Danube Private University Krems
Österreich

ICX-templant® Implantate
Ein klinischer Vergleich mit der Fragestellung
„Ist ein preiswertes Implantat weniger erfolgreich?“

Masterthesis
zur Erlangung des akademischen Grades
„Master of Science Orale Chirurgie / Implantologie“ (M.Sc.)

vorgelegt:
2016

von:
Dr. med. dent. Oliver Stupar

Prüfer: Prof. Dr. Dr. Dr. Christian Foitzik

INHALTSVERZEICHNIS

1 EINLEITUNG 1

1.1 GRUNDLAGEN ... 1
1.2 ENTWICKLUNG DER IMPLANTOLOGIE ... 1
1.3 IMPLANTAT UND OSSEOINTEGRATION ... 6
1.3.1 STADIUM1: WUNDHEILUNG UND GEFLECHTKNOCHENKALLUSBILDUNG ... 6
1.3.2 STADIUM 2: LAMELLÄRE VERDICHTUNG UND UMBAUVORGÄNGE ... 7
1.3.3 STADIUM 3: REIFUNG DES KNOCHENS ... 7
1.4 STABILITÄTSGRAD ... 8
1.5 OSSEOINTEGRATION ... 8
1.5.1 FIBROOSSÄRE EINHEILUNG ... 8
1.5.2 OSSEOINTEGRATION ... 9
1.5.3 BIOINTEGRATION ... 9
1.6 ERFOLGSKRITERIEN DENTALER IMPLANTATE ... 10
1.6.1 DEFINITION DES IMPLANTATERFOLGES ... 10
1.6.2 PERIIMPLANTITIS UND KNOCHENRESORPTION IN DER IMPLANTATTHERAPIE ... 14
1.6.3 PHYSIOLOGISCHE KNOCHENRESORPTION ... 16

2 SYSTEMBESCHREIBUNG 18

2.1 MAKRODESIGN ... 18
2.2 WERKSTOFFE ... 20

3 BESONDERHEITEN DES ICX-IMPLANTATSYSTEMS 22

3.1 MEDENTIS MEDICAL ... 22
3.2 DAS ICX-TEMPLANT® IMPLANTAT ... 23

4 FRAGESTELLUNG 26

5 MATERIAL UND METHODE 27

5.1 STUDIENDESIGN ... 27
5.2 RETROSPEKTIVE AUSWERTUNG ... 27
5.3 EINSCHLUSSKRITERIEN ... 27
5.4 AUSSCHLUSSKRITERIEN ... 28
5.5 KLINISCHES VORGEHEN ... 28
5.6 PATIENTENSPEZIFISCHE FAKTOREN ... 28
5.7 IMPLANTATSPEZIFISCHE FAKTOREN ... 29

6 ERGEBNISSE 31

6.1 IMPLANTATÜBERLEBENSZEIT ... 31
6.2 PATIENTENSPEZIFISCHE FAKTOREN ... 31
6.2.1 ALTER UND GESCHLECHT ... 31
6.2.2 PATIENTENSPEZIFISCHE RISIKOFAKTOREN ... 32
6.2.3 MUNDHYGIENESTATUS ... 33
6.3 IMPLANTATSPEZIFISCHE ANALYSE ... 35
6.3.1 KLASSIFIKATION DES RADIOLOGISCHEN KNOCHENABBAUS NACH SPIEKERMANN 1994 . 35
6.3.2 IMPLANTATDURCHMESSER ... 35
6.3.3 IMPLANTATLÄNGE ... 36
6.3.4 PERIIMPLANTÄREN KNOCHENABBAUS ZWISCHEN OBERKIEFER UND UNTERKIEFER ... 37
6.3.5 PERIIMPLANTÄRER KNOCHENVERLUST ZUM ZEITPUNKT DER NACHUNTERSUCHUNG ... 38
6.3.6 KNOCHENABBAU UND DAUER DER EINHEILZEIT ... 38
6.3.7 BETRACHTUNG DES IMPLANTATERFOLGES NACH DEN RADIOLOGISCHEN KATEGORIEN VON SPIEKERMANN 1994 ... 41
6.3.8 BEWERTUNG DES IMPLANTATERFOLGES NACH DER PISA CONSENSUS CONFERENCE .. 43

7 DISKUSSION 44

8 ZUSAMMENFASSUNG 48

9 SUMMARY 49

10 LITERATURVERZEICHNIS 50

11 LEBENSLAUF 56

12 VERSICHERUNG AN EIDES STATT 57

13 MARKENRECHTLICHER HINWEIS UND INTERESSENKONFLIKT 58

13.1 MARKENRECHTLICHER HINWEIS 58

13.2 INTERESSENKONFLIKT 58

14 DANKSAGUNG 59

15 ANHANG 60

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

ABBILDUNG 1: PIONIERE DER IMPLANTOLOGIE TEIL 1 (EIGENE DARSTELLUNG) 2
ABBILDUNG 2: ITI UND SEINE GRÜNDUNGSMITGLIEDER (EIGENE DARSTELLUNG) 5
ABBILDUNG 3: PIONIERE DER IMPLANTOLOGIE TEIL 2 (EIGENE DARSTELLUNG) 5
ABBILDUNG 5: UNTERKLASSEN DER INTRAOSSÄREN DEFEKTE DER KLASSE I (EIGENE DARSTELLUNG) 14
ABBILDUNG 6: FLACHES BLATTIMPLANTAT MIT EINER FESTEN BRÜCKE ALS SUPRAKONSTRUKTION (RÖNTGENBILD MIT FREUNDLICHER ÜBERLASSUNG AUS DEM PRIVATARCHIV VON PROF. DR. DR. DR. CH. FOITZIK, 2015) ... 18
ABBILDUNG 7: PANORAMARÖNTGENAUFNAHME VON HISTORISCHEN ZAHNIMPLANTATEN AUS 1976/77: SUBPERIOSTALES IMPLANTAT IM OBERKIEFER (METHODE CHERCHÈVE). IN DER UNTEREN ECKZAHNREGION ZWEI DREIBEINE AUS TANTALNADELN (NACH PRUIN) SOWIE ZWEI STABILISIERTE KLINGENIMPLANTATE (NACH HEINRICH) (DENTISTXXX, 1978) 19
ABBILDUNG 8: MARKTANTEIL DER IMPLANTATFIRMEN IN DEUTSCHLAND IM JAHR 2013 22
ABBILDUNG 9: VERFÜGBARE DURCHMESSER UND LÄNGEN DES ICX-TEMPLANT® IMPLANTATS 23
ABBILDUNG 10: FEATURES AT A GLANCE ICX-TEMPLANT® QUELLE: MEDENTIS MEDICAL, 2015 24
ABBILDUNG 11: ÜBERSICHT ÜBER DIE ICX-TEMPLANT IMPLANTATE IM MAßSTAB 1,25:1 (MEDENTIS, 2012) 25
ABBILDUNG 12: ICX CHIRURGIEBOX (MEDENTIS, 2014) 25
ABBILDUNG 13: ALTER DER IMPLANTATE 31
ABBILDUNG 14: GESCHLECHTERVERTEILUNG DER PATIENTEN IN DEN VERSCHIEDENEN ALTERSGRUPPEN 32
ABBILDUNG 15: ANZAHL DER PATIENTEN MIT RISIKOFAKTOREN 33
ABBILDUNG 16: PLAQUEINDEX DER PATIENTEN UNTERSCHIEDEN NACH GESCHLECHT 34
ABBILDUNG 17: PATIENTEN UND DEREN MAXIMALER PSI-WERT UNTERSCHIEDEN NACH GESCHLECHT 34
ABBILDUNG 18: EINTEILUNG DER IMPLANTATE IN DIE KATEGORIEN NACH SPIEKERMANN 1994 35
ABBILDUNG 19: MITTLERER KNOCHENABBAU IN MM IM VERHÄLTNIS ZUM IMPLANTATDURCHMESSER 36
ABBILDUNG 20: MITTLERER KNOCHENABBAU IN MM IM VERHÄLTNIS ZUR IMPLANTATLÄNGE 37
ABBILDUNG 21: MITTLERER KNOCHENABBAU IN MM IM OBER- UND UNTERKIEFER 37
ABBILDUNG 22: MITTLERER KNOCHENABBAU IN MM IM VERHÄLTNIS ZUM ALTER DER IMPLANTATE 38
ABBILDUNG 23: MITTLERER KNOCHENABBAU IN MM IN ABHÄNGIGKEIT VON DER EINHEILZEIT 39
ABBILDUNG 24: MITTLERER KNOCHENABBAU IN MM BEI PARODONTIS IN DER VORGESCHICHTE 40
ABBILDUNG 25: MITTLERER KNOCHENABBAU IN MM IM VERHÄLTNIS ZU RAUCHERN 40
ABBILDUNG 26: MITTLERER KNOCHENABBAU IN MM BEI VORHANDENEN RISIKOFAKTOREN 41
ABBILDUNG 27: EINTEILUNG DER PATIENTEN IN DIE RADIOLOGISCHEN KATEGORIEN NACH SPIEKERMANN 1994 41
ABBILDUNG 28: PARETODIAGRAMM ZUR EINTEILUNG DER IMPLANTATE IN DIE KATEGORIEN NACH SPIEKERMANN 1994 42
ABBILDUNG 29: BEWERTUNG DES IMPLANTATERFOLGS GEMÄß DER PISA CONSENSUS CONFERENCE 43

TABELLENVERZEICHNIS

TABELLE 1: ERFOLGSKRITERIEN FÜR ENOSSALE DENTALE IMPLANTATE (EIGENE DARSTELLUNG) 11
TABELLE 2: KLASSIFIKATION GEMÄß DER PISA CONSENSUS CONFERENCE 12
TABELLE 3: PLAQUEINDEX (A. MOMBELLI ET AL., 1987) 15
TABELLE 4: KLASSIFIKATION RADIOLOGISCHER KNOCHENVERLUST (SPIEKERMANN, 1994) 17
TABELLE 5: IMPLANTATEINTEILUNG ANHAND DER STRUKTUREBENEN 20
TABELLE 6: CHEMISCHE EIGENSCHAFTEN VERSCHIEDENER TITANKLASSEN (MEDENTIS, 2015A) 20
TABELLE 7: MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN VERSCHIEDENER TITANKLASSEN (MEDENTIS, 2015A) 21
TABELLE 8: EINTEILUNG DER REGIONEN (EIGENE DARSTELLUNG) 29

1 EINLEITUNG

1.1 GRUNDLAGEN

Implantatgetragener Zahnersatz hat in den letzten Jahren einen immer größer werdenden Stellenwert in der Zahnmedizin bekommen. Im Jahr 2015 wurden in Deutschland ungefähr 1 Million Implantate gesetzt (Griess, 2015).

Unter *Dentaler Implantologie* wird die Insertion künstlicher Zahnwurzeln in den ortsständigen Kieferknochen verstanden, um damit verlorengegangene oder nicht angelegte Zähne zu ersetzen (Daniel Buser & Belser, 1998).

Das Wort Implantologie leitet sich ab vom lateinischen -im-: „hinein“, -planta-: „Steckling “ und altgriechisch -logie-: „die Wissenschaft eines Fachgebietes“.

Implantate dienen dabei als Einzelzahnersatz oder Brückenpfeiler für festsitzenden Zahnersatz oder als Pfeiler für herausnehmbaren Zahnersatz.

Es ist eine effektive Technik um teilbezahnte oder total zahnlose Kiefer prothetisch zu versorgen (Brånemark, 1977).

1.2 ENTWICKLUNG DER IMPLANTOLOGIE

Die Geschichte der zahnärztlichen Implantologie kann weit bis in die vorchristliche Zeit zurückverfolgt werden. Bei genauer Betrachtung sind die ersten als implantologisch bezeichneten Behandlungen zu dieser Zeit Replantationen oder Transplantationen von autogenen, allogenen oder xenogenen Zähnen oder Zahnmaterialien (Watzek & Mailath-Pokorny, 2000).

Skelettfunde aus altägyptischen, südamerikanischen und römischen Kulturkreisen vermitteln Behandlungsversuche mit alloplastischen Materialien wie Muschelkalk, Elfenbein, Rinderknochen oder Metallen (Olivier & Kreusser, 2009).

Ein gefundener gallisch-römischer Schädel aus dem Ersten Jahrhundert nach Christus (Chantambre, Essone, France) zeigt eines der ersten alloplastischen Eisen-Implantate.

Der Behandler, der dieses Implantat fertigte nutzte den Originalzahn als Modell. Das 2000 Jahre alte Implantat war in einer anatomisch richtigen und funktionsfähigen Position inseriert worden und zeigte eine echte Osseointegration im Kieferknochen (Crubzy, Murail, Girard, & Bernadou, 1998).

Die ersten alloplastischen Implantate der Neuzeit waren Sofortimplantate, die nach einer Extraktion in das Zahnfach eingebracht wurden.

Jourdan und Magiolo beschrieben 1807 in Ihrem Buch ‚Manual d´art dentaire', einen enossalen Implantationsversuch. Sie implantierten in eine leere, frische Alveole ein konisches Goldrohr und fixierten dieses mit einer vierarmigen Kralle (Greenfield, 2008).

Die weitere Geschichte der Implantologie verläuft als Erfahrungsberichte in freier Praxis tätigen Zahnärzten, Praktikern und ersten Pionieren der Implantologie.

Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts erschien eine Reihe von Publikationen, in welchen Versuche mit verschiedenen Implantatformen und Materialien beschrieben wurden.

Bedeutende Namen sind hier: Mitscherlich 1863, Younger 1886, Harris 1887, Perry 1888, Frantzen 1889, Frank 1891, Znamenski 1891(Olivier & Kreusser, 2009).

1886 präpariert Younger als einer der Ersten eine künstliche Alveole zur Aufnahme eines Spätimplantates (Watzek & Mailath-Pokorny, 2000).

Harris setzt 1887 Platinwurzeln in leere Alveolen (Olivier & Kreusser, 2009).

1913 setzt Greenfield ein korb- und wurzelförmiges Hohlimplantat aus einer Platin-Iridium Legierung als enossales Implantat ein, was als Vorläufer der noch verwendeten Hohlzylinderimplantate interpretiert werden kann.

Dag setzt 1933 ein Schraubenimplantat aus Gold als endständigen Pfeiler, der 10 Jahre eine Brücke getragen haben soll (Olivier & Kreusser, 2009).

1937 verwendet Schneider Elfenbein als Implantataußenhülle mit einem Goldröhrchen zur Aufnahme eines Stiftzahnes.

Strock erzielt 1939 an der Harvard University USA wesentliche Erkenntnisse über das histologisches Einheilverhalten allogener Implantate aus rostfreiem Vitallium (Chrom-Kobalt–Molybdän) mit konischem Schraubendesign (Strock, 1939).

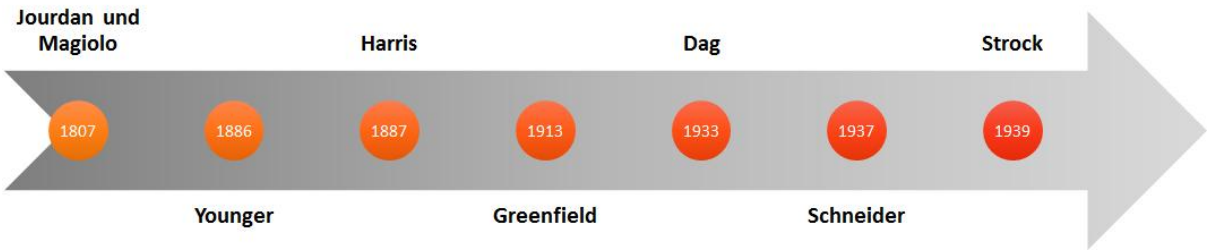


Abbildung 1: Pioniere der Implantologie Teil 1 (Eigene Darstellung)

1947 entwickelt Formiggini eine heliokoidale Schraube aus Tantal und beschrieb eine Knochenapposition nach zwölfjähriger Einheilzeit.

Schraubenimplantate und Spiralimplantate fanden ihre Anwendung in vielen Variationen und Modifikationen der äußeren Geometrie.
Bedeutende Namen sind hier: Zepponi 1955, Chercheve 1957, Perron 1957, Lee 1959, Lehmans 1959, Lee 1960, Lehmans 1960, 1961, Chercheve 1962, Jeanneret 1962, Scialom 1962, Chercheve 1963,Tramonte 1963, Linkow 1966, Tramonte 1966, Muratori 1969, Flohr 1973 (Olivier & Kreusser, 2009).
Scialom 1962 entwickelte erstmals ein dreibeiniges Triploid-Implantat aus Tantal mit einer Kappe aus Teflon (Olivier & Kreusser, 2009).
1974 veränderte Pruin aus Bremen das Konzept von Scialom mit sechs bis acht Nadelimplantaten (Nadelstraße) im interforaminalen Bereich und verblockte diese mit einem Metallsteg. Diese Technik war eine der Vorläufermethode aller analogen Verfahren.
Parallel zu diesen Schritten entwickelte Dr. Gustav Dahl, ein Zahnarzt aus Schweden im Jahr 1942 neben dem Konzept der enossalen Implantaten ein System der Subperiostalimplantate zwischen Periost und Knochen in Form eines Drahtnetzes aus einer Platin-Iridium-Legierung.
Auf Subperiostale Implantate wird in der vorliegenden Arbeit nicht weiter eingegangen, da aufgrund hoher Misserfolgsraten diese in der zahnärztlichen Chirurgie nicht weitergeführt wurden (Olivier & Kreusser, 2009; Spiekermann, 1994; Watzek & Mailath-Pokorny, 2000).
Um eine möglichst große Kontaktfläche mit dem Knochen zu erreichen, entwickelte Chercheve 1962 enossale Spiralimplantate.
1968 entwickelte Linkow ein enossales, blattförmiges Implantat, ein sogenanntes Blattimplantat (Extensionsimplantat). Des Weiteren entwickelte Linkow zusätzlich selbstschneidende Schraubenimplantate, sogenannte Vent-plants. Diese Implantate wurden erstmals auch aus Titan hergestellt und erreichten weltweite Erfolge.
Die Form des Blattimplantats und des Schraubenimplantats fand in vielen Variationen und Weiterentwicklungen große Bedeutung.
Hierzu gibt es einige bekannte Namen: Grafelmann und Brand 1970, Kanth 1971, Pasqualini 1971, Herskovits 1974, Julliett 1974, Koch 1974, Spahn 1977, Fagan 1981, Schlegel 1981, Scortecci, 1984. (Olivier & Kreusser, 2009).
1951 wies Leventhal auf die gute Eignung von Titan als künstliches Material zum Knochenersatz hin (Watzek & Mailath-Pokorny, 2000).

Auf der Basis der Grundlagenforschung zur Geweberegeneration am Kaninchenknochen erkannte eine Arbeitsgruppe um Per-Ingvar Brånemark die hohe Akzeptanz von Titan im Knochengewebe und prägte 1966 den Begriff der Osseointegration.
Brånemark entwickelte 1964 ein zweiphasiges Implantatsystem und behandelt den ersten Patienten.
1977 wird der Begriff Osseointegration geprägt (Brånemark, 1977). Brånemark verstand darunter den *„lichtmikroskopisch direkten funktionellen und strukturellen Verbund zwischen dem organisierten lebenden Knochen und der Oberfläche eines körperfremden alloplastischen Materials“* (Brånemark, 1977).
1982 präsentierte Brånemark in Toronto das Prinzip der Osseointegration an Titanimplantate. Er sorgte durch die Entdeckung und den Nachweis der Osseointegration für den bedeutendsten Fortschritt in der Implantologie.
Andre Schroeder aus Bern erforschte 1976 zur selben Zeit die gute biologische Kompatibilität des additiv aufgerauten Titans und wandte erstmals das Titan-Plasma-Spritzverfahren (TPS) an.
Aus der Zusammenarbeit mit dem Institut Straumann ist das Internationale Team für Orale Implantologie, kurz ITI entstanden.
Während zahlreiche kieferchirurgische Ordinarien der Implantologie eher abweisend gegenüber standen, gründeten 1980 die fünf Kliniker Andre Schroeder, Phillipp Ledermann und Wilfried Schilli mit seinen Mitarbeitern Herbert Niederdellmann und Gisbert Krekeler mit Reinhard Straumann diese Arbeitsgruppe.
Sie entwickelte das bis heute auf dem Markt existierende ITI–Implantatsystem, ein einzeitiges Hohlzylinder- bzw. Hohlschrauben-Implantat. Der Vorteil war, dass kein Zweiteingriff zur Freilegung der Implantate notwendig war (Olivier & Kreusser, 2009).

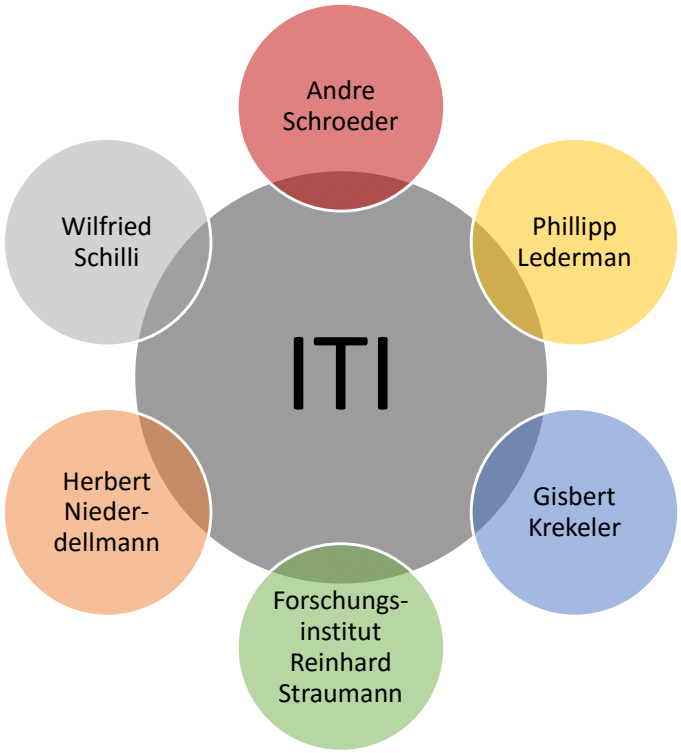


Abbildung 2: ITI und seine Gründungsmitglieder (Eigene Darstellung)

ITI ist heute eine der führenden wissenschaftlichen Gesellschaften auf dem Gebiet der oralen Implantologie und hat den Weg hin zum wurzelanalogen Vollkörperimplantat aus Titan, wie dieses heute überwiegend zum Einsatz kommt, forciert und mitbegründet.

Parallel dazu wurde im Auftrag der Landesregierung Baden-Württembergs das erste neuzeitliche Sofortimplantat aus Keramik entwickelt, welches den Alveolarkamm erhielt und Hart- und Weichgewebe-Atrophien vermeiden konnte. Das Tübinger Sofortimplantat wurde 1977 von Willi Schulte weltweit eingeführt.

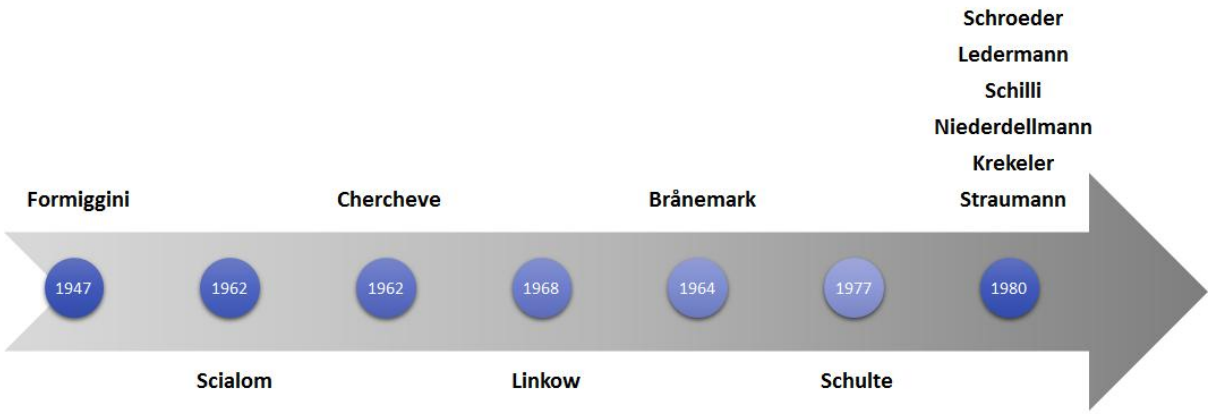


Abbildung 3: Pioniere der Implantologie Teil 2 (Eigene Darstellung)

Weitere bedeutende Namen sind Koch und Kirsch 1977 mit dem IMZ Implantat, Hartmann mit dem Frialit-2 Implantat und Nentwig und Moser mit dem NM Implantat, später Ankylos Implantat 1986.
Viele weitere Entwicklungen führten dazu, dass bis heute über 150 Implantatfirmen auf dem Markt vertreten sind (Köhler, 2012).
Den endgültigen Durchbruch in der Klinischen Anwendung erhielt die Implantologie 1982 durch die offizielle Anerkennung der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde als wissenschaftliche Therapie (Spiekermann, 1994).

1.3 IMPLANTAT UND OSSEOINTEGRATION

Der Einheilvorgang von Implantaten wird in der Literatur durch verschiedene Begriffe beschrieben.
Osborn und Newesley beschreiben die Kontakt- und Distanzosteogenese um eine Beziehung zwischen Implantatoberfläche und dem Knochengewebe während der Einheilphase darzustellen (Osborn & Newesley, 1980).
Marx und Garg (Marx & Garg, 1998) beschreiben die osseophyllische, osteokonduktive und osteoadaptive Phase der Einheilung.
Albrektsson und Johansson entwickelten die Begriffe Osteoinduktion, Osteokonduktion und Osseointegration (Albrektsson & Johansson, 2001).
Davies bezeichnete die drei Phasen der Implantateinheilung als Osteokonduktion, de novo Knochenbildung und Knochenremodeling (Davies, 2003).
Grundsätzlich kann die Implantateinheilung in drei Stadien unterteilt werden.

1.3.1 STADIUM1: WUNDHEILUNG UND GEFLECHTKNOCHENKALLUSBILDUNG

Nach der Implantatinsertion kommt es zu einem initialen Hämatom im periimplantären Gewebe (Brånemark, 1985).
Das Fibrinnetz, das die Implantatoberfläche bedeckt, bildet mit Hilfe des Blutgerinnungsfaktors 13 eine Leitschiene für die Zellmigration, die sogenannte exsudative Phase (Bagambisa, Kappert, & Schilli, 1994).
Thrombozyten, die an die Implantatoberfläche adherieren, sezernieren Zytokine und Wachstumsfaktoren.
Das chirurgische Trauma der Implantation führt unter dem Einfluss von Entzündungsmediatoren wie Interleukinen und Prostaglandin zu einer Fremdkörperreaktion auf nekrotisches Knochenmaterial an der Implantatoberfläche.

Die Aktivierung von Makrophagen und Granulozyten führen zu einer Bildung von Granulationsgewebe (resorptive Phase).
Durch die Resorptionsvorgänge werden Wachstumsfaktoren, bone morphogenetic proteins (BMPs) freigesetzt die chemotaktisch auf mesenchymale Stammzellen wirken, die zu Präosteoblasten und Osteoblasten differenzieren.
Integrine und Oberflächenproteine lagern sich an der Implantatoberfläche an (Lind, 1996). Bereits sechs Tage nach einer Implantation wird erstes Osteoid gebildet. Dieser Vorgang kann als Osteoinduktion oder osseophyllische Phase bezeichnet werden (Lind, 1996; Marx & Garg, 1998).
In der zweiten Woche nach Implantatinsertion beginnt die Geflechtknochenbildung als knöcherner Kallus ausgehend von intakten endostalen und periostalen Oberflächen, ähnlich der Spaltheilung bei Frakturen (Schenk & Buser, 1998; Watzek & Mailath-Pokorny, 2000).
Sie wird als Distanzosteogenese genannt (Osborn & Newesley, 1980). Des Weiteren lagern sich Knochenzellen an die Implantatoberfläche an und bilden neuen Knochen sogenannte Kontaktosteogenese (Osborn & Newesley, 1980). Das Implantat wird durch ein zentripetales Wachstum des umliegenden Knochens integriert.
Die Prozesse der Kontakt- und Distanzosteogenese verlaufen parallel (Davies, 2003) und werden vom Implantattyp und Implantatoberfläche beeinflusst (Puleo & Thomas, 2006).

1.3.2 STADIUM 2: LAMELLÄRE VERDICHTUNG UND UMBAUVORGÄNGE

An der Geflechtknochenstruktur werden mehrere lamelläre Knochenstrukturen durch Osteoblasten aufgelagert, die zu einer Stabilisierung des Implantats und Sklerosierung des Umfeldes führen (Watzek & Mailath-Pokorny, 2000).
Die Umbauvorgänge von periimplantären Geflechtknochen in Lamellenknochen werden auch als Knochen-Remodelling bezeichnet (Davies, 2003).
Die Kontaktzone zwischen Implantat und Knochen sollte zu diesem Zeitpunkt nicht mehr verändert werden. Die Knochenneubildung beträgt nun einen Mikrometer pro Tag (Spiekermann, 1994). Bei einer periimplantären Spaltbreite von 30-50 Mikrometer ergeben sich unbelastete Einheilphasen von drei bis vier Monaten.

1.3.3 STADIUM 3: REIFUNG DES KNOCHENS

Nach der Einheilphase erfolgt eine Anpassungs- und Reifungsphase des implantatnahen Knochens, die etwa ein Jahr nach der Implantation abgeschlossen scheint

(Neukam, Scheller, & Günay, 1989). Abhängig von der Funktion, der Belastung und dem Alter des Patienten kann es zu einer Verstärkung der Knochenstruktur kommen, periimplantäre Sklerosierung genannt oder bei einer Überlastung zu einer periimplantären Resorption des periimplantären Knochens (Watzek & Mailath-Pokorny, 2000). Abhängig von den Scher-, Zug- und Druckkräften kommt es lebenslang zu einer Anpassung der Knochenstruktur. Ein eingeheiltes Implantat ist nicht automatisch ein belastungsfähiges Implantat (Schenk & Buser, 1998).

1.4 STABILITÄTSGRAD

Die Verankerung eines Implantates im Knochen wird in drei Stabilitätsstufen eingeteilt:

1) die Primärstabilität unmittelbar nach der Implantatinsertion
2) die Sekundärstabilität als Zustand nach der knöchernen Einheilung und
3) die Tertiärstabilität, welche als Stabilität unter funktioneller Integration und Belastung definiert ist (Friberg, Sennerby, Roos, & Lekholm, 1995).

1.5 OSSEOINTEGRATION

Nach der Implantatinsertion gibt es drei Reaktionsmöglichkeiten des Knochens gegenüber dem eingebrachten dentalen Implantat: die fibroossäre Einheilung, die Osseointegration oder die Biointegration.

1.5.1 FIBROOSSÄRE EINHEILUNG

Zwischen Implantat und Knochen bildet sich eine bindegewebige Kontaktzone aus. Die Entwicklung der Blattimplantate mit vergrößerter Kontaktoberfläche durch Linkow waren die ersten erfolgreich inserierten Titan-Implantate mit einem Pseudodesmodont (Grafelmann & Brandt, 1970). Diese bindegewebige Kontaktzone hat keinerlei Ähnlichkeit mit dem Desmodont eines natürlichen Zahnes und unterliegt einer damit verbundenen Infektanfälligkeit.

Albrektsson bezeichnet es als wenig differenziertes Narbengewebe, das durch physiologische Krafteinwirkungen überlastet werden kann (Lindhe, Karring, & Lang, 1999). Einige Autoren bezeichnen diese Einheilungsform heute als Misserfolg und als Indikation für eine Implantatentfernung (Watzek & Mailath-Pokorny, 2000).

1.5.2 OSSEOINTEGRATION

Brånemark definierte die Osseointegration als die direkte strukturelle und funktionelle Anlagerung von geordnetem, lebendem Knochen an die Oberfläche eines lasttragenden Implantats ohne Weichgewebsnachweis auf lichtmikroskopischem Niveau mit Erhalt dieser Verbindung unter Funktion (Brånemark, 1977).

Später wurde der Begriff Osseointegration von Zarb 1987 durch eine funktionelle Definition ersetzt: *„Osseointegration ist ein Prozess, der eine klinisch asymptomatische, starre Fixierung eines alloplastischen Materials ergibt und diese auch unter funktioneller Belastung aufrechterhält“* (Zarb, Zarb, & Schmitt, 1987).

Schwarz und Becker beschrieben die Inkorporation einer nicht biologischen Komponente in das menschliche Skelett mit der Fähigkeit zur funktionellen endo- und exoprothetischen Belastbarkeit (Schwarz et al., 2007).

Folgende Faktoren fördern die Osseointegration (Watzek & Mailath-Pokorny, 2000):

- eine atraumatische chirurgische Präparation des Implantatbettes
- eine möglichst exakte Passung des Implantates zum Implantatbett
- eine gute Qualität des umgebenden Knochengewebes
- eine ausreichende funktions- und belastungsfreie Einheilzeit von drei bis sechs Monaten
- eine gleichmäßige Implantatbelastung in der Funktionsphase

Der direkte Knochen-Implantat-Kontakt wird auch als funktionelle Ankylose bezeichnet (Schroeder, Pohler, & Sutter, 1976).

1.5.3 BIOINTEGRATION

Die Biointegration wird als eine Sonderform der Osseointegration bezeichnet. Sie beschreibt die Einheilung bioaktiver Materialien. Zu dieser Materialgruppe gehören Calciumphosphate, Hydroxylapatit, und Glaskeramiken, die auf Implantatoberflächen zur Anwendung kommen. Durch osteoinduktive Implantatoberflächen wird der Knochen dazu angeregt in den Zwischenraum (Mikrospalt) zwischen Implantat und Knochen dichter und schneller einzuwachsen (Davies, 2003; Watzek & Mailath-Pokorny, 2000).

1.6 ERFOLGSKRITERIEN DENTALER IMPLANTATE

Entscheidend für eine erfolgreiche Implantation ist die knöcherne Einheilung des gesetzten Implantats. Dafür sind wiederum verschiedene Voraussetzungen notwendig (Haider, Watzek, & Plenk, 1993):

- Es sollte ein ausreichend großes Volumen an intaktem Knochen vorhanden sein, um eine grundlegende Primärstabilität des Implantates zu gewährleisten.
- Die Knochenmanschette, welche das Implantat umgibt sollte in allen Richtungen 1 bis 2 mm betragen.

1.6.1 DEFINITION DES IMPLANTATERFOLGES

Der Implantatverlust als ausschließliches Kriterium des Misserfolges einer Implantation ist nicht ausreichend, trotz des Umstandes, dass dieser der einzige Parameter ist, der eindeutig feststellbar ist.

Unter den folgenden, allgemeinen Eigenschaften kann eine Implantattherapie als erfolgreich eingestuft werden (Watzek & Mailath-Pokorny, 2000):

- Gute Funktion, Kauen
- Gewebephysiologie, Aufrechterhaltung der Osseointegration,
- Fehlen von Schmerzen oder anderen pathologischen Prozessen
- subjektive Zufriedenheit (Ästhetik, Wohlempfinden)

In den letzten Jahren wurden verschiedene Kriterien aufgestellt, mit deren Hilfe die Bewertung der Erfolgsrate dentaler Implantate vorgenommen werden kann.

Die auf der National Institutes of Health Consensus Development Conference 1978 vorgestellten Erfolgskriterien beinhalten folgende Anforderungen:

- Die Implantatmobilität sollte weniger als 1mm und der Knochenabbau weniger als ein Drittel der Implantatlänge betragen.
- Eine gute Okklusion und vertikale Dimensionen sind Voraussetzung.
- Das periimplantäre Bindegewebe sollte entzündungsfrei sein.
- Erfolgsraten ab 75% nach fünf Jahren gelten als Erfolg.

Diese Kriterien werden in dieser Kombination nicht mehr als allgemeine Richtlinien gesehen. Tabelle 1 stellt dar wie unterschiedlich und zahlreich Erfolgsdefinitionen von verschiedenen Autoren aufgestellt wurden

Tabelle 1: Erfolgskriterien für enossale dentale Implantate (Eigene Darstellung)

Referenz	(Naert, Quirynen, van Steenberghe, & Darius, 1992) und (Snauwaert, Duyck, van Steenberghe, Quirynen, & Naert, 2000)	(Albrektsson, 1986)	(D. Buser, Weber, & Lang, 1990)	(Jahn & d'Hoedt, 1992)
Lockerungs-grad	Periotestwert < +8	0	0	< 1
Überlebens-rate	> 75% nach 5 Jahren	> 85% nach 5 Jahren > 80% nach 10 Jahren	n.z.	n.z.
Röntgen-befund	Keine periimplantäre Radiotransluzenz	Röntgenologische periimplantäre Transluzenz	Keine persistierende periimplantäre Radiotransluzenz	Das Implantat darf keinen zweiseitig durchgehenden Spalt breiter als 0,5mm radiologisch aufweisen
Klinischer Befund	Es bestehen keine bleibenden und/oder irreversiblen Symptome wie Schmerz, Infektion und Parästhesien. Es findet sich keine Implantatfraktur. Das Implantat muss zum prothetischen Ersatz herangezogen sein.	Es bestehen keine bleibenden und / oder irreversiblen Symptome wie Schmerz, Infektion, Neuropathie, Parästhesie und / oder Verletzungen der Nachbarstrukturen Der vertikale Knochenabbau ist kleiner als 0,2mm nach dem ersten Jahr der Liegedauer	Es bestehen keine bleibenden und / oder irreversiblen Symptome wie Schmerz, Dysästhesie und / oder Fremdkörpergefühl. Keine periimplantäre Infektion mit putrider Sekretion	Sulkussondierungstiefe von 4mm darf bei 2 aufeinanderfolgenden Kontrollen nicht überschritten werden. Die subjektive Bewertung des Implantates durch den Patienten, darf nach dem deutschen Schulnotensystem 3 nicht überschreiten Der anguläre Knochendefekt darf nicht mehr als 30% des konstruktiv enossalen Implantabschnitts betragen

Auf der Pisa Consensus Conference 2007 wurden vier Kategorien zur Klassifikation für Implantate vorgegeben (Misch et al., 2008), wie die Darstellung in Tabelle 2 zeigt.

Tabelle 2: Klassifikation gemäß der Pisa Consensus Conference
Quelle: Eigene Darstellung nach Inhalten von (Misch et al., 2008)

Klasse	Bezeichnung	Beschreibung
A	**Success (optimum Health)**	• weder Schmerz noch Druckempfindlichkeit bei funktioneller Belastung • keine Mobilität • kleiner 2mm röntgenologischer Knochenabbau seit Implantation • keine Exsudation
B	**Satisfactory survival**	• kein Schmerz bei funktioneller Belastung • keine Mobilität • 2-4mm röntgenologischer Knochenabbau • keine Exsudation
C	**Compromised survival**	• Empfindlichkeit bei funktioneller Belastung • keine Mobilität • 4mm röntgenologischer Knochen-abbau, doch weniger als 50% der Implantatlänge
D	**Failure**	• Schmerz bei funktioneller Belastung • Mobilität • röntgenologischer Knochenabbau mit mehr als der halben Implantatlänge • Implantat nicht prothetisch versorgbar (Sleeper) • Implantat nicht mehr in Situ

In dieser Kategorisierung werden periimplantäre Gewebezustände zwischen den Stadien A bis D unterschieden und bewertet.

Allgemein werden Implantatmisserfolge gegliedert in:

- Mechanische Misserfolge, wie zum Beispiel Frakturen und Defekte an Materialkomponenten und Implantaten.
- Biologische Misserfolge, wie Mukositis und Periimplantitis. Hier kann der Wirtsorganismus keine dauerhaft erfolgreiche Osseointegration ausbilden und diese unter Funktion aufrecht erhalten (Lang & Karring, 1994).

Man unterscheidet die primären, frühen Misserfolge innerhalb der Einheilphase vor der Prothetischen Versorgung, von den sekundären oder späten Misserfolgen, nach der prothetischen Rehabilitation unter Belastung.
Iatrogene Misserfolge sind eine Fehlposition oder Verletzungen von wichtigen anatomischen Strukturen und erfordern oft eine Entfernung des Implantats.
Weiterhin gibt es Misserfolge der Adaptation des Patienten an seine implantatprothetische Versorgung.
In Klinischen Studien ermittelte Überlebens- und Erfolgsraten werden zur Bewertung von Implantatsystemen herangezogen.
Die Überlebensrate gibt den prozentualen Anteil der Implantate an, die sich zu einem bestimmten Zeitpunkt noch in situ befinden an. Hier kann auch die „In Situ Rate“ verwendet werden.
Als statistisches Verfahren zu einer Überlebenszeit- oder Verweildaueranalyse von Implantatsystemen wird oftmals die Kaplan-Meier-Methodik oder die Überlebenskurve nach dem Verfahren von Cutler und Ederer angewendet (Watzek & Mailath-Pokorny, 2000).
Das Ergebnis dieser Analysen ist etwas aussagekräftiger, da die Wahrscheinlichkeit eines Implantatverlusts entsprechend seiner Liegezeit berechnet wird. Allerdings finden hier periimplantäre Hart- und Weichgewebe und der qualitative Zustand der Implantate keine Bewertung (Neukam et al., 1989; Watzek & Mailath-Pokorny, 2000).
Die in der Literatur angegebenen Erfolgs- und Überlebensraten für dentale Implantate sind aufgrund der unterschiedlichen Bewertungskriterien nur bedingt vergleichbar. Die Erfolgs- und Überlebensraten schwanken daher zwischen 61% und 98% (Brocard et al., 2000; Weibrich et al., 2001).
In wissenschaftlichen Untersuchungen besteht bis heute Einigkeit darüber, dass die Bestimmung des periimplantären Knochenabbaus anhand guter intraoraler Röntgenbilder den sichersten Befund gegenüber anderen parodontalen Indizes zur Bewertung eines Implantatmisserfolges darstellt (Watzek & Mailath-Pokorny, 2000).

1.6.2 PERIIMPLANTITIS UND KNOCHENRESORPTION IN DER IMPLANTATTHERAPIE

Die periimplantäre Mukositis als reversible Entzündung, die auf das periimplantäre Weichgewebe beschränkt bleibt, wird differenziert von der Periimplantitis betrachtet, die zusätzlich eine progressiv verlaufende Entzündung des umgebenden Knochens einschließt (Lang & Karring, 1994).

Klinisch lassen sich verschiedene Defektmorphologien von periimplantären Läsionen unterscheiden. Es werden intraossäre Defekte (Klasse I) von horizontalen, supra-krestalen Defekten (Klasse II) abgegrenzt.

Die intraossären Defekte, Klasse I werden in fünf Unterklassen nach Schwarz eingeordnet, wie in Abbildung 4 gezeigt.

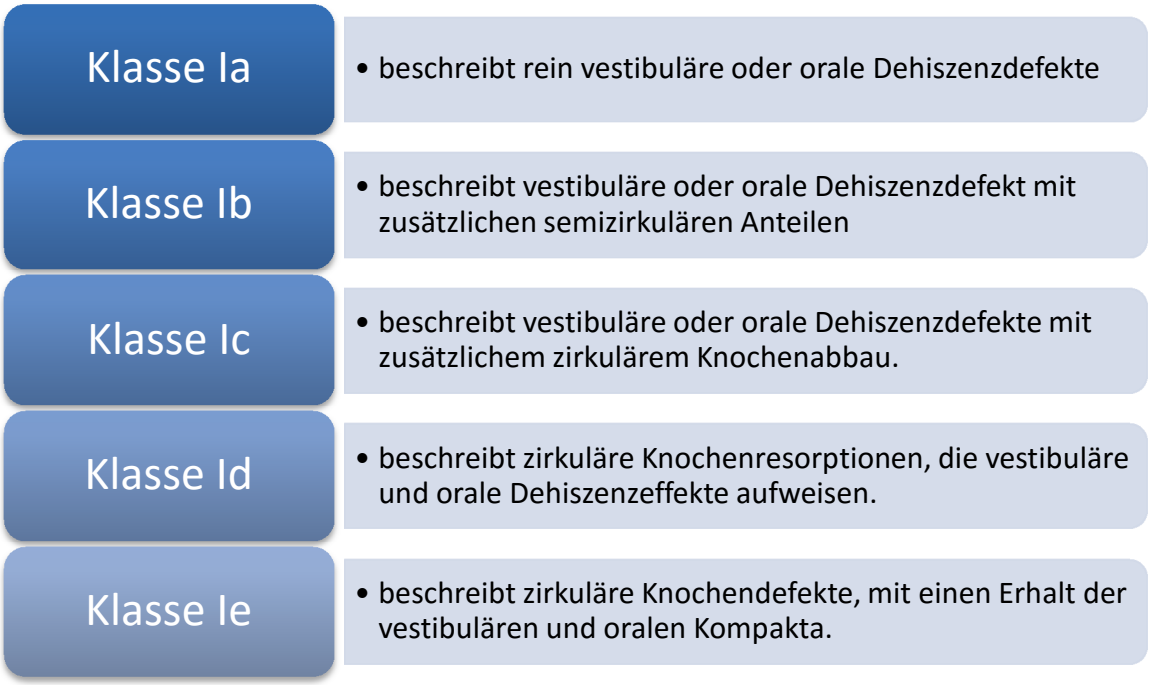


Abbildung 4: Unterklassen der intraossären Defekte der Klasse I (Eigene Darstellung)

Intraossäre (Klasse I) und horizontale, suprakrestale (Klasse II) Defekte können auch kombiniert auftreten. Die häufigsten zirkulären Knochendefekte treten mit intakter vestibulärer und oraler Kompakta auf (Schwarz et al., 2007).

Für die Entstehung einer Periimplantitis wird eine Früh- von einer Spätkomplikation unterschieden.

Frühkomplikationen entstehen durch Hitzenekrosen während der Präparation, Wundheilungsstörungen bei Augmentationen, gelockerte Sekundärteile und mechanische Überbelastung in der Einheilphase (D. Buser et al., 1990).

Spätkomplikationen können in den letzten Jahren im Zusammenhang mit Biofilmen auf Titanoberflächen gebracht werden (Becker, Becker, Newman, & Nyman, 1991; A. Mombelli, Buser, & Lang, 1988).
Die Adhäsion spezifischer Mikroorganismen an beschichteten Titanoberflächen unterscheidet sich signifikant im Vergleich zur Schmelzoberfläche (Edgerton, Lo, & Scannapieco, 1996; Steinberg, Sela, Klinger, & Kohavi, 1998).
In mehreren Studien konnte dargestellt werden, dass eine erhöhte bakterielle Plaquerate die Periimplantitisentstehung unterstützt und fördert (Andrea Mombelli & Lang, 1998; Zitzmann, Abrahamsson, Berglundh, & Lindhe, 2002).
Die Bestimmung der Plaquemenge kann durch den modifizierten Plaqueindex nach Mombelli erfasst werden (A. Mombelli, Oosten, Schürch, & Lang, 1987). Die festgelegten Werte von 0 bis 3 sind in Tabelle 3 definiert.

Tabelle 3: Plaqueindex (A. Mombelli et al., 1987)

Index	Beschreibung
0	keine Plaque
1	Plaque nur durch Abstreichen der Sonde am Implantathals
2	Plaque mit bloßem Auge erkennbar
3	Übermäßige Plaqueakkummulation

Ein wissenschaftlich diskutierter Risikofaktor für die Entstehung periimplantärer Entzündungen sind die periimplantären mukosalen Verhältnisse. Ein kausaler Zusammenhang ist nicht vollständig geklärt (Warrer, Buser, Lang, & Karring, 1995; Wennström, Bengazi, & Lekholm, 1994).
Höhere Implantatverlustraten durch Periimplantitis werden bei Rauchern uneinheitlich diskutiert (Baig & Rajan, 2007; Roos-Jansåker, Lindahl, Renvert, & Renvert, 2006).
Patienten mit weniger als 10 Zigaretten am Tag werden in Bezug auf Periimplantäre Implantatverluste wie Nichtraucher bewertet (Heitz-Mayfield, 2008).
Der Einsatz augmentativer Verfahren im Zusammenhang mit Periimplantitis und Implantatverlustraten wird zurzeit nicht ausreichend beantwortet.

1.6.3 PHYSIOLOGISCHE KNOCHENRESORPTION

An Implantaten können entzündliche von physiologischen Knochenresorptionen unterschieden werden. Wie an natürlichen Zähnen wird auch an Implantaten eine Biologische Breite definiert, welche die Distanz zwischen dem koronalsten Punkt des Saumepithels bis zum Alveolarknochen beschreibt.

Der dentogingivale Komplex schließt in Analogie zum natürlichen Zahn den periimplantären Sulkus mit ein (Schwarz et al., 2007).

Für die Entstehung einer stabilen Biologischen Breite sind suprakrestale Implantatoberflächen von mindestens 3mm notwendig (Berglundh & Lindhe, 1996). Wenn diese Distanz unterschritten wird kommt es zu einer physiologischen periimplantären Knochenresorption.

Des Weiteren spielt der Einfluss der Länge des maschinierten Halsbereiches an Implantaten eine weitere Rolle für initiale physiologische Resorptionen (Hermann, Buser, Schenk, & Cochran, 2000; Jung, Han, & Lee, 1996). Im Gegensatz dazu zeigten Implantate mit einem nur 0,4mm maschinierten Halsbereich keine Anzeichen für Resorptionen im periimplantären Alveolarknochen (Schwarz, Herten, Bieling, & Becker, 2008).

Die Möglichkeit eines Platform Switching an der Implantat-Abutment-Verbindung kann am Übergangsbereich zwischen kestalem Knochen und Implantat einen physiologischen Knochenabbau reduzieren (Maeda, Miura, Taki, & Sogo, 2007; Schrotenboer, Tsao, Kinariwala, & Wang, 2008; Yang & Maeda, 2013).

Zur Beurteilung der Knochensituation im periimplantären Bereich wird die radiologische Untersuchung als Routineverfahren angewendet.

Konventionelle Zahnfilmaufnahmen mit Paralleltechnik bilden den Limbus alveolaris ohne Verzerrung ab und die approximalen Bereiche um Implantate können deutlich dargestellt werden (Schwarz et al., 2007).

Mit geringerem Auflösungsverhalten als ein Zahnfilm kann die Orthopantomographie (OPTG) als Basisdiagnostik eingesetzt werden. Nachteile sind die exzentrische Führung des Zentralstrahls im Prämolarenbereich und die geringere Schichtdicke in der Frontzahnregion.

Mit einer Strahlenbelastung von 6 bis 8 Orthopantomogrammen ermöglicht die digitale Volumentomographie eine erweiterte, dreidimensionale Darstellung von Hartgewebe. Sie findet aber als Diagnostik für periimplantäre Defekte seltener Anwendung (Schwarz et al., 2007).

Tabelle 4 zeigt die Klassifikation des radiologisch erfassbaren Knochenverlusts in vier Kategorien nach Spiekermann. Dabei wird der Knochenabbau in fortschreitende horizontale, vertikale und zirkuläre Defekte unterschieden.

Tabelle 4: Klassifikation Radiologischer Knochenverlust (Spiekermann, 1994)

Kategorie	Klinische / radiologische Kriterien
Klasse 1	Geringer horizontaler Knochenabbau mit geringem periimplantären Knochenabbau
Klasse 2	Mäßiger horizontaler Knochenabbau mit einzelnem vertikalen Defekt
Klasse 3	Mäßiger / Ausgeprägter horizontaler Knochenabbau mit breitem zirkulären Knochenabbau
Klasse 4	Ausgeprägter horizontaler Knochenabbau mit breitem zirkulären Knochenabbau

2 SYSTEMBESCHREIBUNG

Zu einem Implantatsystem gehören neben dem Implantat, ein genormtes chirurgisches Instrumentarium und prothetische Hilfsmittel.

2.1 MAKRODESIGN

Auf dem eigentlichen Implantat, auch als Fixtur bezeichnet, wird ein Verbindungspfosten eingepasst, der als Abutment bezeichnet wird. Auf das Abutment kann die endgültige Prothetik aufgebaut werden. Den Aufbau eines Implantats am Beispiel des ICX-templants® zeigt Abbildung 9.

Die Trennung von einem enossalen Anteil, der Fixtur und einem suprakrestalen Anteil, dem Abutment, führt zu einem zweiteiligen Implantat oder bei fester Verbindung beider Anteile zu einem einteiligen Implantat.

Mehrere Formen von enossalen Implantaten wurden entwickelt: Blattimplantate, Nadelimplantate, Zylinderimplantate, Stufenschrauben, Stufenzylinder und Zylinderschrauben (Watzek & Mailath-Pokorny, 2000). Einige historische Implantatformen sind in Abbildung 5 und Abbildung 6 zu sehen.

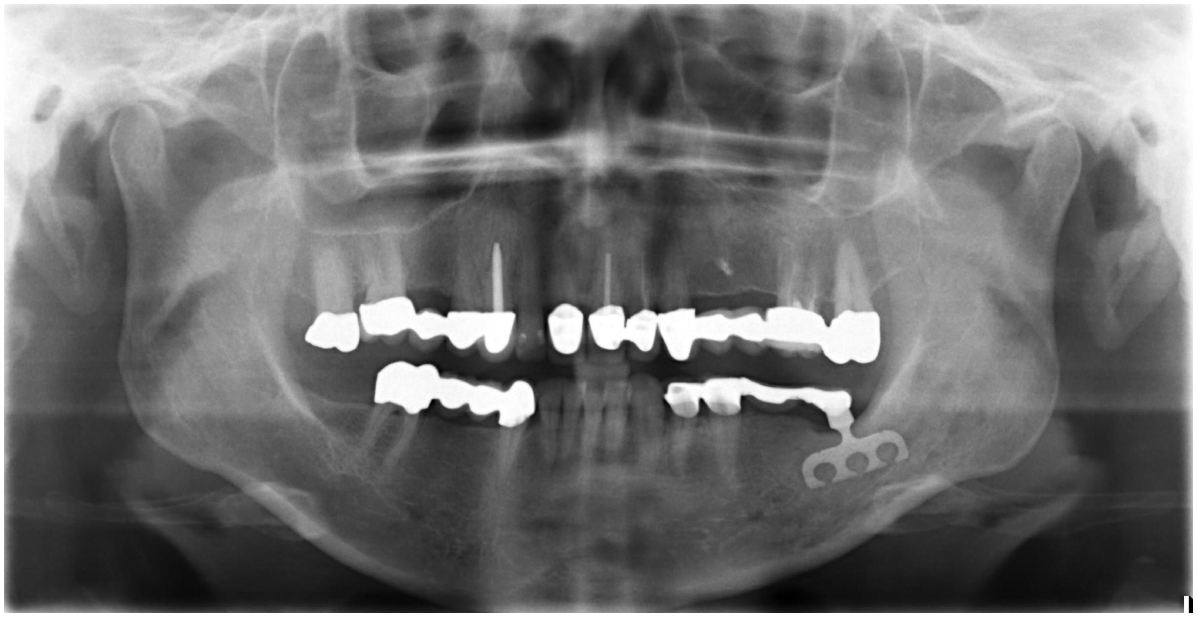


Abbildung 5: Flaches Blattimplantat mit einer festen Brücke als Suprakonstruktion (Röntgenbild mit freundlicher Überlassung aus dem Privatarchiv von Prof. Dr. Dr. Dr. Ch. Foitzik, 2015)

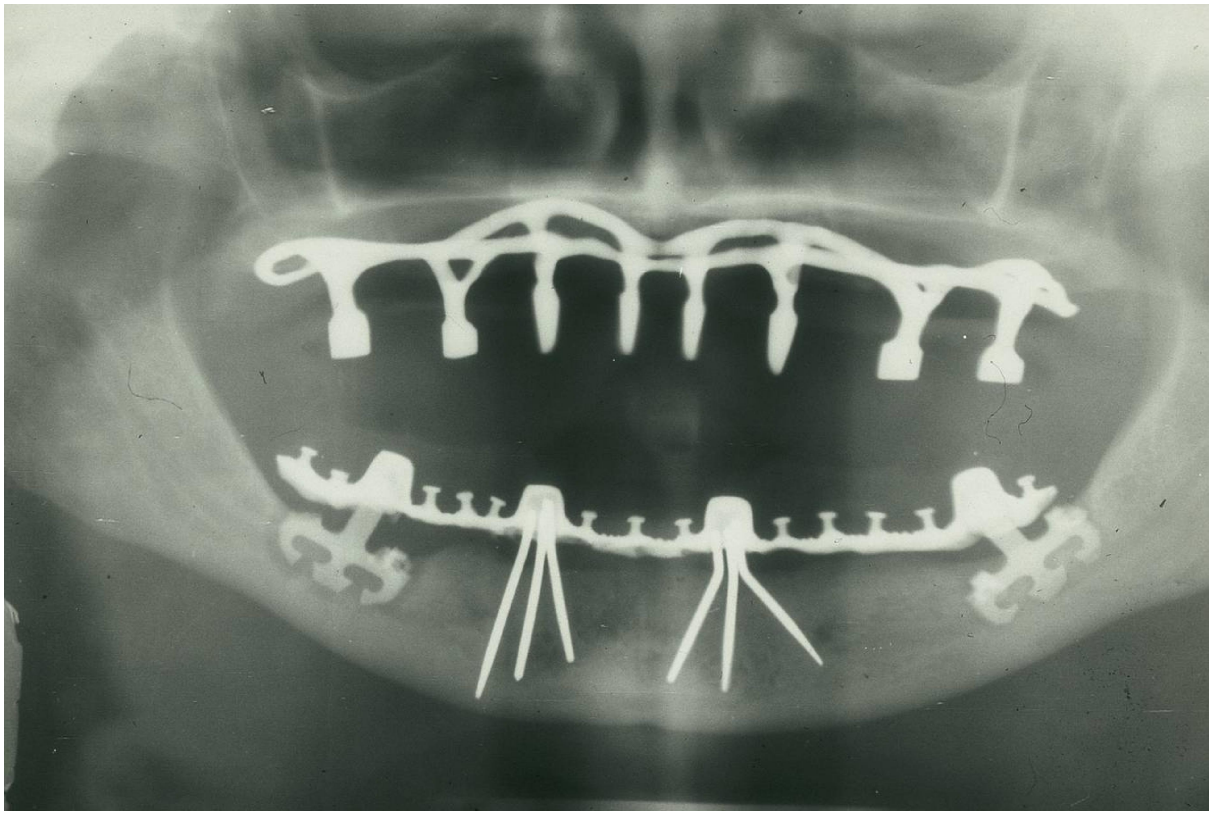


Abbildung 6: Panoramaröntgenaufnahme von historischen Zahnimplantaten aus 1976/77: Subperiostales Implantat im Oberkiefer (Methode Cherchève). In der unteren Eckzahnregion zwei Dreibeine aus Tantalnadeln (nach Pruin) sowie zwei stabilisierte Klingenimplantate (nach Heinrich) (Dentistxxx, 1978)

Als Implantatgrundform hat sich die Schraubenform als rotationssymmetrische Form in den vergangenen Jahren durchgesetzt.
Schraubenimplantate bieten die Möglichkeit einer einfachen und exakten Aufbereitung des Knochenlagers und ihrer Positionierung bei der Insertion
Im Falle eines Misserfolges können Schraubenimplantate ohne große Knochendefekte entfernt werden (Gutwald, Gellrich, & Schmelzeisen, 2010).
Zylinderimplantate sind zylindrisch geformt, ohne Schraubenwindungen und mit Haftung über die Implantatfläche oder Perforationen.
Wurzelförmige Implantate verjüngen sich apikal im Durchmesser und eignen sich bei geringen apikalen Platzverhältnissen und zur Sofortimplantation (Gutwald et al., 2010).
Die heute verbreiteten Implantate können gemäß Tabelle 5 in verschiedenen Strukturebenen eingeteilt werden.

Tabelle 5: Implantateinteilung anhand der Strukturebenen
Quelle: (Gutwald et al., 2010)

Strukturebene	Betrachtungsebene	
Makro-Struktur	Millimeter	Zylindrisch / Parallelwandig Gestufter Zylinder Konisch / zylindrisch-konisch Wurzelförmig
Mikro-Struktur	Mikrometer	**Additive Techniken** ▪ TPS (titanium plasma sprayed) ▪ HA (hydroxy apatite coated) ▪ Anodische Oxidation **Subtraktive Techniken** ▪ Sandstrahlung ▪ Säureätzung **Kombination**
Nano-Struktur	Nanometer	▪ Titanoxid ▪ Titanoxid fluoridangereichert ▪ Titanoxid phosphatangereichert

2.2 WERKSTOFFE

Die führenden Hersteller von Metallimplantaten verwenden heute Titan (Grad 2 bis 5) mit verschiedenen Oberflächenmodifikationen. Eine erhöhte Festigkeit wird durch Kaltverformung und Wärmebehandlung erreicht. Gelegentlich anzutreffende Legierungsanteile tragen zur höheren Härte bei und ermöglichen dadurch grazilere Implantatdurchmesser (Köhler, 2012).

Den Vergleich unterschiedlicher Titanklassen mit ihren chemischen und mechanischen Eigenschaften zeigen Tabelle 6 und Tabelle 7.

Tabelle 6: Chemische Eigenschaften verschiedener Titanklassen (medentis, 2015a)

Grade	C	Fe	O	H	N	Ti	V	Al	Sonstiges
Rein-Titan Grad 1	0,1	0,2	0,18	0,013	0,03	≥99,48	0	0	0
Rein-Titan Grad 2	0,1	0,3	0,25	0,013	0,03	≥99,31	0	0	0
Rein-Titan Grad 3	0,1	0,3	0,35	0,013	0,05	≥99,19	0	0	0
Rein-Titan Grad 4	0,1	0,5	0,4	0,013	0,05	≥98,94	0	0	0
Rein-Titan Grad 4 KV alle ICX-templant® Implantate	0,080	0,500	0,400	0,008	0,050	≥98,96	0	0	0
Titan Grad 5 Ti6Al4V	0,08	0,3	0,2	0,015	0,05	≥87,71	min. 3,5 max. 4,5	min. 5,5 max. 6,75	max. 0,4

Tabelle 7: Mechanische Eigenschaften verschiedener Titanklassen (medentis, 2015a)

Grade	Zugfestigkeit	0,2% Dehngrenze (Rp0,2)
Rein-Titan Grad 1	min. 240 MPa	min. 170 MPa
Rein-Titan Grad 2	min. 345 MPa	min. 275 MPa
Rein-Titan Grad 3	min. 450 MPa	min. 380 MPa
Rein-Titan Grad 4	min. 550 MPa	min. 483 MPa
Rein-Titan Grad 4 KV	min. 800 MPa	min. 700 MPa
Rein-Titan Grad 4 KV alle ICX-templant® Implantate	843 MPa	726 MPa
Titan Grad 5 Ti6Al4V	min. 860 MPa	min. 795 MPa

Titan ist ein primär unedles Metall, zeichnet sich durch ein hohes Elastizitätsmodul aus und bildet an Luft oder im Wasser spontan eine passivierende Titanoxiddeckschicht. Titan degradiert durch diese schützende Oxidschicht wenig. Allergien oder Abstoßungsreaktionen sind wenig beschrieben (Gutwald et al., 2010).

Da die chemische Zusammensetzung der Implantat-Titanoberflächen nahezu identisch ist, wird offensichtlich durch eine Veränderung der Oberflächentopografie Einfluss auf die Zellmodulation genommen (Gutwald et al., 2010).

Andere Werkstoffe konnten diese Anforderungen nicht bestätigen. Kunststoffe, Kobalt-Basis-Legierungen, Aluminiumoxid-Keramiken müssen inzwischen als historisch betrachtet werden oder sind gegenwärtig in neuen klinischen Prüfungen wie Zirkonkeramik (Gutwald et al., 2010).

Zirkonoxid stellt für den Dentalmarkt ein vielversprechendes biokompatibles Material dar. Es wird mit Yttrium partiell stabilisiert und durch eine Zugabe von Aluminiumoxid kann die Biegefestigkeit der Zirkonoxid Legierung nochmals gesteigert werden.

Eine weitere Entwicklung sind Materialmischformen wie eine Titan-Zirkonoxid-Legierung zum Beispiel Roxolid von Straumann. die eine bessere Osseointegration erreichen sollen (Gutwald et al., 2010).

3 BESONDERHEITEN DES ICX-IMPLANTATSYSTEMS

3.1 MEDENTIS MEDICAL

In Deutschland stehen momentan rund 100 Implantatsysteme zur Verfügung, welche sich in Implantatdesign, Abutmentausführungen, Oberflächenbeschaffenheit und dem Aufbereitungsinstrumentarium teilweise erheblich unterscheiden.

Im Folgenden wird das ICX-templant® Implantatsystem vorgestellt, welches Gegenstand dieser Studie ist.

Das ICX-templant® Implantat der Firma Medentis Medical GmbH aus Dernau ist seit 2004 in Deutschland auf dem Markt. Das Konzept von Zahntechnikermeister Alexander Scholz basiert auf der Strategie „Gute Qualität zu einem fairen Preis“.

Das Implantat inklusive Standard-Abutment wird seit über 10 Jahren für den gleichen Preis von ungefähr 120 Euro angeboten.

2015 verkaufte Medentis Medical international rund 200.000 Implantate (Medentis, 2015b) und steht in Deutschland neben den drei großen Marktführern auf dem vierten Platz wie Abbildung 7 zeigt.

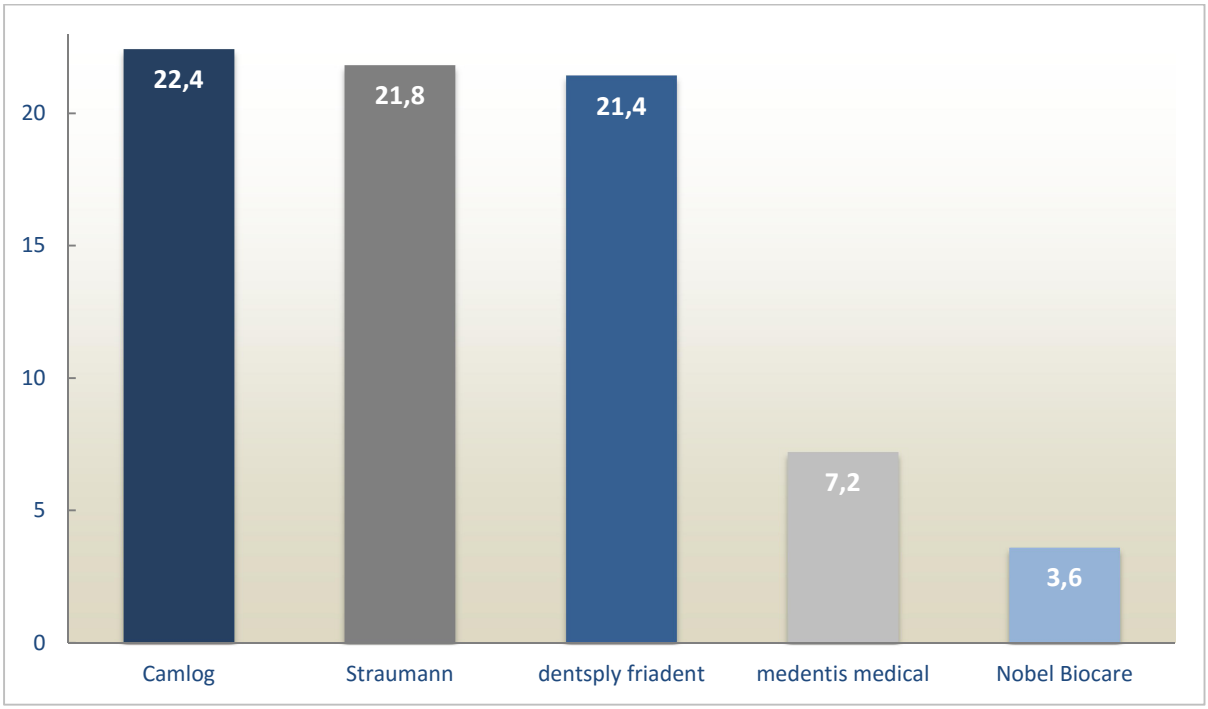


Abbildung 7: Marktanteil der Implantatfirmen in Deutschland im Jahr 2013
Quelle: Medentis Medical, 2015

3.2 DAS ICX-TEMPLANT® IMPLANTAT

Das in dieser Studie verwendete ICX-templant® Implantat ist in den in Abbildung 8 aufgeführten Durchmessern und Längen verfügbar.

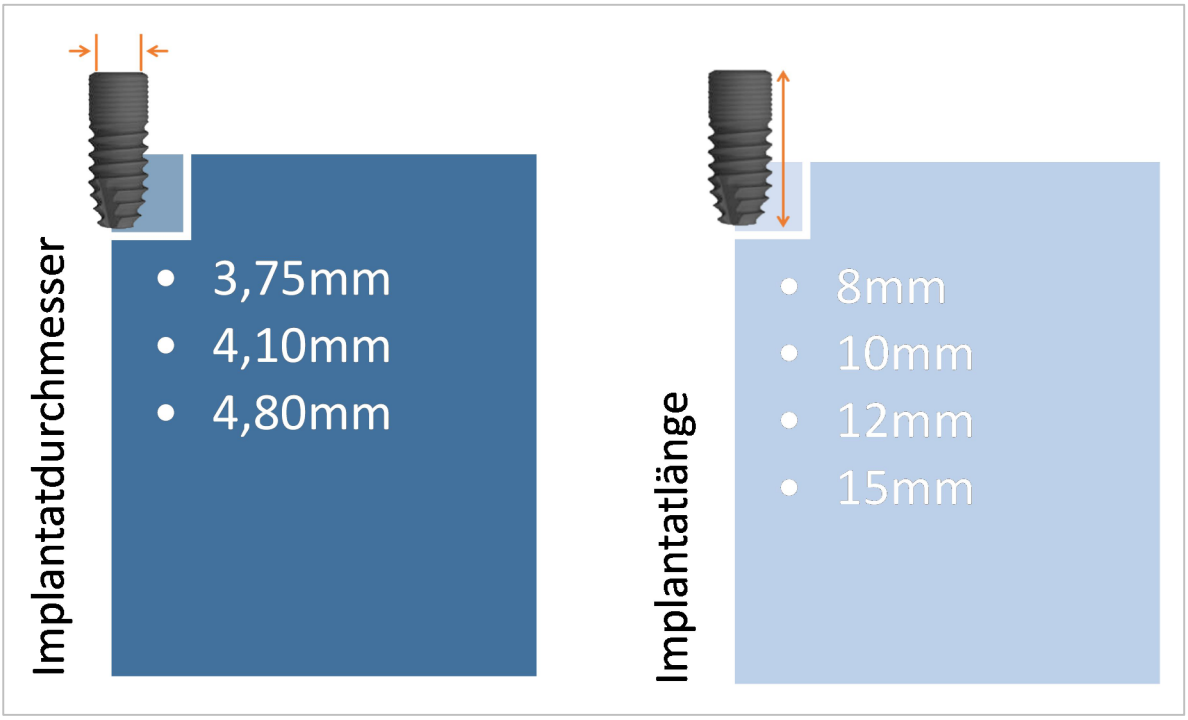


Abbildung 8: Verfügbare Durchmesser und Längen des ICX-templant® Implantats
Quelle: Medentis Medical, Eigene Darstellung

Das Implantatmaterial ist Reintitan Grad 4 nach ISO 5832-2 und ASTM F67 und kaltverformt. Durch die Kaltverformung soll das Titan eine höhere Zugfestigkeit erhalten (min. 800Mpa) und eine höhere Dehngrenze (min. 700 MPa) als ein für den Herstellungsprozess erhitztes Titan.

Beim ICX-templant® Implantat wird die primäre Mikrostruktur mit einem medizinischen Edelkorund sandgestrahlt und die sekundäre Mikrostrukturierung erfolgt durch eine Hochtemperatur-Ätzung. Beide Vorgänge werden präzisionsgesteuert. Die bimodale, osteophile Struktur bietet die Möglichkeit für eine initial gute Zelleinlagerung und soll die Osteoblasten während der Differenzierungsphase schützen. Die ICX-Oberfläche unterstützt die Osseointegration und zeigt ähnliche Eigenschaften wie andere Schrauben-Implantate dieser Gruppe (Schweikert et al., 2015).

Die Basis der ICX-Implantatgeometrie besteht aus einem zylindrischen Kern mit einem selbstschneidenden Makro-Gewinde, wie in Abbildung 9 zu sehen ist.

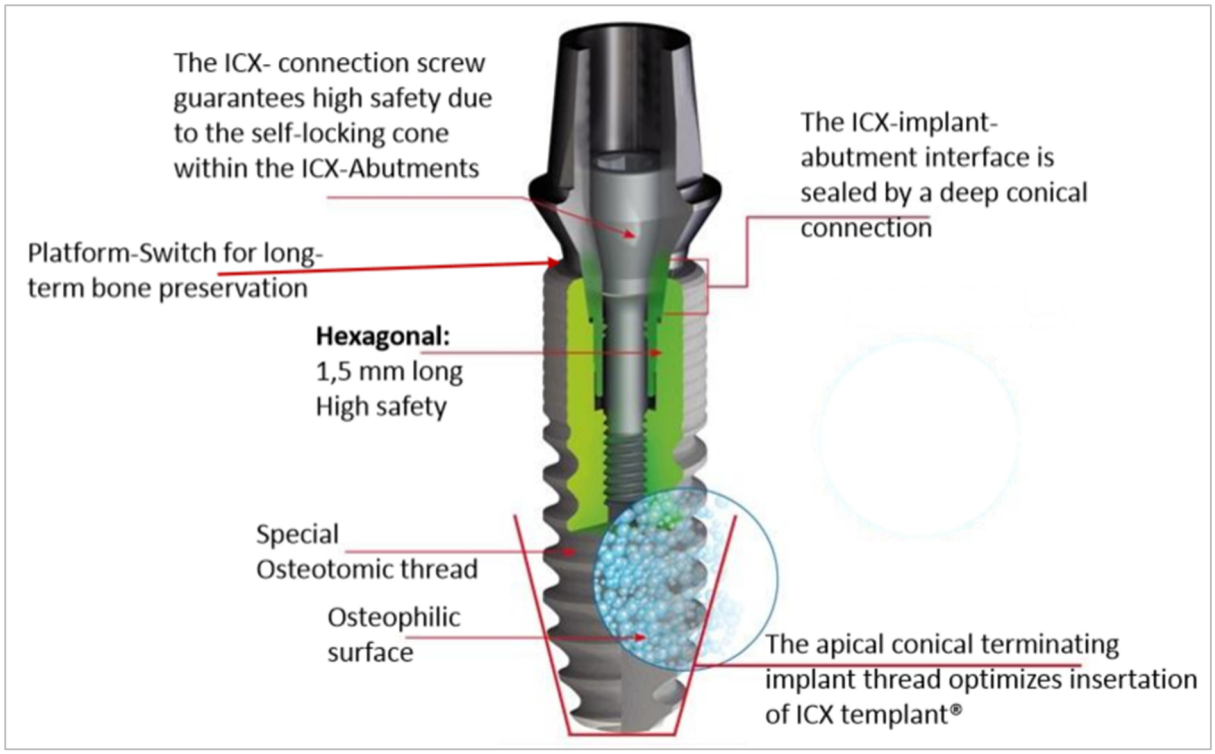


Abbildung 9: Features at a glance ICX-templant® Quelle: Medentis Medical, 2015

Am parallelen Implantathals befindet sich ein Mikrogewinde mit einer mikrorauen, leicht abgeschrägten Implantatschulter, welche die Anlagerung krestalen Knochens im Schulterbereich ermöglichen soll. Das Bone-Level-Implantatdesign mit Mikrogewinde im Bereich des Implantathalses stellt die Möglichkeit eines kortikalen Knochenkontaktes her und soll zu einer optimierten physiologischen Krafteinleitung in diesem Bereich führen.

Die Außengeometrie ist durch das nach apikal konisch verlaufende Implantatgewinde gekennzeichnet, welches für eine hohe Primärstabilität sorgt. Der mittlere bis obere Implantatbereich mit einem Kondensationsgewinde ermöglicht eine Verdichtung spongiösen Knochens.

Die Implantat-Abutment-Verbindung ist ein tiefer, interner Sechskant mit einem Konus von 22 Grad Öffnungswinkel. Statische und dynamische, laterale Kräfte, die auf das Abutment einwirken, werden von der gesamten Länge des Internal Conical Hex aufgenommen und an das Implantat weitergeleitet. Die Fertigungstoleranzen der Implantate sollen an den entscheidenden Punkten auf $\pm \frac{1}{100}$mm festgesetzt sein (Quelle: Firmenangaben Medentis).

Die ICX-templant® Implantate können für alle Indikationen verwendet werden. Einzelzahn, Brücken, Teleskopkronen, Konuskronen, Prothesen und Stegkonstruktionen sind möglich in Verbindung mit einer Sofortimplantation, verzögerte Sofortimplantation oder Spätimplantation.

Eine Übersicht über alle angebotenen ICX-templant® Implantate zeigt Abbildung 10.

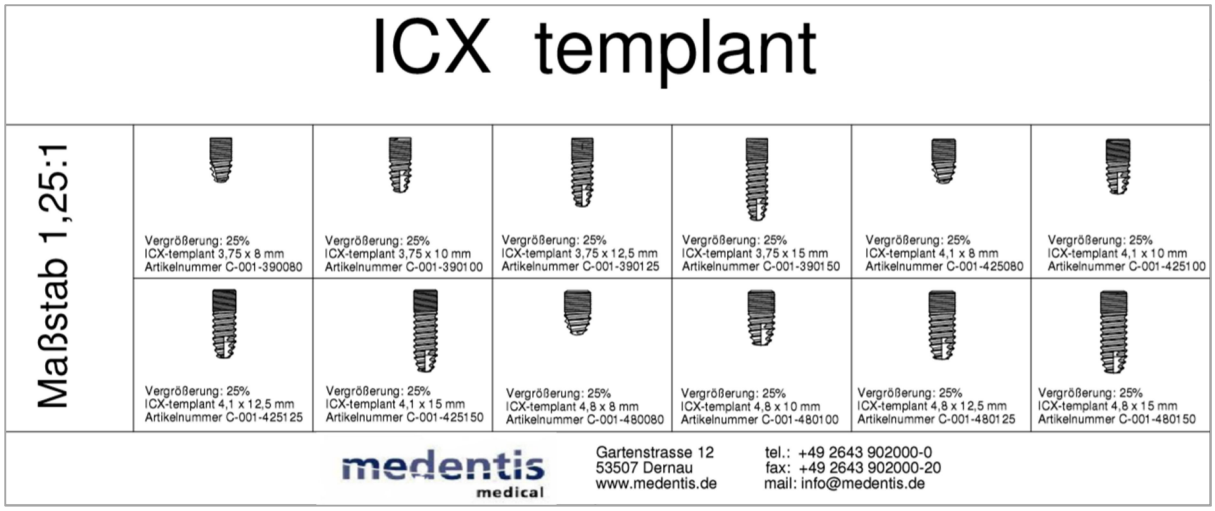


Abbildung 10: Übersicht über die ICX-templant Implantate im Maßstab 1,25:1 (Medentis, 2012)

Die Zweiteiligen ICX-templant® Implantate können für eine gedeckte Einheilung als auch für eine transgingivale Einheilung mit gingivaformenden Bauteilen erfolgen.

Ein erweitertes ICX-Multi-System soll die Anwendung des „All on Four"- oder „All on Six"-Konzeptes einer festsitzenden Brücke mit Sofortbelastung ermöglichen.

Es werden die Indikationsregeln des BDIZ EDI (Bundesverband der Implantologisch tätigen Zahnärzte in Europa e.V.) vorgegeben (medentis, 2015a).

In Abbildung 11 wird die von Medentis vorgeschlagene Chirurgiebox dargestellt.

Abbildung 11: ICX Chirurgiebox (Medentis, 2014)

4 FRAGESTELLUNG

Mit dieser retrospektiven Untersuchung sollte folgende Fragestellung beantwortet werden:

„Kann die Strategie „ein erschwingliches Implantatsystem für eine breite Bevölkerungsschicht“ einen unternehmerischen Erfolg gewährleisten und dabei gleichzeitig alle Anforderungen der Praxis und des Patienten erfüllen?“.

Um diese Frage weitreichend zu beantworten, wurden in der vorliegenden Arbeit verschiedene Aspekte des Implantaterfolgs genauer betrachtet.

Dazu wurden in die Bewertung die Einheilzeit, Zeitraum nach Implantatinsertion, bestehende Parodontopathien, augmentative Verfahren, Alter und Geschlecht der Patienten, Implantatlokalisation sowie Implantat-Durchmesser und -Länge bewertet.

In einem Zeitraum von ungefähr fünf Jahren wurden klinische und radiologische Verhältnisse nach Implantatinsertion unter den Routine-Bedingungen einer allgemeinen Zahnarztpraxis dokumentiert und ausgewertet.

Der Implantaterfolg des ICX-templant®-Systems wurde nach internationalen Kriterien kategorisiert und bewertet.

5 MATERIAL UND METHODE

5.1 STUDIENDESIGN

Bei dieser Arbeit handelt es sich um eine retrospektive Auswertung eines klinischen Datenbestandes.

5.2 RETROSPEKTIVE AUSWERTUNG

Bei den untersuchten Patienten handelt es sich um Patienten der Zahnarztpraxis für Implantologie, *J. Runge-Palermo u. Kollegen* aus München.
Sie wurden im Vorfeld der retrospektiven Untersuchung in dieser Praxis mit enossalen Implantaten versorgt.
Abhängig vom vorhandenen Knochenangebot erfolgte eine einzeitige oder zweizeitige Augmentation des Implantatlagers.
Bei den Augmentationen wurde dabei einheitlich für jedes Implantatlager xenogenes, bovines Knochenersatzmaterial verwendet, Bio-Oss® in Verbindung mit einer xenogenen, porkinen Membran, Bio-Gide®, von der Firma Geistlich.
Alle Implantate in dieser Patientengruppe wurden vom gleichen Behandler gesetzt.
Die Bone-Level-Implantate heilten alle subgingival ein und wurden durchgehend mit einer Bio-Gide® Membran, Firma Geistlich subgingival zum Schutz abgedeckt. Alle Implantate erhielten einen Knochenaufbau oder Knochenergänzung mit Bio-Oss®. Oftmals auch nur in geringem Ausmaß zur Nachcontourierung des Knochenlagers oder als zusätzliche Knochenstabilisierung der Implatatregion.
Die Suprakonstruktionen sind alle nach einer Freilegung der Implantate und offener Abformung vom gleichen Behandler eingegliedert worden.
Je nach lokalen Gegebenheiten und Möglichkeiten der Patienten wurde festsitzender oder herausnehmbarer Zahnersatz nach individuellen Anforderungen eingegliedert.

5.3 EINSCHLUSSKRITERIEN

In diese Untersuchung wurden alle Patienten einbezogen, die eine Versorgung mit dem gleichen Implantatsystem und dem gleichen Implantat-Typ bekamen.
Das Implantatsystem stammt von der Firma Medentis Medical und bei dem untersuchten Implantat handelt es sich um das ICX–templant®.

Alle Patienten dieser retrospektiven Untersuchung wurden in den Jahren 2010 bis 2012 implantiert und haben im vierten Quartal Jahr 2015 für eine ambulante Routinekontrolle in der Praxis ein Röntgenkontrollbild, das heißt ein Orthopantomogramm oder einen Zahnfilm anfertigen lassen.

5.4 AUSSCHLUSSKRITERIEN

In dieser vorliegenden Untersuchung sollte der Einfluss der unterschiedlichen implantatspezifischen und patientenspezifischen Faktoren auf den Implantaterfolg untersucht werden. Aus diesem Grunde wurden keine Ausschlusskriterien festgelegt.

5.5 KLINISCHES VORGEHEN

Die in den Jahren 2010, 2011 und 2012 mit einem ICX–templant® versorgten Patienten wurden im Rahmen regelmäßiger Routinekontrollsitzungen nach 6 bis 12 Monaten nachuntersucht.

Die Routinekontrolle, die bei Patienten im vierten Quartal 2015 durchgeführt wurde, ist für die retrospektive Untersuchung genutzt worden. Ziel war es, möglichst eine 5-Jahres-Überlebensrate mit einer ausreichenden Implantatanzahl dokumentieren zu können.

Auf einem standardisierten Untersuchungsbogen, abgebildet in Anhang 1, erfolgte die Erfassung der klinischen Untersuchungsergebnisse.

5.6 PATIENTENSPEZIFISCHE FAKTOREN

Bei allen Patienten erfolgte eine Erfassung der patientenspezifischen Faktoren:

- Alter
- Geschlecht
- allgemeine Erkrankungen
- parodontale Erkrankungen in der Vorgeschichte
- Rauchergewohnheiten

Die Bestimmung des modifizierten Plaqueindex nach Mombelli und die Sondierung der Restbezahnung mittels normierter WHO Sonde und das Erheben eines Parodontalen Screening Index (PSI) mit nicht mehr als 20N Druck dienen der patientenspezifischen parodontalen Basisdiagnostik. Hierbei wurde jeweils nur der höchste Wert notiert. Alle Patienten nahmen ein Recall mit Prophylaxe zwischen 6 und 12 Monaten in Anspruch. Die Kontrollen erfolgten regelmäßig nach dem Zeitpunkt der Implantatinsertion. Darüber hinaus sind einige Patienten langjährige Stammpatienten gewesen.

5.7 IMPLANTATSPEZIFISCHE FAKTOREN

Die Implantate wurden mit Typ, Durchmesser, Länge und Region dokumentiert.
Die Insertionsregion wurde für die Auswertung in 6 Gruppen zusammengefasst, die in Tabelle 8 zu sehen ist.

Tabelle 8: Einteilung der Regionen (Eigene Darstellung)

Gruppe	Region	Gruppe	Region	Gruppe	Region
1	14-17	2	13-23	3	24-27
4	34-37	5	33-43	6	44-47

Ein möglicher Knochenaufbau, mit Art des Materials einzeitig oder zweizeitig, mit oder ohne Membran und Membrantyp wurde ebenfalls auf dem Befundbogen erfasst.
Generell wurden Augmentationen mit Hilfe von eigenem Knochen oder Knochenersatzmaterial durchgeführt.
Knochenersatzmaterial war bei allen Augmentationen boviner Knochen, Bio-Oss® in Verbindung mit einer resorbierbaren, porkinen Kollagenmembran Bio-Gide®, beides von der Firma Geistlich.
Die periimplantären mukosalen Verhältnisse am Implantat wurden bei der Kontrolluntersuchung im vierten Quartal 2015 gesondert erfasst. Dafür wurden folgende Merkmale dokumentiert:

- Blutung auf Sondierung
- Sondierungstiefe in mm
- vorhandene keratinisierte Mukosa an den Implantaten
- mögliche Mukosarezessionen

Gemessen wurde an jeweils 4 Stellen am Implantat, mesial, distal, vestibulär und oral. Der jeweils höchste Wert wurde für eine Auswertung auf dem standardisierten Befundbogen dokumentiert. Die keratinisierte Mukosa sollte an allen vier Implantatpunkten vorhanden sein, um mit „ja“ beantwortet zu werden.
Die Suprakonstruktion wurde in eine herausnehmbare und festsitzende Kategorie eingeteilt. Bei der festsitzenden Versorgung wurde zwischen Krone und Brücke, bei der herausnehmbaren Versorgung zwischen Teleskopen und Locatoren unterschieden.

Alle röntgenologischen Untersuchungen, einmal direkt nach der Implantation und letzmalig im vierten Quartal Jahr 2015 wurden beide mit einem Orthopantomogramm durchgeführt und ausgewertet.
Der Vergrößerungsfaktor im Röntgenbild konnte bei der metrischen Analyse mit Hilfe der jeweils bekannten, vorhandenen Implantatlänge errechnet werden. Hierbei wurde der radiologische Knochenabbau der inserierten Implantate ab Implantatschulter in mm gemessen und dokumentiert.
Der Knochenverlust wurde nach Spiekermann unter Beachtung von Tabelle 4 in vier Grade eingeteilt.

6 ERGEBNISSE

6.1 IMPLANTATÜBERLEBENSZEIT

Von insgesamt 19 Patienten mit 43 ICX-templant® Implantaten befanden sich zum Nachuntersuchungszeitpunkt 2015 alle Implantate in einem funktionsfähigen, beschwerdefreien Zustand in situ. Der Zeitpunkt der ersten Implantatinsertion begann im Juli 2010 und der letzte Nachuntersuchungstermin war im November 2015.
Dreiviertel der gesetzten Implantate waren zum Untersuchungszeitpunkt zwischen 4 und 5 Jahren inseriert wie in Abbildung 12 zu sehen ist.

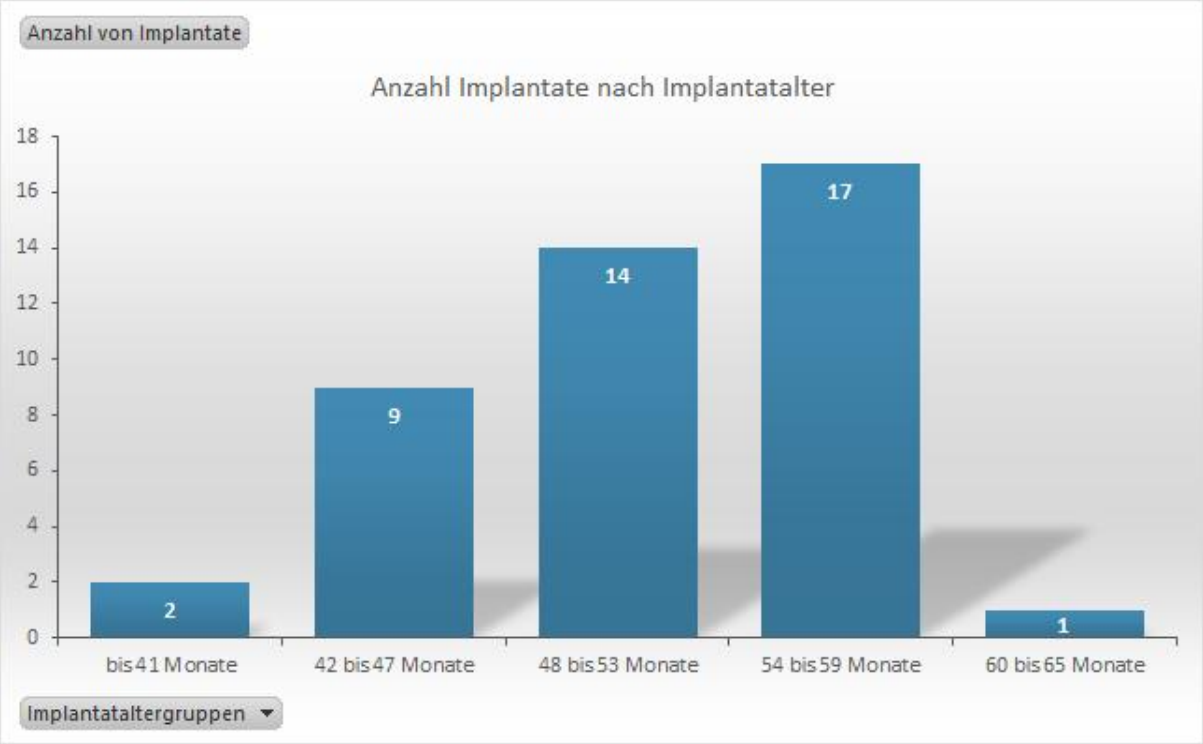


Abbildung 12: Alter der Implantate

6.2 PATIENTENSPEZIFISCHE FAKTOREN

6.2.1 ALTER UND GESCHLECHT

Von den 19 Patienten war die Geschlechterverteilung mit 10 Männer und 9 Frauen nahe 1:1. Der jüngste Patient war 45 Jahre und der älteste 81 Jahre. Die meisten Implantate wurden in der Altersgruppe 60-69 Jahren bei Männern gesetzt.

In Abbildung 13 ist zu sehen, dass in den höheren Altersgruppen ab 70 Jahren oder älter die Implantatzahlen bei Frauen deutlich dominieren. Männer sind in der Altersgruppe 80 oder älter gar nicht mehr vertreten.

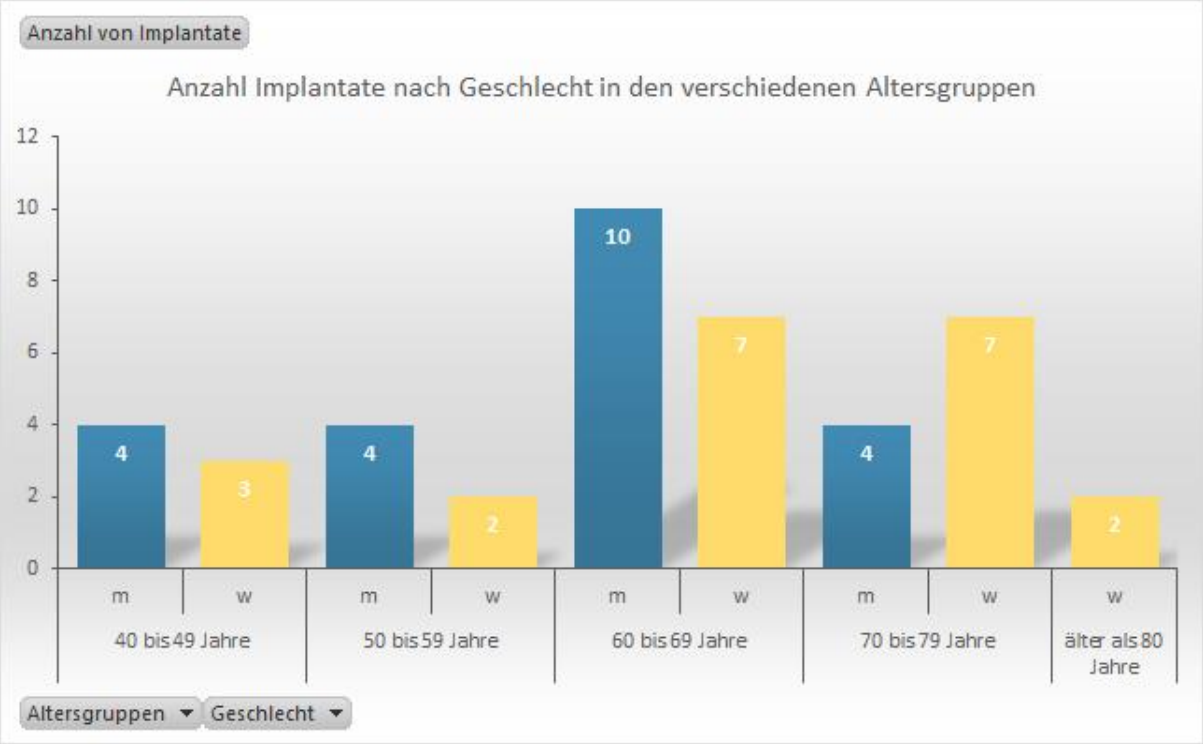


Abbildung 13: Geschlechterverteilung der Patienten in den verschiedenen Altersgruppen

6.2.2 PATIENTENSPEZIFISCHE RISIKOFAKTOREN

Auffallend in der Patientengruppe dieser Studie ist die hohe Anzahl an Implantat-Risikofaktoren in der Allgemeinanamnese.

Abbildung 14 zeigt, dass die implantatbeeinflussenden Vorerkrankungen Diabetes, Rheuma, Parodontitis, Raucher und Osteoporose (Gutwald et al., 2010; Watzek & Mailath-Pokorny, 2000), in dieser Studie bei dreiviertel der Patienten mindestens einmal vorhanden sind.

Der Aspekt der erhöhten Anzahl an Vorerkrankungen wird in der weiteren implantatspezifischen Analyse genauer betrachtet.

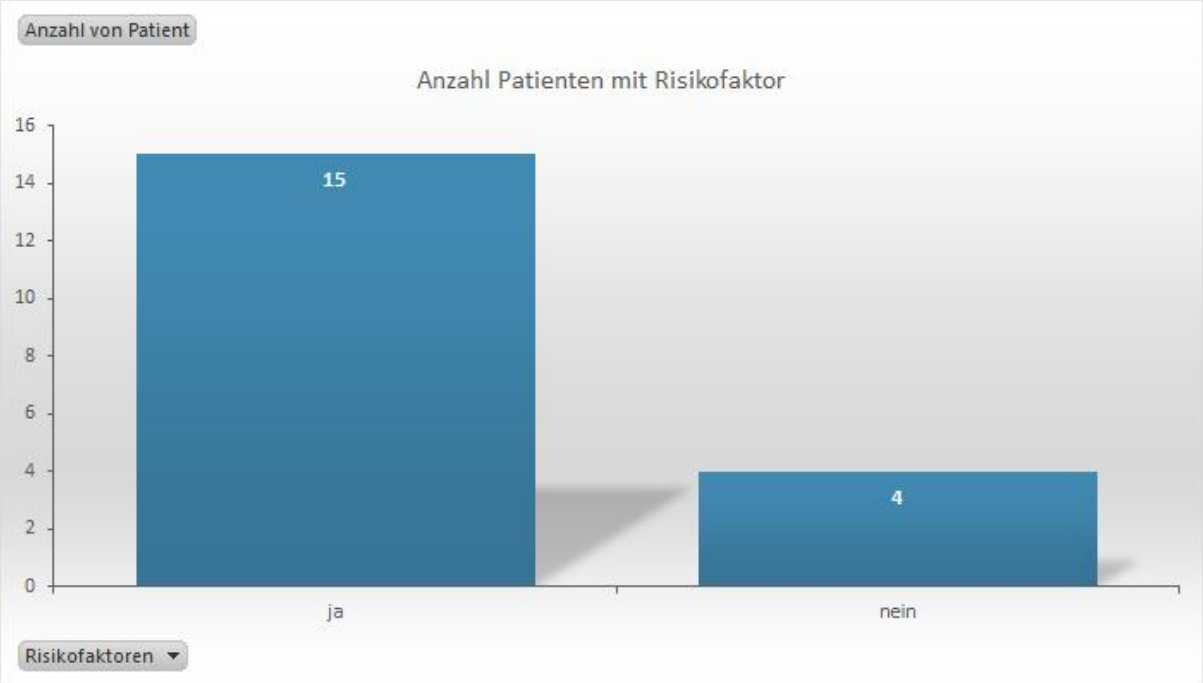


Abbildung 14: Anzahl der Patienten mit Risikofaktoren

6.2.3 MUNDHYGIENESTATUS

Abbildung 15 und Abbildung 16 werten die Verteilung des allgemeinen Mundhygienestatus anhand des Plaqueindex nach Mombelli und dem parodontalem Screening Index aus.

Alle Patienten in dieser Gruppe haben einen relativ guten Plaquestatus mit Werten von 0 oder 1, Männer dominieren mit einem erhöhten Wert von 1.

Der höchste Wert des parodontalen Screening Index von 3 in mindestens einem Sextanten zeigt, dass 36% der Patienten zum Zeitpunkt der Studie einer aktuellen parodontalen Betreuung bedürfen. Einen Unterschied zwischen den Geschlechtern ist nicht wesentlich. Der Einfluss der vorhandenen Parodontitis wird in der weiteren Implantatspezifischen Analyse genauer betrachtet.

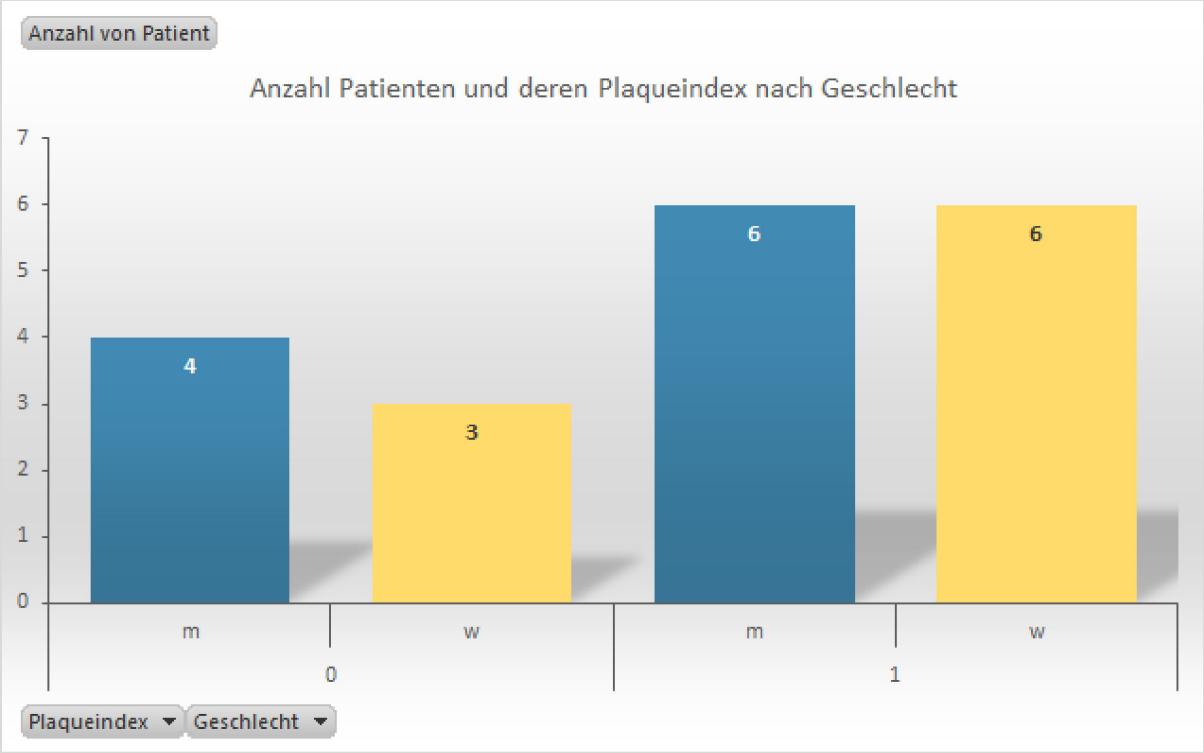


Abbildung 15: Plaqueindex der Patienten unterschieden nach Geschlecht

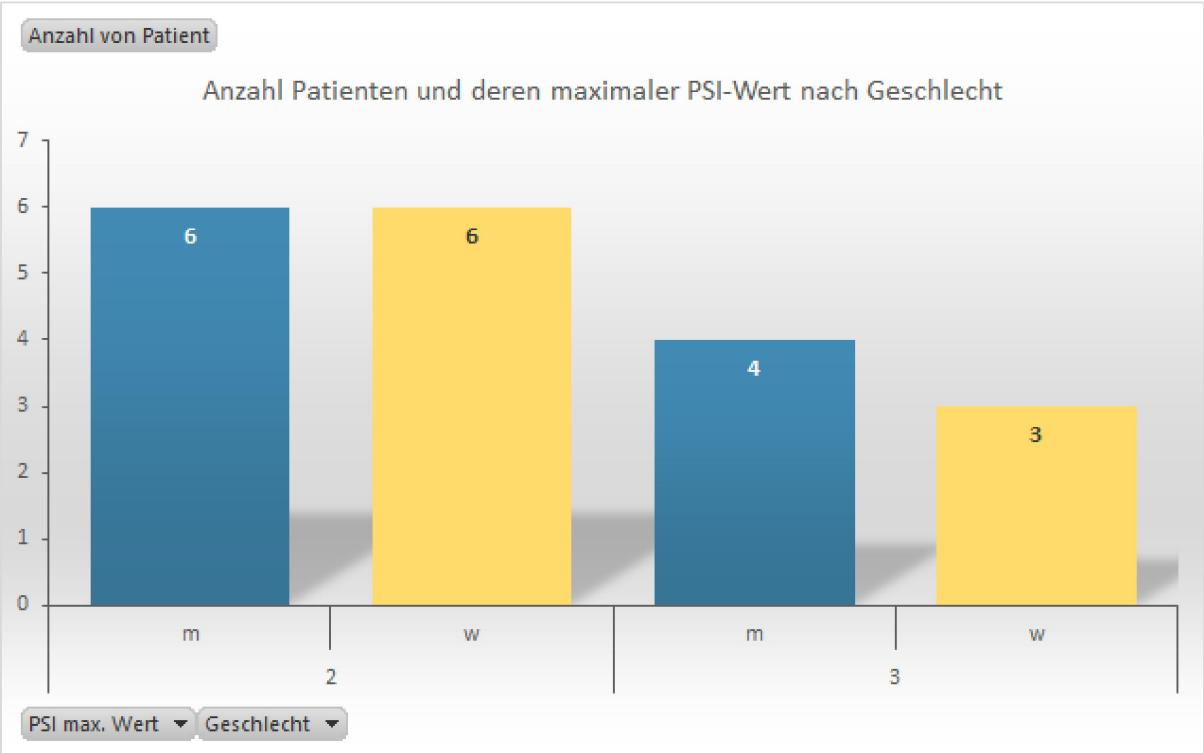


Abbildung 16: Patienten und deren maximaler PSI-Wert unterschieden nach Geschlecht

6.3 IMPLANTATSPEZIFISCHE ANALYSE

6.3.1 KLASSIFIKATION DES RADIOLOGISCHEN KNOCHENABBAUS NACH SPIEKERMANN

Von den 43 Implantaten werden 30 Implantate in die radiologische Spiekermann-Klassifikation 0 und 1 und 13 Implantate in die Klassifikation 2 und 3 eingeteilt.

Ein mäßiger horizontaler Knochenabbau und ein ausgeprägter horizontaler Knochenabbau mit breitem zirkulärem Defekt kann in dieser Untersuchung somit bei 30% der Implantate gefunden werden. Wobei nur bei einem Implantat die Klassifikation 3 nach Spiekermann mit einem breiten zirkulären Defekt vergeben wurde, wie in Abbildung 17 zu sehen ist.

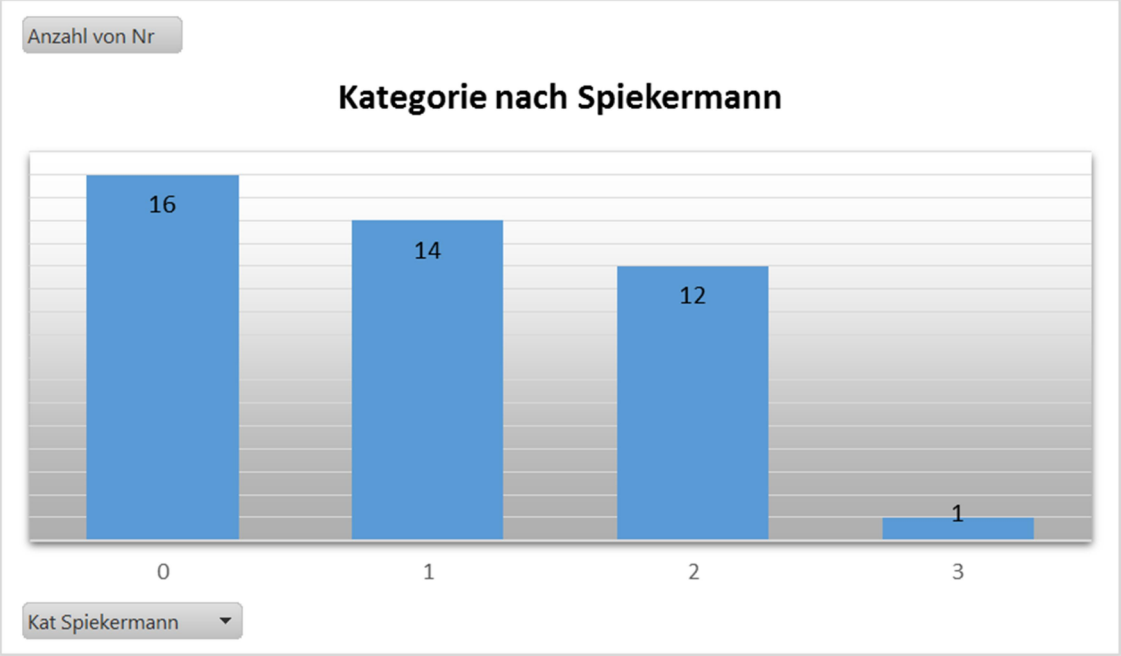


Abbildung 17: Einteilung der Implantate in die Kategorien nach Spiekermann 1994

6.3.2 IMPLANTATDURCHMESSER

In der gesamten Patientengruppe wurden zwei Implantatdurchmesser verwendet.

13 ICX-templant® Implantate mit einem Durchmesser von 3,75mm und 30 Implantate mit einem Durchmesser von 4,1mm.

Die implantatspezifische Analyse des Faktors Implantatdurchmesser in Bezug auf den radiologisch befundeten periimplantären Knochenabbau zeigt einen tendenziell geringeren Knochenabbau bei Implantaten mit einem Durchmesser von 4,1mm.

Unter Berücksichtigung der Standardabweichung lässt die Darstellung in Abbildung 18 für diese Aussage jedoch keine erkennbare Signifikanz zu.

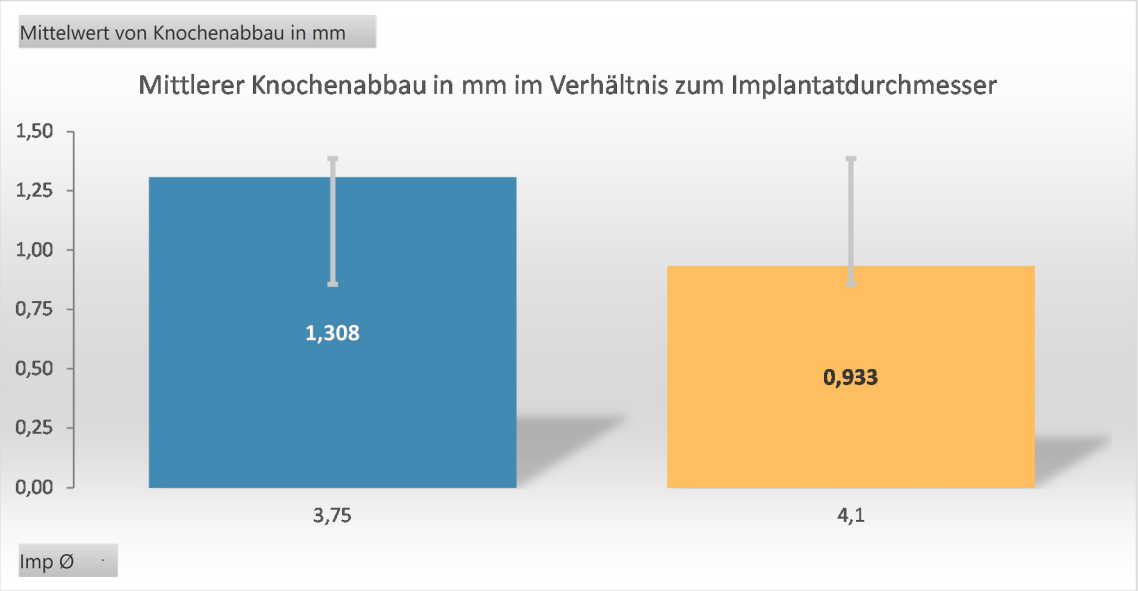


Abbildung 18: Mittlerer Knochenabbau in mm im Verhältnis zum Implantatdurchmesser

6.3.3 IMPLANTATLÄNGE

In der gesamten Patientengruppe sind ICX-templant® Implantate mit einer Länge von 10mm und 12,5mm verwendet worden. 22 Implantate mit einer Länge von 10mm und 21 Implantate mit einer Länge von 12,5mm. Es zeigt sich eine Tendenz zu einem geringeren periapikalen Knochenabbau bei Implantaten von 12,5mm Länge.

Unter der Berücksichtigung der Standardabweichung zeigt Abbildung 19 für diese Aussage allerdings keine erkennbaren signifikanten Unterschiede.

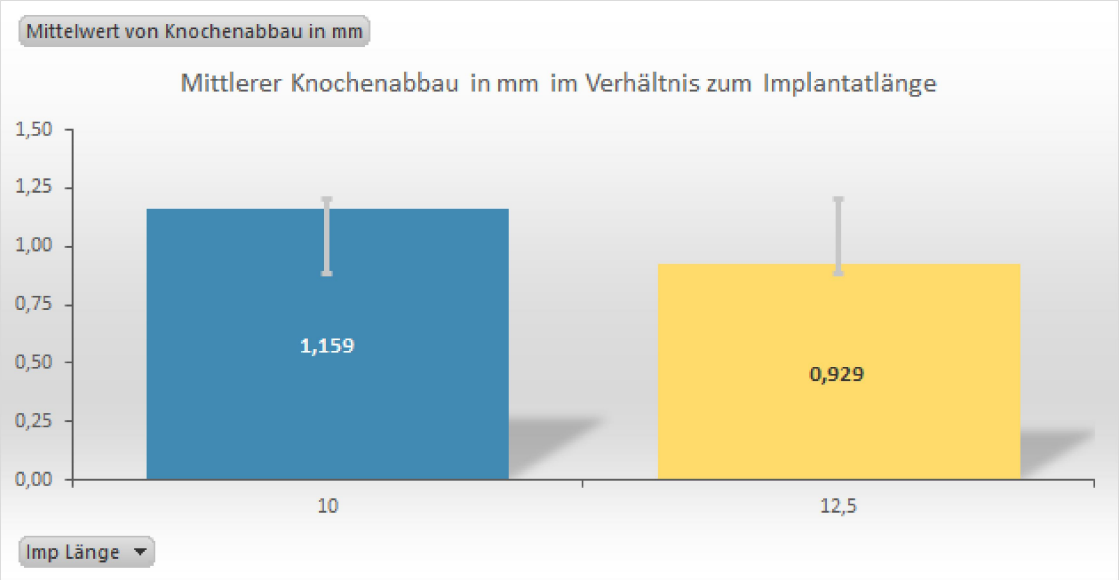


Abbildung 19: Mittlerer Knochenabbau in mm im Verhältnis zur Implantatlänge

6.3.4 PERIIMPLANTÄREN KNOCHENABBAUS ZWISCHEN OBERKIEFER UND UNTERKIEFER

Bei Betrachtung des periimplantären Knochenabbaus im Vergleich zwischen der Oberkiefer- und Unterkieferregion fällt kein signifikanter Unterschied auf.

Ein vorhandener Unterschied von 0,3mm ist nicht signifikant und auch die weitere Betrachtung der einzelnen Kieferregionen von 1 bis 6 zeigt in Abbildung 20 keine Auffälligkeiten.

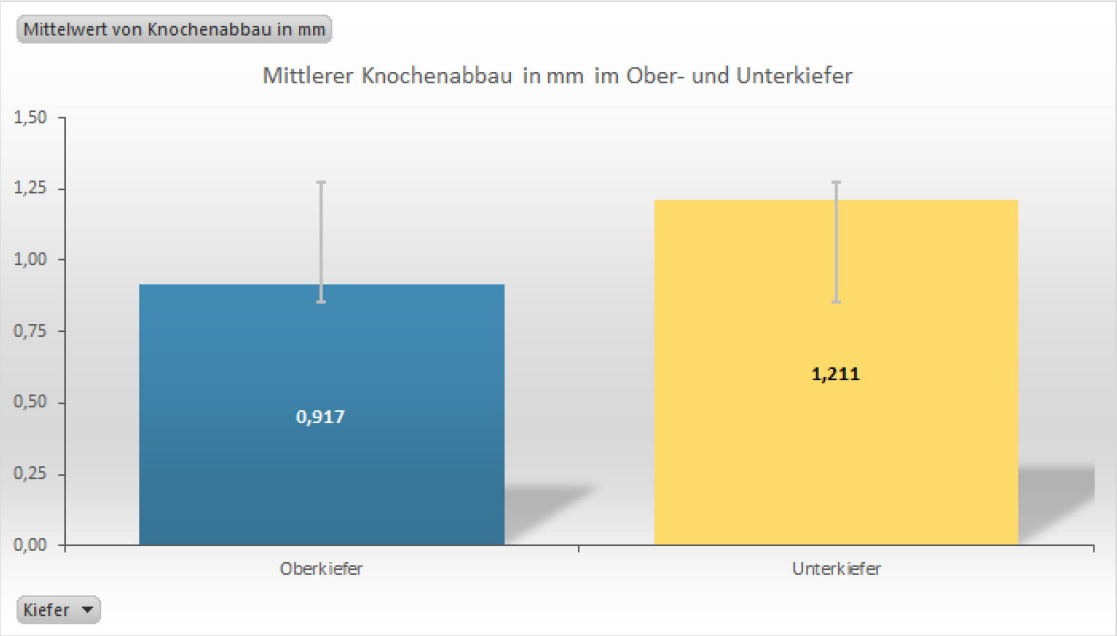


Abbildung 20: Mittlerer Knochenabbau in mm im Ober- und Unterkiefer

6.3.5 PERIIMPLANTÄRER KNOCHENVERLUST ZUM ZEITPUNKT DER NACHUNTERSUCHUNG

Über den beobachteten Zeitraum von 63 Monaten nach Implantatinsertion ist ein maximaler radiologischer horizontaler Knochenabbau von 3mm an zwei Implantaten und ein Abbau von 2,5mm an einem Implantat festgestellt worden.

Einen erkennbaren Zusammenhang zwischen der Anzahl der Monate nach der Implantatinsertion bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung und der Höhe des Knochenabbaus lässt die Darstellung in Abbildung 21 nicht zu.

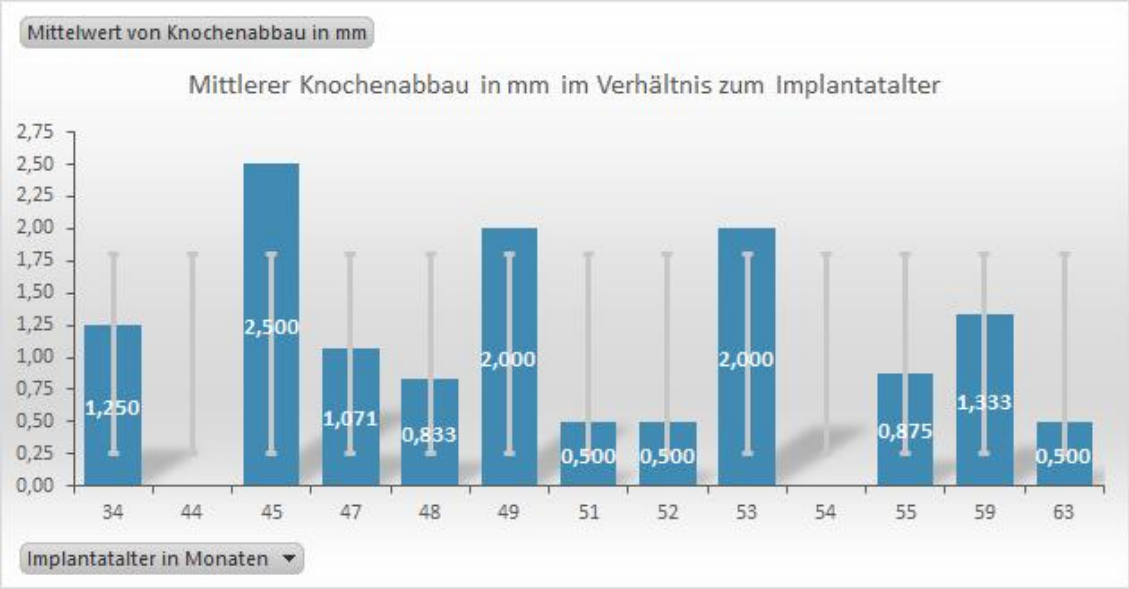


Abbildung 21: Mittlerer Knochenabbau in mm im Verhältnis zum Alter der Implantate

6.3.6 KNOCHENABBAU UND DAUER DER EINHEILZEIT

Die Einheilzeit der ICX-templant® Implantate bis zum Zeitpunkt der Freilegung beträgt zwischen 3 Monaten und maximal 10 Monaten. In einem Einheilzeitraum von 5 bis 6 Monaten ist der periimplantäre mittlere Knochenabbau zum Untersuchungszeitpunkt radiologisch signifikant geringer als bei längeren oder kürzeren Einheilzeiten.

Bei einer Einheilzeit von 3 bis 4 Monaten und 9 bis 10 Monaten zeigt Abbildung 22 einen mehr als doppelt so hohen periimplantären Knochenabbau zum Untersuchungszeitpunkt.

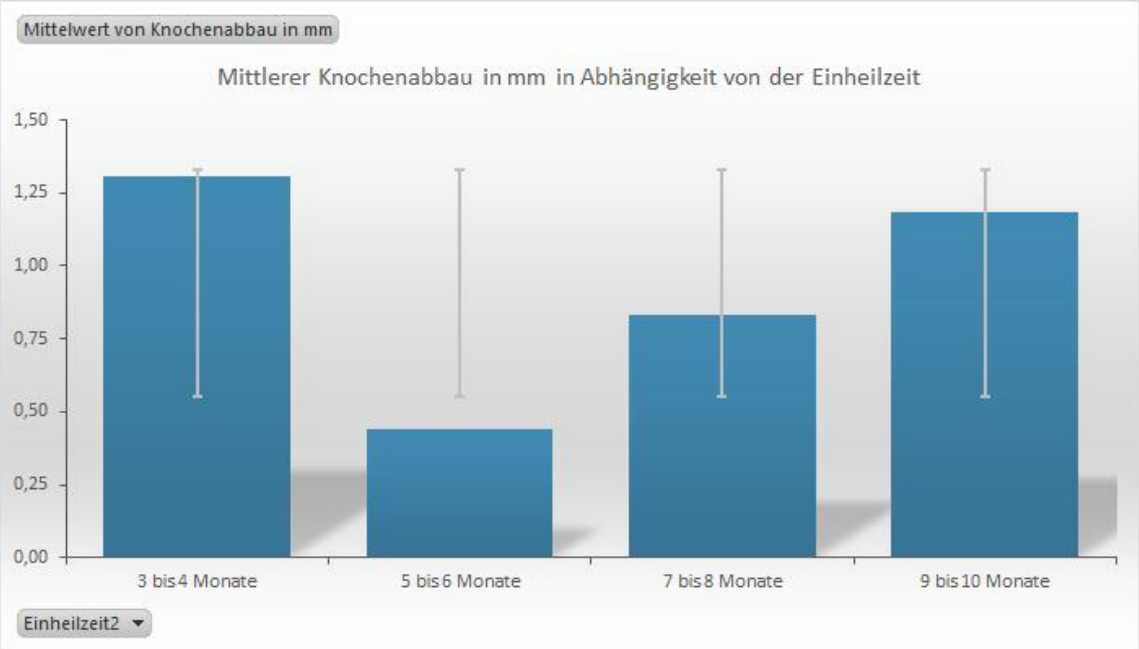


Abbildung 22: Mittlerer Knochenabbau in mm in Abhängigkeit von der Einheilzeit

Die Risikofaktoren Parodontitis und Raucher sind in dieser Ergebnisanalyse im Zusammenhang mit einem periimplantären radiologischen Knochenabbau in Abbildung 23 und Abbildung 24 einzeln verglichen worden. Hier kann bei beiden Risikofaktoren kein signifikanter Zusammenhang mit einem Knochenverlust am Implantat gefunden werden.

Werden die allgemeinmedizinischen Vorerkrankungen aus der Anamnese mit berücksichtigt und betrachtet man alle Risikofaktoren, Diabetes, Rheuma, Osteoporose Parodontitis und Raucher, im Zusammenhang mit einem periimplantären Knochenabbau kann auch hier kein signifikanter Zusammenhang gefunden werden, wie Abbildung 25 bestätigt. Die Tendenz zeigt hier sogar einen leicht geringeren Knochenverlust von 0,5mm am Implantat bei Patienten mit Risikofaktoren.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Implantatrisikofaktoren hier in dieser Studie über 5 Jahre keinen Einfluss auf den periimplantären Knochen haben.

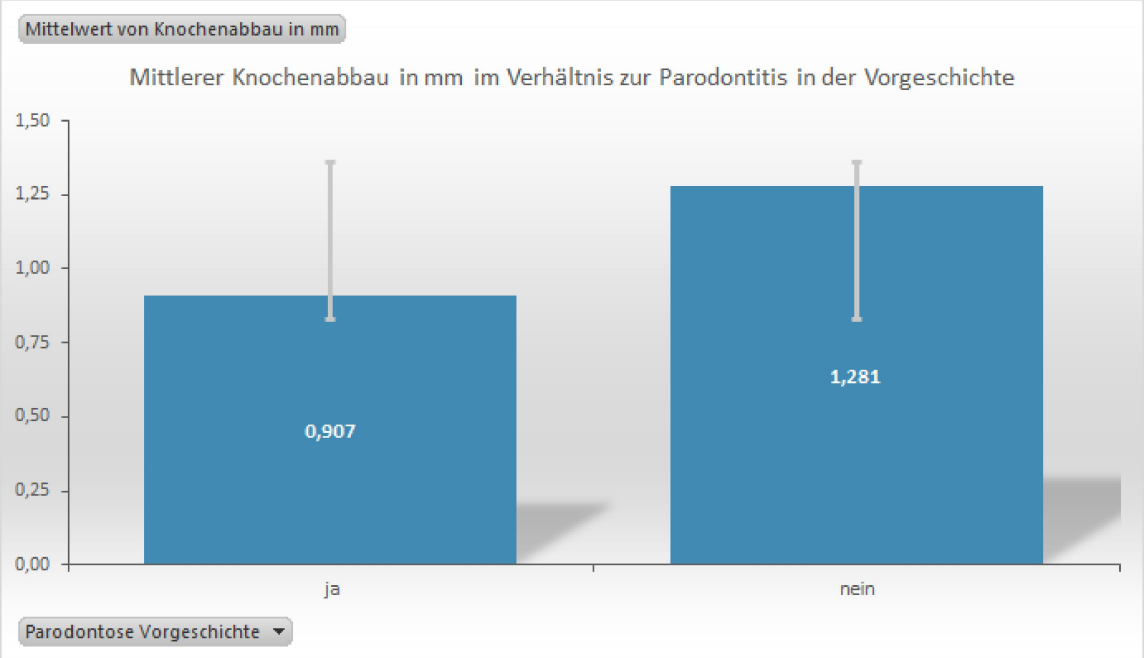


Abbildung 23: Mittlerer Knochenabbau in mm bei Parodontis in der Vorgeschichte

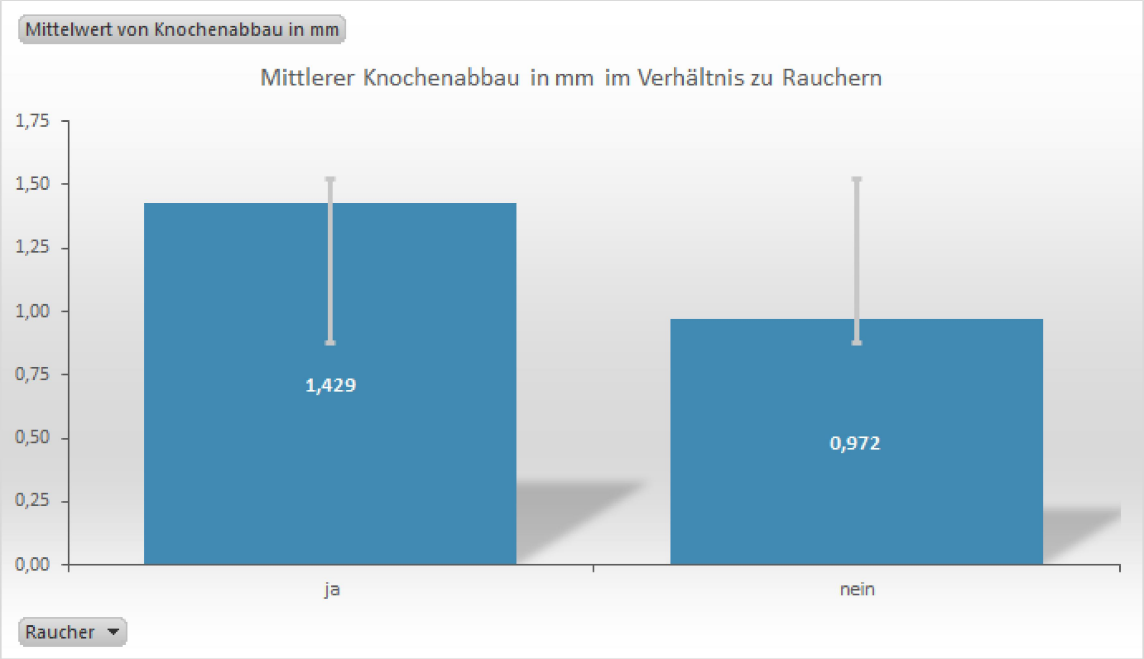


Abbildung 24: Mittlerer Knochenabbau in mm im Verhältnis zu Rauchern

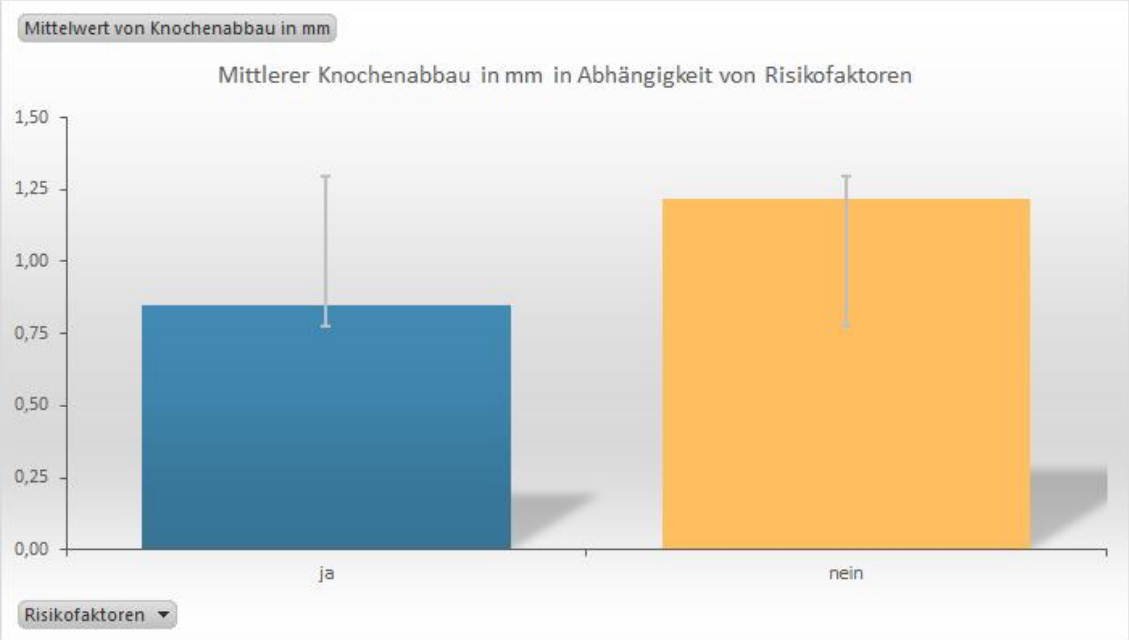


Abbildung 25: Mittlerer Knochenabbau in mm bei vorhandenen Risikofaktoren

6.3.7 BETRACHTUNG DES IMPLANTATERFOLGES NACH DEN RADIOLOGISCHEN KATEGORIEN VON SPIEKERMANN 1994

Betrachtet man zusammenfassend den Knochenabbau in den radiologischen Kategorien nach Spiekermann 1994.in Hinsicht auf einen Implantaterfolg und betrachtet man die Kategorien 0 bis 2 als Implantaterfolg, können in dieser Patientengruppe 37% ohne Knochenabbau und 33% mit lediglich geringem horizontalem Knochenabbau und 28% mit mäßigem Knochenabbau gefunden, wie Abbildung 26 zeigt.

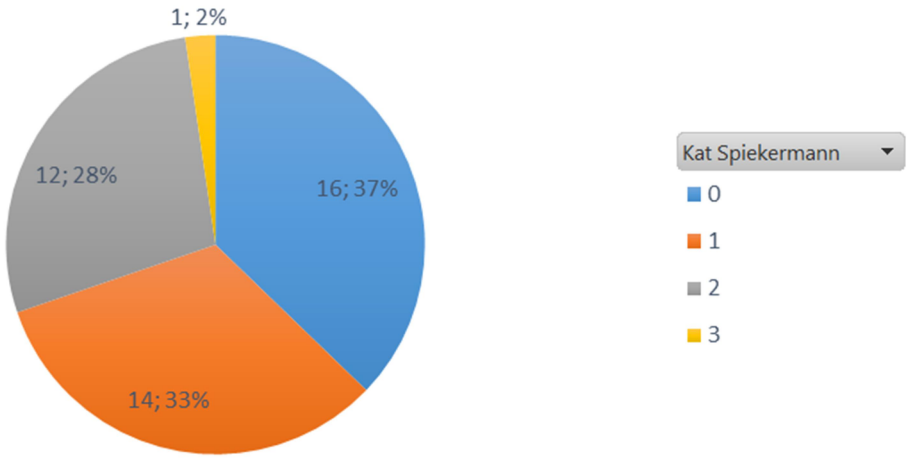


Abbildung 26: Einteilung der Patienten in die radiologischen Kategorien nach Spiekermann 1994

Insgesamt haben 98% der Implantate einen geringen bzw. mäßigen Knochenabbau über einen Zeitraum von 63 Monaten zu verzeichnen, was dem Paretodiagramm in Abbildung 27 zu entnehmen ist.

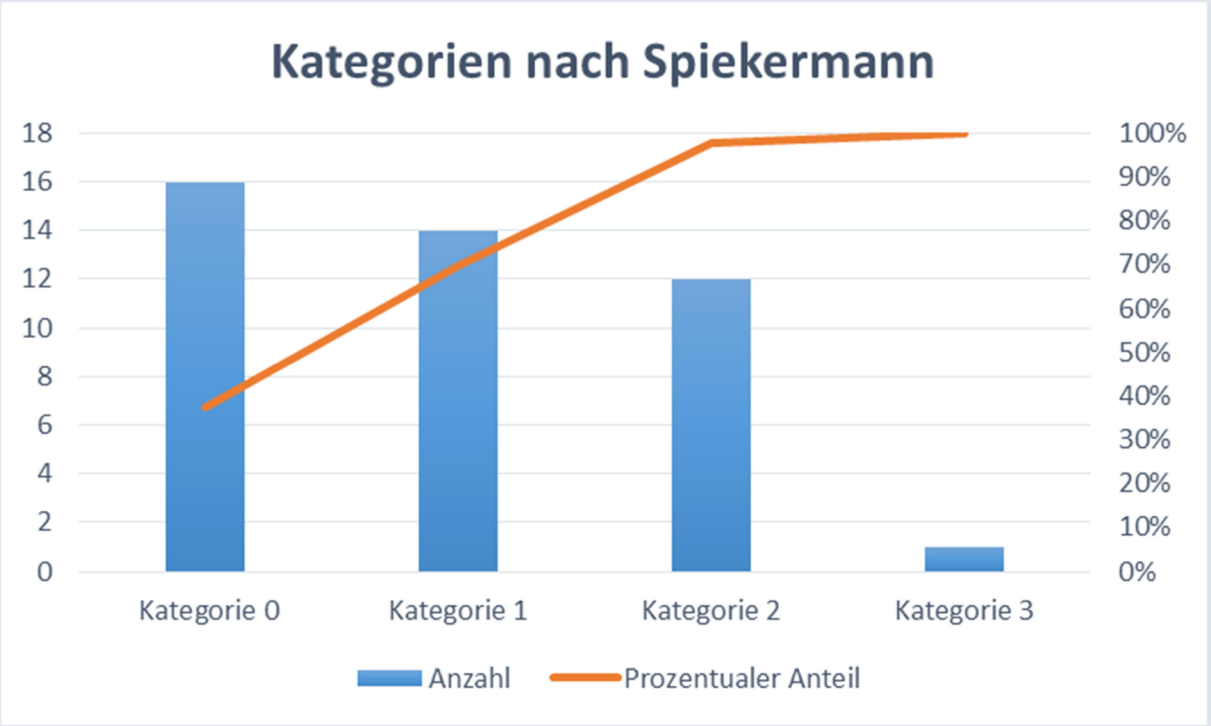


Abbildung 27: Paretodiagramm zur Einteilung der Implantate in die Kategorien nach Spiekermann 1994

6.3.8 BEWERTUNG DES IMPLANTATERFOLGES NACH DER PISA CONSENSUS CONFERENCE

Nach den Bewertungskriterien der Pisa Consensus Conference 2008 können 19% der ICX-templant® Implantate ein zufriedenstellendes Implantat-Ergebnis mit einem radiologischen Knochenabbau von 2 bis 4mm zeigen. 81 % der inserierten ICX-templant® Implantate zeigen in Abbildung 28 einen Implantaterfolg mit einem Knochenabbau von weniger als 2mm über einen Beobachtungszeitraum von insgesamt über 5 Jahren.

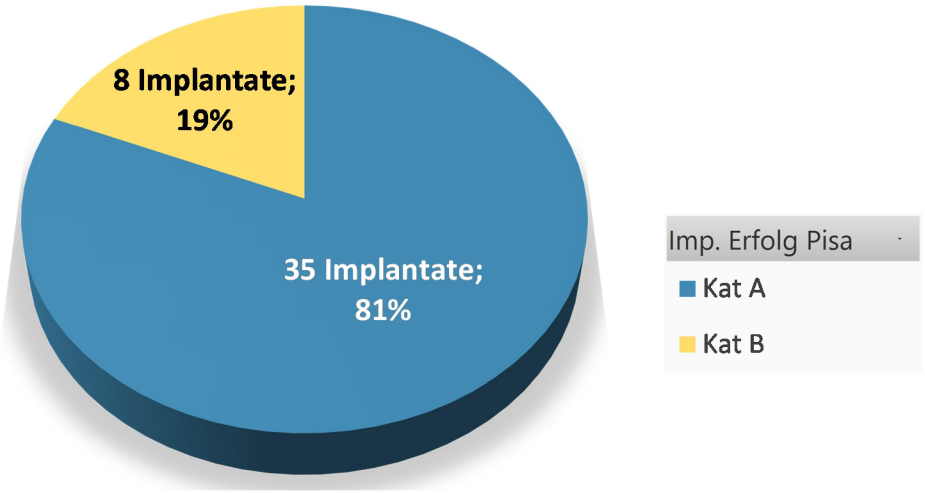


Abbildung 28: Bewertung des Implantaterfolgs gemäß der Pisa Consensus Conference

7 DISKUSSION

In dieser retrospektiven Studie wurden 43 ICX–templant® Implantate der Firma Medentis Medical GmbH bei 19 Patienten, die im Zeitraum 2010 bis 2012 in einer Zahnarztpraxis ambulant inseriert wurden, klinisch nachuntersucht. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung waren die Implantate zwischen 34 bis 63 Monate inseriert und mit einer Suprakonstruktion versorgt.

Um adäquate Patientendaten zu erhalten, wurde als Auswahlkriterium vorausgesetzt, dass alle Patienten im Rahmen der Nachuntersuchung aus dem Routine-Recall eine Röntgenkontrolle in Form eines Zahnfilms oder OPTGs erhielten.

Besaßen die Patienten darüber hinaus weitere Implantate anderer Hersteller sind diese nicht berücksichtigt worden. Es sollte primär das ICX–templant® Implantat untersucht werden.

Das durchschnittliche Alter der Implantatpatienten lag bei 62,6 Jahren, wobei die Verteilung von 10 Männern zu 9 Frauen mit 53% seitens der Männer leicht höher ist. Das Durchschnittsalter von 60,4 Jahren bei Männern und 65,1 Jahren bei Frauen ist auch mit anderen Studien vergleichbar. In diesem Alter ist der Bedarf an Zahnersatz oftmals höher als in der jungen Generation (Lambrecht, Filippi, Künzel, & Schiel, 2003).

Die in dieser Untersuchung verwendeten Implantate hatten einen Durchmesser von 3,75 und 4,1mm, sowie eine Länge von 10 und 12,5mm. Nach Literaturangaben werden Implantate mit einem Durchmesser von 3,5 bis 4,5mm und Längen von 10 bis 15mm am häufigsten verwendet. Sie sind für die meisten anatomischen Situationen gut geeignet (Wagner & Al-Nawas, 2004).

37% der Patienten hatten zum Nachuntersuchungszeitpunkt eine behandlungsbedürftige Parodontitis. Zudem hatten 68% aller behandelten Personen eine Parodontitis in der Vorgeschichte.

Nach Micheelis haben nach der IV. deutschen Mundgesundheitsstudie 48% der 65- bis 74jährigen Personen eine mittelschwere Parodontitis und 39% eine schwere Parodontitis (Micheelis, Schiffner, Hoffmann, & Institut der Deutschen, 2006).

Parodontitis wird als Risikofaktor für einen Implantat-Langzeiterfolg in Studien häufig diskutiert (Stanford, 2010). Viele vorausgegangene Studien zeigen einen verminderten Implantaterfolg bei Parodontitispatienten. In dieser Studie wird eine negative Beeinflussung des Implantaterfolgs durch eine Parodontitis in den Ergebnissen nicht aufgezeigt. Dieser Faktor sollte in zukünftigen Studien weiter untersucht werden.

Die Titanoberfläche des ICX-templant® Implantats wird nach dem aktuellen Stand der technischen Möglichkeiten hergestellt. Das ICX-templant® Implantat verwendet als Bone-Level-Implantat mit einem platform switching könnte unter diesen Umständen bei Parodontitis-Patienten ein besseres Ergebnis erzielen.

Gute Werte in dieser Studie bei Auswertung des Plaqueindex und der periimplantären Sondierungen lassen auf eine gute bis sehr gute Mundhygiene der untersuchten Patientengruppe schließen. Hier spielt auch die prophylaxeorientierte Patientenführung in der Münchner Praxis in dieser Studie eine Rolle, da gerade im fortgeschrittenen Alter die persönlichen Fähigkeiten zur Zahnpflege nachlassen können (Behneke & Behneke, 2004).

Die Sulkustiefe und das gesamte Attachment am Implantat sind wichtige Faktoren für den Zustand eines Implantats. Ein intaktes Attachement weist in der Literatur Sondierungswerte von 1,5 bis 3,5mm auf. Aber auch höhere Sondierungstiefen, abhängig vom Gewebetyp können physiologisch eingestuft werden (Behneke & Behneke, 2004; Behneke, Behneke, d'Hoedt, & Wagner, 1997).

Die Verbindung zwischen Taschentiefe und Knochenabbau wird in einigen Studien hergestellt und spielt eine relevante Rolle (Brägger, Hugel-pisoni, Bürgin, Buser, & Lang, 1996). Das Messergebnis einer Sondierung sollte deshalb mit einer radiologischen Kontrollaufnahme verbunden werden. Hierbei ist auch zu beachten, dass ein starker oder schwacher Sondendruck das Messergebnis verfälschen können (Ericsson & Lindhe, 1993).

Der Mittelwert des radiologischen periimplantären Knochenabbaus beträgt in dieser Studie 1,1mm. Dieser Wert ist für eine gemittelte 4,3jährige Insertionszeit aller Implantate ein durchaus niedriger Wert.

In anderen 3- bis 5-Jahresstudien über zum Beispiel ITI-Implantate fand man einen durchschnittlichen Knochenabbau von 0,5 bis 0,8mm während der Einheilphase und einen jährlichen Abbau von 0,1mm (Behneke, Behneke, & d'Hoedt, 2000, 2002; Behneke et al., 1997). Nach einer Stellungnahme der DGZMK wird im ersten Jahr nach Insertion von einem Knochenabbau von 0,5mm und im folgenden Jahr 0,1 bis 0,2mm jährlich ausgegangen (Neukam, 2000).

Die allgemein empfohlenen Einheilzeiten für Implantate betragen nach Lehrbuch 3 bis 4 Monate im Unterkiefer und 6 Monate im Oberkiefer (Gutwald et al., 2010; Watzek & Mailath-Pokorny, 2000).

In dieser Untersuchung konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen Einheilzeit und nachfolgendem Knochenabbau am Implantat aufgezeigt werden.
Nach 5 bis 6 Monaten Einheilzeit war der nachfolgende periimplantäre Knochenabbau in dieser Patientengruppe am geringsten. Kürzere oder längere Einheilzeiten zeigten in dieser Untersuchung durchschnittlich höhere Knochenabbauraten.
Die allgemeine Tendenz zu immer kürzeren Einheilzeiten und immer schnellere Belastung sollte hinsichtlich der dauerhaften Knochenstabilität in Langzeitstudien genauer betrachtet werden. In der Literatur werden zu hohe und zu geringe Belastungen als Ursache für Knochenverlust bestätigt (Brunski, 1999; Clelland, Lee, Bimbenet, & Brantley, 1995; Gutwald et al., 2010).
Der Implantaterfolg kann nach dem Kriterium, im Knochen integriert *-in situ-* oder nicht mehr im Knochen integriert *-explantiert-* eindeutig festgestellt und bewertet werden. Eine statistische Überlebenszeitanalyse nach Kaplan und Meier (Kaplan & Meier, 1958) kann nach diesen Kriterien aufgestellt werden.
In dieser Studie haben die 43 Implantate 100% Implantaterfolg wenn alleine die Implantatverlustrate betrachtet wird. Allerdings differenziert in heutiger Zeit dieser alleinige Aspekt den Implantaterfolg zu wenig (Gutwald et al., 2010; Watzek & Mailath-Pokorny, 2000).
Mit der Zeit wurden unterschiedliche Erfolgskriterien entwickelt, die auch die periimplantären Hart- und Weichgewebeparameter berücksichtigen und bewerten. Je nachdem welche Kriterien untersucht und angewendet werden, werden entsprechend unterschiedliche Ergebnisse und Erfolgsraten erzielt.
In dieser Studie wurde die periimplantäre Knochenabbauklassifikation nach Spiekermann 1994 angewendet und lieferte ein Ergebnis von 98% für keinen, geringen oder mäßigen periimplantären Knochenverlust für das ICX-templant® Implantat über einen beobachteten Zeitraum von 63 Monaten.
Nach den Kriterien der Pisa Consensus Conference 2008 konnte in dieser Studie das ICX-templant® Implantat mit 81% einen Implantat-Erfolg und mit 19% einen zufriedenstellenden Implantat-Erfolg erreichen. Kein Implantat fiel in die Kategorie des eingeschränkten Erfolgs oder gar eines Misserfolgs.
Das Ergebnis entspricht auch anderen Erfolgsraten anderer Studien oder übertrifft diese sogar (Buch, Weibrich, & Wagner, 2003).

Schlussfolgerung

Im Rahmen der retrospektiven Auswertung eines Datenbestandes aus einer ambulanten Praxis leiten sich aus den Ergebnissen folgende Schlussfolgerungen ab:

- 98% der untersuchten ICX-templant® Implantate haben über einen Zeitraum von 63 Monaten keinen, geringen oder mäßigen periimplantären Knochenabbau.
- In der untersuchten Patientengruppe von 19 zufällig ausgewählten Patienten mit 43 Implantaten sind keine Implantatverluste bei der Routinekontrolle aufgetreten.
- Implantatrisikofaktoren wie Diabetes, Raucher, Osteoporose und Rheuma zeigen keine signifikante Beeinflussung des Implantaterfolges.
- Implantatdurchmesser und Implantatlänge zeigen ebenfalls keine signifikante Auswirkung hinsichtlich des Implantaterfolgs.
- Retrospektiv war der signifikant geringste Knochenverlust innerhalb des fünfjährigen Betrachtungszeitraumes bei einer Einheilzeit der ICX-templant® Implantate von 5 bis 6 Monaten zu verzeichnen.

Die Absicht „Ein erschwingliches Implantatsystem für eine breite Bevölkerungsschicht“ kann in dieser Studie zusammenfassend die Anforderungen der Praxis und Patienten erfüllen und ist mit anderen Implantaten in den Ergebnissen vergleichbar.

8 ZUSAMMENFASSUNG

Der Implantologiemarkt wird in Deutschland von drei großen Unternehmen im Wesentlichen dominiert. Im Gegensatz dazu gibt es mehr als 150 Unternehmen die implantologische Produkte und Equipment anbieten.

Die Firma Medentis Medical GmbH aus Dernau hat in den letzten zehn Jahren den Implantatmarkt mit der Strategie „Ein erschwingliches Implantatsystem für eine breite Bevölkerungsschicht“ torpediert.

Die Verkaufszahlen des ICX-templant® Implantats führten die Firma an die vierte Stelle im Ranking der Marktanteile in Deutschland.

In dieser retrospektiven Studie sollte die Fragestellung geklärt werden, ob dieses Implantatsystem alle Anforderungen der Praxis und des Patienten erfüllen kann.

In einem Zeitraum von ungefähr fünf Jahren wurden klinische und radiologische Verhältnisse nach Implantatinsertion unter den Routine-Bedingungen einer allgemeinen Zahnarztpraxis dokumentiert und ausgewertet.

Im Rahmen der retrospektiven Auswertung eines Datenbestandes einer ambulanten Praxis leiten sich aus den Ergebnissen folgende Schlussfolgerungen ab:

- 98% der untersuchten ICX-templant® Implantate haben über einen Zeitraum von 63 Monaten keinen, geringen oder mäßigen periimplantären Knochenabbau.
- In der untersuchten Patientengruppe von 19 zufällig ausgewählten Patienten mit 43 ICX–templant® Implantaten sind keine Implantatverluste bei der Routinekontrolle zu verzeichnen.
- Implantatrisikofaktoren wie Diabetes, Raucher, Osteoporose und Rheuma zeigen keine nennenswerte Beeinflussung des Implantaterfolges.
- Implantatdurchmesser und Implantatlänge zeigen ebenfalls keine signifikante Auswirkung hinsichtlich des Implantaterfolgs.
- Retrospektiv war der signifikant geringste Knochenverlust innerhalb des fünfjährigen Betrachtungszeitraumes bei einer Einheilzeit der ICX-templant® Implantate von 5 bis 6 Monaten festzustellen.

Die Intention „Ein erschwingliches Implantatsystem für eine breite Bevölkerungsschicht“ kann in dieser Studie zusammenfassend die Anforderungen der Praxis und Patienten erfüllen und ist mit anderen Implantaten in den Ergebnissen vergleichbar.

9 SUMMARY

The German implant market is dominated by three large companies. In contrast, there are more than 150 companies offering implantology products and equipment.
Medentis Medical GmbH, a company from Dernau, has underminded the implant market with the marketing strategy "An affordable implant system for the populace" in the past decade.
The sales figures of the ICX-templant® implant led the company to fourth place in terms of market shares in Germany.
In this retrospective study, the question should be clarified whether this implant system can meet all the requirements of medical practice and the patient.
Over a period of about five years clinical and radiological conditions were documented and evaluated after implant insertion in the routine operations of a general dentist's practice.
Within the scope of the retrospectives evaluation of a dataset in an ambulant practice the following conclusions are derived from the results:

- 98% of the examined ICX templant® implants show no, minor or moderate peri-implant bone loss within a period of 63 months.
- In the examined patient's group of 19 by chance well-chosen patients with a total of 43 ICX-templant® implants no implant losses are recorded in the routine check.
- Implant risk factors such as diabetes, smoking, osteoporosis and rheumatism show no appreciable influencing on the implant success.
- Implant diameter and implant length also show no significant impact concerning the implant success.
- In the present 5-year study the significantly slightest osseous loss at the ICX-templant® implants was ascertained retrospectively within an enduring healing period of five to six months

In summary, the intention "An affordable implant system for the populace" can fulfill the requirements of medical practice and patients in the present study and the results are comparable with other implants.

10 LITERATURVERZEICHNIS

Albrektsson, T. (1986). *The long-term efficacy of currently used dental implants : a review and proposed criteria of success*. Lombard: Quintessence Pub. Co.

Albrektsson, T., & Johansson, C. (2001). Osteoinduction, osteoconduction and osseointegration. *Eur Spine J European Spine Journal, 10*(2), S96-S101.

Bagambisa, F. B., Kappert, H. F., & Schilli, W. (1994). Cellular and molecular biological events at the implant interface. *Journal of maxillofacial surgery /, 22*(1), 12.

Baig, M. R., & Rajan, M. (2007). Effects of smoking on the outcome of implant treatment: a literature review. *Indian journal of dental research : official publication of Indian Society for Dental Research, 18*(4).

Becker, W., Becker, B. E., Newman, M. G., & Nyman, S. (1991). Klinische und mikrobiologische Befunde, die zum Misserfolg von Zahnimplantaten beitragen können. *Die Quintessenz, 42*(1), 9-21.

Behneke, A., & Behneke, N. (2004). Recall und Nachsorge. In B. Koeck & W. Wagner (Eds.), *Praxis der Zahnheilkunde 13. Implantologie*: Urban & Fischer bei Elsev.

Behneke, A., Behneke, N., & d'Hoedt, B. (2000). The longitudinal clinical effectiveness of ITI solid-screw implants in partially edentulous patients: a 5-year follow-up report. *The International journal of oral & maxillofacial implants, 15*(5).

Behneke, A., Behneke, N., & d'Hoedt, B. (2002). A 5-year longitudinal study of the clinical effectiveness of ITI solid-screw implants in the treatment of mandibular edentulism. *The International journal of oral & maxillofacial implants, 17*(6).

Behneke, A., Behneke, N., d'Hoedt, B., & Wagner, W. (1997). Hard and soft tissue reactions to ITI screw implants: 3-year longitudinal results of a prospective study. *The International journal of oral & maxillofacial implants, 12*(6).

Berglundh, T., & Lindhe, J. (1996). Dimension of the periimplant mucosa : Biological width revisited. *JCPE Journal of Clinical Periodontology, 23*(10), 971-973.

Brägger, U., Hugel-pisoni, C., Bürgin, W., Buser, D., & Lang, N. P. (1996). Correlations between radiographic, clinical and mobility parameters after loading of oral implants with fixed partial dentures. A 2-year longitudinal study. *CLR Clinical Oral Implants Research, 7*(3), 230-239.

Brånemark, P.-I. (1977). *Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw : experience from a 10-year period : a description of a new procedure for rehabilitation of the edentulous patient and a clinical report of 235 jaws in 211 consecutive cases treated during 1965-1975 with installation of 1618 titanium fixtures supporting permanently bone anchored bridges*. Stockholm: Distributed by Almqvist & Wiksell.

Brånemark, P.-I. (1985). *Gewebeintegrierter Zahnersatz : Osseointegration in klinischer Zahnheilkunde*. Berlin: Quintessenz.

Brocard, D., Barthet, P., Baysse, E., Duffort, J. F., Eller, P., Justumus, P., . . . Brunel, G. (2000). A Multicenter Report on 1,022 Consecutively Placed ITI Implants: A 7-Year Longitudinal Study. *The International journal of oral & maxillofacial implants, 15*(5), 691-700.

Brunski, J. B. (1999). In vivo bone response to biomechanical loading at the bone/dental-implant interface. *Advances in dental research, 13*, 99-119.

Buch, R., Weibrich, G., & Wagner, W. (2003). Erfolgskriterien in der Implantologie. *Mund Kiefer GesichtsChir Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, 7*(1), 42-46.

Buser, D., & Belser, U. C. (1998). Fortschritte und aktuelle Trends in der oralen Implantologie. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin, 108*(4), 327-342.

Buser, D., Weber, H. P., & Lang, N. P. (1990). Tissue integration of non-submerged implants. l-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. *CLR Clinical Oral Implants Research, 1*(1), 33-40.

Clelland, N. L., Lee, J. K., Bimbenet, O. C., & Brantley, W. A. (1995). A Three-Dimensional Finite Element Stress Analysis of Angled Abutments for an Implant Placed in the Anterior Maxilla. *JOPR Journal of Prosthodontics, 4*(2), 95-100.

Crubzy, E., Murail, P., Girard, L., & Bernadou, J.-P. (1998). False teeth of the Roman world. *Nature, 391*(6662), 29-29. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1038/34067

Davies, J. E. (2003). Understanding peri-implant endosseous healing. *Journal of dental education, 67*(8), 932-949.

Dentistxxx. (1978). Panoramaröntgenaufnahme von historischen Zahnimplantaten aus 1976/77: Subperiostales Implantat im Oberkiefer (Methode Cherchève). In der unteren Eckzahnregion zwei Dreibeine aus Tantalnadeln (nach Pruin) sowie zwei stabilisierte Klingenimplantate (nach Heinrich). Retrieved from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Panoramic_radiograph_of_historic_dental_implants.jpg#/media/File:Panoramic_radiograph_of_historic_dental_implants.jpg

Edgerton, M., Lo, S. E., & Scannapieco, F. A. (1996). Experimental salivary pellicles formed on titanium surfaces mediate adhesion of streptococci. *The International journal of oral & maxillofacial implants, 11*(4).

Ericsson, I., & Lindhe, J. (1993). Probing depth at implants and teeth. An experimental study in the dog. *Journal of Clinical Periodontology, 20*(9), 623-627.

Friberg, B., Sennerby, L., Roos, J., & Lekholm, U. (1995). Identification of bone quality in conjunction with insertion of titanium implants. A pilot study in jaw autopsy specimens. *CLR Clinical Oral Implants Research, 6*(4), 213-219.

Grafelmann, H. L., & Brandt, H. H. (1970). Erfahrungen mit enossalen Extensions-Implantaten nach Linkow. *Die Quintessenz, 21*(11), 27-34.

Greenfield, E. (2008). Implantation of artificical crown and bride abutments. 1913. *Compend Contin Educ Dent, 29*(4), 232-237.

Griess, L. (2015). Auf Lebenszeit verschraubt. *Focus Gesundheit, 25*, 50-55.

Gutwald, R., Gellrich, N.-C., & Schmelzeisen, R. (2010). *Einführung in die zahnärztliche Chirurgie und Implantologie : für Studium und Beruf*. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag.

Haider, R., Watzek, G., & Plenk, H. (1993). Effects of drill cooling and bone structure on IMZ implant fixation. *The International journal of oral & maxillofacial implants, 8*(1), 83-91.

Heitz-Mayfield, L. J. A. (2008). Peri-implant diseases: diagnosis and risk indicators. *Journal of Clinical Periodontology, 35*(01), 292-304.

Hermann, J. S., Buser, D., Schenk, R. K., & Cochran, D. L. (2000). Crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non-submerged and submerged implants in the canine mandible. *Journal of periodontology, 71*(9), 1412-1424.

Jahn, M., & d'Hoedt, B. (1992). Zur Definition des Erfolges bei dentalen Implantaten. Ein Vergleich verschiedener Kriterien. *Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie, 8*, 221-226.

Jung, Y. C., Han, C. H., & Lee, K. W. (1996). A 1-year radiographic evaluation of marginal bone around dental implants. *The International journal of oral & maxillofacial implants, 11*(6).

Kaplan, E. L., & Meier, P. (1958). Nonparametric Estimation from Incomplete Observations. *Journal of the American Statistical Association Journal of the American Statistical Association, 53*(282), 457-481.

Köhler, S. G. (2012). Implantatsysteme auf einen Blick - Die Qual der Wahl am Implantatmarkt. In O. M. AG (Ed.), *Jahrbuch Implantologie 2012* (pp. 150-151). Leipzig: Torsten R. Oemus.

Lambrecht, J. T., Filippi, A., Künzel, A. R., & Schiel, H. J. (2003). Long-term evaluation of submerged and nonsubmerged ITI solid-screw titanium implants: a 10-year life table analysis of 468 implants. *The International journal of oral & maxillofacial implants, 18*(6).

Lang, N. P., & Karring, T. (1994). *Proceedings of the 1st European workshop on periodontology, Charter House at Ittingen, Thurgau, Switzerland, February 1-4, 1993*. London: Quintessence.

Lind, M. (1996). Growth factors: Possible new clinical tools: A review. *Acta Orthopaedica, 67*(4), 407-417.

Lindhe, J., Karring, T., & Lang, N. P. (1999). *Klinische Parodontologie und Implantologie*. Berlin; Chicago; London; Paris; Tokio; Barcelona; Moskau; Prag; São Paulo; Sofia; Warschau: Quintessenz-Verl.

Maeda, Y., Miura, J., Taki, I., & Sogo, M. (2007). Biomechanical analysis on platform switching: is there any biomechanical rationale? *Clinical Oral Implants Research, 18*(5), 581-584.

Marx, R. E., & Garg, A. K. (1998). Bone structure, metabolism, and physiology: its impact on dental implantology. *Implant dentistry, 7*(4), 267-276.

Medentis, m. (Producer). (2012, 27.11.2015). ICX templant. Retrieved from http://www.icx-implants.nl/wp-content/uploads/2012/09/ICX-OPG-maatsjaboon-implantaten-3.75-4.1-4.8.pdf

Medentis, m. (Producer). (2014, 27.11.2015). ICX-Chirurgiebox. Retrieved from http://medentis.de/wp/wp-content/uploads/2014/07/ICX_Chirurgiebox_Inhalt_2.0.pdf

medentis, m. (Producer). (2015a, 27.11.2015). ICX-templant - Mechanische Eigenschaften Titan Grad 4 KV. Retrieved from http://medentis.de/wp/?ddownload=3791

Medentis, m. (Producer). (2015b, 27.11.2015). Wissenschaft & Studien. Retrieved from https://medentis.de/wp/

Micheelis, W., Schiffner, U., Hoffmann, T., & Institut der Deutschen, Z. (2006). *Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV) : neue Ergebnisse zu oralen Erkrankungsprävalenzen, Risikogruppen und zum zahnärztlichen Versorgungsgrad in Deutschland 2005*. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV.

Misch, C. E., Perel, M. L., Wang, H.-L., Sammartino, G., Galindo-Moreno, P., Trisi, P., . . . Valavanis, D. K. (2008). Implant Success, Survival, and Failure: The International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference. *Implant dentistry, 17*(1), 5-15. doi:10.1097/ID.0b013e3181676059

Mombelli, A., Buser, D., & Lang, N. P. (1988). Colonization of osseointegrated titanium implants in edentulous patients. Early results. *OMI Oral Microbiology and Immunology, 3*(3), 113-120.

Mombelli, A., & Lang, N. P. (1998). The diagnosis and treatment of peri-implantitis. *Periodontol 2000 Periodontology 2000, 17*(1), 63-76.

Mombelli, A., Oosten, M. A. C., Schürch, E., & Lang, N. P. (1987). The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants. *Oral Microbiol Immunol Oral Microbiology and Immunology, 2*(4), 145-151.

Naert, I., Quirynen, M., van Steenberghe, D., & Darius, P. (1992). A six-year prosthodontic study of 509 consecutively inserted implants for the treatment of partial edentulism. *Implant dentistry, 1*(4), 303. Retrieved from http://journals.lww.com/implantdent/Fulltext/1992/00140/A_six_year_prosthodontic_study_of_509.15.aspx

Neukam, F. (2000). Implantologie in der Zahnheilkunde. *Wissenschaftliche Stellungnahme der DGZMK, 4/00*.

Neukam, F., Scheller, H., & Günay, H. (1989). Experimentelle und klinische untersuchung zur auflagerungsplastik in Kombination mit enossalen Implantaten. *Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie, 5*, 235.

Olivier, W., & Kreusser, B. (2009). Historischer Rückblick auf die Entwicklung der zahnärztlichen Implantologie. *Implantologie Journal, 1*, 8-11.

Osborn, J., & Newesley, H. (1980). Dynamic Aspects of the implant - bone interface. In C. H. Verlag (Ed.), *Dental Implants - Materials and Systems* (pp. 111-123). München: Heimke, G.

Puleo, D. A., & Thomas, M. V. (2006). Implant surfaces. *Dental clinics of North America, 50*(3), 323-338.

Roos-Jansåker, A. M., Lindahl, C., Renvert, H., & Renvert, S. (2006). Nine- to fourteen-year follow-up of implant treatment. Part I: implant loss and associations to various factors. *Journal of Clinical Periodontology, 33*(4), 283-289.

Schenk, R. K., & Buser, D. (1998). Osseointegration: a reality. *Periodontol 2000 Periodontology 2000, 17*(1), 22-35.

Schroeder, A., Pohler, O., & Sutter, F. (1976). Gewebsreaktion auf ein Titan-Hohlzylinderimplantat mit Titan-Spritzschichtoberfläche. *Schweizerische Monatsschrift für Zahnheilkunde = Revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie / SSO, 86*(7), 713-727.

Schrotenboer, J., Tsao, Y. P., Kinariwala, V., & Wang, H. L. (2008). Effect of microthreads and platform switching on crestal bone stress levels: a finite element analysis. *Journal of periodontology, 79*(11), 2166-2172.

Schwarz, F., Ferrari, D., Herten, M., Mihatovic, I., Wieland, M., Sager, M., & Becker, J. (2007). Effects of Surface Hydrophilicity and Microtopography on Early Stages of Soft and Hard Tissue Integration at Non-Submerged Titanium Implants: An Immunohistochemical Study in Dogs. *Journal of Periodontology Journal of Periodontology, 78*(11), 2171-2184.

Schwarz, F., Herten, M., Bieling, K., & Becker, J. (2008). Crestal bone changes at nonsubmerged implants (Camlog) with different machined collar lengths: a histomorphometric pilot study in dogs. *The International journal of oral & maxillofacial implants, 23*(2).

Schweikert, M. T., Botticelli, D., Sbricoli, L., Antunes, A., Favero, V., & Salata, L. A. (2015). Sequential Healing at Implants with Different Configuration and Modified Surfaces: An Experimental Study in the Dog. *Clinical Implant Dentistry and Related Research Clinical Implant Dentistry and Related Research*(Suppl), n/a.

Snauwaert, K., Duyck, J., van Steenberghe, D., Quirynen, M., & Naert, I. (2000). Time dependent failure rate and marginal bone loss of implant supported prostheses: a 15-year follow-up study. *Clinical Oral Investigations Clinical Oral Investigations, 4*(1), 13-20.

Spiekermann, H. (1994). Implantologie. In K. H. Rateitschak & H. F. Wolf (Eds.), *Farbatlanten der Zahnmedizin*. Stuttgart: Thieme Verlag.

Stanford, C. (2010). Dental implant outcomes may vary in patients with a history of periodontal disease. *The journal of evidence-based dental practice, 10*(1), 46-48.

Steinberg, D., Sela, M. N., Klinger, A., & Kohavi, D. (1998). Adhesion of periodontal bacteria to titanium, and titanium alloy powders. *CLR Clinical Oral Implants Research, 9*(2), 67-72.

Strock, A. E. (1939). Experimental work on a method for the replacement of missing teeth by direct implantation of a metal support into the alveolus. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery American Journal of Orthodontics and Oral Surgery, 25*(5), 467-472.

Wagner, W., & Al-Nawas, B. (2004). Implantatmaterialien und Konstruktionsprinzipien der Implantate aus chirurgischer Sicht. In B. Koeck & W. Wagner (Eds.), *Praxis der Zahnheilkunde 13. Implantologie*: Urban & Fischer bei Elsev.

Warrer, K., Buser, D., Lang, N. P., & Karring, T. (1995). Plaque-induced peri-implantitis in the presence or absence of keratinized mucosa. An experimental study in monkeys. *CLR Clinical Oral Implants Research, 6*(3), 131-138.

Watzek, G., & Mailath-Pokorny, G. (2000). Zahnärztliche Implantate. In N. Schwenzer & M. Ehrenfeld (Eds.), *Zahnärztliche Chirurgie* (Vol. 3, pp. 127-168). Stuttgart, New York: Thieme Verlag.

Weibrich, G., Gnoth, S. H., Buch, R. S., Müller, F., Loos, A. H., & Wagner, W. (2001). Das IMZ-TwinPlus-Schraubenimplantat-System--4 Jahre klinische Erfahrung. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie : MKG, 5*(2), 120-125.

Wennström, J. L., Bengazi, F., & Lekholm, U. (1994). The influence of the masticatory mucosa on the peri-implant soft tissue condition. *CLR Clinical Oral Implants Research, 5*(1), 1-8.

Yang, T. C., & Maeda, Y. (2013). The biomechanical effect of platform switching on external- and internal-connection implants. *The International journal of oral & maxillofacial implants, 28*(1).

Zarb, G. A., Zarb, F. L., & Schmitt, A. (1987). Osseointegrated implants for partially edentulous patients. Interim considerations. *Dental clinics of North America, 31*(3), 457-472.

Zitzmann, N. U., Abrahamsson, I., Berglundh, T., & Lindhe, J. (2002). Soft tissue reactions to plaque formation at implant abutments with different surface topography : An experimental study in dogs. *JCPE Journal of Clinical Periodontology, 29*(5), 456-461.

11 LEBENSLAUF

Name	Oliver Stupar
Geboren	10. März 1972 in Düsseldorf
Staatsangehörigkeit	deutsch
Familienstand	ledig

Schulbildung

1979 – 1983	Grundschule Düsseldorf – Gerresheim
1983 – 1991	Gymnasium Gerresheim am Poth / Düsseldorf

Studium

1991 – 1996	Studium der Humanmedizin, Universität Homburg /Saar
1995	Ärztliche Vorprüfung
1996 – 2004	Studium der Zahnmedizin, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
2004	Staatsexamen Zahnmedizin
2004	Approbation als Zahnarzt
2005 – 2010	Promotion an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf „DNA-Zytometrie zur Differenzierung zwischen Pleomorphen Adenomen und Karzinomen der Speicheldrüsen“ Institut für Cytopathologie, Prof. A. Böcking
seit 03/2013	Masterstudium Implantologie, Donau-Universität Krems (A)

Zahnärztliche Tätigkeit

12/2005 – 02/2009	Assistenzzahnarzt, Praxis Dr. W. Dicks, Weeze
05/2009 – 04/2012	Zahnarzt, Praxis Dr. Kneuertz,MSc Implantologie, Solingen
08/2012 – 03/2014	Zahnarzt, Praxis J. Runge-Palermo, MSc Implantologie, München
seit April 2014	Zahnarzt, DENTINIC - Klinik der Zahnmedizin und Ästhetik, Garmisch-Partenkirchen

12 VERSICHERUNG AN EIDES STATT

Ich, Dr. Oliver Stupar versichere an Eides statt, durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Master-These mit dem Thema: *ICX-templant® Implantate - Ein klinischer Vergleich mit der Fragestellung „Ist ein preiswertes Implantat weniger erfolgreich?“* selbständig, ohne Zuhilfenahme unerlaubter Hilfsmittel und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Ich bestätige, die Richtlinien zur Sicherung einer guten wissenschaftlichen Praxis eingehalten zu haben. Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung („Uniform Requirements for Manuscripts (URM), www.icmje.org) kenntlich gemacht.

Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM und werden von mir verantwortet.

Ich stimme zu, dass die von mir eingereichte Master-These mit dem oben genannten Thema einer digitalen Plagiatsprüfung unterzogen wird.

Ort: Krems, Datum: _____

Unterschrift: _____

13 MARKENRECHTLICHER HINWEIS UND INTERESSENKONFLIKT

13.1 MARKENRECHTLICHER HINWEIS

Die in dieser Arbeit wiedergegebenen Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenzeichen usw. können auch ohne besondere Kennzeichnung geschützte Marken sein und als solche gesetzlichen Bestimmungen unterliegen.

Sämtliche in dieser Arbeit abgedruckten Bilder und Screenshots unterliegen dem Urheberrecht © des jeweiligen Herstellers.

13.2 INTERESSENKONFLIKT

Der Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

14 DANKSAGUNG

Meine besondere Dankbarkeit gilt Herrn Prof. Dr. Dr. Dr. Christian Foitzik, für die Überlassung dieses interessanten Themas einer Masterthese, sowie für seine anhaltend freundliche, kompetente Beratung und Motivation.
Ebenso gebührt mein Dank Herrn Prof. Dr. Dr. Ralf Gutwald für seine fachliche Begleitung im gesamten Bereich der Implantologie.
Für die freundlichen, hilfreichen Anregungen, wertvollen Vorschlägen und fachliche Unterstützung während der Ausarbeitung und Fertigstellung der Arbeit in ihrer Praxis in München und das Anvertrauen Ihrer Patienten möchte ich Frau Johanna Runge-Palermo, M.Sc. meinen umfassenden Dank aussprechen.
Als Ansprechpartnerin für sämtliche verwaltungstechnischen und organisatorischen Angelegenheiten und möchte ich Frau Avin Nasro danken.
Herrn Torsten Knieps und Herrn Wolf Bieling von der Firma Medentis Medical GmbH danke ich ganz herzlich für die firmenspezifischen Informationen und Überlassung umfangreichen Bildmaterials.
Mein persönlicher Dank gilt Bettina Scharnbeck, Dipl.-Ing., M.Sc., Roche Diagnostics GmbH Penzberg, die mich in der Datenaufbereitung und der Formatierung dieser Arbeit erfolgreich beraten hat und mich unermüdlich im versierten Umgang mit der aktuellen EDV-Technologie betreut hat.
Meinem Chef, Herrn Dr. med. dent. Günther Bail, Gründer und leitender Zahnarzt der DENTINIC, Klinik der Zahnmedizin und Ästhetik GmbH, möchte ich dafür danken, dass er mir ermöglicht hat, meine Masterthese neben der Ausübung meiner zahnärztlichen Tätigkeit fertigzustellen und mir immer unterstützend zur Seite stand.
Zum Abschluss möchte ich mich bei allen Freunden und Kollegen und Mitarbeitern bedanken, die mich bei der Fertigstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

15 ANHANG

Patientenspezifische Faktoren						
Name				Geburtsdatum		
Tag der Untersuchung		Intervall Recall		Geschlecht	☐ M	☐ W

Risikofaktoren					
Raucher	☐ Ja	☐ Nein	PAR in der Vorgeschichte	☐ Ja	☐ Nein
Spezifische Erkrankungen					
Medikamente					
Weitere Informationen					

Implantatspezifische Faktoren						
Implantattyp						
Implantatdurchmesser	☐ 3,45mm	☐ 3,75mm	☐ 4,1mm	☐ 4,8mm	Anderer Ø	
Implantatlänge	☐ 8mm	☐ 10mm	☐ 12,5mm	☐ 15mm	Andere Länge	
Insertionsregion						
Knochenaufbau	☐ Ja	☐ Nein	Augmentationen	☐ Ja	☐ Nein	
Autogener Knochen	☐ Ja	☐ Nein	Membran	☐ Ja	☐ Nein	
Aufbaumaterial						
Einheilzeit						

Kontrolluntersuchung 2015								
Periimplantäre mukosale Verhältnisse								
keratinisiert	☐ Ja	☐ Nein	Plaqueindex	☐ 0	☐ 1	☐ 2	☐	
Blutung auf Sondierung	☐ Ja	☐ Nein						
Sondierungstiefe am Implantat (höchster Wert)								
Mukosarezessionen	☐ Ja	☐ Nein						

Suprakonstruktion		
festsitzend	☐ Krone	☐ Brücke
Herausnehmbar	☐ Teleskop	☐ Locator

Röntgen			
Röntgen 1 Datum		Röntgen 2 (Kontrolle) Datum	
Knochenabbau ab Implantatschulter			

Anhang 1: Befundbogen

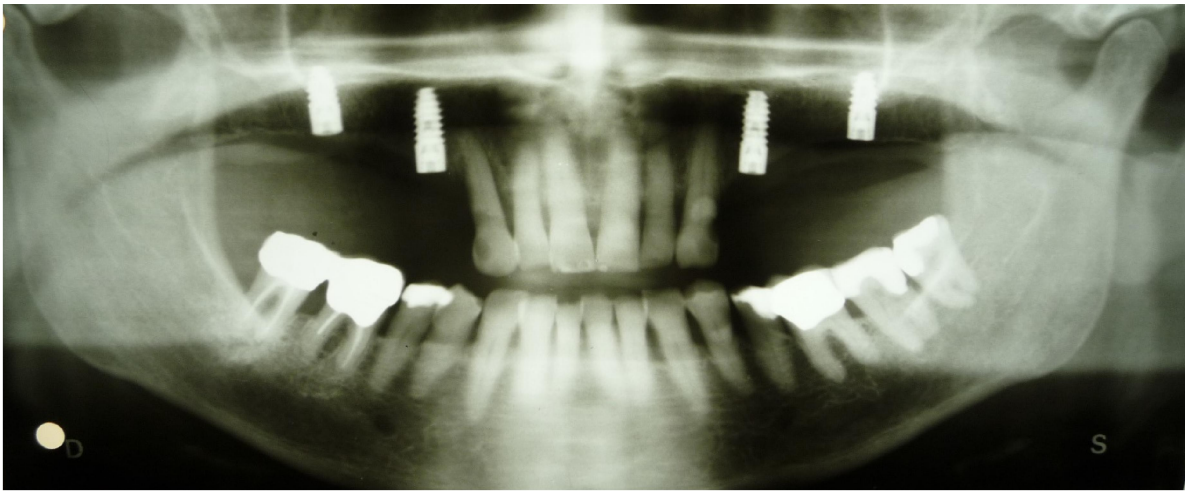
März 2011

Anhang 2: Beispielfall 1, März 2011

September 2015

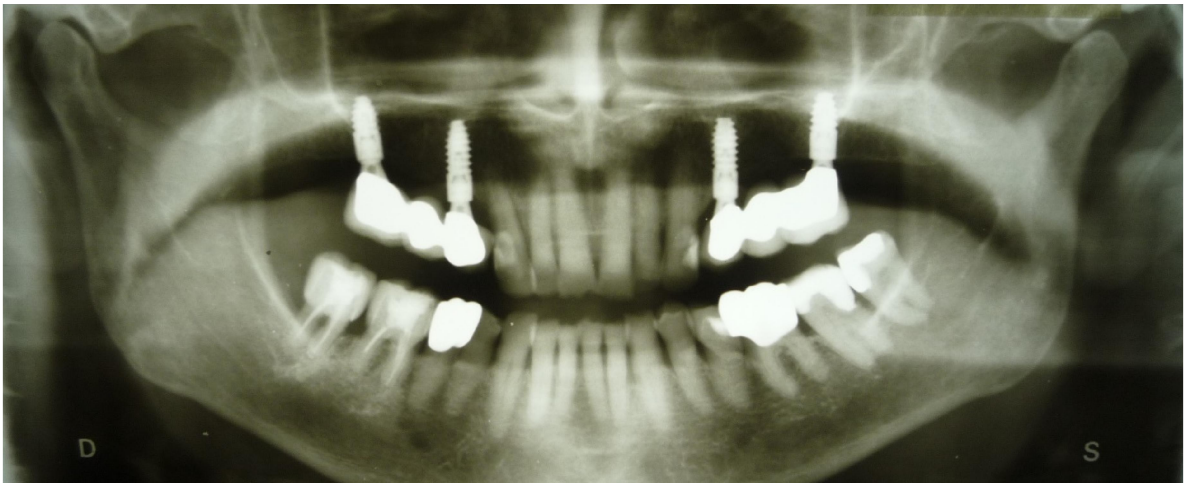
Anhang 3: Beispielfall 1, September 2015

Februar 2011



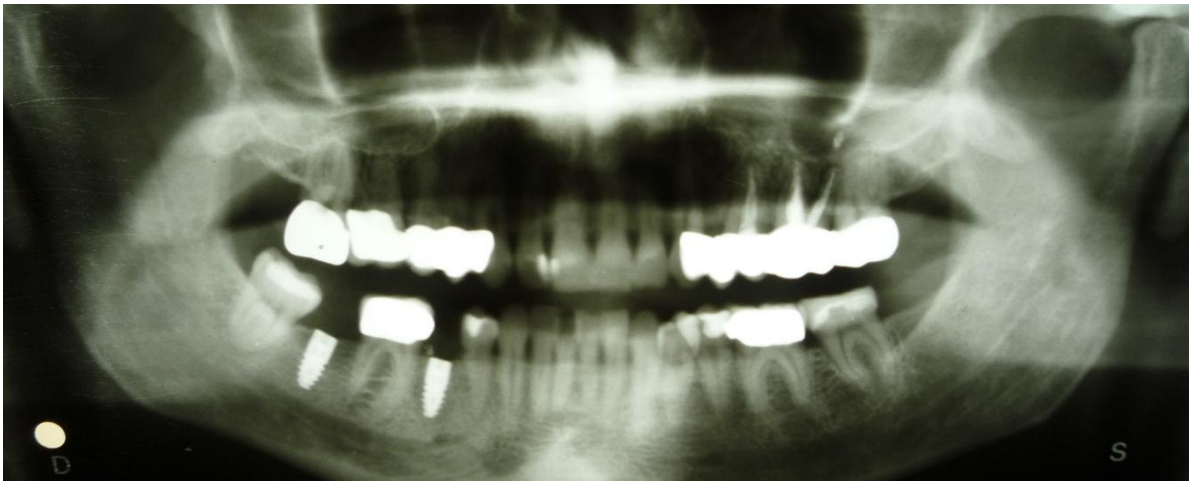
Anhang 4: Beispielfall 2, Februar 2011

September 2015



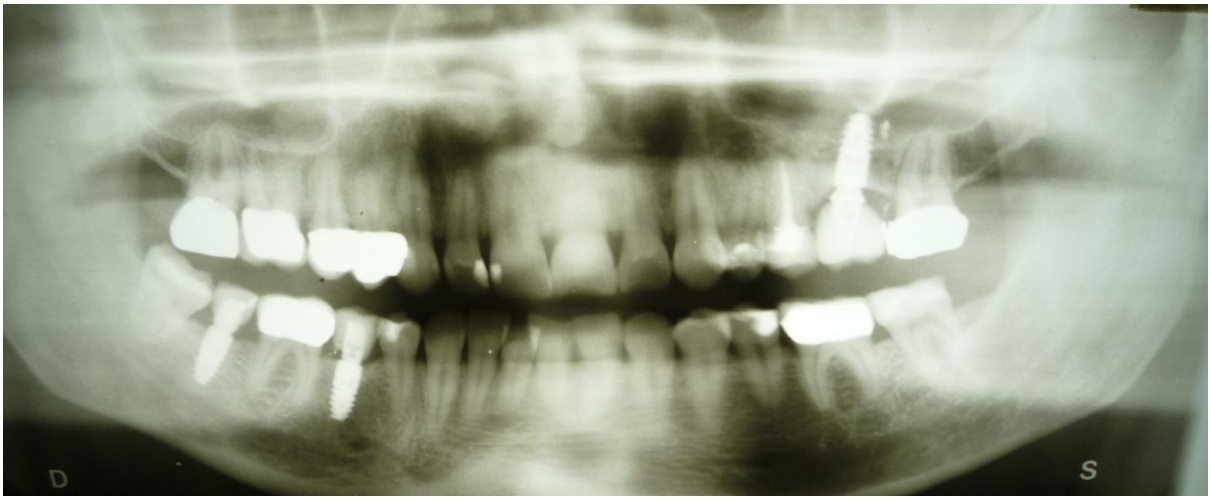
Anhang 5: Beispielfall 2, September 2015

Juni 2011



Anhang 6: Beispielfall 3, Juni 2011

September 2015



Anhang 7: Beispielfall 3, September 2015