde nicht gemacht. Die Suche beinhaltete die Kombination folgender Schlagworte: „terminal dental implants splinted“ und „terminal implants single crowns“ und ergab lediglich einen Artikel als Suchergebnis. Wurde die Abfrage geändert zu „molar dental implants splinted“ und „molar dental implants single crowns“, so lieferte die Suche 39, beziehungsweise 103 Ergebnisse. Bei einer Durchsicht der Ergebnisse konnte kein Artikel gefunden werden, der sich mit dem Unterschied zwischen endständig unverblochten und endständig verblochten Implantaten in Bezug auf Überlebensrate, prothetische oder technische Komplikationen und periimplantäre Parameter beziehungsweise biologische Komplikationen auseinandersetzte.

Auf Grund dieser Tatsachen wurde eine klinische Nachuntersuchung von endständigen Implantaten realisiert, die im Zeitraum von 2000 bis 2010 am Departement für Zahnärztliche Chirurgie der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Graz gesetzt und von

verschiedenen, meist zuweisenden Zahnärzten, mit Einzelkronen unverblockt versorgt worden waren. Diese Implantate wurden im Rahmen des jährlichen Recalls bezüglich Überlebensrate, prothetischer und biologischer Komplikationen nachuntersucht. Die Ergebnisse dieser Nachuntersuchung wurden mit Ergebnissen in der Literatur verglichen.

6.2.1 Patientenkollektiv

Eingeschlossen in die Studie „Klinische Untersuchung von endständig unverblockten Implantatrestaurationen“ wurden alle Patienten, die vom 01.01.2000 bis zum 31.12.2010 ein endständiges Implantat am Departement für Zahnärztliche Chirurgie der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Graz erhalten hatten, welches mit einer unverblockten Restauration versorgt worden war. Dazu mußten die Operationsbücher des Departements für Zahnärztliche Chirurgie gesichtet werden, um jene Patienten zu erfassen, die endständige Implantate an der Position des ersten oder zweiten Molaren erhalten hatten. Danach erfolgte eine Erhebung der postoperativen Panoramaraöntgenaufnahmen dieser Patienten und eine Beurteilung hinsichtlich der Verblockung der Überkonstruktion. Nach dem Ausheben der Patientenakten all jener Patienten, deren endständige Implantate eindeutig mit unverblockten Kronen versorgt worden waren, fand eine telefonische Einbestellung zur jährlichen Implantatkontrolle statt. Eine Schwangerschaft wurde als Ausschlusskriterium gewertet.

Ein Votum der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz liegt vor (Antrag Nummer 24-109 ex 11/12), die Patienten willigten mittel Informed Consent ein.

6.2.2 Untersuchungsprotokoll

Bei dieser Kontrolluntersuchung, die vom jährlichen Routine-Implantat-Recall nicht abwich, fand die Erhebung folgender Parameter statt:

- Implantatverlust ja/nein.
- Blutung auf Sondierung unter Verwendung einer Kunststoffsonde.
- Sondierungstiefe an 6 Messstellen mit einer Kunststoffsonde.
- Radiologischer Status mittels Panoramaraöntgen und Kleinbildröntgen in Rechtwinkeltechnik.

- Status der Implantatkrone: Lockerung der Krone oder des Aufbaus, Abplatzen von Keramik.

6.2.3 Vermessung der Röntgenaufnahmen

Routinemäßig wird nach erfolgter Implantation am Departement für Zahnärztliche Chirurgie der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Graz eine Panoramaröntgenaufnahme angefertigt. Wegen der schlechten Reproduzierbarkeit der Aufnahmeposition des Patienten und auf Grund von Verzerrung eignen sich diese Aufnahmen nur bedingt für die Vermessung von periimplantärem Knochen. Demzufolge standen bei der Vermessung der Kleinbildröntgen in Rechtwinkeltechnik keine Vergleichsröntgen nach der Implantation oder nach der Implantatfreilegung zur Verfügung.

Für die Auswertung der digitalen Röntgenbilder wurde Sidexis XG (Sirona®) verwendet. Dieses System ermöglicht es, Röntgenbilder nachzubearbeiten und geeicht zu vermessen. Dazu wurde ein standardisiertes Vorgehen zur Vermessung von Knochen- und Implantatstrukturen benutzt. Nach dem Öffnen der Kleinbilder wurden diese 2-fach vergrößert. Anschließend wurde als spezifische Referenzlinie am Implantat die Implantatschulter gemessen. Bei bekanntem Implantatdurchmesser und daher auch bekanntem Durchmesser im Bereich der Implantatschulter konnte anhand dieser Messstrecke eine Kalibrierung vorgenommen werden. Danach wurde senkrecht zur Implantatschulter die Implantatachse eingezeichnet. Zum Erfassen der Tiefe des Knochendefekts wurde distal und mesial des Implantats vom tiefsten Punkt des periimplantären Knochens bis zur Referenzlinie im Bereich der Implantatschulter gemessen. Diese Messstrecken wurden parallel zu der Implantatachse gezeichnet. Im Fall von Doppelkonturen im Gebiet des periimplantären Knochens wurde ein Mittelwert beider Konturen als tiefster Punkt des periimplantären Knochenlevels angenommen. Von dieser Messstrecke wurde gegebenenfalls noch die Höhe des polierten Randes abgezogen, um den endgültigen Knochenabbau zu ermitteln.

Sämtliche Messungen wurden von 2 Untersuchern gemeinsam durchgeführt (ein erfahrener Oralchirurg und eine Studentin).

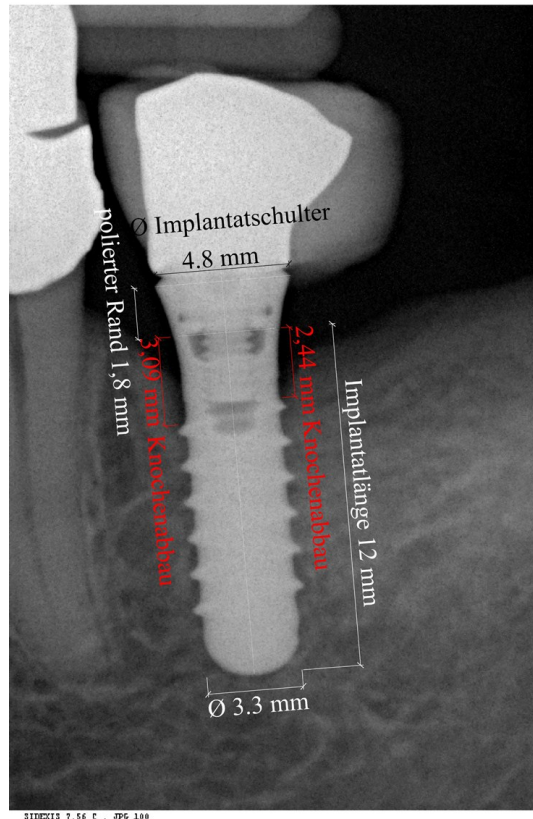
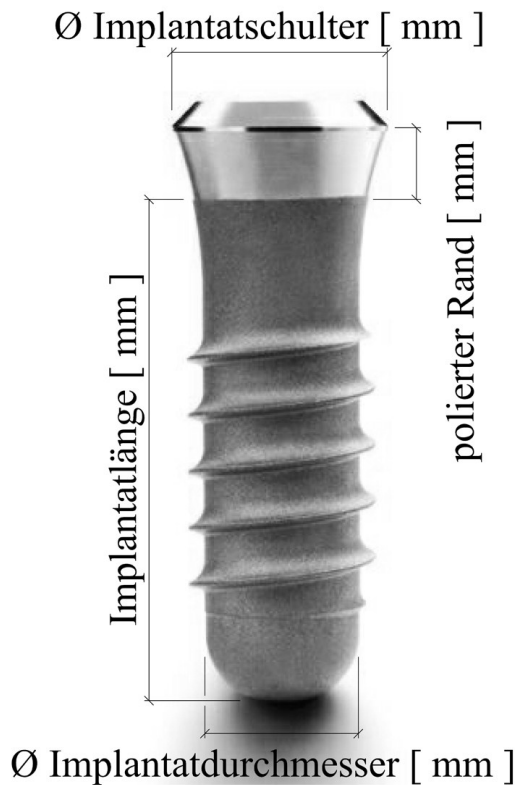


Abb. 2: Straumann® Standard Plus Implantat

Abb. 3: Kleinbild Straumann® Standard Plus Implantat

Unter den untersuchten Implantaten befanden sich solche des Straumann® Dental Implant Systems. Bei den Straumann® Bone Level Implantaten (BL), die auf Knochenniveau gesetzt werden, entspricht der Durchmesser der Implantatschulter exakt dem enossalen Durchmesser. Ein polierter Rand im Bereich der Implantatschulter, der bei der radiologischen Vermessung berücksichtigt werden müsste, ist nicht vorhanden. Straumann® Standard Plus Implantate (SP) hingegen verfügen über einen polierten Rand unter der Implantatschulter im Ausmaß von 1,8 mm. Der enossale Durchmesser unterscheidet sich außerdem von dem im Bereich der Implantatschulter. Bei den im Rahmen der Studie untersuchten Straumann® Standard Plus Implantaten Regular Neck beträgt der Durchmesser der Implantatschulter 4,8 mm bei enossären Dimensionen von 3,3 mm, 4,1mm und 4,8 mm. Handelt es sich um Straumann® Standard Plus Wide Neck Implantate (WN), so beläuft sich der enossale Durchmesser auf 4,8 mm und der im Bereich der Implantatschulter auf 6,5 mm. Der enossale Durchmesser bei Straumann® Standard plus Narrow Neck (NN) beträgt 3,3 mm, jener der Implantatschulter 3,5 mm.

Implantatdurchmesser

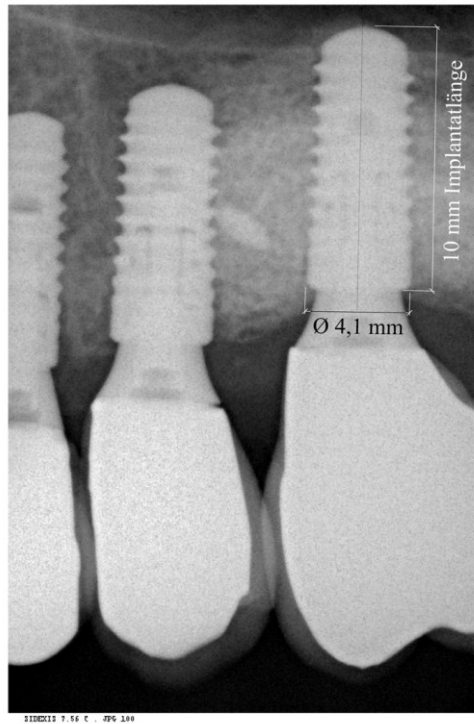


Abb. 4: Straumann® Bone Level Implantat Abb. 5: Kleinbild Straumann® Bone Level Implantat

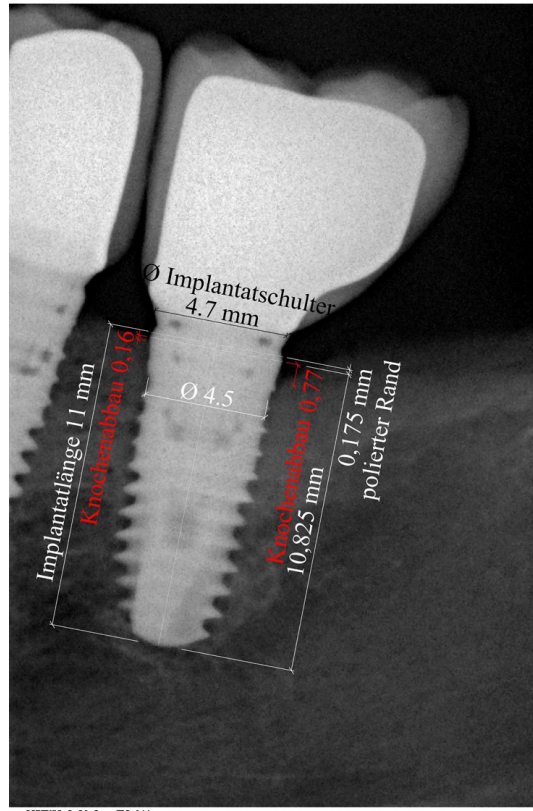
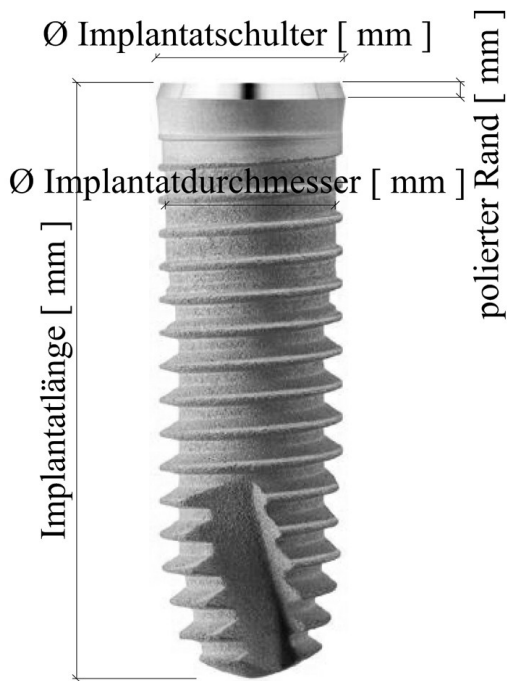


Abb. 6: Xive® S Implantat

Abb. 7: Kleinbild Xive® S Implantat

Unter den Xive® Implantaten der Firma Dentsply befanden sich bei der Studie nur solche der Bauart Xive® S. Bei diesem Implantatsystem wird der von der Herstellerfirma angegebene enossale Durchmesser zwischen der ersten und zweiten Schraubwindung gemessen. Als Referenzlinie diente ebenfalls wieder die Implantatschulter, die sich bei allen durch den Implantatdurchmessern plus die Addition von 0,2 mm ergibt. Der polierte Rand in der bei allen Durchmessern identen Höhe von 0,175mm, liegt bei den Xive® S Implantaten coronal der Implantatschulter. Dieser musste daher bei der radiologischen Messung nicht berücksichtigt werden.

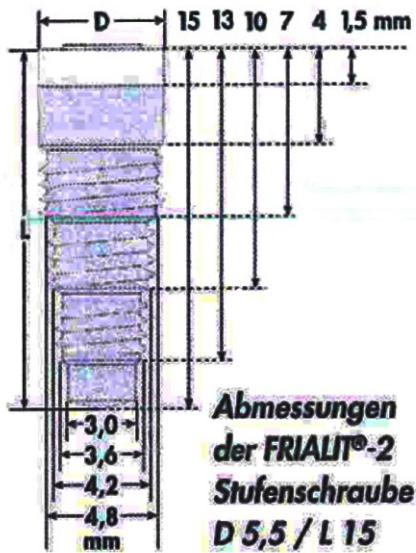


Abb. 8: Frialit®-2 Stufenschraube

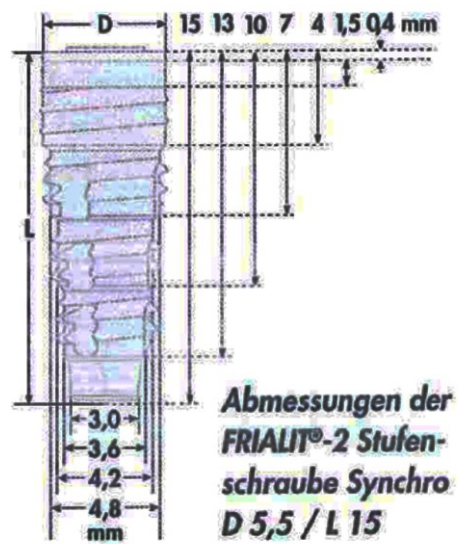


Abb. 9: Frialit®-2 Stufenschraube Synchro

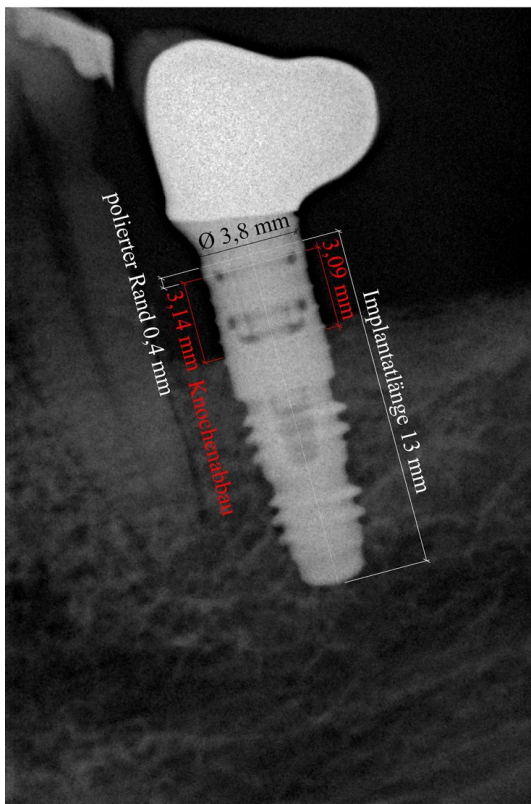


Abb. 10: Kleinbild Frialit®-2 Stufenschraube Synchro

Bei der Frialit®-2 Stufenschrauben und der Frialit®-2 Stufenschraube Synchro von Dentsply stimmt der Durchmesser der Implantatschulter mit dem angegebenen Schraubendurchmesser überein. Danach verjüngt sich der zylindrische Implantatkörper von zervikal nach apikal in 3 bis 5 Schritten um je 0,4 bis 0,6 mm, je nach Implantatdurchmesser und Implantatlänge. Die

Frialit®-2 Stufenschraube besitzt im cervikalen Anteil einen strukturpolierten Rand in der Länge von 1,5 mm, bei der Frialit®-2 Stufenschraube Synchro misst dieser polierte Implantatthals 0,4 mm. Die genauen Abmessungen wurden einem Frialit®-Produktkatalog entnommen. Da der Übergang von Implantat zu Abutment im Röntgen nicht erkennbar ist, muss nach der Kalibrierung die Höhe der coronalsten Stufe von ihrer Verjüngung weg nach coronal hin gemessen werden. Dieser Messpunkt entspricht dem coronalsten Implantatanteil. Hier wird nun der Implantatoberrand eingezeichnet. Von diesem Oberrand kann distal und mesial das Knochenniveau gemessen werden, anschließend muss die Höhe des polierten Randes abgezogen werden.

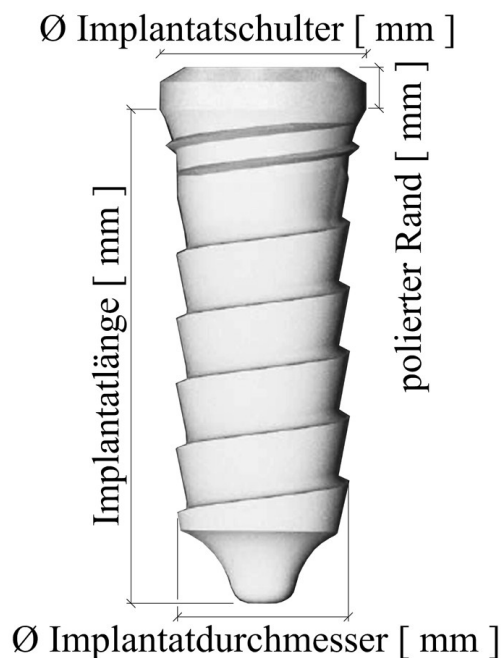


Abb. 11: Zit-vario Implantat

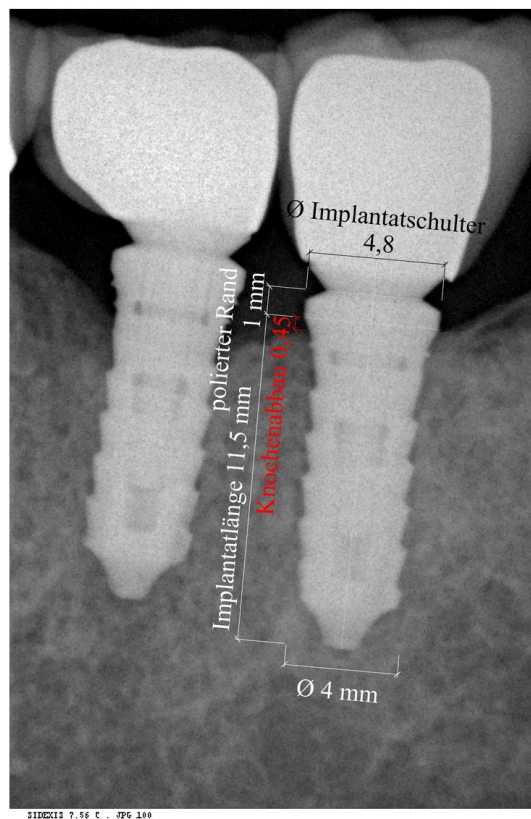


Abb. 12: Kleinbild Zit-vario Implantat

Im Rahmen der Studie wurden auch drei Implantate der Firma Ziterion untersucht, diese wiesen alle einen Durchmesser von 4 mm auf und bestanden aus Titan oder Keramik. Das Implantatdesign ist bei beiden Materialien ident. Bei Ziterion Implantaten mit einem Durchmesser von 4 mm beträgt der Durchmesser im Bereich der Implantatschulter 4,8 mm. Die Höhe der polierten Schulter misst 1 mm, diese muss bei der Röntgenvermessung nicht berücksichtigt werden, weil die Messung unterhalb der Schulter vorgenommen wird. Der

Knochenabbau wird vom Unterrand der Implantatschulter ab der Verjüngung und parallel zur Implantatachse gemessen.

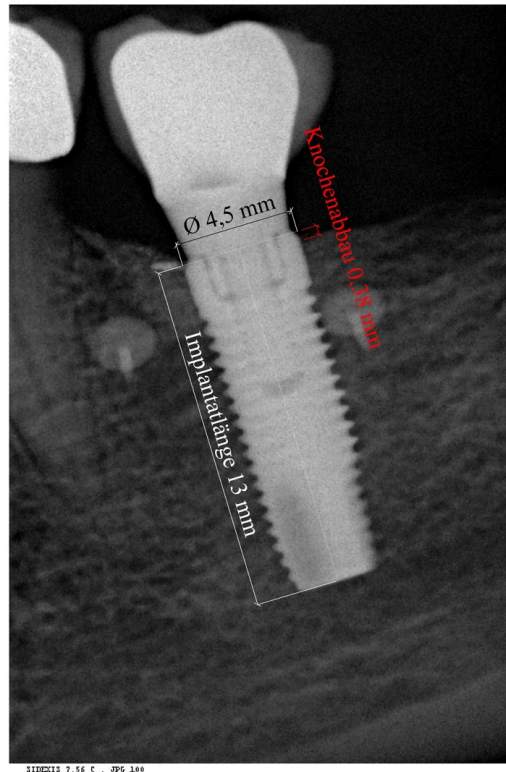
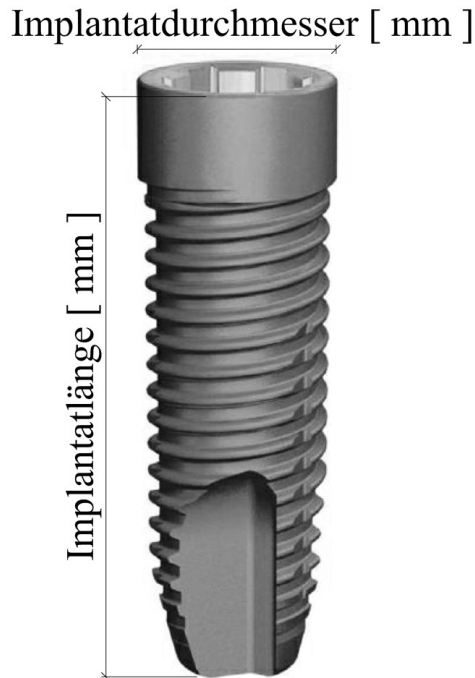


Abb. 13: Neoss ProActive® Implantat

Abb. 14: Kleinbild Neoss ProActive® Implantat

Ebenfalls vermessen wurde ein Neoss ProActive® Implantat mit einem Implantatdurchmesser von 4 mm. Bei diesem Implantatsystem sind ab einem Implantatdurchmesser von 4 mm der Durchmesser im Bereich der Implantatschulter und des Implantates selbst ident. Als Referenzlinie kann somit die Implantatschulter gemessen werden. Da das Neoss ProActive® Implantat auf Knochenniveau gesetzt wurde, wurde der Knochenabbau vom Oberrand der Implantatschulter gemessen. Diese ist eindeutig durch eine Verjüngung nach coronal erkennbar.

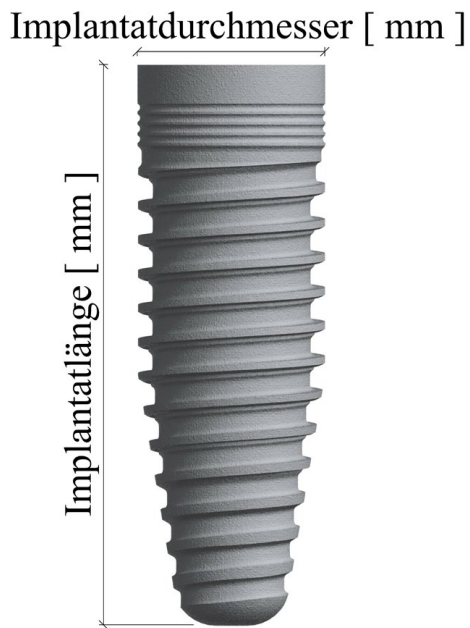


Abb. 15: NobelReplace™ Tapered Implantat

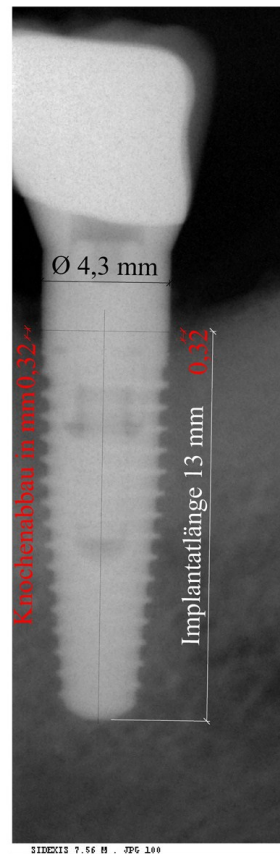


Abb. 16: Kleinbild NobelReplace™ Tapered

Unter den kontrollierten Implantaten befand sich auch ein NobelReplace™ Tapered. Bei diesem System entspricht der angegebene Implantatdurchmesser jenem im Bereich der Implantatschulter. Diese dient somit als Referenzlinie. Anschließend wird die Implantatachse im Ausmaß der Implantatgesamtlänge gezeichnet. Somit ergibt sich der Implantatoberrand von dem der Knochenabbau gemessen wird, da das Implantat auf Knochenniveau gesetzt wird.

7 Ergebnisse

7.1 Patientenkollektiv

Es konnten 67 Patienten kontaktiert werden, welche die genannten Einschlusskriterien erfüllten. Davon waren 43 Patienten (Gruppe 1) bereit, zu einer Nachuntersuchung zu erscheinen. Jene 24 Patienten (Gruppe 2), die nicht persönlich zu einer Kontrolle erscheinen konnten oder wollten, wurden telefonisch bezüglich Komplikationen befragt. Bei der Gruppe, die zur Nachuntersuchung bereit war, wurden 58 Implantate kontrolliert. Die Personen, die nur telefonisch konsultiert wurden, hatten 33 Implantate erhalten. Insgesamt wurden 67 Patienten mit 91 Implantaten in die Studie eingeschlossen, was durchschnittlich 1,4 Implantaten pro Patient entspricht. Das Durchschnittsalter betrug 59,4 Jahre (+/- 11,1). Bei einer durchschnittlichen Liegedauer von 6,0 Jahren (min. 1,6 / max. 12) mit einer Standardabweichung von 2,8, liegt die In-situ-Rate aller eingeschlossenen Implantate bei 100%.

Unter den 67 Patienten befanden sich 18 Männer (27%) und 49 Frauen (73%). Dies verteilte sich auf beide Gruppen wie folgt: In der Gruppe 1 wurden 12 Männer (28%) mit durchschnittlich 64,4 Jahren und 31 Frauen (72%) mit durchschnittlich 56,3 nachuntersucht. 6 Männer (25%) mit durchschnittlich 62,7 Jahren und 18 Frauen (75%) mit durchschnittlich 60,2 Jahren befanden sich in jener Gruppe, die nur telefonisch befragt werden konnten.

Unter den Patienten, die zu einer Nachuntersuchung erschienen waren, befanden sich 3 Raucher, 1 Patient mit Osteoporose und 1 Patient mit Diabetes.

7.2 Implantattypen, -dimensionen und -verteilung

Bei den Implantaten der Gruppe 1 handelte es sich um 24 Xiveimplantate (41,4%), 23 Frialitimplantate (39,7%), 6 Straumannimplantate (10,3%), 2 Ziterion Titanimplantate (3,4%), 1 Neosimplantat (1,7%), 1 Replaceimplantat (1,7%) und 1 Ziterion Keramikimplantat (1,7%). In der Gruppe 2 handelte es sich um 13 Straumannimplantate (43,3%), 10 Xiveimplantate (33,3%), 7 Frialitimplantate (23,3%) und 3 Ankylosimplantate (10%).

IMPLANTAT	Gruppe 1 Anz.	Prozent	Gruppe 2 Anz.	Prozent
Ankylos			3	10,0

Frialit	23	39,7	7	23,3
Neoss	1	1,7		
Replace	1	1,7		
Straumann	6	10,3	13	43,3
Xive	24	41,4	10	33,3
Ziterion (Keramik)	1	1,7		
Ziterion (Titan)	2	3,4		

Tab.1: Verteilung der Implantattypen

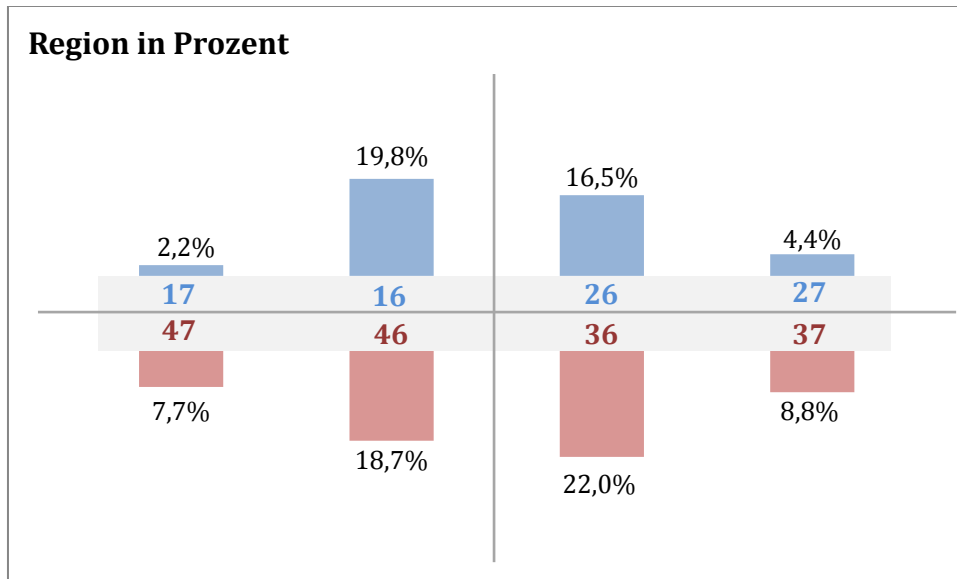
DURCHMESSER	Anzahl	Prozent
3,8	19	32,8
4	3	5,2
4,1	6	10,3
4,3	1	1,7
4,5	26	44,8
5	1	1,7
5,5	2	3,4

Tab. 2: Verteilung der Implantatdurchmesser

LÄNGE	Anzahl	Prozent
9,5	4	7,4
10	3	5,6
11	15	27,8
11,5	3	5,6
12	5	9,3
13	27	50,0
15	1	1,9

Tab. 3: Verteilung der Implantatlängen

Weitaus häufiger fanden sich endständige Implantate in Position des ersten Molaren als in der des zweiten.



Tab.4: Verteilung der Implantatpositionen

7.3 Knochenaufbauten

Ebenfalls wurde erhoben, ob bei den Studienpatienten eine Knochenaugmentation durchgeführt worden war. Unterschieden wurden hierbei der Aufbau mittels Guided Bone Regeneration (GBR) mit Barrieremembran, Pins und Ersatzmaterial, der präimplantologischen Kieferkammrekonstruktion mittels Knochenblöcken und der Sinusbodenelevation. In der Gruppe 1 waren 7 Aufbauten mit Guided Bone Regeneration erfolgt, zweimal war ein Knochenaufbau mit Knochenblöcken durchgeführt worden und 20 interne Augmentationen mittels Sinusbodenelevation waren durchgeführt worden. Bei der Gruppe 2 fanden sich 7 durchgeführte Sinusbodenelevationen und 4 Augmentationen mit Guided Bone Regeneration.

AUFBAU	Gruppe 1	Gruppe 2
GBR	7	4
Knochenblock	2	
Sinuslift	20	7

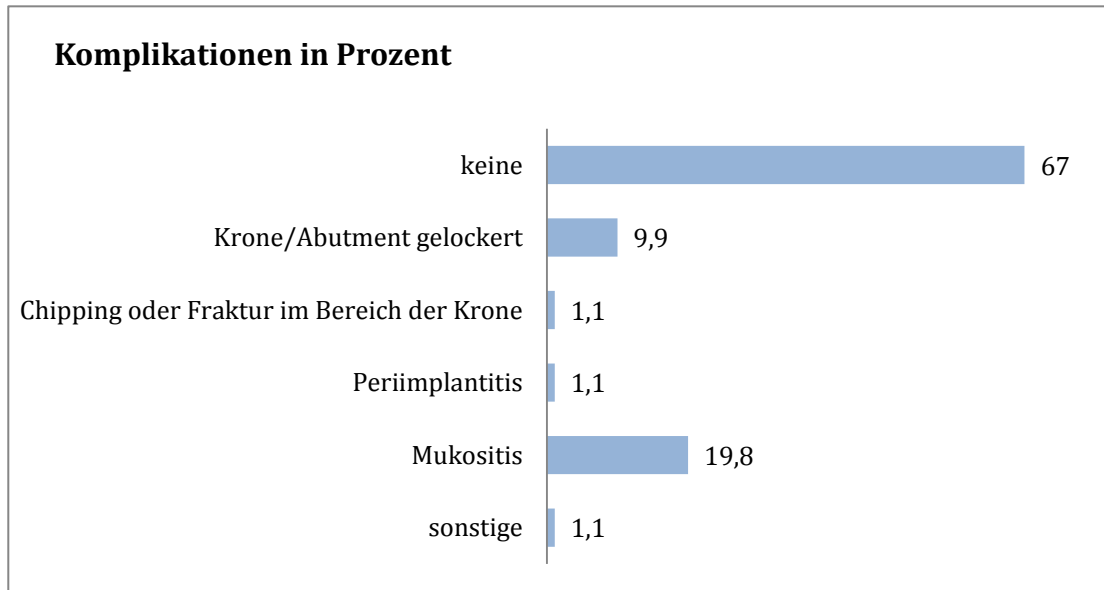
Tab. 5: Anzahl der Aufbauten

7.4 Aufgetretene Komplikationen

Bei der Auswertung der aufgetretenen Komplikationen wurde wieder zwischen der nachuntersuchten Patientengruppe und jener, die nur telefonisch befragt werden konnte, unterschieden. Bei beiden Gruppen waren vom Zeitpunkt der Implantation bis zur Kontrolle (klinisch bzw. telefonisch) kein früher und kein später Implantatverlust aufgetreten. Die Überlebensrate beläuft sich somit für beide Gruppen auf 100%. 84% der Implantate der Gruppe 1 und 90,9% der Implantate der Gruppe 2, beziehungsweise 86,8% aller Implantate wiesen keinerlei Komplikationen auf. Zu einer Lockerung der Krone oder des Abutments kam es in der Gruppe 1 in 10,3%, in der Gruppe 2 in 9,1%, respektive in 9,9% der gesamten Implantate. Ein Chipping oder eine Kronenfraktur, eine Periimplantitis, sowie sonstige Komplikationen traten in der Gruppe 1 bei jeweils 1,7% der Implantate auf. Sonstige Komplikationen wurden in der Gruppe 2 nicht genannt, die Parameter zur Beurteilung einer Periimplantitis und die klinische Beurteilung der prothetischen Versorgung konnten für die Gruppe 2 nicht durchgeführt und daher auch nicht beurteilt werden.

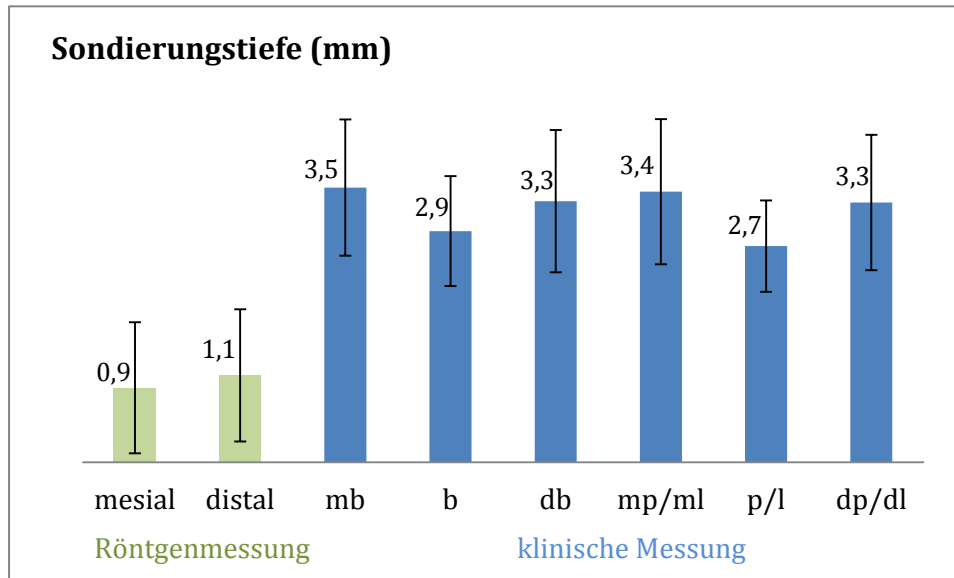
Komplikationen	Gruppe 1 Anz.	Prozent	Gruppe 2 Anz.	Prozent	Alle	Prozent
keine	31	53,4	30	90,9	61	67,0
Krone/Abutment gelockert	6	10,3	3	9,1	9	9,9
Chipping oder Fraktur im Bereich der Krone	1	1,7			1	1,1
Periimplantitis	1	1,7			1	1,1
Mukositis	18	31,0			18	19,8
sonstige	1	1,7			1	1,1

Tab. 6: Genaue Aufschlüsselung der Komplikationen



Tab. 7: Verteilung der Komplikationen in Prozent

Eine Blutung auf Sondierung trat bei 32,8% der untersuchten Implantate auf, bei 19,8% aller Implantate konnte man von einer Perimukositis sprechen, da kein entsprechender Knochenabbau zusätzlich aufgetreten war. Der knöchernerne Abbau betrug bei der Röntgenvermessung im Mittel 0,94 mm mesial mit einer Standardabweichung von 0,83 und 1,10 mm distal mit einer Standardabweichung von 0,84. Die Sondierungstiefen der klinischen Untersuchung ergaben mesiobukkal 3,48 mm (Standardabweichung 0,86), bukkal 2,93 mm (Standardabweichung 0,70), distobukkal 3,31 mm (Standardabweichung 0,90), mesiopalatinal bzw. mesiolingual 3,43 mm (Standardabweichung 0,92), palatinal bzw. lingual 2,74 mm (Standardabweichung 0,58) und distopalatinal bzw. distolingual 3,29 mm (Standardabweichung 0,86). Der Pearson Korrelationskoeffizient zeigte keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen der Röntgenvermessung und den klinischen Sondierungstiefen.



Tab. 8: Radiologisch gemessener Knochenabbau und klinische Sondierungstiefen

8 Diskussion

Im Bereich von Einzelzahn- und Schalllücken gelten Einzelzahnimplantate heute als verlässliche Therapiemöglichkeit (Schmitt 1993). Implantatrestaurationen werden auf Grund anderer Indikationen verblockt als Zähne. Während bewegliche Zähne durch das Verblocken Stabilität erhalten, so sind osseointegrierte Implantate nicht mobil. Deshalb können Implantate bei einer exzentrischen oder sehr starken Krafteinwirkung dieser Kraft nicht ausweichen. Stattdessen konzentriert sich der Druck auf den krestalen Knochen, der das Implantat umgibt. Überbelastung kann zu Mikrofrakturen führen, die einen Implantatverlust zur Folge haben können oder einen Ermüdungsbruch der prothetischen Komponenten mit sich bringen. Ziel des Verblockens von Implantatkronen ist die Verteilung der einwirkenden Kräfte zwischen den Implantaten, die Minimierung der Übertragung von horizontalen Kräften und die Vergrößerung der Knochenfläche (Grossmann 2005). Es gibt mehrere in vitro Studien, die sich mit der Belastung von verblockten und unverblockten Implantaten beschäftigen, die Ergebnisse sind jedoch widersprüchlich. In einer Studie mit einem photoelastischen Modell von Guichet et al. (2000) zeigten verblockte Restaurationen eine bessere Lastverteilung als unverblockte. Kim et al. (1999) verglichen provisorisch und definitiv zementierte mit verschraubten verblockten und unverblockten Restaurationen mittels eines photoelastischen Modells und mit einem Dehnungsmessstreifenmodell. Dabei wiesen provisorisch zementierte Einzelkronen die geringste Belastung auf, verglichen mit den anderen Modalitäten. Nissan et al. (2010) wiederum stellten zementierte Einzelkronen

zementierten verblockten Versorgungungen bei axialer Belastung gegenüber. Dabei stellten sie fest, dass Einzelkronen signifikant weniger Belastung auf Implantate und Suprastrukturen übertragen, als verblockte Restaurationen. Die Kronenränder von verblockten Versorgungungen wurden aber weniger belastet. Trotz dieser teilweise widersprüchlichen Ergebnisse wurde in klinischen Studien für Implantate, die mit nicht verblockten Kronen restauriert wurden, gezeigt, dass das marginale Knochenniveau optimal erhalten werden kann (Norton 1997 & 1998, Palmer 2000). Da es in der Literatur kaum Angaben zu biologischen und technischen Komplikationen von endständig unverblockt versorgten Implantaten gibt, um die Daten damit zu vergleichen, sollen nun die Ergebnisse der Studie „Klinische Untersuchung von endständig unverblockten Implantatrestorationen“ mit Ergebnissen aus anderen Studien über nicht endständige verblockte und unverblockte Implantatrestorationen verglichen und diskutiert werden.

Berglundh et al. (2002) beschrieben in einem Review, dass in 2,5% der Fälle mit einem Implantatverlust vor der prothetischen Versorgung zu rechnen ist. Der Verlust eines Implantates in Funktion wurde für Implantate mit festsitzender prothetischer Überkonstruktion in 2-3% der Fälle beschrieben und für Implantate, die mit einer abnehmbaren Versorgung versehen worden waren, in über 5% der Fälle. Auch von anderen Autoren werden Überlebensraten von etwa 95% angegeben (Buch 2003, Albrektsson 1986), allerdings wurde in diesen Studien keine Angabe über die prothetische Überkonstruktion gemacht. Pjetursson et al. (2012) beschrieben in einem Review für Implantate, die mit fixem Zahnersatz versorgt worden waren (Einzelkronen, verblockte Versorgungungen und Brücken), Überlebensraten von 95,4% nach 5 Jahren und 80,1% nach 10 Jahren. Jung et al. wiederum berichteten in einem Review über Überlebensraten von 97,2% nach 5 Jahren und 95,2% nach 10 Jahren bei Implantaten, die mit unverblockten Kronen versorgt worden waren. Bei allen 67 Patienten, die im Rahmen unserer Studie kontaktiert oder nachuntersucht worden waren, waren die 91 gesetzten Implantate in situ. Das heißt die Überlebensrate betrug 100% bei einer durchschnittlichen Liegedauer von 6 Jahren. Somit scheint die Hauptzielgröße der Studie, die Überlebensrate, darauf hinzudeuten, dass auch endständige Implantate mit unverblockten prothetischen Konstruktionen versorgt werden können, ohne einen höheren Implantatverlust befürchten zu müssen.

Die Patienten, die in die Studie „Klinische Untersuchung von endständig unverblockten Implantatrestorationen“ eingeschlossen worden waren, wurden mit unterschiedlichen Implantatsystemen von erfahrenen Oralchirurgen versorgt. Die anschließende prothetische

Versorgung und das weitere Hygienemanagement wurde meist vom überweisenden Allgemeinzahnarzt durchgeführt. Aufzeichnungen über die Art und die Häufigkeit der Nachsorge oder darüber, ob die Patienten an einem Prophylaxeprogramm teilnahmen, lagen bei der Nachuntersuchung nicht vor. Die Häufigkeit einer periimplantären Mukositis wurde von Roos-Jansaker et al. (2006) mit 48% Prozent angegeben, wobei eine Perimukositis definiert wurde als ein Auftreten einer Sondierungstiefe von über 4 mm und eine Blutung auf Sondierung. Mombelli et al. (2012) gaben in einem Review das Vorkommen einer Blutung nach Sondierung sogar mit 80% an, Algraffee et al. (2011) beschrieben die Prävalenz einer periimplantären Mukositis mit 79-90%. Eine Angabe über die prothetische Versorgung der untersuchten Implantate wurde in angegebenen Arbeiten nicht gemacht. In der Studie „Klinische Untersuchung von endständig unverblockten Implantatrestorationen“ trat bei 31,7% der nachuntersuchten Implantate eine Blutung auf Sondierung auf, ohne die Kriterien für Periimplantitis zu erfüllen. Dieser Wert lag deutlich unter den angegebenen 48% von Roos Jansaker et al. und noch deutlicher unter den angeführten 80% von Mombelli et al (2012). Dies könnte darauf hinweisen, dass durch die gute Hygienefähigkeit von unverblockten Implantatrestorationen eine niedrigere Entzündungsrate vorlag. Eine fehlende Blutung auf Sondierung wurde als Zeichen gesunder periimplantärer Gewebe gewertet, da bereits Lang et al. (1990) das Ausbleiben einer Blutung nach Sondierung als ein Anzeichen für parodontale Gesundheit beschrieben.

Vigolo et al. (2010) untersuchten in einer prospektiven Studie den Knochenabbau um verblockt und nicht verblockt versorgte benachbarte Implantate im Prämolaren- und Molarenbereich der Maxilla. Dabei ergab sich bei der 5-Jahres-Kontrolluntersuchung ein durchschnittlicher marginaler Knochenabbau von 0,7 mm +/- 0,2 mm für Implantate mit verblockten Restaurationen und 0,8 mm +/- 0,2 mm für Implantate mit unverblockten Restaurationen. Zu ähnlichen Ergebnissen kam Norton (2006) in einer retrospektiven Untersuchung von unverblockt versorgten Implantaten im Molarenbereich. Der durchschnittliche Knochenabbau betrug in der Maxilla 0,56 mm und 0,7 mm in der Mandibula bei einer durchschnittlichen Verweildauer von 37 Monaten. In einer weiteren Studie von Weber et al. (2000), in der Implantate mit unterschiedlichen prothetischen Suprastrukturen überprüft wurden, betrug der Knochenverlust im 1. Jahr durchschnittlich 0,6 mm und in jedem weiteren Jahr 0,05 mm. Die Röntgenvermessung der Studie „Klinische Untersuchung von endständig unverblockten Implantatrestorationen“ erbrachte einen periimplantären Knochenabbau von 0,94 mm +/- 0,83 mm mesial und 1,10 mm +/- 0,84 mm distal. Diese Werte liegen zwar etwas über jenen von Vigolo et al. (2010) und Norton (2006),

bei einer längeren Verweildauer der Implantate. Vergleicht man die Ergebnisse mit jenen von Weber et al. (2000), so ergeben sich in etwa gleiche Werte auf die Liegedauer umgerechnet. Insgesamt betrachtet liegen alle Ergebnisse deutlich unter jenen 2 mm Knochenverlust, im Vergleich zur Ausgangsröntgenaufnahme, die Klinge (2012) zusammen mit einer Blutung auf Sondierung als „rote Flagge“ für den Kliniker bezeichnet, ab der evaluiert werden soll, ob eine Intervention angezeigt ist.

Periimplantitis wird als Entzündungsreaktion um das Implantat mit Verlust von periimplantärem Knochen definiert (Algraffee 2011). Diese Definition gilt als allgemein anerkannt (Sanz 2012), allerdings gibt es sehr unterschiedliche Angaben dazu, ab welchem Knochenverlust genau von einer Periimplantitis zu sprechen ist. Berglundh et al. (2002) definierten die Periimplantitis als ein gemeinsames Auftreten von einer Sondierungstiefe von über 6 mm, einer Blutung auf Sondierung und einem Attachmentverlust bzw. Knochenverlust von 2,5 mm und mehr. Auf diese Definition wurde in der Studie „Klinische Untersuchung von endständig unverblochten Implantatrestaurationen“ Bezug genommen, dabei betrug die Periimplantitisprävalenz 1,1% bezogen auf die untersuchten Implantate. Angaben zur Prävalenz einer Periimplantitis sind so unterschiedlich, wie die genaue Definition der Periimplantitis der jeweiligen Untersucher. Roos-Jansaker et al. (2006) definierten Periimplantitis als einen Knochenverlust von über 1,8 mm verglichen mit der Untersuchung, die 1 Jahr nach der Implantation stattfand, zusammen mit einer Blutung auf Sondierung. Diese Kriterien trafen auf 16% der Patienten und 6,6% der Implantate zu. Bei Simonis et al. (2010) wurde ein Zusammentreffen einer Sondierungstiefe von über 4 mm, einer Blutung auf Sondierung und einem Knochenabbau von über 2,5 mm oder von über 3 Implantatwindungen als Periimplantitis bezeichnet. 38% der Implantate bei parodontal kompromittierten Patienten und 11% der Implantate bei parodontal gesunden Patienten wiesen diese Merkmale auf. In einer prospektiven Fallstudie von Gatti et al. (2008) wurde ein gemeinsames Auftreten einer Sondierungstiefe von über 5 mm, von Pus oder anderen Entzündungszeichen und einem Knochenverlust von über 2 mm als Periimplantitis bezeichnet. Die Periimplantitisprävalenz betrug 3% bezogen auf die untersuchten Patienten und 1% bezogen auf die untersuchten Implantate. Auf Grund der unterschiedlichen Definitionen sind die Angaben zur Periimplantitisprävalenz nur bedingt vergleichbar, weitere Untersuchungen mit gleichem Studiendesign wären wünschenswert. Allerdings scheint die Komplikationsrate in Bezug auf die Periimplantitis trotz schlechter Vergleichsmöglichkeiten bei den Patienten unserer Studie nicht erhöht zu sein.

Unter den technischen Komplikationen war die Lockerung der Krone durch Zementverlust oder des Abutments mit 9,9% in der Studie „Klinische Untersuchung von endständig unverblockten Implantatrestorationen“ die häufigste. Diese zwei unterschiedlichen Ereignisse wurden deshalb zusammengefasst, weil Patienten bei der Implantatkontrolle nach Lockerungen der prothetischen Versorgung gefragt wurden und rückblickend nicht zwischen einer Kronen- und einer Abutmentlockerung unterschieden werden konnte. Diese prozentuelle Angabe für endständige nicht verblockte Implantatkronen scheint nicht höher zu sein, als für nicht endständige unverblockte Implantatkronen: In einer klinischen Studie von Simon (2003) über nicht verblockte Implantatkronen im Prämolare- und Molarebereich berichtet der Autor über 7% Abutmentlockerung und 22% Zementverlust bei einem Beobachtungszeitraum von 6 Monaten bis zu 10 Jahren. Salinas et al. (2012) schilderten in einem Review, der sich mit Einzelkronen auf Implantaten beschäftigte, Raten von Abutmentlockerung im Bereich von 12,7%. Verschiedene prothetische Versorgungen (Einzelkronen, verblockte Kronen, Brücken und Arbeiten mit Extensionen) auf Implantaten wurden von Kreissl et al. (2007) in einer prospektiven Studie untersucht. Eine Schrauben- bzw. Abutmentlockerung trat in 6,7% der Fälle auf, wobei diese Komplikation in 2/3 der Fälle bei Einzelkronen auftrat und in 1/3 der Fälle bei Versorgungen mit Extensionen. Für verblockte Kronen wurde diese Komplikation von Kreissl et al. nicht beschrieben. Dies kann als Hinweis darauf gewertet werden, dass verblockte Kronen besser gegen rotatorische Kräfte geschützt sind und Abutmentlockerungen und Zementverlust deshalb möglicherweise seltener auftreten.

Ein Chipping bzw. Abplatzen von Keramik trat bei 1,1% aller Implantate der Studie „Klinische Untersuchung von endständig unverblockten Implantatrestorationen“ auf, was gering erscheint, verglichen mit anderen Angaben. Pjetursson et al. (2012) gaben eine Rate von 7,8% für ein Abplatzen von Veneermaterial für Keramikverblendungen bei Implantatgetragenen festsitzenden Zahnersatz an. Bei Kreissl et al. (2007) wird die Rate für diese Komplikation mit 5,7% angegeben, bei Vigolo et al. (2010) allerdings beträgt sie 0%. Vigolo et al. weisen bei der Besprechung ihrer Komplikationen noch einmal darauf hin, dass all ihre Patienten eine stabile Zentrik ohne Interferenzen in der Exzentrik und eine Eckzahn-geschützte Okklusion aufwiesen. Dies dürfte ein Anzeichen dafür sein, dass stabile okklusale Verhältnisse eine wichtige Voraussetzung für einen möglichst komplikationslosen Erhalt der Implantate und deren prothetischer Versorgungen ist.

Zusammenfassend deuten die Ergebnisse der Studie „Klinische Untersuchung von endständig unverblockten Implantatrestorationen“ darauf hin, dass endständige Implantate auch mit

unverblochten Kronen versorgt werden können, ohne einen erhöhten Implantatverlust in Kauf zu nehmen. Das Risiko für eine Abutmentlockerung oder eine Kronenlockerung durch Dezementierung scheint nicht höher zu sein, als bei unverblochten Kronenversorgungen an anderer Position. Ebenso scheint die Rate an Chipping nicht höher zu sein, als bei anderen nicht verblochten Implantatkronen. Im Vergleich zu verblochten prothetischen Versorgungen scheint jedoch eine größere Gefahr zu bestehen, dass es zu Lockerungen der Suprakonstruktion kommt. Weitere Studien mit einer größeren Fallzahl scheinen wünschenswert, um die sich abzeichnenden Tendenzen zu verifizieren.

9 Literaturverzeichnis

Albrektsson, Thomas & Wennerberg, Ann 2005. The Impact of Oral Implants – Past and Future, 1966-2042. *Journal of the Canadian Dental Association*. 71(5):327.

Algraftree, Hatem, Borumandi, Farzad & Cascarini, Luke 2011. Peri-implantitis. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 50(2012)689-694.

Al-Omari, Wael M. u. a. 2011. Porcelain Fracture Resistance of Screw-Retained Cement-Retained, and Screw-Cement-Retained Implant-Supported Metal Ceramic Posterior Crowns. *Journal of Prosthodontics*. 19:263-273.

Berglundh, Tord, Persson, Leif & Klinge, Björn 2002. A Systematic review of the incidence of biological and technical complications in implant dentistry reported in prospective longitudinal studies of at least 5 years. *J Clin Periodontol* 29(Suppl.3):197-212.

Blanes, Rafael Juan u.a. 2007. A 10-year prospective study of ITI dental implants placed in the posterior region. II: Influence of the crown-to-implant ratio and different prosthetic treatment modalities on crestal bone loss. *Clinical Oral Implants Research*. 18:707-714.

Brunski, John B., Puelo, David A. & Nanci, Antonio 2000. Biomaterials and Biomechanics of Oral and Maxillofacial Implants: Current Status and Future Developements. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*. 15(1):15-46.

Buch, R.S.R, Weibrich, G. & Wagner, W. 2003. Erfolgskriterien in der Implantologie. *Mund Kiefer Gesichts Chir*. 7:42-46.

Canullo, Luigi u. a. 2009. Platform switching and marginal bone-level alterations: the results of a randomized-controlled trial. *Clinical Oral Implants Research*. 21:115-121.

Carlsson, G.E., Lindquist, L.W. & Jemt, T. 2000. Long-term marginal periimplant bone loss in edentulous patients. *Int J Prosthodont*. 13:295-302.

De Brandao, M.L., Vettore, M.V. & Vidigal Junior, G.M. 2013. Peri-implant bone loss in cement- and screw-retained prostheses: Systematic review and metha-analysis. *Journal of Clinical Periodontology*. 40:287-295.

De Smet, Els u.a. 2001. The Influence of Plaque and/or Excessive Loading on Marginal Soft and Hard Tissue Reactions Around Branemark Implants: A Review of Literature and Experience. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 21:381-391.

Freitas-Junior, Amilcar C. u. a. 2013. Reliability and failure modes of internal conical dental implant connections. *Clinical Oral Implants Research*. 24:197-202.

Freitas-Junior, Amlicar C. u. a. 2012. Biomechanical evaluation of internal and external hexagon platform switched implant-abutment connections: An in vitro laboratory and three-dimensional finite element analysis. *Dent Mater*. 28(10):218-28

Garg, Arun K. 2006. Knochen: Biologie, Gewinnung , Transplantation in der zahnärztlichen Implantologie. Berlin: Quintessenz.

Gatti, C. u. a. 2008. Outcome of dental implants in partially edentulous patients with and without a history of periodontitis: a 5-year interim analysis of a cohort study. *Eur. J. Oral Implantol*. 1:45-51.

Grossmann, Yoav, Finger, Israel M. & Block, Michael S. 2005. Indications for Splinting Implant Restorations. *Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*. 63:1642-1652.

Guichet, David L., Yoshinobu, Diane & Caputo, Angelo A. 2002. Effect of splinting and interproximal contact tightness on load transfer by implant restorations. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 87:528-535.

Haas, R. u.a. 1996. The relationship of smoking on peri-implant tissue: a retrospective study. *J Prosthet Dent*. 76:592-596.

Heitz-Mayfield, L.J.A. 2008. Peri-implant diseases: diagnosis and risk indicators. *J Clin Periodontol*. 35(Suppl.8):292-304.

Heitz-Mayfield, Lisa u. a. 2013. Clinical Recommendations: Prevention and management of technical and biologic complications. ITI Annual Conference 2013. Bern, Switzerland.

Hermann, J.S. u. a. 2001. Influence of the size of the microgap on crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non-submerged implants in the canine mandible. *Journal of Periodontology*. 72(10):1372-83.

Jung, Ronald E. u. a. 2012. Systematic review of the survival rate and the incidence of biological, technical, and aesthetic complications of single crowns on implants reported in longitudinal studies with a mean follow-up of 5 years. *Clin. Oral Implants Res*. 23(Suppl. 6):2-21.

Junqueira, Luis C. & Carneiro, J 1996. Histologie: Zytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen unter Berücksichtigung der Histophysiologie. Übers., überarb. und erg. von Theodor H. Schiebler. 4. Auflage. Berlin: Springer

Karoussis, I.K. u. a. 2003. Long-term implant prognosis in patients with and without a history of chronic periodontitis: a 10 year prospective cohort study of the ITI Dental Implant System. *Clin. Oral Implants Res*. 14:329-39.

Khoury, Fouad u.a. 2009. Augmentative Verfahren in der Implantologie. Berlin: Quintessenz

Kim, Y. u.a. 1999. In vitro stress analyses of dental implants supporting screw-retained and cement-retained prostheses. *Implant Dentistry*. 8:141-150.

Klineberg, I.J., Trulsson, M. & Murray, G.M. 2012. Occlusion on implants - is there a problem?. *Journal of Oral Rehabilitation*. 39:522-537.

Klinge, Bjorn 2012. Peri-implant marginal bone loss: an academic controversy or a clinical challenge?. *Eur J Oral Implantol*. 5(Suppl):13-9.

Klinge, Bjorn & Meyle, J.; Working Group 2. 2012. Peri-implant tissue destruction. The Third EAO Consensus Conference 2012. *Clin Oral Implants Res*. 23(Suppl.6):108-10.

Kreissl, Marion E. u. a. 2007. Technical complications of implant-supported fixed partial dentures in partially edentulous cases after an average observation period of 5 years. *Clin. Oral Impl. Res*. 18:720-726.

Lazzara, R.J. & Porter S.S. 2006. Platform switching: a new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. *Int. J. Periodontics Restorative Dent*. 26(1):9-17.

- Mericske-Stern, R., Zarb, G.A. 1996. In vivo measurements of some functional aspects with mandibular fixed prostheses supported by implants. *Clinical Oral Implants Research*. 7:153-161.
- Mombelli, Andrea, Müller, Nada & Cionca, Norbert 2012. The epidemiology of peri-implantitis. *Clin. Oral Implants Res*. 23:67-76.
- Nissan, Joseph u.a. 2010. Analysis of load and stress distribution by splinted and unsplinted implant-supported fixed cemented restorations. *Journal of Oral Rehabilitation*. 37:658-662.
- Nitzan, D. u.a. 2005. Impact of smoking on marginal bone loss. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 20:605-609.
- Norton, M.R. 1997. The Astra Teck single-tooth implant system: A report on 27 consecutively placed and restored implants. *Int. J. Periodontics Restorative Dent*. 17:575-583.
- Norton, M.R. 1998. Marginal bone levels at single tooth implants with a conical fixture design. The influence of surface macro- and microstructure. *Clin. Oral Implants Res*. 9:91-99.
- Norton, M.R. 2006. Multiple single-tooth implant restorations in the posterior jaw: maintenance of marginal bone levels with reference to the implant-abutment microgap. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants*. 21(5):777-784.
- O'Mahony, A. u.a. 2000. Stress distribution in the single-unit osseointegrated dental implant: finite element analyses of axial and off-axial loading. *Implant Dentistry*. 9(3):207-218.
- Palmer, R., Palmer, F. & Smith, B.A. 2000. A 5-year prospective study of Astra single tooth implants. *Clin. Oral Implants Res*. 11:179-182.
- Piehslinger, Eva u.a. 2002. Grundlagen der zahnärztlichen Prothetik. Wien: Universimed Verlag
- Qian, Jie, Wennerberg, Ann & Albrektsson, Tomas 2012. Reasons for Marginal Bone Loss around Oral Implants. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 14(6):792-807.
- Richter, E.-J. u.a. 1995. Quantitative Messung der Verankerungsfestigkeit von Zähnen und Implantaten. *Dtsch. Zahnärztl. Z*. 50:204-209.
- Roos-Jansaker, A.-M., Renvert, H. & Renvert, S. 2006. Nine- to fourteen-year follow-up of implant treatment. Part II: presence of peri-implant lesions. *J Clin Periodontol*. 33:290-295.
- Salinas, T. & Eckert, S. 2012. Implant-supported single crowns predictably survive to five years with limited complications. *J. Evid. Based Dent. Pract*. 12(3Suppl.):213-4
- Sanz, Mariano u. a. 2012. Clinical research on peri-implant diseases: consensus report of Working Group 4. *J Clin Periodontol*. 39(Suppl.12):202-206.
- Schmitt, A. & Zarb G.A. 1993. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants for single-tooth replacement. *International Journal of Prosthodontics*. 6(2):197-202.
- Simon, Robert L. 2003. Single implant-supported molar and premolar crowns: A ten-year retrospective clinical report. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 90(6):517-21.

Simonis, Pierre, Dufour, Thomas & Tenenbaum, Henri 2010. Long-term implant survival and success: a 10-16-year follow-up of non-submerged dental implants. *Clin. Oral Impl. Res.* 21:772-777.

Strub, Jörg Rudolf u.a. 2005. Prothetik. Band III. Berlin: Quintessenz

Van Eijden, T.M. 1991. Three-dimensional analyses of human bite-force magnitude and moment. *Archives of oral Biology.* 36:535-539.

Van Dyke, Thomas E. 2012. The impact of genotypes and immune reactivity on peri-implant inflammation: identification and therapeutic use of anti-inflammatory drugs and immunomodulators. *Eur J Oral Implantol.* 5(Suppl):51-60.

Vigolo, Paolo & Zaccaria, Massimiliano 2010. Clinical Evaluation of Marginal Bone Level Change of Multiple Adjacent Implants Restored with Splinted and Nonsplinted Restorations: A 5-year Prospective Study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants.* 25:1189-1194.

Wang, T.M. u.a. 2002. Effects of prosthesis materials and prosthesis splinting on peri-implant bone stress around implants in poor-quality bone: A numeric analysis. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants.* 17:528-535.

Weber, H.P., Crohin, C.C. & Fiorellini, J.P. 2000. A 5-year prospective clinical and radiographic study of non-submerged dental implants. *Clin. Oral Impl. Res.* 11:144-153.

Wennerberg, Ann & Albrektsson, Tomas 2011. Current challenges in successful rehabilitation with oral implants. *Journal of Oral Rehabilitation.* 38:286-294.

Wilmowsky, Cornelius von u.a. 2013. Implants in bone: Part II. Research on implant osseointegration. Material testing, mechanical testing, imaging and histoanalytical methods. *Oral Macillofac Surg.* 2013Feb.21(Epub ahead of print).

Wolf, Herbert F., Rateitschak, Edith M. & Klaus 2004. Parodontologie. 3.Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

10 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Anatomische und klinische C/I Ratio.....14

Quelle: Blanes, Rafael Juan u.a. 2007. A 10-year prospective study of ITI dental implants placed in the posterior region. II: Influence of the crown-to-implant ratio and different prosthetic treatment modalities on crestal bone loss. *Clinical Oral Implants Research*. 18:708. (modifiziert)

Abb. 2: Straumann® Standard Plus Implantat.....30

Quelle: Straumann AG, www.straumann.at (modifiziert)

Abb. 3: Kleinbild Straumann® Standard Plus Implantat.....30

Quelle: Kleinbild bei Kontrolluntersuchung der Studie

Abb. 4: Straumann® Bone Level Implantat.....31

Quelle: Straumann AG, www.straumann.at (modifiziert)

Abb. 5: Kleinbild Straumann® Bone Level Implantat.....31

Quelle: Kleinbild bei Kontrolluntersuchung der Studie

Abb. 6: Xive® S Implantat.....32

Quelle: DENTSPLY Implants Austria & CEE, www.dentsplyimplants.at (modifiziert)

Abb. 7: Kleinbild Xive® S Implantat.....32

Quelle: Kleinbild bei Kontrolluntersuchung der Studie

Abb. 8: Frialit®-2 Stufenschraube.....33

Quelle: DENTSPLY Implants Austria & CEE, www.dentsplyimplants.at (modifiziert)

Abb. 9: Frialit®-2 Stufenschraube Synchro.....33

Quelle: DENTSPLY Implants Austria & CEE, www.dentsplyimplants.at (modifiziert)

Abb. 10: Kleinbild Frialit®-2 Stufenschraube Synchro.....33

Quelle: Kleinbild bei Kontrolluntersuchung der Studie

Abb. 11: Zit-vario Implantat.....34

Quelle: Ziterion GmbH i. L., www.ziterion.com (modifiziert)

Abb. 12: Kleinbild Zit-vario Implantat.....34

Quelle: Kleinbild bei Kontrolluntersuchung der Studie

Abb. 13: Neoss ProActive® Implantat.....35

Quelle: Neoss GmbH, www.neoss.de (modifiziert)

Abb. 14: Kleinbild Neoss ProActive® Implantat.....35

Quelle: Kleinbild bei Kontrolluntersuchung der Studie

Abb. 15: NobelReplace™ Tapered Implantat.....36

Quelle: Nobel Biocare GmbH, www.nobelbiocare.com (modifiziert)

Abb. 16: Kleinbild NobelReplace™ Tapered Implantat.....36

Quelle: Kleinbild bei Kontrolluntersuchung der Studie

11 Tabellenverzeichnis

Tab.1.: Verteilung der Implantattypen.....	38
Tab. 2: Verteilung der Implantatdurchmesser.....	38
Tab. 3: Verteilung der Implantatlängen.....	38
Tab.4: Verteilung der Implantatpositionen.....	39
Tab. 5: Anzahl der Aufbauten.....	39
Tab. 6: Genaue Aufschlüsselung der Komplikationen.....	40
Tab. 7: Verteilung der Komplikationen in Prozent.....	41
Tab. 8: Radiologisch gemessener Knochenabbau und klinische Sondierungstiefen	42