

Aus der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
(Direktor: Prof. Dr. Dr. J. Wiltfang)
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

LANGZEITERGEBNISSE ENOSSALER DENTALER IMPLANTATE AM BEISPIEL DES ITI®-IMPLANTATSYSTEMS

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

CHRISTIAN ROßMANN

aus Heidenheim

Kiel 2014

Aus der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
(Direktor: Prof. Dr. Dr. J. Wiltfang)
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

LANGZEITERGEBNISSE ENOSSALER DENTALER IMPLANTATE AM BEISPIEL DES ITI®-IMPLANTATSYSTEMS

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

CHRISTIAN ROßMANN

aus Heidenheim

Kiel 2014

1. Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. Dr. Stephan Thomas Becker

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Matthias Kern

Tag der mündlichen Prüfung: 11.11.2015

Zum Druck genehmigt, Kiel, den 11.11.2015

gez.:

(Vorsitzender der Prüfungskommission)

Inhaltsverzeichnis

Seite

1 Einleitung	1
1.1 Bedeutung der Implantologie in der Zahnmedizin	1
1.2 Ziele des Einsatzes enossaler dentaler Implantate	1
1.3 Das ITI-Implantatsystem	2
1.4 Osseointegration von Titanimplantaten	3
1.5 Risikofaktoren und Kontraindikationen	3
1.6 Implantatüberlebens- und –erfolgswahrscheinlichkeiten	4
1.7 Periimplantitis und Parodontitis	5
1.8 Ziel der Studie	5
2 Material und Methoden	7
2.1 Einschlusskriterien	7
2.2 Rekrutierung der Studienteilnehmer	7
2.3 Untersuchungsprotokoll	8
2.4 Radiologischer Knochenverlust	9
2.5 Psychosozialer Aspekt	10
2.6 Statistische Auswertung	10
3 Ergebnisse	13
3.1 Überlebensrate	13
3.2 Erfolgsrate	13
3.3 Ursachen des Misserfolgs	14
3.4 Überlebenswahrscheinlichkeiten nach Kaplan-Meier	15
3.5 Studienpopulation	16

3.6 Implantatdurchmesser	18
3.7 Implantatlänge	19
3.8 Insertionsverteilung	20
3.9 Prothetische Versorgung	20
3.10 Implantatlageraugmentation	21
3.11 Risikofaktoren des Implantaterfolges	22
3.12 Statistik	23
4 Diskussion	28
4.1 Ziel der Studie	28
4.2 Studienpopulation	28
4.3 Einflussfaktoren und Fehlerquellen	29
4.4 Implantatverluste und Osseointegration	30
4.5 Überlebensrate und –wahrscheinlichkeit	31
4.6 Erfolgsrate und Erfolgskriterien	32
4.7 Periimplantitis	33
4.8 Implantationstyp	34
4.9 Implantatdurchmesser	35
4.10 Nikotinabusus	36
4.11 Knochenlageraugmentation	36
4.12 Risikofaktoren	37
5 Zusammenfassung	39
6 Literaturverzeichnis	41

7 Anhang	63
7.1 Danksagung	63
7.2 Lebenslauf	64

1 Einleitung

1.1 Bedeutung der Implantologie in der Zahnmedizin

In Deutschland werden zur Zeit zirka eine Million Zahnimplantate pro Jahr gesetzt. Diese hohe und stetig wachsende Anzahl resultiert auch aus dem Wegfall unterschiedlichster absoluter Kontraindikationen, die noch zu Beginn der Implantologie in der Zahnmedizin in den Siebzigerjahren des vergangenen Jahrtausends als allgemein gültig erachtet wurden (Anner et al. 2010).

Da die Implantologie über die letzten Jahrzehnte einen festen Platz in der Zahnheilkunde eingenommen hat und auch die absolute Zahl der weltweit inserierten dentalen Implantate immer weiter steigt, existiert mittlerweile eine Vielzahl klinischer Langzeituntersuchungen zur Überlebenswahrscheinlichkeit enossaler dentaler Implantate. Die Mehrzahl dieser Untersuchungen deckt einen Zeitraum von 5 bis 10 Jahren nach Implantatinsertion ab (Gualini et al. 2009; Degidi et al. 2012). Nur einige wenige Studien liefern Ergebnisse zur Überlebenswahrscheinlichkeit dentaler Implantate nach deutlich mehr als 10 Jahren (Ravald et al. 2012; Simonis et al. 2009).

Die hier vorliegende Arbeit, die 388 Implantate des ITI-Implantatsystems, die bei 93 Patienten inseriert wurden, auswertet, liefert Langzeitergebnisse über einen mittleren Untersuchungszeitraum von 16,8 Jahren.

1.2 Ziele des Einsatzes enossaler dentaler Implantate

Primäres Ziel des Einsatzes dentaler Implantate ist der Ersatz einzelner oder mehrerer Zähne in Schalllücken, Freiendsituationen oder komplett zahnlosen Kiefern.

Als sekundäre Ziele gelten die Schonung vorhandener Zahnhartsubstanz, die Ermöglichung festsitzenden Zahnersatzes, die Stabilisierung und Sicherung von

abnehmbarem Zahnersatz sowie die Substanzerhaltung von Knochen und Weichgeweben (Dawson et al. 2006).

1.3 Das ITI-Implantatsystem

In der dieser Arbeit zugrundeliegenden Studie wurde das ITI®-Implantatsystem gewählt, das von der schweizerischen Firma Straumann gemeinsam mit dem International Team for Implantology zunächst als Zylinderimplantat entwickelt wurde. Straumann ist einer der weltweiten Marktführer in der dentalen Implantologie und produziert seit 1974 Zahnimplantate. Das ITI-System ist eines der am meisten verwendeten Implantatsysteme in Deutschland. Die aktuell untersuchten Implantate, welche in den Jahren 1988 – 2000 inseriert wurden, entsprechen durchweg der heute standardmäßig verwendeten Schraubenform.

Abgesehen von Keramikimplantaten, wie sie zum Beispiel von Herstellern wie Z-Systems, Dentalpoint, Metoxit oder Swiss Dental Solutions erhältlich sind und nur einen sehr geringen Anteil von weniger als einem Prozent an allen weltweit jährlich eingebrachten Implantaten haben, bestehen aktuell circa 99% aus Titan.

Große technische Unterschiede entwickelten sich jedoch im Laufe der Jahre durch eine immer weiter wachsende Zahl an Herstellern und bedingt durch Patentschutzaufgaben bezüglich der Schraubengeometrie, der Oberflächenbeschaffenheit, -bearbeitung und -beschichtung.

Multiple Studien, die Langzeitprognosen verschiedener Implantatsysteme unterschiedlicher Hersteller miteinander verglichen fanden jedoch kaum signifikante Unterschiede zwischen den Systemen (Ravald et al. 2012, Balshe et al. 2009, Jungner et al. 2005, Hallman et al. 2005, Wennström et al. 2004).

1.4 Osseointegration von Titanimplantaten

Der Begriff Osseointegration wurde bereits 1966 von Branemark geprägt. Er definiert die Osseointegration als direkten strukturellen und funktionellen Verbund zwischen lebendem Knochen und der Implantatoberfläche. Histologisch gesehen handelt es sich dabei um ein direktes Aufwachsen von Osteoblastenfortsätzen auf das Implantat. Durch eine Vielzahl unterschiedlichster Schraubengeometrien, Implantatoberflächengestaltungen oder –beschichtungen wurde und wird stetig versucht, einen schnelleren und stabileren strukturellen und funktionellen Knochen-Implantat-Verbund herzustellen. Erste Ansätze reichen bereits bis in den Bereich der Nanotechnologie (Tomsia et al. 2013/2011, Mendonca et al. 2008).

In der Zusammenschau der Langzeitprognosen unterschiedlichster Titanimplantatsysteme zeigt sich deutlich, dass der Langzeiterfolg eines endossalen dentalen Implantates heute weniger eine Frage der Osseointegration, als vielmehr eine Frage des Vorkommens periimplantärer Entzündungen sowie deren frühzeitiger Erkennung und systematischer Therapie ist (Davies 1998, Deppe et al. 2001).

1.5 Risikofaktoren und Kontraindikationen

Den Langzeiterfolg bereits osseointegrierter Implantate gefährden vor allem periimplantäre Entzündungen.

Als Risikofaktoren für die Entwicklung einer periimplantären Mukositis oder einer ausgeprägten Periimplantitis gelten Rauchen, Diabetes mellitus sowie chronische Parodontitiden (Morris et al. 2000, Vervaeke et al. 2013).

Leider herrscht in der Literatur jedoch weiterhin Uneinigkeit über die Definition dieser jeweiligen periimplantären Erkrankung, wie über eine genaue Abgrenzung der beiden Ausprägungsformen.

Vor allem dies führt weiterhin zum Fehlen einheitlicher Behandlungsrichtlinien der periimplantären Infektion wie sie zum Beispiel in der Parodontologie Standard sind (Sculean et al. 2011).

Nikotinabusus, das Vorliegen einer stabilen Parodontalerkrankung, ein Zustand nach therapeutischer Bestrahlung der Implantatregion bei bösartigen Erkrankungen, Diabetes mellitus, Interleukin-1-Polymorphismus oder die orale Einnahme von Bisphosphonaten galten allesamt noch vor wenigen Jahren als absolute Kontraindikationen für die zahnärztliche Implantologie. Heutzutage werden sie jedoch nur als Risikofaktoren für den Implantatverlust gewertet (Anderson et al. 2013).

Lediglich die intravenöse Gabe hochpotenter Bisphosphonate, Allergien oder schwerwiegende Knochenstoffwechselstörungen sprechen gegen ein implantologisches Vorgehen.

Trotz der Lockerung dieser absoluten Kontraindikationskriterien zeigen heutige Studien zum Langzeitüberleben dadurch keine signifikante Verschlechterung der Prognose (Kumar et al. 2012; Zupnik et al. 2011).

1.6 Implantatüberlebens- und -erfolgswahrscheinlichkeiten

Die reine Implantatüberlebenswahrscheinlichkeit hat als einziges Kriterium das noch in situ befindliche Implantat zum Untersuchungszeitpunkt. Aussagen über die Funktionalität, Infektionen oder Beschwerden des Patienten werden hierbei vollkommen außer Acht gelassen.

Zur Beurteilung des Implantaterfolges werden detailliertere Kriterien, wie zum Beispiel periimplantäre Taschentiefen, Vorkommen periimplantärer Mukositis oder Periimplantitis und der radiologisch gemessene Knochenverlust im Bereich der Implantatschulter (Dierens et al. 2011) hinzugezogen.

1.7 Periimplantitis und Parodontitis

Kontrovers diskutiert wird in der Literatur die Vergleichbarkeit von Parodontitis und Periimplantitis. In mikrobiologischen Untersuchungen finden sich, trotz der vollkommen unterschiedlichen Anatomie mit Fehlen eines bindegewebigen Halteapparates beim osseointegrierten Implantat, weitgehend ähnliche Keimspektren. *Staphylococcus aureus* scheint jedoch ein wichtiges solitäres Pathogen in der Entstehung der Periimplantitis zu sein (Heitz-Mayfield und Lang 2000).

Zu klären sind noch Fragen bezüglich einer gemeinsamen Ätiologie, der Inzidenz und Prävalenz sowie einer etwaigen gegenseitigen Infektionsgefahr der beiden Krankheitsbilder und daraus folgend auch der Therapieregime (Charalampakis et al. 2013, Koyanagi et al. 2013).

Übereinstimmend geht man jedoch davon aus, dass sich eine manifeste Periimplantitis aus einer zunächst noch reversiblen periimplantären Mukositis entwickelt (Schwarz et al. 2005). Ein weiteres Fortschreiten der Erkrankung führt dann, analog zur Parodontitis am Zahn, zu weiterem periimplantären Knochenabbau und schließlich zum Implantatverlust (Weng et al. 2011).

Der durch Periimplantitis und konsekutiven Implantatverlust entstandene Defekt ist meist durch ein unzureichendes Implantatlager zur erneuten Implantation gekennzeichnet und erfordert umfangreiche augmentative Maßnahmen.

Dies zeigt erneut die hervorragende Bedeutung frühzeitiger Erkennung sowie Therapie periimplantärer Infektionen (Parma-Benfenati et al. 2013).

1.8 Ziel der Studie

In der vorliegenden Arbeit wurden die Implantat-Überlebens- und Erfolgsraten des ITI®-Implantatsystems (Straumann AG, Basel) über einen mittleren Untersuchungszeitraum von 16,8 Jahren nach Implantatinsertion untersucht.

Ziel dieser klinischen Langzeituntersuchung war es, tatsächliche Überlebens- und Erfolgsraten dentaler Implantate über einen sehr langen Untersuchungszeitraum zu ermitteln und diese mit statistisch abgesicherten Überlebens- und Erfolgswahrscheinlichkeiten anderer Studien mit deutlich kürzeren Untersuchungszeiträumen zu vergleichen. Diese Daten sollen sowohl dem Patienten, als auch dem Behandler größtmögliche Sicherheit bezüglich der Vorhersagbarkeit des Langzeiterfolges von Implantaten vor einer Therapieentscheidung liefern.

2 Material und Methoden

2.1 Einschlusskriterien

In diese klinische Studie wurden Patienten unabhängig von Alter und Geschlecht eingeschlossen, die in den Jahren 1988 bis 1999 an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein Campus Kiel mit enossalen dentalen Implantaten aus dem ITI-System der Firma Straumann versorgt wurden. Somit war eine Zeitspanne von mindestens zehn Jahren zwischen Implantatinsertion und Nachuntersuchungszeitpunkt gegeben.

Hierbei spielte es keine Rolle, wieviele Implantate ein Patient erhielt, ob zuvor oder gleichzeitig eine Knochenaugmentation nötig war und zu welchem Zeitpunkt der Implantatlagerknochenheilung das Implantat inseriert wurde.

2.2 Rekrutierung der Studienteilnehmer

Vor Beginn der Studie wurde das Votum der Ethikkommission der medizinischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel eingeholt. Gegen den Antrag bestanden keine Einwände.

Die Kontaktaufnahme mit den Studienpatienten erfolgte anhand der aus der Datenbank der Implantatsprechstunde der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein Campus Kiel gewonnenen Kontaktdaten. Während der in die Studie eingeschlossenen Jahren 1988 bis 1999 wurde über die Implantatsprechstunde der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie eine Datenbank aller Patienten angelegt, die mit dentalen Implantaten der unterschiedlichsten Hersteller therapiert wurden.

Im Rahmen dieser Sprechstunde erfolgt das Angebot zu einer jährlichen ausführlichen klinischen und ggf. radiologischen Untersuchung. Unter allen Patienten der Datenbank wurden bei insgesamt 155 Patienten Implantate aus dem ITI-System der Firma Straumann eingesetzt.

Jeder Patient wurde vom Studienleiter schriftlich kontaktiert. Hierbei erfolgte eine ausführliche Beschreibung der Studie sowie der notwendigen klinischen Untersuchung. Ebenso wurde die Teilnahmebereitschaft an der Studie erfragt. Diese war selbstverständlich freiwillig und jederzeit widerrufbar und wurde mittels Unterschrift bestätigt.

Bei Teilnahmebereitschaft wurde telefonisch mit dem Studienleiter ein Termin zur Untersuchung in der Poliklinik der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein Campus Kiel vereinbart.

2.3 Untersuchungsprotokoll

Die klinische Untersuchung wurde ebenfalls ausschließlich vom Studienleiter nach einem zuvor festgelegten strengen Untersuchungsprotokoll durchgeführt.

Zunächst erfolgte eine ausführliche Anamnese. Schriftlich festgehalten wurden Geburtsdatum, Geschlecht, Datum der klinischen Untersuchung, stattgehabte Augmentationen mit verwendetem Augmentationsmaterial, Zeit zwischen Zahnverlust und Implantatinsertion und die spätere prothetische Versorgung. Erfragt wurde das Vorliegen der Risikofaktoren chronische Parodontalerkrankung, Diabetes mellitus, Nikotinabusus und eines bösartigen Tumors der Kopf-/Halsregion in der Vorgeschichte.

Aus der Datenbank wurde das Datum der Implantatinsertion, die implantierte Region sowie Durchmesser und Länge der verwendeten Implantate übernommen.

Die klinische Untersuchung begann mit der Inspektion der Mundhöhle und Kontrolle des reinen Vorhandenseins des zu untersuchenden Implantates. Bei zuvor stattgehabtem Implantatverlust wurde das Datum des Verlustes notiert.

Anschließend erfolgte die Überprüfung des Klopfschalles des Implantates mit einer Standardparodontalsonde PCP 11 (Hu Friedy, American Eagle). Dieser wurde in hell oder dunkel differenziert. Danach wurde der Lockerungsgrad des Implantates gemessen und gemäß der Einteilung der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie

in die Schweregrade null bis drei eingeteilt (Lindhe und Nyman 1977). Die Standardparodontalsonde PCP 11 wurde dann zur Messung der Sulkussondierungstiefen an vier Stellen eingesetzt. Die Tiefen wurden in Millimetern vermessen. An den vier Messstellen der Sulkussondierungstiefen wurde Bleeding on Probing (BOP) dokumentiert. Positiv wurde BOP gewertet, sobald eine Blutung an mindestens einer der vier Messstelle auftrat. Ein negatives Ergebnis war nur bei völliger Blutungsfreiheit gegeben.

Abschließend wurden ebenfalls mit der Millimeterskala der Standardparodontalsonde PCP 11 an vier Stellen mesial, distal, oral und vestibulär des Implantates Gingivarezessionen gemessen und Infektionszeichen wie Rötung oder Pusausritt periimplantär festgehalten.

2.4 Radiologischer Knochenverlust

Zur Bestimmung des periimplantären Knochenverlustes im Bereich der Implantatschulter wurde von jedem Studienteilnehmer ein digitales Orthopantomogramm (Gendex (KaVo Dental), Orthoralix 9200, Biberach) durch Mitarbeiter der radiologischen Abteilung der Klinik für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein Campus Kiel angefertigt. Als Referenzlänge wurde die bekannte reale Implantatlänge herangezogen und zunächst über die gemessene Implantatlänge der Vergrößerungsfaktor ermittelt. Dann wurde der Knochenverlust an zwei Stellen im Bereich der Implantatschulter mesial und distal ausgemessen und mit dem zuvor bestimmten Vergrößerungsfaktor multipliziert. Schließlich wurde aus dem Knochenverlust und der Zeit seit Implantatinsertion der mittlere jährliche radiologische Knochenverlust an den zwei oben genannten Stellen berechnet.

2.5 Psychosozialer Aspekt

Im Anschluss an die klinische Untersuchung wurde auch der Auswertung psychosozialer Aspekte des implantatgetragenen Zahnersatzes mit Hilfe des OHIP-G 14 Fragebogens (Oral Health Impact Profile, Slade et al. 1994) Rechnung getragen. Dieser auf 14 Entscheidungsfragen verkürzte Bogen entstammt dem ursprünglichen englischen OHIP-E Fragebogen, der 1994 von Slade et al. entwickelt wurde, aus 49 Entscheidungsfragen besteht und Fragen bezüglich Komorbiditäten, der Kaufunktionalität, ästhetischer und psychosozialer Aspekte des implantatgetragenen Zahnersatzes erörtert.

Er basiert auf der „International Classification of Impairment, Disabilities, and Handicaps“ der Weltgesundheitsorganisation WHO aus dem Jahre 1980.

Nach Beantwortung der 14 Entscheidungsfragen konnten die Studienteilnehmer letztendlich noch ihre absolute Zufriedenheit mit ihren dentalen Implantaten anhand einer visuellen Analogskala zum Ausdruck bringen wobei „sehr unzufrieden“ null Prozent Zufriedenheit und „sehr zufrieden“ einhundert Prozent Zufriedenheit entsprach.

2.6 Statistische Auswertung

Die Implantatüberlebenschance, deren einziges Erfolgskriterium das zum Untersuchungszeitpunkt noch in situ befindliche Implantat ungeachtet möglicher Komplikationen ist, wurde nach dem Verfahren von Kaplan-Meier (1958) analysiert. Zur Bestimmung des Implantaterfolges wurden die Erfolgskriterien nach Albrektsson et al. (1986, s. Tabelle 1) in erweitertem Umfang angewandt.

Tabelle 1: Erweiterte Erfolgskriterien nach Albrektsson et al. (1986)

Implantat in situ
Heller Klopfeschall
Lockerungsgrad 0 – I
Sulkussondierungstiefen < 4mm
Kein Bleeding On Probing
Fehlen klinischer Infektionszeichen
Mittlerer jährlicher Knochenabbau < 0,2mm nach dem ersten Jahr
Beschwerdefreiheit, subjektive Zufriedenheit mit Implantat und Versorgung

Periimplantäre Taschentiefen größer als 3mm und bis zu einer Tiefe von 5mm wurden als periimplantäre Mukositis erfasst.

Taschentiefen größer als 5mm entsprachen den Kriterien einer Periimplantitis und somit ebenfalls einem Misserfolg (Dvorak et al. 2011, Schmidlin et al. 2010, Zetterqvist et al. 2010, Gatti et al. 2008, Brägger et al. 2005).

Weiterhin wurde ein Misserfolg bei Vorliegen der folgenden Untersuchungsergebnisse festgelegt: dunkler Klopfeschall in Verbindung mit einem Lockerungsgrad, positives Bleeding on Probing, klinische Infektionszeichen wie Rötung, Schwellung oder Pusaustritt, ein mittlerer jährlicher Knochenverlust von mehr als 0,2mm nach dem ersten postoperativen Jahr in Kombination mit Rezessionen, Schmerzen, Neuropathien oder Unzufriedenheit mit der prothetischen Restauration sowie Implantat- oder Aufbaufrakturen.

Die Implantate wurden nach Definition der dritten ITI-Konsensuskonferenz von 2003 in vier Implantationstypen in Abhängigkeit der Heilungsphase des Implantatlayers eingeteilt (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Implantationstypen nach Definition der dritten ITI-Konsensuskonferenz (2003)

Typ 1: Sofortimplantation nach Zahnextraktion/-verlust (am selben Tag)
Typ 2: Verzögerte Sofortimplantation nach Weichgewebsheilung (4-8 Wochen)
Typ 3: Verzögerte Sofortimplantation nach partieller Knochenheilung (12-16 Wochen)
Typ 4: Spätimplantation nach vollständiger Knochenheilung (>6 Monate)

Die statistische Auswertung erfolgte mittels Cox-Regressionsanalyse aller potentieller Einflussgrößen und anschließender Rückwärtsselektion (David Cox: Regression models and life tables. Journal of the Royal Statistical Society B, 34 (1972), S. 187 – 220).

Die hierbei übriggebliebenen Variablen Implantationstyp, Implantatdurchmesser und Nikotinabusus wurden nach dem Verfahren nach Kaplan-Meier (1958) geschätzt. Das Verfahren nach Kaplan-Meier ist eine nicht parametrische Methode zur Schätzung der Überlebensfunktion im Rahmen der Ereigniszeitanalyse. Geschätzt wird die Wahrscheinlichkeit, dass bei einem Versuchsobjekt, in diesem Falle dem inserierten Implantat, ein bestimmtes Ereignis, in diesem Falle der Implantatverlust, innerhalb eines Zeitintervalles nicht eintritt. Dies ist auch dann möglich, wenn die untersuchten Parameter keine identischen Beobachtungszeiträume haben (Ziegler et al. 2007).

3 Ergebnisse

3.1 Überlebensrate

Von den 155 Patienten aus der Datenbank, bei denen insgesamt 723 ITI-Implantate zwischen 1988 und 1999 inseriert wurden, konnten 92 nachuntersucht werden (59,4 %) und von 388 Implantaten (53,7 %) vollständige Daten erhoben werden.

Zum Zeitpunkt der Untersuchung waren 328 der 388 insgesamt gesetzten Implantate noch in situ. Dies entspricht einer reinen Überlebensrate von 84,5 % bei einer mittleren Implantatverweildauer von $14 \pm 1,9$ Jahren.

Von den 60 nicht mehr in situ vorhandenen Implantaten waren 12 in der Einheilungsphase der ersten drei Monate nach Insertion verloren gegangen (20,0%), die überwiegenden 48 Implantate (80,0%) nach erfolgreicher Einheilung vorwiegend durch Infektionen. Der schnellste Implantatverlust fand wenige Tage nach Insertion statt, der späteste Verlust 156 Monate nach Implantation. Die durchschnittliche Überlebensdauer der 60 verloren gegangenen Implantate betrug 67,2 Monate.

3.2 Erfolgsrate

Nach Anwendung der erweiterten Erfolgskriterien nach Albrektsson (s. Tabelle 1) wurden 243 Implantate zum Untersuchungszeitpunkt nach durchschnittlich 16,2 Jahren nach Insertion und somit 62,6 % als Erfolg gewertet.

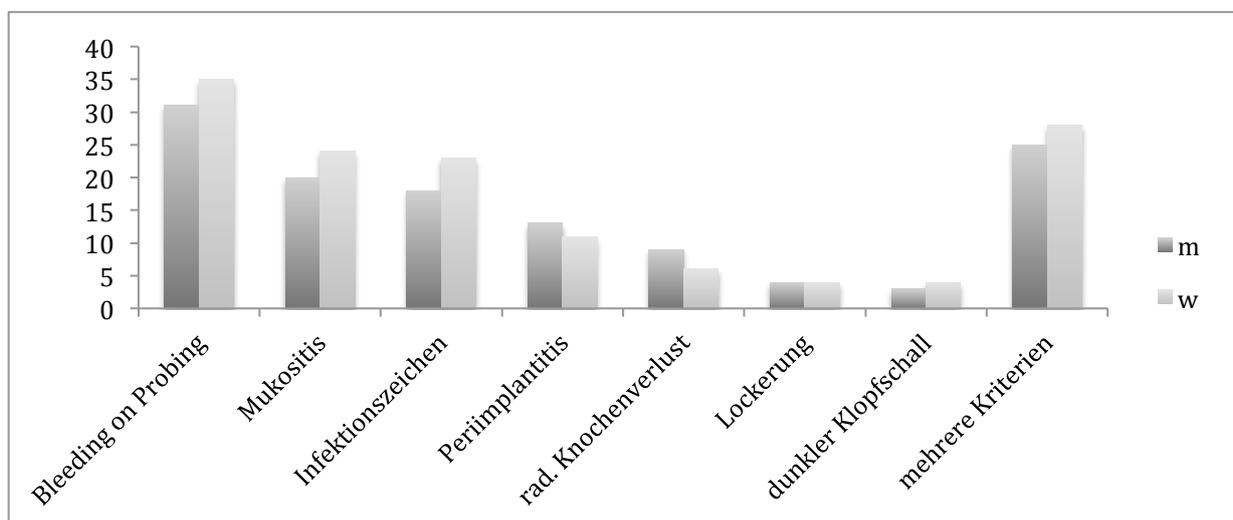
3.3 Ursachen des Misserfolges

145 Implantate mussten nach den erweiterten Erfolgskriterien nach Albreksson als Misserfolg gewertet werden. An 66 Implantaten trat Bleeding on Probing auf, 44 hatten Taschentiefen zwischen 4 und 5 Millimetern und insofern definitionsgemäß eine periimplantäre Mukositis. Eine ausgeprägte Periimplantitis mit Taschentiefen von 6 Millimetern und mehr konnte bei 15 von 93 Patienten (16,1%) und 24 Implantaten festgestellt werden. Bei 7 dieser 15 Patienten (46,7%) fand während der Untersuchungsperiode auch ein Implantatverlust statt. Ebenfalls 15 der verbliebenen 78 Patienten ohne Periimplantitis (19,2%) erlitten einen Implantatverlust. Akute periimplantäre Entzündungen mit klinischen Infektionszeichen fand man an 41 der untersuchten Implantate. Einen Lockerungsgrad zeigten 8 Implantate und 7 hatten bei Perkussion einen dunklen Klopfeschall.

Der radiologisch ermittelte jährliche Knochenverlust übertraf bei 15 Implantaten die Obergrenze von 0,2mm nach dem ersten Insertionsjahr.

53 Implantate zeigten mehrere der Misserfolgskriterien gleichzeitig (s. Diagramm 1).

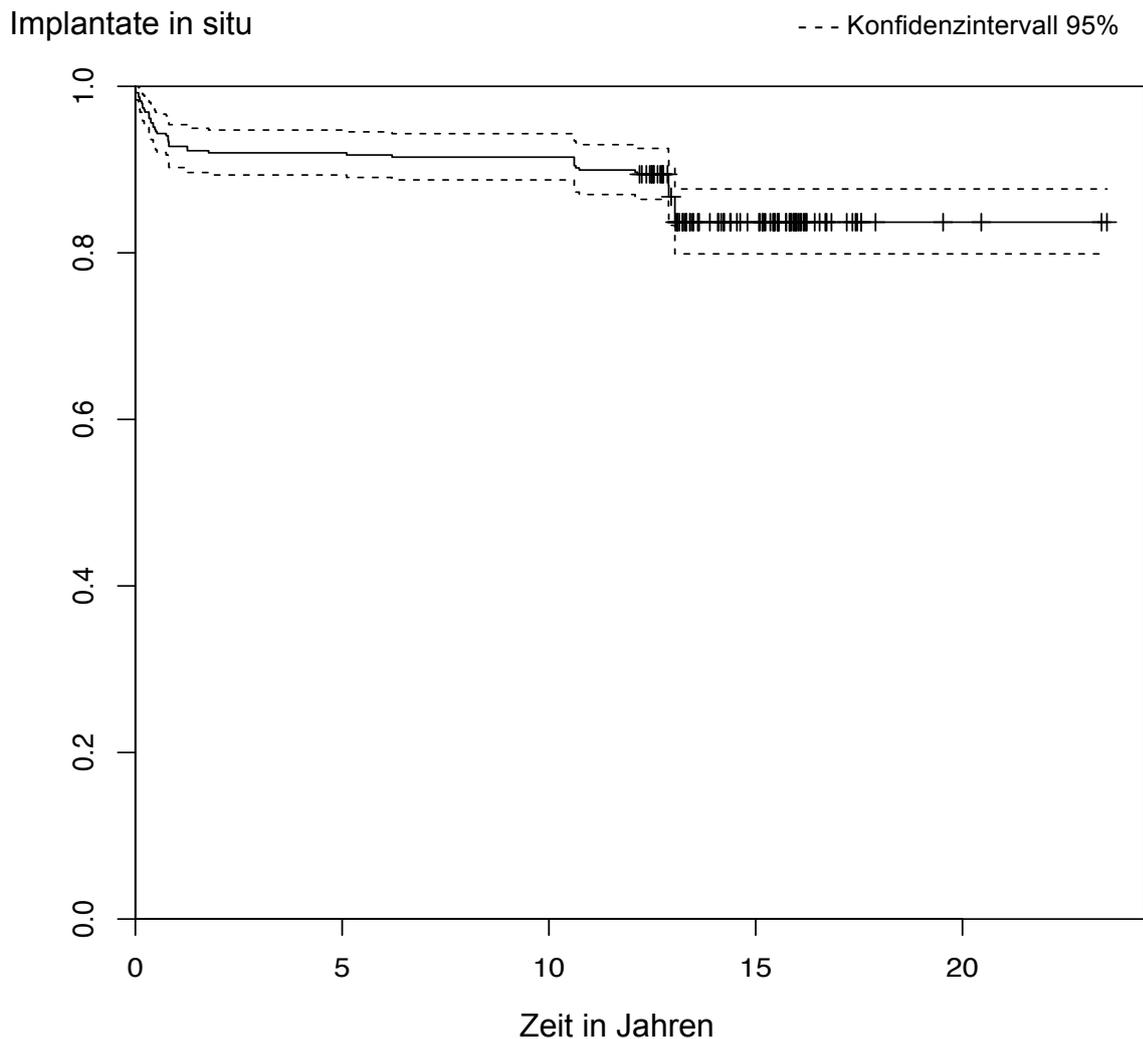
**Diagramm 1:
Misserfolgsverteilung**



3.4 Überlebenswahrscheinlichkeiten nach Kaplan-Meier

Die Überlebenswahrscheinlichkeiten der inserierten ITI-Implantate wurden mit Hilfe der Überlebenszeitanalyse nach Kaplan-Meier für 5, 10 und 20 Jahre berechnet. Die nach Kaplan-Meier (1958) geschätzte Überlebenswahrscheinlichkeit betrug für 5 Jahre 92,4%, für 10 Jahre 91,5% und 14 ± 1,9 Jahre 84,5% (s. Diagramm 2, jeweils mit Konfidenzintervall von 95%).

Diagramm 2:
Reine Überlebenswahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier

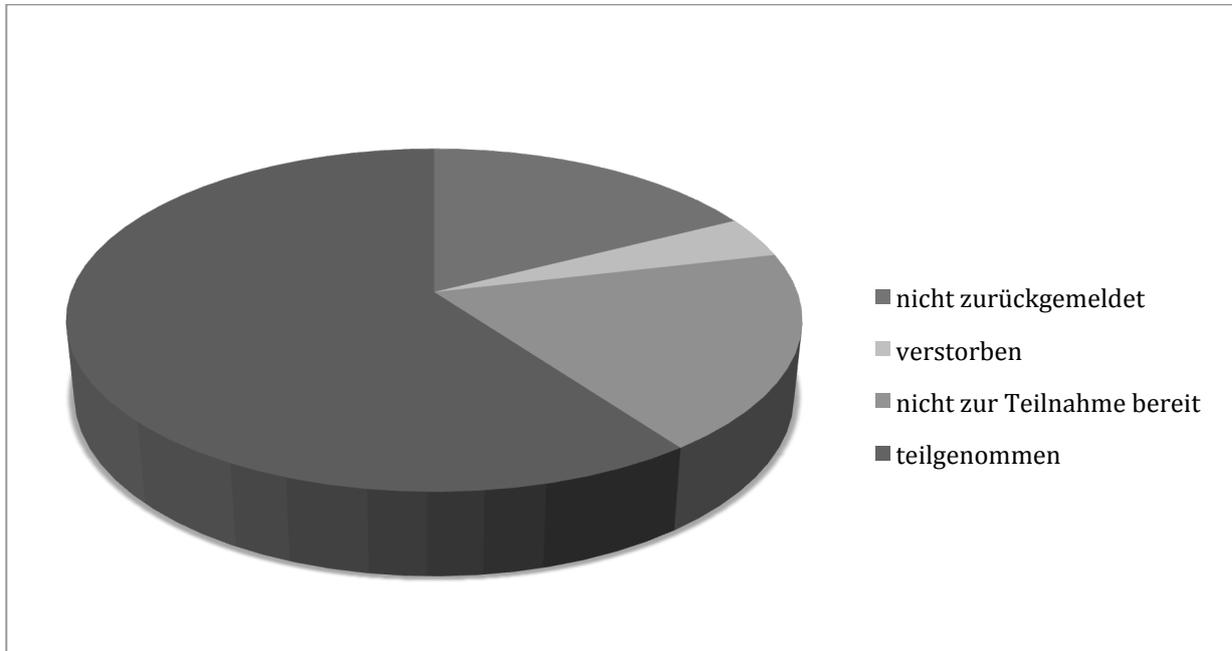


3.5 Studienpopulation

Von den 155 Patienten, die in den Jahren 1988 – 1999 an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein Campus Kiel mit 723 Implantaten aus dem ITI-System versorgt wurden, konnten 93 Patienten und 388 Implantate nachuntersucht und vollständige Daten erhoben werden. Dies entspricht einer Responderrate von 60,0%.

27 Patienten meldeten sich nicht zurück, 29 waren aufgrund ihres fortgeschrittenen Alters, schwerwiegender Erkrankungen oder aus persönlichen Gründen nicht bereit, an der Studie teilzunehmen und sechs waren in der Zwischenzeit verstorben (s.Diagramm 3).

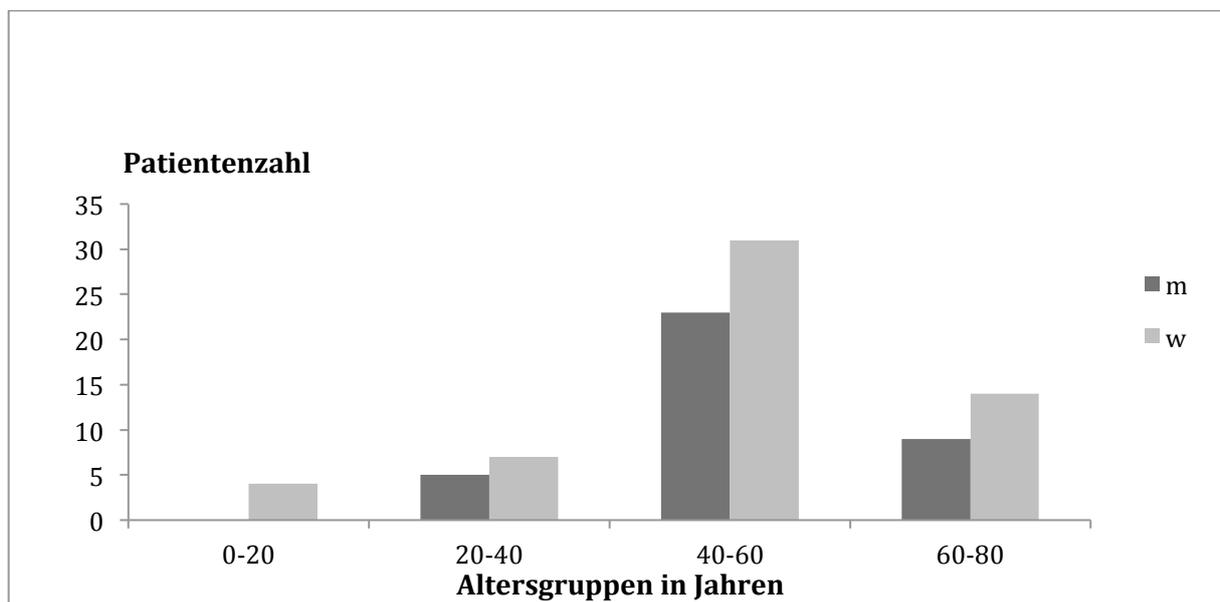
**Diagramm 3:
Studienteilnahme**



Nicht zurückgemeldet (n=27), verstorben (n=6), nicht zur Teilnahme bereit (n=29), teilgenommen (n=93)

Altersgruppen wurden in 20-Jahresschritten, beginnend mit der Gruppe von 0-20jährigen Patienten, zusammengefasst (s. Diagramm 4).

**Diagramm 4:
Alters- und Geschlechtsverteilung**



Die Anzahl der in diese Studie integrierten Implantate betrug 388 (100 %).

Die Anzahl weiblicher Patienten betrug 56 (60,2 %), 37 Patienten waren männlichen Geschlechts (39,8%).

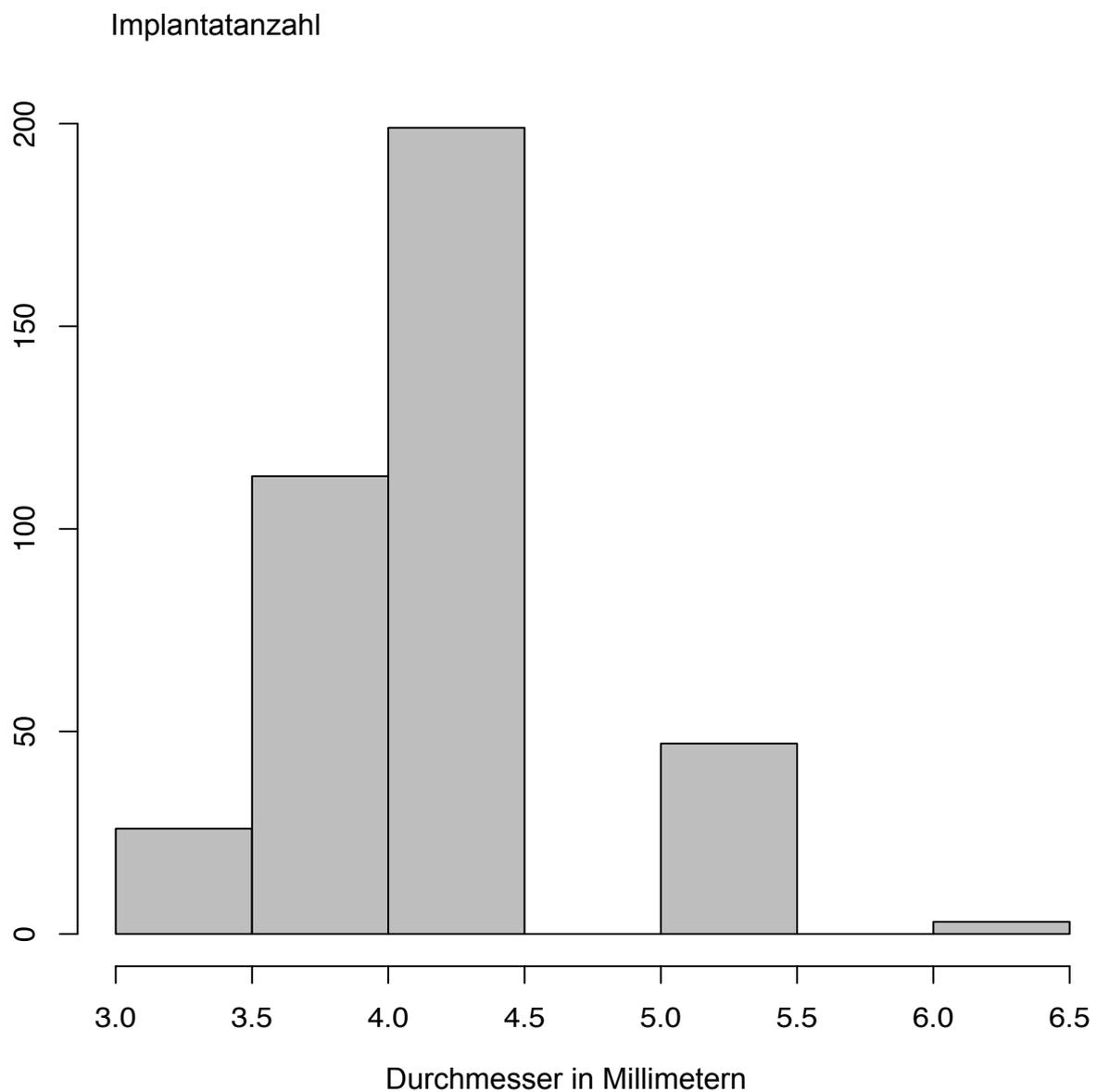
Der jüngste Patient war zum Zeitpunkt der Implantatinsertion 14 Jahre alt, der älteste 74 Jahre.

Das Durchschnittsalter bei Implantation lag bei 50,2 Jahren.

3.6 Implantatdurchmesser

Die Implantatdurchmesser variierten von 3,3mm bis zu 6,5mm (s. Diagramm 5).

Diagramm 5:
Anzahl der untersuchten Implantate differenziert nach Durchmesser

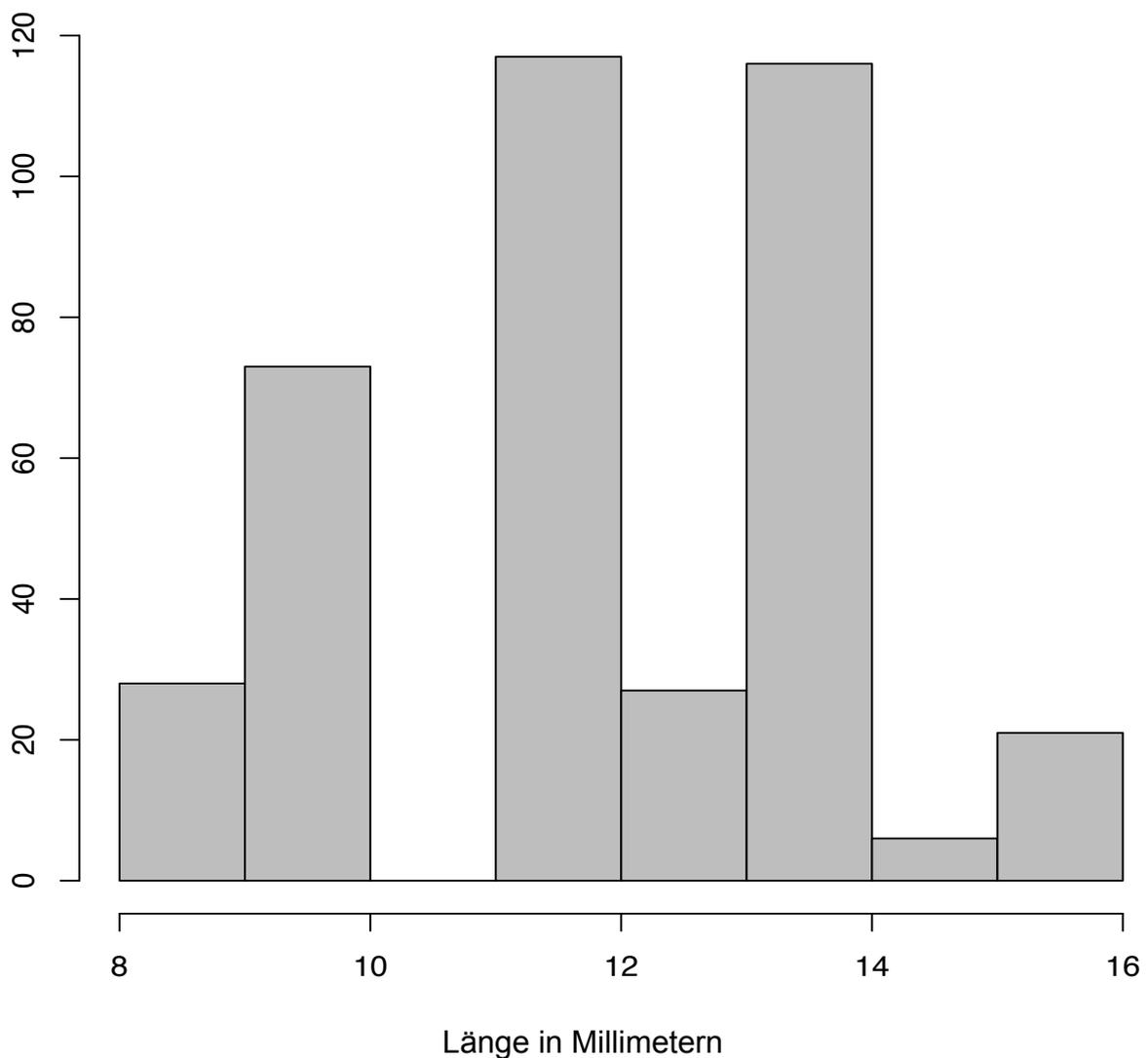


3.7 Implantatlänge

Die Implantatlängen reichten von 8mm bis 16mm (s. Diagramm 6). Die durchschnittliche Implantatlänge betrug 12,3mm.

Diagramm 6:
Anzahl der untersuchten Implantate differenziert nach
Implantatlänge

Implantatanzahl



3.8 Insertionsverteilung

197 Implantate wurden im Oberkiefer und 190 im Unterkiefer inseriert.

Die Implantation von 103 Implantaten erfolgte im anterioren und von 285 Implantaten im posterioren Bereich (s. Tabelle 3). Wobei der posteriore Bereich distal der Eckzahnregion definiert wurde.

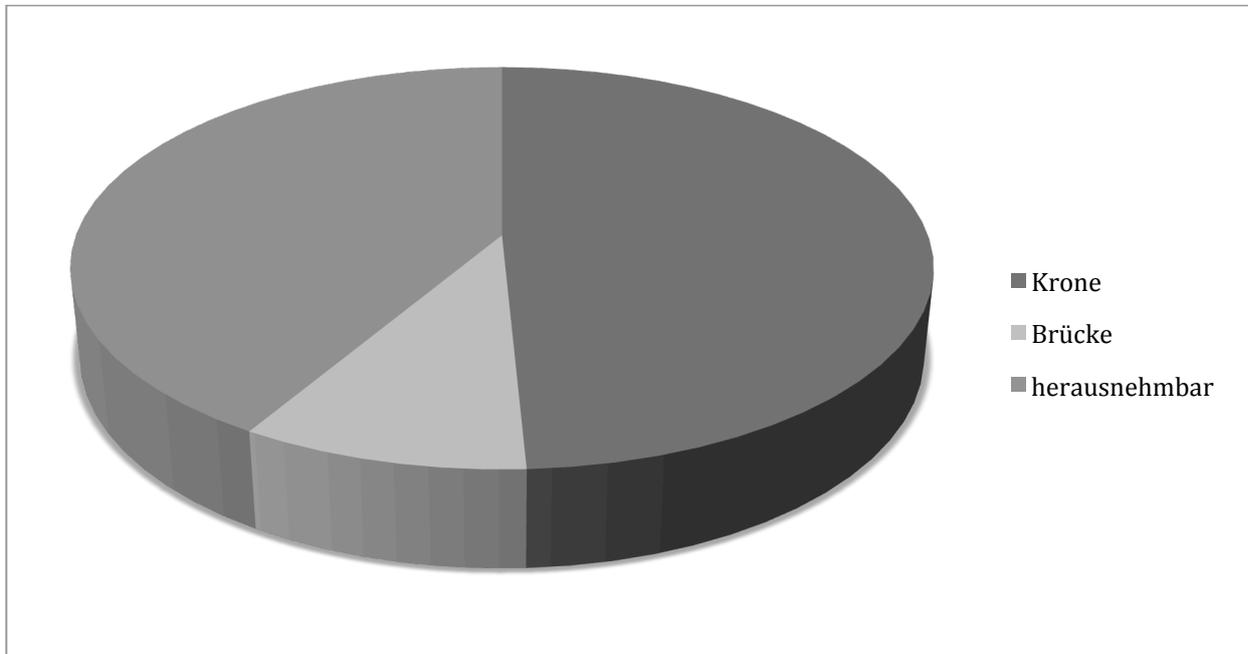
Tabelle 3: Verteilung der Implantate nach Region

	Oberkiefer	Unterkiefer
anterior	45	58
posterior	152	133

3.9 Prothetische Versorgung

58,5 % der Implantate wurden postoperativ festsitzend, die übrigen 41,5 % herausnehmbar prothetisch versorgt (s. Diagramm 7). Unter festsitzendem Zahnersatz wurden Einzelkronen und Brücken zusammengefasst. Herausnehmbarer Zahnersatz untergliederte sich in vollständig oder teilweise implantatgetragene Locator-, Kugelknopf-, Steg- oder Teleskopprothesen.

Diagramm 7: Prothetische Versorgung



Krone (n=191), Brücke (n=36), herausnehmbarer Zahnersatz (n=161)

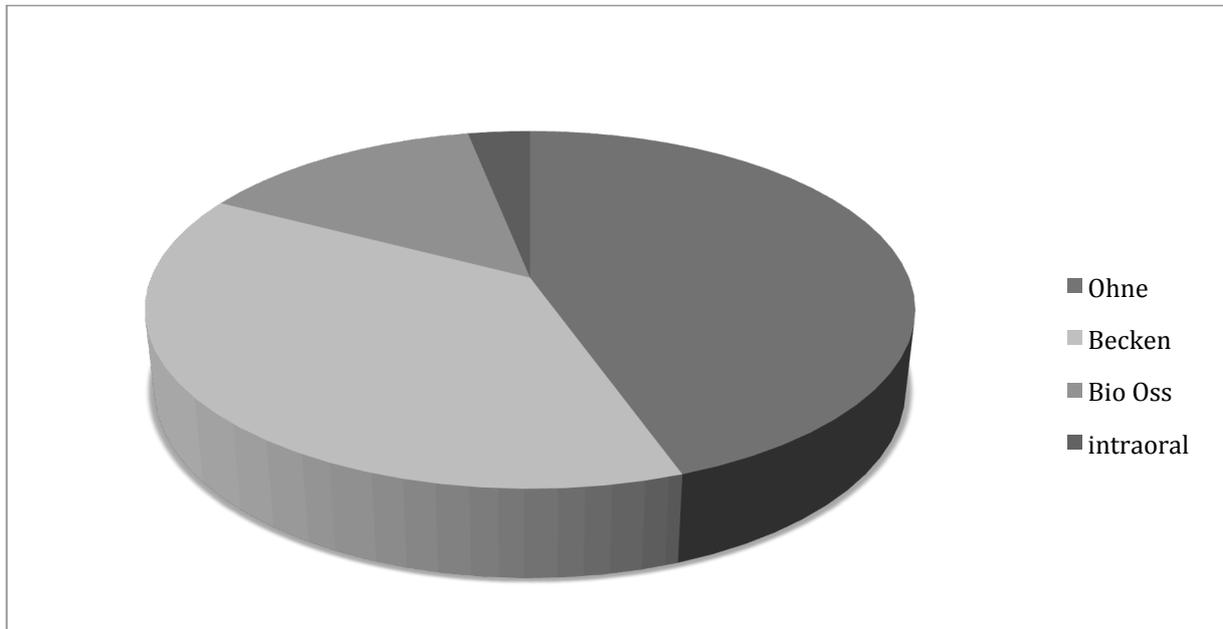
3.10 Implantatlageraugmentation

Knochenaugmentationen fanden bei 52 Patienten und an 55,4 % aller Implantatinsertionsstellen statt.

55 Insertionsstellen wurden mit Knochenersatzmaterial augmentiert, 12 mit autologen intraoralen und 148 mit autologen extraoralen Transplantaten. Kombinationen kamen nicht vor (s. Diagramm 8).

Als Knochenersatzmaterial diente ausschließlich Bio-Oss® (Geistlich Pharma AG, Wolhusen, CH), autologe intraorale Transplantate wurden von der Linea obliqua des Unterkiefers oder vom Tuberbereich des Oberkiefers entnommen und die autologen extraoralen Transplantate stammten ausnahmslos von spongiösem oder kortikospongiösem Beckenkammknochen.

Diagramm 8: Augmentation des Implantatbettes

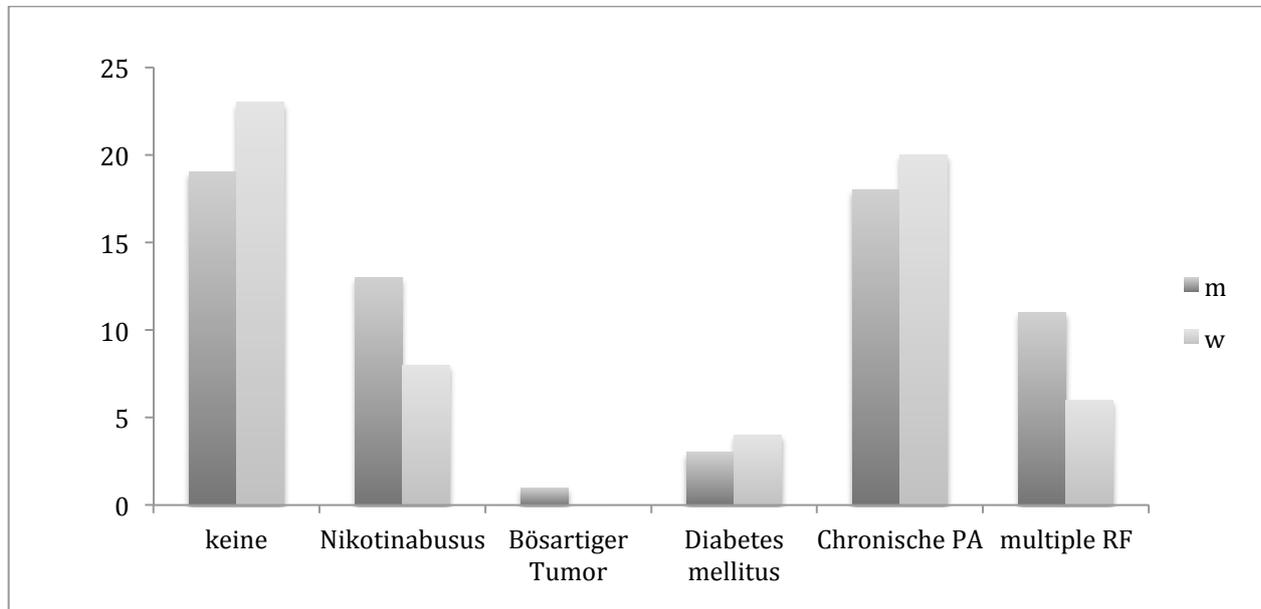


Keine Augmentation (n=173), Becken (n=148), Bio Oss (n=55), Intraorales Transplantat (n=12), Kombinationen (n=0)

3.11 Risikofaktoren des Implantaterfolges

51 Patienten (54,8%) zeigten bekannte Risikofaktoren für den Implantaterfolg (Swierkot et al. 2012, Feloutzis et al. 2003), wobei 21 Raucher waren (22,6 %), 7 litten unter gut eingestelltem Diabetes mellitus (7,5 %) und 38 gaben in der Anamnese chronische Parodontitiden an (40,9 %). Ein Patient hatte einen bösartigen Kopf-/Halstumor in der Vorgeschichte (1,1%). Bei 17 Patienten (18,3%) traten mehrere Risikofaktoren kombiniert auf (s. Diagramm 9). Die Probanden mit bekanntem Diabetes mellitus und bösartiger Vorerkrankung zeigten keinen Implantatverlust. Unter den Patienten mit dokumentiertem Implantatverlust betrug die Prävalenz einer chronischen Parodontitis 63,0%, Raucher waren hierunter 40,7% und 33,3% vereinten beide Risikofaktoren. Periimplantitis trat bei 27,5% der Patienten mit Risikofaktoren und bei 2,4% der Patienten ohne RF auf.

Diagramm 9: Risikofaktoren

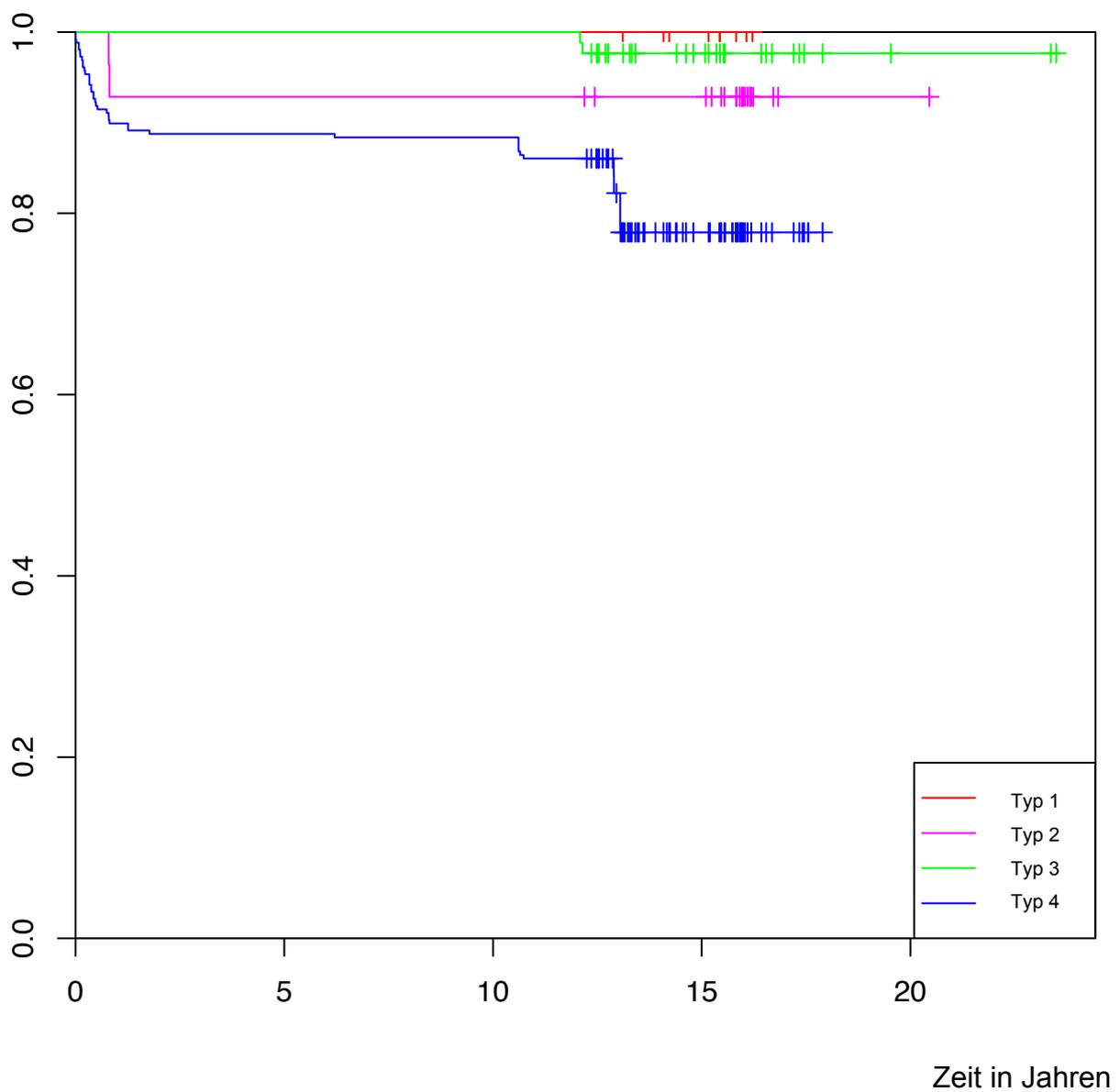


3.12 Statistik

In der Cox-Regression zeigte sich ein statistisch signifikanter Einfluss des Implantationstyps ($p=0,0009$) zugunsten des Typs I nach Definition der dritten ITI-Konsensuskonferenz (2003) gefolgt von Typ III, Typ II und Typ IV. Der Implantationstyp II hatte eine 3,8fach höhere Verlustquote als Typ I, Typ II eine wiederum 3fach höhere als Typ III und schließlich Typ IV eine 3,8fach höhere als Typ II. Ebenso statistisch signifikant war der Implantatdurchmesser zugunsten Durchmessern von mehr als 4mm ($p=0,04$) und ein bestehender Nikotinabusus ($p=0,002$) auf die Überlebenswahrscheinlichkeit (s. Diagramme 10-12).

Diagramm 10: Kaplan-Meier-Überlebenswahrscheinlichkeit Implantationstyp

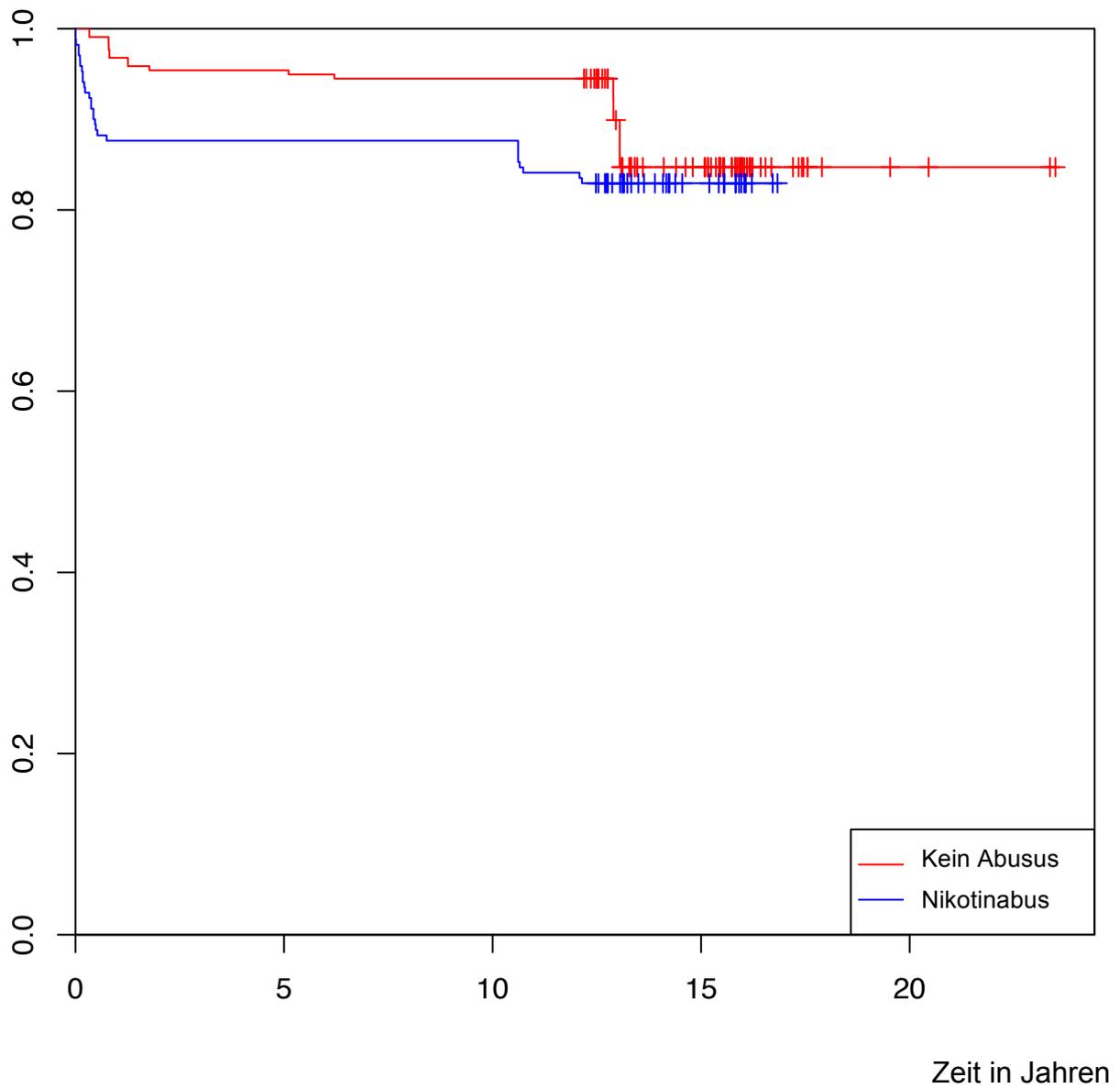
Implantate in situ



Typ 1 (n=12), Typ 2 (n=28), Typ 3 (n=85), Typ 4 (n=263)

Diagramm 11: Kaplan-Meier-Überlebenswahrscheinlichkeit Nikotinabusus

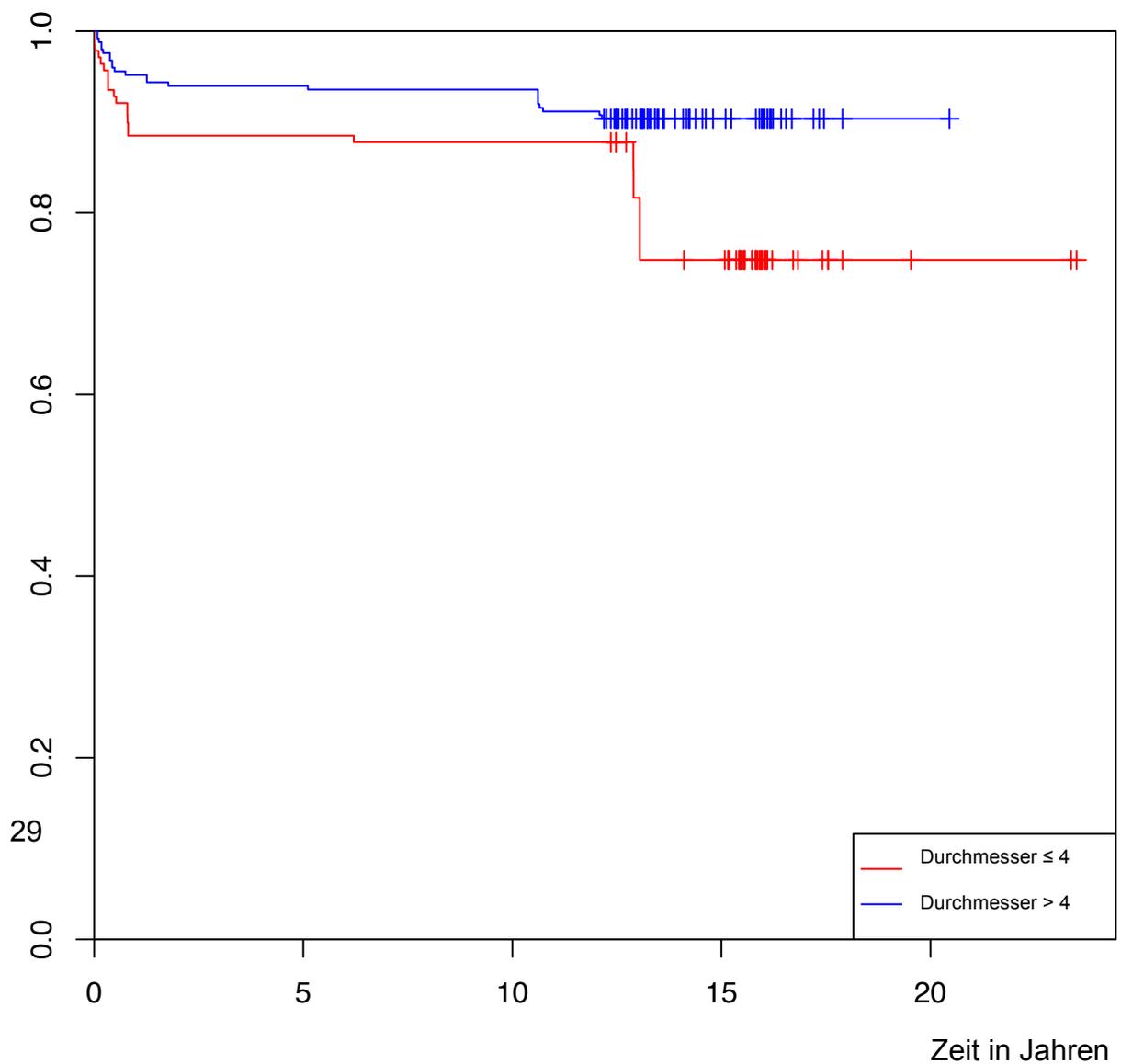
Implantate in situ



Kein Abusus (n=72), Nikotinabusus (n=21)

Diagramm 12: Kaplan-Meier-Überlebenswahrscheinlichkeit Implantatdurchmesser

Implantate in situ



Durchmesser ≤ 4 (n=139), Durchmesser > 4 (n=249)

Die zugehörigen p-Werte der statistisch signifikanten Einflussfaktoren auf die Überlebenswahrscheinlichkeit sind in Tabelle 3 zusammengefasst wobei $p < 0,05$ als statistisch signifikant errechnet wurde.

Tabelle 4: p-Werte der statistisch signifikanten Einflussfaktoren auf die Implantatüberlebenswahrscheinlichkeit

Implantationstyp	0,000867
Nikotinabusus	0,002014
Durchmesser	0,039984

4 Diskussion

4.1 Ziel der Studie

Das Ziel der hier vorliegenden retrospektiven klinischen Langzeitstudie war, die tatsächlichen Überlebens- und Erfolgsraten enossaler dentaler Implantate am Beispiel des ITI-Implantatsystems der Firma Straumann über einen sehr langen Untersuchungszeitraum zu ermitteln. Diese tatsächlichen, am Patienten nachuntersuchten Daten wurden mit statistisch errechneten Überlebens- und Erfolgswahrscheinlichkeiten anderer Studien mit deutlich kürzeren Untersuchungszeiträumen sowie mit den statistisch errechneten Wahrscheinlichkeiten der eigenen Daten verglichen.

In der klinischen Praxis sollen diese Ergebnisse sowohl dem Patienten, als auch dem Behandler bei der Therapieentscheidung helfen, indem sie größtmögliche Sicherheit bezüglich der Vorhersagbarkeit des Langzeiterfolges von Implantaten liefern (Lang et al. 2004, Guckes et al. 1996).

Weiterhin wurden Einflussfaktoren auf den Langzeiterfolg herausgearbeitet und untersucht, die dem modernen aufgeklärten Patienten wichtige Informationen für eine individuelle Therapieentscheidung liefern.

4.2 Studienpopulation

Von den insgesamt 155 Patienten, die in der Zeit von 1988 bis 1999 mit Implantaten des ITI-Systems der Firma Straumann versorgt wurden, nahmen 93 an der Studie teil und lieferten vollständige und verwertbare Daten.

Dies entspricht einer Responderrate von 60,0% nach durchschnittlich 16,2 vergangenen Jahren seit Implantatinserterion. Eine vergleichbare Responderrate von 59,2% zeigte eine klinisch retrospektive Studie zum Implantatlangzeiterfolg von Krebs et al. 2013 mit deutlich höherer Patientenzahl jedoch kürzerer durchschnittlich

vergangener Zeit nach Implantation von 60,7 Monaten. Von insgesamt 4206 Patienten konnten bei 1715 Teilnehmern keine verwertbaren Daten erhoben werden. Strietzel et al. 2004 konnten 504 von insgesamt 689 Patienten in ihre klinisch retrospektive Studie zum Langzeiterfolg des Frialit-2-Systems einschließen (73,1% Responderrate). Auch hier betrug der durchschnittliche Beobachtungszeitraum nach Implantation jedoch nur 6,2 Jahre.

Das Alter der Studienteilnehmer reichte von 14 bis 74 Jahren bei einem durchschnittlichen Wert von 50,2 Jahren und repräsentiert somit eine sehr große und praxisnahe Bandbreite.

Im Vergleich dazu war das Alter der Studienteilnehmer einer großen Studie mit 653 Patienten zum Langzeiterfolg des 3i-Implantatsystems von Lazzara et al. 1996 sehr ähnlich. Es rangierte zwischen 18 und 82 Jahren mit einem Mittelwert von 56,7 Jahren.

Das Verhältnis weiblicher (56) zu männlicher Teilnehmer (37) war weitgehend ausgeglichen bei leichtem Übergewicht weiblicher Probanden. Dieses Verhältnis ist mit dem der Studie von Krebs et al. 2013 vergleichbar. Hier waren von insgesamt 4206 Patienten 2354 weiblich (56,0%), während 1852 (44,0%) männlich waren.

4.3 Einflussfaktoren und Fehlerquellen

Die dieser wissenschaftlichen Abhandlung zugrundeliegenden Daten wurden anhand klinischer und radiologischer Untersuchungen sowie eines psychologischen Fragebogens retrospektiv zusammengetragen und unterliegen somit unvermeidbaren Einflussfaktoren und Fehlerquellen.

Alle Patienten wurden von einem einzigen Behandler nach einem zuvor festgelegten strengen Protokoll untersucht, um Ungenauigkeiten zum Beispiel bei der Erhebung der Sulkussondierungstiefen zu minimieren (Hill et al. 2006, Grossi et al. 1996).

Die radiologische Untersuchung mittels Panoramaschichtaufnahme erfolgte ausschließlich durch erfahrene Mitarbeiter der radiologischen Abteilung der Klinik für

Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein Campus Kiel.

Die Auswertung und Vermessung der Röntgenbilder wurde wiederum nur vom Studienleiter selbst und einem weiteren erfahrenen Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgen computergestützt durchgeführt, um interindividuelle Messungenauigkeiten zu minimieren.

Kritisch zu betrachten ist die Tatsache, dass die 388 untersuchten Implantate von wechselnden Operateuren über einen Zeitraum von elf Jahren implantiert wurden (Cosyn et al. 2012). Der Umstand dass, über diesen langen Einschlusszeitraum der in diese Studie integrierten Implantate, sowohl zu Beginn im Jahre 1988, als auch im letzten ausgewerteten Jahr 1999 keine auffällige Implantatverlusthäufung kurze Zeit nach Implantatinsertion zu finden war, spricht jedoch für nur einen geringen Einfluss des Operateurs auf den Implantaterfolg. Zu diesem Schluss kommen auch Lang et al. 2012, die in ihrer Untersuchung 46 prospektive Studien verglichen.

Vandeweghe et al. 2014 zeigten in einer Studie der Universität Ghent, Belgien, vergleichbare Ein-Jahres-Erfolgsquoten von 94,6%. Hier wurden Einzelzahnimplantate von Zahnmedizinstudenten unter Supervision von erfahrenen Operateuren inseriert.

4.4 Implantatverluste und Osseointegration

Auffälligerweise fanden in der Einheilungsphase der Implantate, also den ersten zwei bis drei Monaten nach Implantatinsertion kaum Verluste statt (n=12, 20,0%). Der überwiegende Anteil der Implantatverluste (n=48, 80,0%) fand zwischen 4 und 155 Monaten nach Insertion mit einer durchschnittlichen Verlustdauer nach 67,2 Monaten statt. Dies bestätigt auch die Meinung diverser Autoren, dass der Langzeiterfolg dentaler Implantate hauptsächlich auf das Ausbleiben sowie die erfolgreiche Therapie chronischer periimplantärer Infektionen bereits prothetisch versorgter Implantate gründet und die Osseointegration nicht direkt belasteter Titanimplantate,

wie auch in der hier vorliegenden Studie, sehr gut funktioniert (Sakka et al. 2012, Prashanti et al. 2011).

4.5 Überlebenswahrscheinlichkeit

Die nach dem Verfahren von Kaplan-Meier geschätzte Überlebenswahrscheinlichkeit betrug nach 5 Jahren 92,4%, nach 10 Jahren 91,8% und nach 20 Jahren 84,5%.

Die Zahlen nach 5 und 10 Jahren legen nahe, dass die geschätzten Überlebenswahrscheinlichkeiten, die in vielen klinischen Studien mit kurzen Nachuntersuchungsintervallen von nur wenigen Jahren nach Implantatinsertion publiziert werden, die tatsächlich klinisch ermittelten Überlebensraten überschätzen. Behneke et al. 2002 ermittelten beispielsweise eine 5-Jahres-Überlebensrate von 98,8% bei einer Erfolgsrate von 95,7% ebenfalls für das ITI Implantatsystem und 340 untersuchten Implantaten bei sehr kurzer mittlerer Nachuntersuchungsdauer von 3,2 Jahren. Eine Metaanalyse von 21 Studien durch Pjetursson et al. 2004 ergab eine 5-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit von 95,4% und eine 10-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit von 92,8% bei mittlerer Nachuntersuchungsdauer von ebenfalls unter 5 Jahren. Sohrabi et al. 2012 untersuchten 41 Studien zwischen 1993 und 2011 und berichten von Überlebenswahrscheinlichkeiten zwischen 95% und 99,9% bei Nachuntersuchungsintervallen von lediglich 5 Monaten bis zu 9 Jahren. Eine weitere Studie (Mijiritsky et al. 2013) mit allerdings nur 20 Patienten und 42 untersuchten Implantaten spricht sogar von einer 15-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit von 100%. Hier zeigt sich die Notwendigkeit von weiteren retrospektiven Untersuchungen mit langen Nachuntersuchungsintervallen.

4.6 Erfolgsrate und Erfolgskriterien

In der hier vorliegenden Studie wurden nicht nur die Überlebensraten bzw. Überlebenswahrscheinlichkeiten der dentalen Implantate untersucht bzw. berechnet, sondern vielmehr versucht, die noch in situ befindlichen Implantate hinsichtlich akuter und chronischer Entzündungsvorgänge, ihrer Funktionalität, Ästhetik und Patientenakzeptanz zu bewerten. Hierzu wurden erweiterte Erfolgskriterien nach Albrektsson et al. (1986, s. Tabelle 1) definiert. Diese Kriterien entwickelten sich seit in den späten Siebzigerjahren des vergangenen Jahrtausends begonnen wurde, den Erfolg enossaler dentaler Implantate anhand spezifischer Attribute zu objektivieren (Schnitman et al. 1979, Cranin et al. 1982, McKinney et al. 1984).

Heutzutage gelten sie als sehr strenge Kriterien zur Bewertung des Implantaterfolges. Dies zeigt auch die Gegenüberstellung der reinen Implantatüberlebensrate und ihrer Erfolgsrate. Die Überlebensrate ist mit 84,5% über 16,2 Jahre des durchschnittlichen Untersuchungszeitraumes doch sehr gut. Die Erfolgsrate nach den erweiterten Kriterien nach Albrektsson et al. (1986) weicht davon mit 62,6% deutlich ab. Doch trotz der Strenge der hier angewendeten erweiterten Erfolgskriterien nach Albrektsson (1986), liegt die Erfolgsrate der Implantate dieser Studie dennoch über den Erfolgsraten vergleichbarer Untersuchungen zur Langzeitprognose dental abgestützten festsitzenden Zahnersatzes. Incici et al. 2009 ermittelten 53% Erfolgsrate nach durchschnittlich 15,7 Jahren bei einem Patientenkontingent von 45 jungen Erwachsenen mit Nichtanlagen bleibender Zähne. Salinas et al. 2007 sprechen in ihrer Metaanalyse von 92 Studien unterschiedlicher Implantatsysteme zwar von 84,0% Erfolgsrate, allerdings nach nur 60 Monaten Nachuntersuchungszeit und Torabinejad et al. 2007 nach Vergleich von 143 Studien von nur 79% nach 2-4 Jahren Nachuntersuchungszeit (Balevi 2008). Wittneben et al. 2013 konnten 303 Patienten über eine durchschnittliche Zeit von 10,8 Jahren nachuntersuchen und erhielten hierbei eine Erfolgsrate von 70,8%.

4.7 Periimplantitis

An 24 der noch in situ befindlichen Implantaten wurde eine manifeste Periimplantitis mit Sulkussondierungstiefen von mehr als 5 Millimetern festgestellt. Dies erscheint im Literaturvergleich eine mit 6,2% niedrige Quote. Vergleichbare Studien in der Vergangenheit zeigten eine Prävalenz der Erkrankung von 10 – 29 % (Karoussis et al. 2003, Buser et al. 1997, Brägger et al. 1996).

Diese relativ großen Unterschiede beruhen nicht zuletzt auf der Tatsache, dass in der Literatur weiterhin Uneinigkeit herrscht bezüglich einheitlicher Klassifikationen periimplantärer Entzündungsformen (Albrektsson et al. 1994). Eine klare Abgrenzung von periimplantärer Mukositis und Periimplantitis sowie daraus folgend eine einheitliche Behandlungsstrategie sucht man bis heute vergebens. In dieser Hinsicht muss in der Wissenschaft noch ein auf breiter Ebene akzeptierter Konsens gefunden werden. In dieser Studie wurde, nach den Kriterien von Ong et al. (2008), das Vorliegen einer Periimplantitis über eine Sulkussondierungstiefe von mehr als fünf Millimetern definiert (Dvorak et al. 2011, Schmidlin et al. 2010, Zetterqvist et al. 2010, Gatti et al. 2008, Brägger et al. 2005).

Sulkussondierungstiefen von mehr als drei aber weniger als sechs Millimetern wurden als periimplantäre Mukositis klassifiziert.

Bei Anwendung anderer Definitionskriterien für das Vorliegen einer Periimplantitis, wie sie in der Literatur beispielsweise schon bei Sulkussondierungstiefen größer als drei Millimetern ebenfalls gängig sind (Dierens et al. 2012, Corbella et al. 2011, Rodrigo et al. 2011, Wahlstrom et al. 2010), würde die Prävalenz der Periimplantitis in dieser Untersuchung von 6,2% auf 17,5% steigen.

Diese große Diskrepanz der Prävalenzen verursacht durch einfache Definitionsunterschiede zeigt erneut die Notwendigkeit einheitlicher Klassifikationen periimplantärer Entzündungsformen.

4.8 Implantationstyp

Eine statistische Signifikanz bezüglich der Implantatüberlebenswahrscheinlichkeit kam dem Implantationstyp nach Einteilung der dritten ITI-Konsensuskonferenz von 2003 (s. Tabelle 2) zu.

Erstaunlicherweise gab es bei den 12 untersuchten Implantaten vom Typ 1, der Sofortimplantation am Tag der Zahnextraktion bzw. des Zahnverlustes, keine Implantatverluste über die gesamte Nachuntersuchungsdauer. Zu beachten ist hierbei, dass die Indikation zur Sofortimplantation in den Achtziger- und Neunzigerjahren des vergangenen Jahrhunderts erheblich strenger gestellt wurde, als es heutzutage der Fall sein dürfte und eine Sofortimplantation nur bei optimalen Voraussetzungen bezüglich der Hart- und Weichgewebsverhältnisse durchgeführt wurde.

Immer weiter gestiegene Patientenansprüche nach einer schnellen prothetischen Versorgung führten zum Konzept des sofortbelasteten Sofortimplantates, das seit Mitte des letzten Jahrzehntes aufkam und seither kontrovers diskutiert wurde (Nikellis et al. 2004, Esposito et al. 2007). Letztendlich zeigen aktuelle Studien, dass bei strenger Indikationsstellung die Überlebenswahrscheinlichkeiten von Sofortimplantaten mit denen von Implantaten, die nach partieller oder vollständiger Knochenheilung inseriert wurden vergleichbar sind (Schropp et al. 2008, Chen et al. 2004, Esposito et al. 2010).

In dieser Untersuchung zeigte sich der Implantationstyp 3, also der Implantation nach partieller Knochenheilung, den Typen 2 und 4 überlegen (s. Diagramm 13). Diskutiert werden muss hierbei, dass bei Implantaten vom Typ 2, nach Wundheilung der Weichgewebe, aufgrund des noch nicht vollständig knöchern verheilten Implantatlagers meist keine optimale Primärstabilität des Implantates zu erreichen ist und die Osseointegration deutlich verzögert stattfindet (Lioubavina-Hack et al. 2006). Des Weiteren kann eine eventuelle Restschwellung des periimplantären Weichgewebes einerseits die Feststellung der optimalen Insertionstiefe erschweren und andererseits zu einer Überschätzung des Knochenlagers nach vollständiger Abheilung führen.

Aufgrund dieser schwerwiegenden Nachteile gegenüber dem Vorteil der gut adaptierbaren und modellierbaren periimplantären Weichgewebe im Vergleich zum Sofortimplantat vom Typ 1, stellen verzögerte Sofortimplantate des Typ 2 heutzutage eine Ausnahme dar (Esposito et al. 2010, Saadoun et al. 1997, Hürzeler et al. 1996). Viel häufiger findet man jedoch den Implantationstyp 4, die Implantation nach vollständiger Knochenheilung mindestens 6 Monate nach Zahnentfernung bzw. –verlust. Auch diese Implantationsform war dem Typ 3 in dieser Untersuchung unterlegen. Der Hauptgrund hierfür dürfte der fortschreitende Knochen- und damit Implantatlagerverlust des unbelasteten zahnlosen Knochens und die dadurch technisch erschwerte Implantation mit den Gefahren von Sinus- oder Nasenbodenverletzungen und Perforationen oder Fenestrationen sein (Discepoli et al. 2013, Hämmerle et al. 2012). Dieser progressive Knochenabbau zeigt ein Maximum der Abbaugeschwindigkeit in den ersten 3-6 Monaten. Klinische Humanstudien nennen Werte von 29-63% Knochenverlust in der horizontalen und 11-22% in der vertikalen Ebene 6 Monate post extractionem (Tan et al. 2012).

4.9 Implantatdurchmesser

Der Durchmesser, der in dieser Studie untersuchten ITI-Implantate reichte von 3,3mm bis zu 6,5mm mit einem Durchschnitt von 4,2mm. Statistisch signifikant höhere Überlebensraten wurden bei den breiteren Implantaten mit einem Durchmesser von mehr als 4mm beobachtet (s. Diagramm 17). Dieses Ergebnis deckt sich mit den Resultaten der Studien von Olate et al. 2010, Winkler et al. 2000 und Lekholm et al. 1999 und ist umso bemerkenswerter, da die breiteren Implantate vornehmlich in für das Langzeitüberleben ungünstigeren distalere Positionen platziert wurden (Anitua et al. 2008, Watanabe et al. 2003).

Bei ausreichend vorhandenem Knochenlager ist jedoch durch die größere Knochen-Implantat-Kontaktfläche der breiteren Implantate eine stabilere Verbindung zu erzielen. Des Weiteren können Implantate mit größeren Durchmessern die, vor allem im Seitenzahnbereich auftretenden, teilweise erheblichen Kaukräfte besser ableiten

und zeigen ein geringeres Risikopotential für Implantatfrakturen, als Implantate mit kleineren Durchmessern (Gargallo Albiol et al. 2008, Eckert et al 2000, Balshi 1996).

4.10 Nikotinabusus

Von den 93 in die Studie integrierten Patienten waren 21 Raucher (22,6%). Dies ist vergleichbar mit der Prävalenz des Nikotinabusus von 29,9% in der deutschen Gesamtbevölkerung (Gesundheit in Deutschland aktuell 2009, GEDA, Robert Koch-Institut, Berlin, Deutschland).

Unter den 24 Patienten, bei denen während des Untersuchungszeitraumes Implantatverluste auftraten, waren 12 Raucher (50,0%). Es zeigte sich ein statistisch signifikanter Einfluss des Tabakkonsums auf die Überlebenswahrscheinlichkeit ($p=0,002014$) bei einem Konfidenzintervall von 95% (s. Diagramm 14).

Einen ebenfalls statistisch signifikanten Einfluss des Nikotinabusus ($p=0,001$, CI 95%) fanden Vervaeke et al. 2013, die 1320 Implantate bei 376 Patienten nachuntersuchten, Chambrone et al. 2014 bei einer Metaanalyse von 8 Langzeitüberlebensstudien ($p=0,0001$, CI 95%) und Chrcanovic et al. 2014 bei 22 der 27 von ihnen ausgewerteten klinischen Studien. Demgegenüber fanden Cakarar et al. 2014 in ihrer retrospektiven Studie mit 940 untersuchten Implantaten keinen statistisch signifikanten Einfluss des Zigarettenrauchens auf den Implantatlangzeiterfolg ($p=0,219$).

4.11 Knochenlageraugmentaion

Bei 52 der 93 Patienten (55,9%) fand eine Augmentation des Implantatlagers statt. Interessanterweise wirkte sich die Augmentation in Abhängigkeit des Implantationstyps unterschiedlich auf die Überlebenswahrscheinlichkeit aus (s. Diagramme 18-21) war aber bei keinem der vier Typen statistisch signifikant ($p>0,05$).

Beim Sofortimplantat vom Typ 1 waren die Überlebenskurven mit und ohne intraoperative Knochenaugmentation deckungsgleich. Ein Ergebnis, das ebenfalls in vergleichbaren Studien bestätigt wird (Penarrocha-Diago et al. 2013, Corinaldesi et al. 2009). Dies scheint, wie zuvor erwähnt, vor allem den strengen Indikationskriterien zum Implantationszeitpunkt geschuldet.

Bei den Implantationstypen 2 und 3 zeigte sich ein negativer Einfluss der Augmentation auf die Überlebensraten. Eine Erklärung hierfür könnte die Addition der Umbau- und Schrumpfungsvorgänge des ortsständigen nur partiell verheilten Knochens und des transplantierten Augmentates sein (Hsu et al. 2012, Urban et al. 2012, Felice et al. 2011). Beim Spätimplantat vom Typ 4 hatte eine Knochenlageraugmentation einen positiven Einfluss auf das Implantatüberleben. Die Möglichkeit der Verwendung größer dimensionierter Implantate mit besseren Langzeitprognosen durch das Vorhandensein eines ausreichenden Implantatlagers nach Augmentation könnte hier die entscheidende Rolle spielen (Geckili et al. 2013, Ortega-Oller et al. 2013, Zweers et al. 2013).

4.12 Risikofaktoren

In der Literatur gelten Vorerkrankungen wie Diabetes mellitus, chronische Parodontitiden, bösartige Tumore vor allem in Kombination mit Bestrahlung des Implantatlagers, Interleukin-1-Polymorphismus und Osteoporose sowie Nikotinabusus, Bisphosphonattherapie und Bruxismus als Risikofaktoren für den Implantaterfolg (Chen et al. 2013, Diz et al. 2013, Jacobi-Gresser et al. 2013, Bornstein et al. 2009, Mombelli et al. 2006).

Im hier untersuchten Patientenkollektiv fanden sich 51 Patienten (54,8%) mit den oben genannten Risikofaktoren. 38 Patienten litten unter chronischen Parodontitiden (40,9%), 21 Patienten waren Raucher (22,6%), 7 waren an Diabetes mellitus erkrankt und ein Patient hatte einen bösartigen Tumor der Kopf-/Halsregion in der Vorgeschichte. Diese Zahlen entsprechen den Prävalenzen der Erkrankungen in der deutschen Gesamtbevölkerung (Gesundheit in Deutschland aktuell 2009, GEDA,

Robert Koch-Institut, Berlin, Deutschland) und bilden diese somit gut ab. In dieser Studie zeigten nur Nikotinabusus und chronische Parodontitiden einen statistisch signifikanten Einfluss auf das Implantatüberleben (s. Diagramm 14). Ähnliche Studien kamen in der Vergangenheit zu vergleichbaren Ergebnissen (Mir-Mari et al. 2012, Rocuzzo et al. 2010). Eine Metaanalyse von Heitz-Mayfield und Huynh-Ba 2009 zeigt unter den Patienten mit Implantatverlust eine vergleichbare Prävalenz von chronischer Parodontitis (56,8%), Nikotinabusus (34,2%) und einer Kombination beider Risikofaktoren (37,1%), während der Einfluss der anderen Risikofaktoren kontrovers diskutiert wird (Rocchietta et al. 2012, Javed et al. 2009, Porter et al. 2005). Hier zeigt sich wiederum der Bedarf an zukünftigen klinischen Studien, um diese speziellen Fragestellungen eindeutig beantworten zu können.

5 Zusammenfassung

Das Ziel dieser klinischen, retrospektiven Untersuchung war es, Langzeitüberlebens- und –erfolgsraten des ITI-Implantatsystems zu ermitteln, statistische Langzeitüberlebens- und –erfolgswahrscheinlichkeiten zu berechnen und diese miteinander sowie mit Daten vorausgegangener Studien zu vergleichen. Dies soll sowohl dem Behandler, als auch dem Patienten bei der Therapieentscheidung helfen, indem eine größtmögliche Sicherheit bezüglich der Vorhersagbarkeit des Langzeiterfolges dieses Implantatsystems gewährleistet wird.

Dazu wurden 93 Patienten untersucht, die mindestens zehn Jahre vor der Studienuntersuchung mit Implantaten des ITI-Systems versorgt wurden.

Gesammelt wurden Daten bezüglich Alter, Geschlecht, Datum der Implantatinsertion und der klinischen Untersuchung, stattgehabte Augmentationen mit verwendetem Augmentationsmaterial, Zeit zwischen Zahnverlust und Implantatinsertion, die spätere prothetische Versorgung und das Vorliegen von Risikofaktoren für den Implantaterfolg.

Klinisch untersucht wurden der Klopfeschalles des Implantates, der Lockerungsgrad, die Sulkussondierungstiefen sowie Rezessionen an vier Stellen. Bleeding On Probing wurde ebenso dokumentiert wie vorhandene Entzündungszeichen der periimplantären Schleimhäute. Eine Röntgenaufnahme wurde zur Beurteilung des Knochenverlustes angefertigt.

Die Patientenzufriedenheit und der psychosoziale Aspekt der Implantatversorgung wurden mit einem Fragebogen ermittelt.

Die gewonnenen Daten wurden mittels Cox-Regressionsanalyse statistisch ausgewertet, Überlebenswahrscheinlichkeiten nach dem Verfahren nach Kaplan-Meier geschätzt.

Nach durchschnittlich 16,2 Jahren waren noch 328 von 388 eingebrachten Implantaten in Funktion, die Erfolgsrate nach den erweiterten Kriterien nach Albreksson betrug 62,6%. Eine 20-Jahre-Überlebenswahrscheinlichkeit wurde mit 84,5% geschätzt.

Hauptursache für den Implantatmisserfolg waren Entzündungsvorgänge, nur 20% der Implantatverluste begründeten sich auf eine fehlgeschlagene Einheilung. Statistisch signifikanten Einfluss auf die Überlebenschancen hatten Nikotinabusus, chronische Parodontitiden, der Implantationstyp, die Implantatlänge, der Implantatdurchmesser und präimplantäre Augmentationen.

Abschließend kann das ITI-Implantatsystem als sichere Therapiealternative zu Brücken oder konventionell abgestütztem Zahnersatz gesehen werden.

Weitere klinische Studien bezüglich Langzeitüberlebensraten anderer Implantatsysteme, der einheitlichen Definition periimplantärer Entzündungsformen, der Ermittlung der optimalen Implantatdimensionen und dem Einfluss verschiedener Vorerkrankungen auf den Implantaterfolg sind wünschenswert.

6 Literaturverzeichnis

Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI.

A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw.

Int J Oral Surg. 1981 Dec;10(6):387-416.

Albrektsson T, Isidor F. Consensus report of session IV. In: Lang NP, Karring T (eds).

Proceedings of the First European Workshop on Periodontology.

London: Quintessenz, 1994: 365-369

Anderson L, Meraw S, Al-Hezaimi K, Wang HL.

The influence of radiation therapy on dental implantology.

Implant Dent. 2013 Feb;22(1):31-8. doi: 10.1097/ID.0b013e31827e84ee.

Anitua E, Orive G, Aguirre JJ, Ardanza B, Andía I.

5-year clinical experience with BTI dental implants: risk factors for implant failure.

J Clin Periodontol. 2008 Aug;35(8):724-32. doi: 10.1111/j.1600-051X.2008.01248.x.

Epub 2008 Jul 8.

Anner R, Grossmann Y, Anner Y, Levin L.

Smoking, diabetes mellitus, periodontitis, and supportive periodontal treatment as factors associated with dental implant survival: a long-term retrospective evaluation of patients followed for up to 10 years.

Implant Dent. 2010 Feb;19(1):57-64. doi: 10.1097/ID.0b013e3181bb8f6c.

Balevi B.

Root canal therapy, fixed partial dentures and implant-supported crowns, have similar short term survival rates.

Evid Based Dent. 2008;9(1):15-7. doi: 10.1038/sj.ebd.6400565.

Balshi TJ.

An analysis and management of fractured implants: a clinical report.

Int J Oral Maxillofac Implants. 1996 Sep-Oct;11(5):660-6.

Behneke A1, Behneke N, d'Hoedt B.

A 5-year longitudinal study of the clinical effectiveness of ITI solid-screw implants in the treatment of mandibular edentulism.

Bornstein MM, Cionca N, Mombelli A.

Systemic conditions and treatments as risks for implant therapy.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2009;24 Suppl:12-27.

Boven GC, Meijer HJ, Vissink A, Raghoobar GM.

Reconstruction of the extremely atrophied mandible with iliac crest onlay grafts followed by two endosteal implants: a retrospective study with long-term follow-up.

Int J Oral Maxillofac Surg. 2014 Jan 8. pii: S0901-5027(13)01167-3. doi: 10.1016/j.ijom.2013.11.003. [Epub ahead of print]

Brägger U, Hugel-Pisoni C, Bürgin W, Buser D, Lang NP.

Correlations between radiographic, clinical and mobility parameters after loading of oral implants with fixed partial dentures. A 2-year longitudinal study.

Clin Oral Implants Res. 1996 Sep;7(3):230-9.

Brägger U, Karoussis I, Persson R, Pjetursson B, Salvi G, Lang N.

Technical and biological complications/failures with single crowns and fixed partial dentures on implants: a 10-year prospective cohort study.

Clin Oral Implants Res. 2005 Jun;16(3):326-34.

Buser D, Mericske-Stern R, Bernard JP, Behneke A, Behneke N, Hirt HP, Belser UC, Lang NP.

Long-term evaluation of non-submerged ITI implants. Part 1: 8-year life table analysis of a prospective multi-center study with 2359 implants.

Clin Oral Implants Res. 1997 Jun;8(3):161-72.

Cakarer S1, Selvi F, Can T, Kirli I, Palancioglu A, Keskin B, Yaltirik M, Keskin C.

Investigation of the risk factors associated with the survival rate of dental implants.

Implant Dent. 2014 Jun;23(3):328-33. doi: 10.1097/ID.0000000000000079.

Chambrone L1, Preshaw PM, Ferreira JD, Rodrigues JA, Cassoni A, Shibli JA.

Effects of tobacco smoking on the survival rate of dental implants placed in areas of maxillary sinus floor augmentation: a systematic review.

Clin Oral Implants Res. 2014 Apr;25(4):408-16. doi: 10.1111/clr.12186. Epub 2013 May 7.

Charalampakis G, Abrahamsson I, Carcuac O, Dahlén G, Berglundh T.

Microbiota in experimental periodontitis and peri-implantitis in dogs.

Clin Oral Implants Res. 2013 Aug 13. doi: 10.1111/clr.12235. [Epub ahead of print]

Chen H, Liu N, Xu X, Qu X, Lu E.

Smoking, radiotherapy, diabetes and osteoporosis as risk factors for dental implant failure: a meta-analysis.

PLoS One. 2013 Aug 5;8(8):e71955. doi: 10.1371/journal.pone.0071955. Print 2013.

Chen ST, Wilson TG Jr, Hämmerle CH.

Immediate or early placement of implants following tooth extraction: review of biologic basis, clinical procedures, and outcomes.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2004;19 Suppl:12-25.

Chrcanovic BR1, Albrektsson T, Wennerberg A.

Reasons for failures of oral implants.

J Oral Rehabil. 2014 Jun;41(6):443-76. doi: 10.1111/joor.12157. Epub 2014 Mar 11.

Corbella S, Del Fabbro M, Taschieri S, De Siena F, Francetti L.

Clinical evaluation of an implant maintenance protocol for the prevention of peri-implant diseases in patients treated with immediately loaded full-arch rehabilitations.

Int J Dent Hyg. 2011 Aug;9(3):216-22. doi: 10.1111/j.1601-5037.2010.00489.x. Epub 2010 Oct 14.

Corinaldesi G, Pieri F, Sapigni L, Marchetti C.

Evaluation of survival and success rates of dental implants placed at the time of or after alveolar ridge augmentation with an autogenous mandibular bone graft and titanium mesh: a 3- to 8-year retrospective study.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2009 Nov-Dec;24(6):1119-28.

Cosyn J, Vandebulcke E, Browaeys H, Van Maele G, De Bruyn H.

Factors associated with failure of surface-modified implants up to four years of function.

Clin Implant Dent Relat Res. 2012 Jun;14(3):347-58. doi: 10.1111/j.1708-8208.2010.00282.x. Epub 2010 May 11.

Cox D

Regression models and life tables.

Journal of the Royal Statistical Society B, 34 (1972), S. 187 – 220

Cranin AN, Silverbrand H, Sher J, Salter N.

The requirements and clinical performance of dental implants.

Smith DC, Williams DF, editors. Biocompatibility of Dental Materials. Vol. 4. Boca Raton: Fla: CRC Press; 1982. p. 198.

Davies JE.

Mechanisms of endosseous integration.

Int J Prosthodont. 1998 Sep-Oct;11(5):391-401.

Dawson AS, Cardaci SC.

Endodontics versus implantology: to extirpate or integrate?

Aust Endod J. 2006 Aug;32(2):57-63.

Deppe H, Horch HH, Henke J, Donath K.

Peri-implant care of ailing implants with the carbon dioxide laser.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2001 Sep-Oct;16(5):659-67.

Dierens M, Vandeweghe S, Kisch J, Nilner K, De Bruyn H.

Long-term follow-up of turned single implants placed in periodontally healthy patients after 16-22 years: radiographic and peri-implant outcome.

Clin Oral Implants Res. 2012 Feb;23(2):197-204. doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02212.x. Epub 2011 Jul 6.

Discepoli N, Vignoletti F, Laino L, de Sanctis M, Muñoz F, Sanz M.

Early healing of the alveolar process after tooth extraction: an experimental study in the beagle dog.

J Clin Periodontol. 2013 Jun;40(6):638-44. doi: 10.1111/jcpe.12074. Epub 2013 Mar 27.

Diz P, Scully C, Sanz M.

Dental implants in the medically compromised patient.

J Dent. 2013 Mar;41(3):195-206. doi: 10.1016/j.jdent.2012.12.008. Epub 2013 Jan 11.

Dvorak G, Arnhart C, Heuberer S, Huber CD, Watzek G, Gruber R.

Peri-implantitis and late implant failures in postmenopausal women: a cross-sectional study.

J Clin Periodontol. 2011 Oct;38(10):950-5. doi: 10.1111/j.1600-051X.2011.01772.x. Epub 2011 Jul 21.

Eckert SE, Meraw SJ, Cal E, Ow RK.

Analysis of incidence and associated factors with fractured implants: a retrospective study.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2000 Sep-Oct;15(5):662-7.

Esposito M, Grusovin MG, Achille H, Coulthard P, Worthington HV.

Interventions for replacing missing teeth: different times for loading dental implants.

Cochrane Database Syst Rev. 2009 Jan 21;(1):CD003878. doi:

10.1002/14651858.CD003878.pub4.

Esposito M, Grusovin MG, Polyzos IP, Felice P, Worthington HV.

Timing of implant placement after tooth extraction: immediate, immediate-delayed or delayed implants? A Cochrane systematic review.

Eur J Oral Implantol. 2010 Autumn;3(3):189-205.

Esposito M, Grusovin MG, Willings M, Coulthard P, Worthington HV.

The effectiveness of immediate, early, and conventional loading of dental implants: a Cochrane systematic review of randomized controlled clinical trials.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2007 Nov-Dec;22(6):893-904.

Evian CI, Emling R, Rosenberg ES, Waasdorp JA, Halpern W, Shah S, Garcia M.

Retrospective analysis of implant survival and the influence of periodontal disease and immediate placement on long-term results.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2004 May-Jun;19(3):393-8.

Felice P, Soardi E, Piattelli M, Pistilli R, Jacotti M, Esposito M.

Immediate non-occlusal loading of immediate post-extractive versus delayed placement of single implants in preserved sockets of the anterior maxilla: 4-month post-loading results from a pragmatic multicentre randomised controlled trial.

Eur J Oral Implantol. 2011 Winter;4(4):329-44.

Feloutzis A, Lang NP, Tonetti MS, Bürgin W, Brägger U, Buser D, Duff GW, Kornman KS.

IL-1 gene polymorphism and smoking as risk factors for peri-implant bone loss in a well-maintained population.

Clin Oral Implants Res. 2003 Feb;14(1):10-7.

García-Bellosta S, Bravo M, Subirá C, Echeverría JJ.

Retrospective study of the long-term survival of 980 implants placed in a periodontal practice.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2010 May-Jun;25(3):613-9.

Gargallo Albiol J, Satorres-Nieto M, Puyuelo Capablo JL, Sánchez Garcés MA, Pi Urgell J, Gay Escoda C.

Endosseous dental implant fractures: an analysis of 21 cases.

Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2008 Feb 1;13(2):E124-8.

Gatti C, Gatti F, Chiapasco M, Esposito M.

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. 2008 Spring;1(1):45-51.

Geckili O, Bilhan H, Geckili E, Cilingir A, Mumcu E, Bural C.

Evaluation of Possible Prognostic Factors for the Success, Survival, and Failure of Dental Implants.

Implant Dent. 2013 Oct 9. [Epub ahead of print]

Grossi SG, Dunford RG, Ho A, Koch G, Machtei EE, Genco RJ.

Sources of error for periodontal probing measurements.

J Periodontal Res. 1996 Jul;31(5):330-6.

Guckes AD, Scurria MS, Shugars DA.

A conceptual framework for understanding outcomes of oral implant therapy.

J Prosthet Dent. 1996 Jun;75(6):633-9.

Hämmerle CH, Araújo MG, Simion M; Osteology Consensus Group 2011.

Evidence-based knowledge on the biology and treatment of extraction sockets.

Clin Oral Implants Res. 2012 Feb;23 Suppl 5:80-2. doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02370.x.

Heitz-Mayfield LJ1, Huynh-Ba G.

History of treated periodontitis and smoking as risks for implant therapy.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2009;24 Suppl:39-68.

Heitz-Mayfield LJ, Lang NP.

Comparative biology of chronic and aggressive periodontitis vs. peri-implantitis.

Periodontol 2000. 2010 Jun;53:167-81. doi: 10.1111/j.1600-0757.2010.00348.x.

Heuer W, Kettenring A, Stumpp SN, Eberhard J, Gellermann E, Winkel A, Stiesch M.

Metagenomic analysis of the peri-implant and periodontal microflora in patients with clinical signs of gingivitis or mucositis.

Clin Oral Investig. 2012 Jun;16(3):843-50. doi: 10.1007/s00784-011-0561-8. Epub 2011 May 3.

Hill EG, Slate EH, Wiegand RE, Grossi SG, Salinas CF.

Study design for calibration of clinical examiners measuring periodontal parameters.

J Periodontol. 2006 Jul;77(7):1129-41.

Hsu KM, Choi BH, Ko CY, Kim HS, Xuan F, Jeong SM.

Ridge alterations following immediate implant placement and the treatment of bone defects with Bio-Oss in an animal model.

Clin Implant Dent Relat Res. 2012 Oct;14(5):690-5. doi: 10.1111/j.1708-8208.2010.00316.x. Epub 2010 Oct 26.

Hürzeler MB, Weng D.

Periimplant tissue management: optimal timing for an aesthetic result.

Pract Periodontics Aesthet Dent. 1996 Nov-Dec;8(9):857-69; quiz 869.

Incici E, Matuliene G, Hüsler J, Salvi GE, Pjetursson B, Brägger U.

Cumulative costs for the prosthetic reconstructions and maintenance in young adult patients with birth defects affecting the formation of teeth.

Clin Oral Implants Res. 2009 Jul;20(7):715-21. doi: 10.1111/j.1600-0501.2009.01711.x. Epub 2009 Mar 27.

Jacobi-Gresser E, Huesker K, Schütt S.

Genetic and immunological markers predict titanium implant failure: a retrospective study.

Int J Oral Maxillofac Surg. 2013 Apr;42(4):537-43. doi: 10.1016/j.ijom.2012.07.018. Epub 2012 Aug 24.

Javed F, Romanos GE.

Impact of diabetes mellitus and glycemic control on the osseointegration of dental implants: a systematic literature review.

J Periodontol. 2009 Nov;80(11):1719-30. doi: 10.1902/jop.2009.090283.

Karoussis IK, Salvi GE, Heitz-Mayfield LJA, Brägger U, Hämmerle CHF, Lang NP.

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 Impl Res 2003; 14: 329-339

Koyanagi T, Sakamoto M, Takeuchi Y, Maruyama N, Ohkuma M, Izumi Y.

Comprehensive microbiological findings in peri-implantitis and periodontitis.

J Clin Periodontol. 2013 Mar;40(3):218-26. doi: 10.1111/jcpe.12047. Epub 2013 Jan 7.

Krebs M, Schmenger K, Neumann K, Weigl P, Moser W, Nentwig GH.

Long-Term Evaluation of ANKYLOS® Dental Implants, Part I: 20-Year Life Table Analysis of a Longitudinal Study of More Than 12,500 Implants.

Clin Implant Dent Relat Res. 2013 Sep 17. doi: 10.1111/cid.12154. [Epub ahead of print]

Kumar MN, Honne T.

Survival of dental implants in bisphosphonate users versus non-users: a systematic review.

Eur J Prosthodont Restor Dent. 2012 Dec;20(4):159-62.

Lang NP, Berglundh T, Heitz-Mayfield LJ, Pjetursson BE, Salvi GE, Sanz M.

Consensus statements and recommended clinical procedures regarding implant survival and complications.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2004;19 Suppl:150-4.

Lang NP1, Pun L, Lau KY, Li KY, Wong MC.

A systematic review on survival and success rates of implants placed immediately into fresh extraction sockets after at least 1 year.

Clin Oral Implants Res. 2012 Feb;23 Suppl 5:39-66. doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02372.x.

Lazzara R, Siddiqui AA, Binon P, Feldman SA, Weiner R, Phillips R, Gonshor A.

Retrospective multicenter analysis of 3i endosseous dental implants placed over a five-year period.

Clin Oral Implants Res. 1996 Mar;7(1):73-83.

Lekholm U, Gunne J, Henry P, Higuchi K, Lindén U, Bergström C, van Steenberghe D.

Survival of the Brånemark implant in partially edentulous jaws: a 10-year prospective multicenter study.

Int J Oral Maxillofac Implants. 1999 Sep-Oct;14(5):639-45.

Lindhe J, Nyman S.

The role of occlusion in periodontal disease and the biological rationale for splinting in treatment of periodontitis.

Oral Sci Rev. 1977;10:11-43.

Lioubavina-Hack N, Lang NP, Karring T.

Significance of primary stability for osseointegration of dental implants.

Clin Oral Implants Res. 2006 Jun;17(3):244-50.

McKinney R, Koth DL.

Clinical standards for dental implants.

Clark JW, editor. Clinical Dentistry. Harperstown: Harper and Row; 1984. pp. 1–11.

Mendonça G, Mendonça DB, Aragão FJ, Cooper LF.

Advancing dental implant surface technology--from micron- to nanotopography.

Biomaterials. 2008 Oct;29(28):3822-35. doi: 10.1016/j.biomaterials.2008.05.012.

Epub 2008 Jul 9.

Mijiritsky E1, Lorean A, Mazor Z, Levin L.

Implant Tooth-Supported Removable Partial Denture with at Least 15-Year Long-Term Follow-Up.

Clin Implant Dent Relat Res. 2013 Dec 27. doi: 10.1111/cid.12190. [Epub ahead of print]

Mir-Mari J, Mir-Orfila P, Valmaseda-Castellón E, Gay-Escoda C.

Long-term marginal bone loss in 217 machined-surface implants placed in 68 patients with 5 to 9 years of follow-up: a retrospective study.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2012 Sep-Oct;27(5):1163-9.

Mombelli A, Cionca N.

Systemic diseases affecting osseointegration therapy.

Clin Oral Implants Res. 2006 Oct;17 Suppl 2:97-103.

Morris HF, Ochi S, Winkler S.

Implant survival in patients with type 2 diabetes: placement to 36 months.

Ann Periodontol. 2000 Dec;5(1):157-65.

Nikellis I, Levi A, Nicolopoulos C.

Immediate loading of 190 endosseous dental implants: a prospective observational study of 40 patient treatments with up to 2-year data.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2004 Jan-Feb;19(1):116-23.

Olate S, Lyrio MC, de Moraes M, Mazzonetto R, Moreira RW.

Influence of diameter and length of implant on early dental implant failure.

J Oral Maxillofac Surg. 2010 Feb;68(2):414-9. doi: 10.1016/j.joms.2009.10.002.

Ong CT1, Ivanovski S, Needleman IG, Retzepi M, Moles DR, Tonetti MS, Donos N.

Systematic review of implant outcomes in treated periodontitis subjects.

J Clin Periodontol. 2008 May;35(5):438-62. doi: 10.1111/j.1600-051X.2008.01207.x.

Ortega-Oller I, Suarez F, Galindo-Moreno P, Torrecillas-Martínez L, Monje A, Catena A, Wang HL.

The Influence of Implant Diameter Upon its Survival: A Meta-Analysis Based on Prospective Clinical Trials.

J Periodontol. 2013 Aug 1. [Epub ahead of print]

Parma-Benfenati S, Roncati M, Tinti C.

Treatment of peri-implantitis: surgical therapeutic approaches based on peri-implantitis defects.

Int J Periodontics Restorative Dent. 2013 Sep-Oct;33(5):627-33. doi: 10.11607/prd.1549.

Peñarrocha-Diago M, Aloy-Prósper A, Peñarrocha-Oltra D, Guirado JL, Peñarrocha-Diago M.

Localized lateral alveolar ridge augmentation with block bone grafts: simultaneous versus delayed implant placement: a clinical and radiographic retrospective study.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2013 May-Jun;28(3):846-53. doi: 10.11607/jomi.2964.

Pjetursson BE, Helbling C, Weber HP, Matuliene G, Salvi GE, Brägger U, Schmidlin K, Zwahlen M, Lang NP.

Peri-implantitis susceptibility as it relates to periodontal therapy and supportive care.

Clin Oral Implants Res. 2012 Jul;23(7):888-94. doi: 10.1111/j.1600-0501.2012.02474.x. Epub 2012 Apr 24.

Pjetursson BE¹, Tan K, Lang NP, Brägger U, Egger M, Zwahlen M.

A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPDs) after an observation period of at least 5 years.

Clin Oral Implants Res. 2004 Dec;15(6):625-42.

Porter JA, von Fraunhofer JA.

Success or failure of dental implants? A literature review with treatment considerations.

Gen Dent. 2005 Nov-Dec;53(6):423-32; quiz 433, 446.

Prashanti E, Sajjan S, Reddy JM.

Failures in implants.

Indian J Dent Res. 2011 May-Jun;22(3):446-53. doi: 10.4103/0970-9290.87069.

Rocchietta I, Nisand D.

A review assessing the quality of reporting of risk factor research in implant dentistry using smoking, diabetes and periodontitis and implant loss as an outcome: critical aspects in design and outcome assessment.

J Clin Periodontol. 2012 Feb;39 Suppl 12:114-21. doi: 10.1111/j.1600-051X.2011.01829.x.

Roccuzzo M, De Angelis N, Bonino L, Aglietta M.

Ten-year results of a three-arm prospective cohort study on implants in periodontally compromised patients. Part 1: implant loss and radiographic bone loss.

Clin Oral Implants Res. 2010 May;21(5):490-6. doi: 10.1111/j.1600-0501.2009.01886.x. Epub 2010 Mar 11.

Rodrigo D, Martin C, Sanz M.

Biological complications and peri-implant clinical and radiographic changes at immediately placed dental implants. A prospective 5-year cohort study.

Clin Oral Implants Res. 2012 Oct;23(10):1224-31. doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02294.x. Epub 2011 Aug 18.

Saadoun AP, Landsberg CJ.

Treatment classifications and sequencing for postextraction implant therapy: a review.

Pract Periodontics Aesthet Dent. 1997 Oct;9(8):933-41; quiz 942.

Sakka S, Baroudi K, Nassani MZ.

Factors associated with early and late failure of dental implants.

J Investig Clin Dent. 2012 Nov;3(4):258-61. doi: 10.1111/j.2041-1626.2012.00162.x. Epub 2012 Aug 27.

Salinas TJ, Eckert SE.

In patients requiring single-tooth replacement, what are the outcomes of implant- as compared to tooth-supported restorations?

Int J Oral Maxillofac Implants. 2007;22 Suppl:71-95.

Scheuber S, Hicklin S, Brägger U.

Implants versus short-span fixed bridges: survival, complications, patients' benefits. A systematic review on economic aspects.

Clin Oral Implants Res. 2012 Oct;23 Suppl 6:50-62. doi: 10.1111/j.1600-0501.2012.02543.x.

Schmidlin K, Schnell N, Steiner S, Salvi GE, Pjetursson B, Matuliene G, Zwahlen M, Brägger U, Lang NP.

Complication and failure rates in patients treated for chronic periodontitis and restored with single crowns on teeth and/or implants.

Clin Oral Implants Res. 2010 May;21(5):550-7. doi: 10.1111/j.1600-0501.2009.01907.x.

Schnitman PA, Shulman LB.

Recommendations of the consensus development conference on dental implants.

J Am Dent Assoc. 1979 Mar;98(3):373-7.

Schropp L, Isidor F.

Timing of implant placement relative to tooth extraction.

J Oral Rehabil. 2008 Jan;35 Suppl 1:33-43. doi: 10.1111/j.1365-2842.2007.01827.x.

Schulz MC, Korn P, Stadlinger B, Range U, Möller S, Becher J, Schnabelrauch M, Mai R, Scharnweber D, Eckelt U, Hintze V.

Coating with artificial matrices from collagen and sulfated hyaluronan influences the osseointegration of dental implants.

J Mater Sci Mater Med. 2013 Oct 11. [Epub ahead of print]

Schwarz F, Terheyden H.

Significance of dental implants for health care.

Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz. 2011 Sep;54(9):1097-101. doi: 10.1007/s00103-011-1343-9.

Schwarz F, Sculean A, Rothamel D, Schwenzer K, Georg T, Becker J.

Clinical evaluation of an Er:YAG laser for nonsurgical treatment of peri-implantitis: a pilot study.

Clin Oral Implants Res. 2005 Feb;16(1):44-52.

Senna P, Antoninha Del Bel Cury A, Kates S, Meirelles L.

Surface Damage on Dental Implants with Release of Loose Particles after Insertion into Bone.

Clin Implant Dent Relat Res. 2013 Nov 28. doi: 10.1111/cid.12167. [Epub ahead of print]

Sohrabi K1, Mushantat A, Esfandiari S, Feine J.

How successful are small-diameter implants? A literature review.

Clin Oral Implants Res. 2012 May;23(5):515-25. doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02410.x. Epub 2012 Feb 7.

Stokholm R, Isidor F, Nyengaard JR.

Histologic and histomorphometric evaluation of peri-implant bone of immediate or delayed occlusal-loaded non-splinted implants in the posterior mandible - an experimental study in monkeys.

Clin Oral Implants Res. 2013 Oct 10. doi: 10.1111/clr.12274. [Epub ahead of print]

Strietzel FP, Lange KP, Svegar M, Hartmann HJ, K uchler I.

Retrospective evaluation of the success of oral rehabilitation using the Frialit-2 implant system. Part 1: Influence of topographic and surgical parameters.

Int J Prosthodont. 2004 Mar-Apr;17(2):187-94.

Swierkot K, Lottholz P, Flores-de-Jacoby L, Mengel R.

Mucositis, peri-implantitis, implant success, and survival of implants in patients with treated generalized aggressive periodontitis: 3- to 16-year results of a prospective long-term cohort study.

J Periodontol. 2012 Oct;83(10):1213-25. Epub 2012 Jan 20.

Takemae R, Uemura T, Okamoto H, Matsui T, Yoshida M, Fukazawa S, Tsuchida K, Teruya K, Tsunoda T.

Changes in mental health and quality of life with dental implants as evaluated by General Health Questionnaire (GHQ) and Health Utilities Index (HUI).

Environ Health Prev Med. 2012 Nov;17(6):463-73. doi: 10.1007/s12199-012-0275-9. Epub 2012 Apr 13.

Tan WL, Wong TL, Wong MC, Lang NP.

A systematic review of post-extractional alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans.

Clin Oral Implants Res. 2012 Feb;23 Suppl 5:1-21. doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02375.x.

Tomisa AP, Launey ME, Lee JS, Mankani MH, Wegst UG, Saiz E.

Nanotechnology approaches to improve dental implants.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2011;26 Suppl:25-44; discussion 45-9.

Tomisa AP, Lee JS, Wegst UG, Saiz E.

Nanotechnology for dental implants.

Int J Oral Maxillofac Implants. 2013 Nov-Dec;28(6):e535-46. doi: 10.11607/jomi.te34.

Torabinejad M, Anderson P, Bader J, Brown LJ, Chen LH, Goodacre CJ, Kattadiyil MT, Kutsenko D, Lozada J, Patel R, Petersen F, Puterman I, White SN.

Outcomes of root canal treatment and restoration, implant-supported single crowns, fixed partial dentures, and extraction without replacement: a systematic review.

J Prosthet Dent. 2007 Oct;98(4):285-311.

Urban T, Kostopoulos L, Wenzel A.

Immediate implant placement in molar regions: risk factors for early failure.

Clin Oral Implants Res. 2012 Feb;23(2):220-7. doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02167.x. Epub 2011 Apr 4.

Vandeweghe S1, Koole S, Younes F, De Coster P, De Bruyn H.

Dental implants placed by undergraduate students: clinical outcomes and patients'/students' perceptions.

Eur J Dent Educ. 2014 Mar;18 Suppl 1:60-9. doi: 10.1111/eje.12077.

Vervaeke S, Collaert B, Cosyn J, Deschepper E, De Bruyn H.

A Multifactorial Analysis to Identify Predictors of Implant Failure and Peri-Implant Bone Loss.

Clin Implant Dent Relat Res. 2013 Sep 4. doi: 10.1111/cid.12149. [Epub ahead of print]

Wahlström M, Sagulin GB, Jansson LE.

Clinical follow-up of unilateral, fixed dental prosthesis on maxillary implants.

Clin Oral Implants Res. 2010 Nov;21(11):1294-300.

Watanabe F, Hata Y, Komatsu S, Ramos TC, Fukuda H.

Finite element analysis of the influence of implant inclination, loading position, and load direction on stress distribution.

Odontology. 2003 Sep;91(1):31-6.

Weng D, Nagata MJ, Leite CM, de Melo LG, Bosco AF.

Influence of microgap location and configuration on radiographic bone loss in nonsubmerged implants: an experimental study in dogs.

Int J Prosthodont. 2011 Sep-Oct;24(5):445-52.

Winkler S, Morris HF, Ochi S.

Implant survival to 36 months as related to length and diameter.

Ann Periodontol. 2000 Dec;5(1):22-31.

Wittneben JG1, Buser D, Salvi GE, Bürgin W, Hicklin S, Brägger U.

Complication and Failure Rates with Implant-Supported Fixed Dental Protheses and Single Crowns: A 10-Year Retrospective Study.

Clin Implant Dent Relat Res. 2013 Apr 2. doi: 10.1111/cid.12066. [Epub ahead of print]

Zetterqvist L, Feldman S, Rotter B, Vincenzi G, Wennström JL, Chierico A, Stach RM, Kenealy JN.

A prospective, multicenter, randomized-controlled 5-year study of hybrid and fully etched implants for the incidence of peri-implantitis.

J Periodontol. 2010 Apr;81(4):493-501. doi: 10.1902/jop.2009.090492.

Ziegler A, Lange S, Bender R.

[Survival analysis: properties and Kaplan-Meier method].

[Article in German]

Dtsch Med Wochenschr. 2007;132 Suppl 1:e36-8.

Zupnik J, Kim SW, Ravens D, Karimbux N, Guze K.

Factors associated with dental implant survival: a 4-year retrospective analysis.

J Periodontol. 2011 Oct;82(10):1390-5. doi: 10.1902/jop.2011.100685. Epub 2011 Mar 21.

Zweers J, van Doornik A, Hogendorf EA, Quirynen M, Van der Weijden GA.

Clinical and radiographic evaluation of narrow- vs. regular-diameter dental implants: a 3-year follow-up. A retrospective study.

Clin Oral Implants Res. 2013 Dec 20. doi: 10.1111/clr.12309. [Epub ahead of print]

7 Anhang

7.1 Danksagung

Ich danke allen Beteiligten, die mich bei der Entstehung dieser Arbeit sowohl fachlich, als auch menschlich unterstützt haben.

Vielen Dank an die Patienten, die teilweise trotz ihres fortgeschrittenen Alters oder gesundheitlicher Einschränkungen bereit waren, an dieser Studie teilzunehmen.

Weiterhin gilt mein Dank allen Mitarbeitern der Zahn-, Mund- und Kieferklinik des UKSH, die mir trotz ihres anstrengenden Arbeitsalltags zur Seite standen.

Ganz besonders danken möchte ich Herrn PD Dr. Dr. Stephan Becker und Frau Dr. Dr. Benedicta Beck-Broichsitter ohne deren unendliche Geduld und einzigartige fachliche Betreuung diese Dissertation nicht zustande gekommen wäre.

Abschließend bedanke ich mich bei meiner Familie, auf deren bedingungslose Unterstützung ich immer vertrauen kann.

7.2 Lebenslauf

* 22. September 1977 in Heidenheim an der Brenz

1984 – 1988	Grundschule in Heidenheim
1988 – 1997	Hellenstein-Gymnasium Heidenheim
17.06.1997	Abitur am Hellenstein-Gymnasium
1998 – 1999	Technische Universität Karlsruhe Studium Wirtschaftsingenieurwesen
1999 – 2000	Universität Ulm, Studium Zahnmedizin
2002 – 2006	Universität Tübingen, Studium Human- und Zahnmedizin
09.06.2006	Examen Zahnmedizin Universität Tübingen
2006 – 2007	Praktisches Jahr
08.11.2007	Examen Humanmedizin Universität Tübingen
2008	Assistenzarzt Klinik für MKG-Chirurgie, Universitätsklinik Tübingen
2009 – 2013	Assistenzarzt Klinik für MKG-Chirurgie, Universitätsklinik Kiel
29.05.2013	Anerkennung Facharzt Ärztekammer Schleswig- Holstein