

**Periimplantäre Knochenveränderungen bei  
Sofortimplantaten**

**Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Zahnheilkunde**

**der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard Karls Universität  
zu Tübingen**

**vorgelegt von  
Launer, Steffen**

**2016**

Dekan: Professor Dr. Ingo B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. G. Gómez-Román

2. Berichterstatter: Professor Dr. Dr. M. Kimmel

## **Widmung**

Diese Arbeit widme ich meiner Familie und meinen Freunden die mich auf diesem Weg begleitet haben.

## **Inhaltsverzeichnis**

Widmung .....	3
Abkürzungsverzeichnis .....	7
1 Einleitung .....	8
1.1 Allgemeiner Teil .....	8
1.1.1 Was ist ein Implantat .....	8
1.1.2 Die Zahnücke.....	8
1.1.3 Möglichkeiten in der Therapie fehlender Zähne.....	10
1.2 Sofortimplantation.....	12
1.2.1 Sofortimplantation in Tübingen .....	12
1.2.2 Fragestellung .....	13
1.2.3 Literatur mit ähnlicher Fragestellung.....	13
1.2.3.1 Studien zum Vergleich von Sofortimplantaten mit Implantaten, die in ausgeheilten Knochen gesetzt wurden.....	13
1.2.4 Notwendigkeit der Studie .....	14
1.2.5 Ziel der Arbeit .....	15
2 Material und Methoden.....	16
2.1 Design .....	16
2.2 Patienten und Implantate .....	17
2.2.1 Selektionskriterien. ....	17
2.2.2 Alter und Geschlecht .....	17
2.2.3 Implantate und Lokalisation .....	18
2.2.4 Röntgenologische Dokumentation .....	22
2.3 Röntgenbilder: Selektion und Digitalisierung.....	23
2.4 Messvorschrift und Messung der Knochensituation .....	24
2.5 Datenerhebung .....	30
2.6 Digitale Datenerfassung .....	30
2.7 Datenverarbeitung.....	31
2.8 Der koronale Knochendefekt unter der Messvorschrift.....	32
2.9 Datenauswertung .....	33

2.10	Datendarstellung.....	34
2.10.1	Statistische Tests .....	35
2.10.2	Vorauswertung .....	36
3	Ergebnisse .....	38
3.1	Datenanalyse und Ergebnisse .....	38
3.1.1	Vorauswertung der Messwerte .....	38
3.1.2	Mesialer und distaler koronaler Knochendefekt.....	40
3.1.3	Gemittelter koronaler Knochendefekt der Sofortimplantate im Vergleich zur Kontrollgruppe.....	42
3.1.3.1	Betrachtung des koronalen Knochendefekts der Gruppe aller Sofortimplantate .....	43
3.1.3.2	Betrachtung des koronalen Knochendefekts aller Kontrollimplantate .....	46
3.1.3.3	Vergleich der Gesamtheit aller Sofortimplantate und Kontrollimplantate .....	48
3.1.3.4	Statistische Tests .....	55
4	Diskussion.....	56
4.1	Diskussion der Fragestellung und Zielsetzung.....	56
4.2	Diskussion des Abschnitts „Material und Methoden“ .....	56
4.2.1	Auswahl der Patienten.....	56
4.2.2	Auswahl der Implantate in der Sofortimplantatgruppe und der Kontrollgruppe.....	57
4.2.3	Verwendete Röntgenbilder.....	58
4.2.4	Vermessung und Messvorschrift.....	59
4.2.5	Messproblematik.....	60
4.2.6	Mesialer und distaler Knochendefekt .....	60
4.2.7	Plausibilitätskontrolle .....	61
4.2.8	Darstellung der Ergebnisse .....	61
4.3	Diskussion der Ergebnisse.....	61
4.3.1	Koronaler Knochendefekt der Sofortimplantate .....	62
4.3.2	Vergleich der Sofortimplantate und der Kontrollimplantate .....	64

4.3.3	Zeitliche Gruppierung.....	67
4.3.4	Initialer Knochenumbau .....	67
4.4	Schlussfolgerung.....	68
5	Zusammenfassung.....	69
6	Abbildungsverzeichnis.....	71
7	Tabellenverzeichnis .....	72
8	Literaturverzeichnis .....	73
9	Erklärung zum Eigenanteil .....	77
10	Danksagung .....	79
11	Lebenslauf.....	80
12	Anhang.....	81

## Abkürzungsverzeichnis

DGI	Deutsche Gesellschaft für Implantologie
DGZI	Deutsche Gesellschaft für Zahnärztliche Implantologie
DVT	Digitale Volumentomographie
FDI	Fédération Dentaire Internationale
FZG	Frontzahnggebiet
Grp	Gruppierung
KG	Kontrollgruppe
Kor KD	Koronaler Knochendefekt
OK	Oberkiefer
OP	Operation (respektive Zeitpunkt der Insertion des Implantats)
Proth	Prothetik (Zeitpunkt der prothetischen Versorgung)
SI	Sofortimplantat
SZG	Seitenzahnggebiet
TKD	Tiefe des Knochendefektes
UK	Unterkiefer
WHO	World Health Organisation
$\Delta$ OP-P	Verstrichene Zeit zwischen OP und Prothetik in Monaten

# **1 Einleitung**

## **1.1 Allgemeiner Teil**

### **1.1.1 Was ist ein Implantat**

Als Implantat bezeichnet man einen alloplastischen Werkstoff der dem Körper eingepflanzt wird, um dort dauerhaft oder temporär eine spezielle Funktionen zu erfüllen. Als Implantation bezeichneten Rateitschak und Wolf die Übertragung von nichtvitalen Gewebe auf ein biologisches System (Rateitschak et al. 1989). Auf die Zahnmedizin bezogen bedeutet dies das Einbringen von alloplastischen Materialien in den Kiefer, um eine Halte- und Stützfunktion, im Sinne einer künstlichen Zahnwurzel, für Prothesen und anderen Zahnersatz zu gewährleisten.

### **1.1.2 Die Zahnlücke**

Eine Zahnlücke ist nur während des Zahnwechsels physiologisch. Ein Lückengebiss nach Exfoliation und Einstellung der permanenten Zähne ist fast immer pathologisch bedingt.

Die Ursachen für einen Zahnverlust können mannigfaltig sein. Die häufigsten Gründe sind nicht sanierbare große kariöse Läsionen, Misserfolge nach endodontischer Behandlung, Parodontitiden und Zahnverluste aufgrund von Traumata des Gesichtsschädels. Weitere Möglichkeiten für eine Zahnlücke sind Nichtanlagen, genetische Fehlbildungen oder Tumoroperationen im Kopf-Hals-Bereich mit ausgedehnter Resektion der umliegenden Strukturen (Lehmann et al. 2005) .

Eine Lücke in einem vormals vollständigen Erwachsenengebiss kann, je nach Lokalisation, von den Betroffenen als ästhetisch störend empfunden werden.

Auch kann bei einem Fehlen der Frontzähne die Lautbildung beeinträchtigt sein, was zu einer eingeschränkten Phonetik führt (Lehmann et al. 2005).

Des Weiteren ist an dieser Stelle durch den fehlenden antagonistischen



Zahnkontakt keine Kaufunktion gegeben und es können auch keine funktionellen Reize ans Gehirn weitergeleitet werden.

Häufig kann nach einem Zahnverlust im Seitenzahnggebiet auch eine Mesialkipfung der distal die Lücke begrenzenden Pfeiler beobachtet werden (Lehmann et al. 2005).

Laut WHO definiert sich Gesundheit als, „[...] a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity“ (WHO 1989). Dies bedeutet, dass ein psychologisches Missempfinden als Krankheit zu definieren ist und therapiert werden sollte.

Aus den genannten Gründen sowie der Stellungnahme der WHO ergibt sich die Notwendigkeit einer Therapie des Lückengebisses.

Zahnlücken können in Schaltlücken und sogenannte Frendlücken eingeteilt werden (Abbildung 1, Seite 9). Die Lokalisation sowie die Anzahl der fehlenden Zähne beeinflussen maßgeblich die Therapiemöglichkeiten.

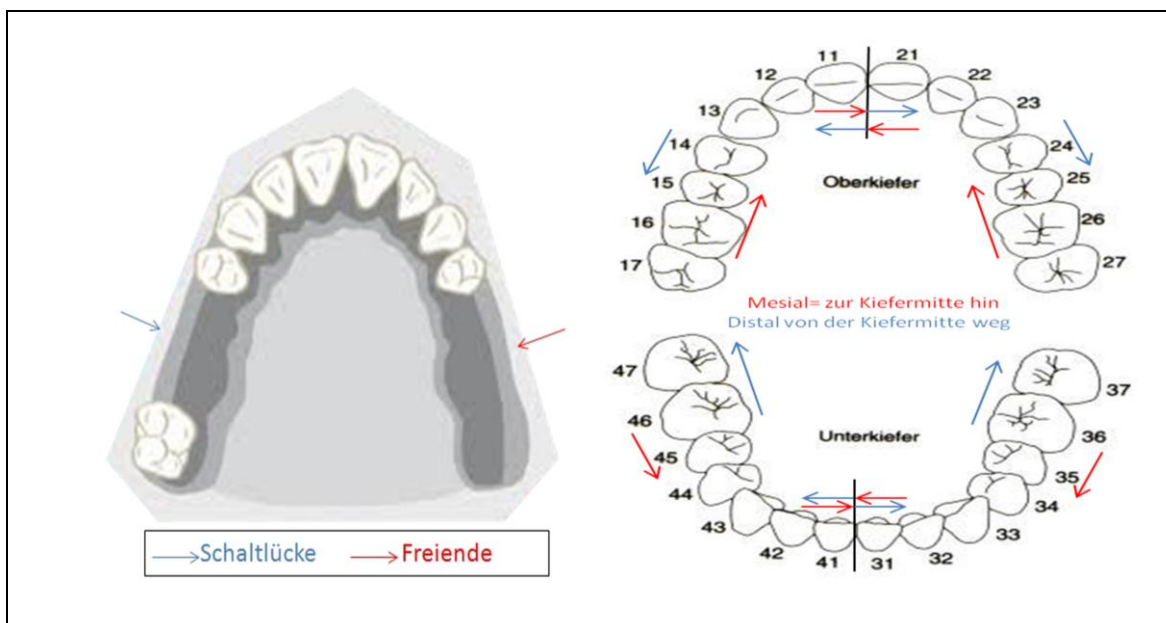


Abbildung 1: Links: Schematische Darstellung einer Schaltlücke sowie einer Freundsituation. Rechts: FDI Schema.

### 1.1.3 Möglichkeiten in der Therapie fehlender Zähne

Für die Versorgung eines Freiendes, beziehungsweise einer Schalllücke, stehen dem behandelnden Zahnarzt verschiedene prothetische Therapiekonzepte zur Auswahl. Grundlegend kann zwischen herausnehmbarem, festem und kombiniert festsitzend-herausnehmbarem Zahnersatz unterschieden werden (Lehmann et al. 2005).

Die Vielfalt der Versorgungsmöglichkeiten wurde mit der Einführung der Implantation in der Zahnmedizin noch erweitert.

Die anfänglichen Implantate dienten allein der Wiederherstellung der Ästhetik und erst mit dem Voranschreiten der Entwicklung wurde eine funktionelle Belastung der Implantate möglich (Spiekermann H. et al. 1994). Wegweisend waren die Forschungsergebnisse des Anatomen Brånemark, der sich 1960 mit der Reparation hochdifferenzierten Gewebes nach mechanischer und thermischer Traumatisierung beschäftigte. Er gewann die Erkenntnis, dass das seinerzeit oft verwendete Tantal keine Haftung am Knochen ermöglichte, Titan hingegen ein Einsprießen der Osteoblasten ermöglicht und somit zu einem festen Verbund zwischen Implantat und Knochen führt. Diesen Vorgang beschrieb er als „Osseointegration“ (Albrektsson et al. 1981, Brånemark 1983). Genauer verstand er unter Osseointegration den lichtmikroskopisch sichtbaren, direkten strukturellen und funktionellen Verbund zwischen anorganischem alloplastischem Werkstoff und vitalem Knochen (Albrektsson et al. 1981, Brånemark 1983). 1965 konnten die ersten Brånemark-Implantate, schraubenförmige Implantate aus Titan, ohne Oberflächenmodifikationen bei Patienten eingegliedert werden. Heute sind Titanimplantate mit unterschiedlichen Oberflächenmodifikationen der Standard.

Der größte Vorteil eines Implantates liegt darin, dass für ein Implantat keine Zahnhartsubstanz geopfert werden muss, wie dies bei Brücken oder kombiniert festsitzend-herausnehmbaren Versorgungsen der Fall ist (Lehmann et al. 2005). Die Aussicht auf einen herausnehmbaren oder gar festsitzenden Zahnersatz

hat die Akzeptanz der Patienten für Implantate erhöht. Ein weiterer wichtiger Faktor ist sicherlich die Tatsache, dass Implantate inzwischen eine gute Prognose bezüglich ihrer Verweildauer im Mund haben. Dies wurde in der Vergangenheit durch Studien belegt (Knöfler et al. 2004).

### **1.1.3.1 Implantate in der heutigen Gesellschaft**

Wie wichtig das Thema Implantate ist, zeigt unter anderem die Stellungnahme der deutschen Gesellschaft für zahnärztliche Implantologie (DGZI).

Laut DGZI kann im Idealfall jeder verlorene Zahn durch ein Einzelimplantat ersetzt werden.

Beschrieb Barbara Ritzert in ihrem Artikel für eine Tagung der DGI für das Jahr 2006 noch einen Zuwachs von 70.000 auf 600.000 Implantationen (Ritzert 2007), so wird im Internetauftritt der DGI (DGI 2015) von mehr als einer Million gesetzter Implantate jährlich in Deutschland gesprochen und die Tendenz sei nach wie vor steigend.

### **1.1.3.2 Zeitpunkt der Implantation**

Während sich der chirurgische Ablauf bei der Implantation selbst bei allen gängigen Vorgehensweisen ähnlich gestaltet, so gibt es Unterschiede im Bezug auf den Implantationszeitpunkt und den Zeitpunkt der prothetischen Versorgung.

Grundsätzlich kann man drei Vorgehensweisen bezüglich des Insertionszeitpunktes unterscheiden. Erstens die Spätimplantation nach einer knöchernen Ausheilungsphase von mindestens 9 Monaten post extractionem. Zweitens die verzögerte Sofortimplantation, bei der nach 6 Tagen bis zum 9. Monat nach Extraktion implantiert wird und drittens die Sofortimplantation, bei der das Implantat unmittelbar nach der Extraktion (bis maximal 6 Tage nach Extraktion) eingebracht wird (d'Hoedt B. et al. 1986).

Durch das frühe Einbringen eines Implantates soll der an Extraktionsalveolen

zu beobachtende Schwund des Alveolarknochens vermieden werden (Denissen et al. 1993, Prasad et al. 2011, Santos et al. 2013, Schulte et al. 1976). Allerdings wird dieser Effekt in der Literatur kontrovers diskutiert (Araújo et al. 2005, Mollen et al. 2014). In ihrer 2012 veröffentlichten Studie fanden Penarrocha et al. eine ähnliche Überlebensrate für Sofortimplantate wie für Implantate die in ausgeheilten Knochen gesetzt wurden (Penarrocha-Diago et al. 2012).

## **1.2 Sofortimplantation**

Als positivsten Effekt der Sofortimplantation nennt Quiryne die für den Patienten stark verkürzte Zeitspanne der Zahnlosigkeit, sowie die Tatsache, dass die Anzahl an chirurgischen Eingriffen verringert wird (Quiryne et al. 2007).

### **1.2.1 Sofortimplantation in Tübingen**

Im Bereich der Sofortimplantation gingen Prof. Schulte und sein Team an der Universität Tübingen, mit dem aus reiner Aluminiumoxidkeramik bestehenden Implantat des Typs Frialit 1, das als Tübinger Sofortimplantat bekannt ist (Schulte et al. 1976), 1975 neue Wege. Das Frialit 1 fand anfänglich nur in der Sofortimplantation Verwendung. Später wurde der Einsatzbereich auch auf die Implantation nach einer Ausheilung der Extraktionsalveole erweitert. Im Gegensatz zu den meisten Kollegen vertrat Schulte die Methodik des Einklopfens des Implantats in die Extraktionsalveole, die zuvor zur Aufnahme des Implantats aufbereitet worden war. Die Achsenausrichtung des Implantatagers war, im Vergleich zur Alveole, nach palatinal verlegt. Nach einer offenen Einheilungsphase von 6 Monaten erhielten die Implantate einen Stiftaufbau, welcher in die Implantate einzementiert wurde.

Die hohe Verlustrate des Tübinger Implantats führte zu seiner Einstellung. Sein Nachfolger (das Frialit 2) besteht nicht mehr aus Aluminiumoxid sondern aus

Titan und wird in den Knochen eingeschraubt.

Alle an der Universität Tübingen mit einem Implantat versorgten Patienten wurden im Sonderforschungsbereich 175 „Implantologie“ seit 1985 registriert und die Behandlungen dokumentiert und gespeichert. Heute ist der SFB 175 besser als "Tübinger Implantatregister" bekannt und dient mit seiner umfangreichen Datensammlung auch als Grundlage dieser Arbeit.

### **1.2.2 Fragestellung**

Es gilt herauszufinden, ob Sofortimplantate während der Einheilungsphase sowie über die Liegedauer von mehreren Jahren einer anderen Knochenreaktion unterworfen sind als Implantate, die nach einer Ausheilung des Knochens gesetzt wurden.

### **1.2.3 Literatur mit ähnlicher Fragestellung**

#### **1.2.3.1 Studien zum Vergleich von Sofortimplantaten mit Implantaten, die in ausgeheilten Knochen gesetzt wurden**

Rossi et al. untersuchten 2013 die periimplantären Hartgewebsveränderungen an Sofortimplantaten mittels DVT (Rossi F. et al. 2013). In der Studie konnte nach einmaliger röntgenologischer Kontrolle nach vier Monaten eine geringe Zunahme des mesialen Knochendefekts (-0,2 mm) festgestellt werden, während distal kein weiterer Abbau zu verzeichnen war. Die Patientenzahl betrug hier nur 12 Patienten, von denen lediglich neun die Studie beendeten.

Die Arbeitsgruppe um Schropp untersuchte das Einheilungsverhalten von Sofortimplantaten im Vergleich zu Implantaten die nach drei Monaten gesetzt wurden. Zu diesem Zweck wurden die Zeitpunkte der Insertion mit dem Zeitpunkt der prothetischen Versorgung (3 Monate später) verglichen. Es konnte zum Zeitpunkt der prothetischen Versorgung eine ähnliche mesiale und

distale Knochendefekttiefe für beide Gruppen festgestellt werden. Allerdings muss hierbei angemerkt werden, dass zum Zeitpunkt der Insertion signifikant mehr Sofortimplantate einen Defekt von mehr als 1 mm aufwiesen, als in der Gruppe der verzögerten Implantate (Schropp et al. 2003). Die Studie betrachtet insgesamt 46 Implantate. Davon wurden 23 als Sofortimplantate und 23 als Implantate nach Ausheilung der Extraktionsalveole gesetzt.

Cooper et al. beobachteten das Verhalten des periimplantären Knochens über einen Zeitraum von fünf Jahren nach der Insertion. Es wurden sofortimplantierte Fälle mit Implantaten nach einer vorangegangenen Ausheilungsphase verglichen. Die Implantate wurden nach erfolgter Insertion direkt mit provisorischen Kronen versorgt. Es wurden ähnliche Resultate für beide Gruppen erzielt, wobei Cooper einen initialen Knochengewinn für die Implantate an frischen Extraktionsstellen beschreibt (Cooper et al. 2014). Es wurden 113 Patienten mit Implantaten versorgt. Davon wurde bei 55 Patienten sofortimplantiert und bei 58 Patienten eine knöcherne Ausheilung vor Implantation abgewartet.

#### **1.2.4 Notwendigkeit der Studie**

Die meisten Studien über Sofortimplantate werden entweder an Tieren oder mit einem sehr geringen Patientenpool durchgeführt. Für den implantologisch tätigen Zahnarzt ist aber gerade die Umsetzbarkeit am Patienten relevant. Die Untersuchung eines Implantattyps im humanen Knochen sowie eine kontinuierliche Beurteilung der Knochensituation sollen einen Aufschluss über die Prognose und damit den Langzeiterfolg dentaler Implantate bieten. Im Vergleich zu anderen, ähnlich angelegten Studien kann diese Arbeit auf eine große Patientenzahl, sowie einen Beobachtungszeitraum von bis zu 10 Jahren zurückgreifen. Hinzu kommt, dass nur ein Implantatmodell verwendet und somit der Vergleich der Patienten untereinander erleichtert wird. Durch die Einhaltung eines genau definierten Vermessungsprotokolls sowie einer klaren

Messvorschrift ist ein Vergleich zu Studien, die sich der gleichen Messvorschrift bedienen, gewährleistet.

### **1.2.5 Ziel der Arbeit**

Die vorliegende Arbeit vergleicht die periimplantäre Knochensituation von Sofortimplantaten mit einer Gruppe von Kontrollimplantaten die verzögert sofortimplantiert, oder nach einer vorangegangenen knöchernen Ausheilung gesetzt wurden. Die Nullhypothese hierbei ist, dass es in beiden Gruppen zu vergleichbaren Ergebnissen kommt.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Design

Die Studie ist eine prospektive, klinisch, radiologische Langzeitstudie. Es wurden Röntgenbilder im Zeitraum vom 12.02.1991 bis zum 26.11.2012 berücksichtigt.

Der Aufbau der Studie ist in Abbildung 2, Seite 16 dargestellt.

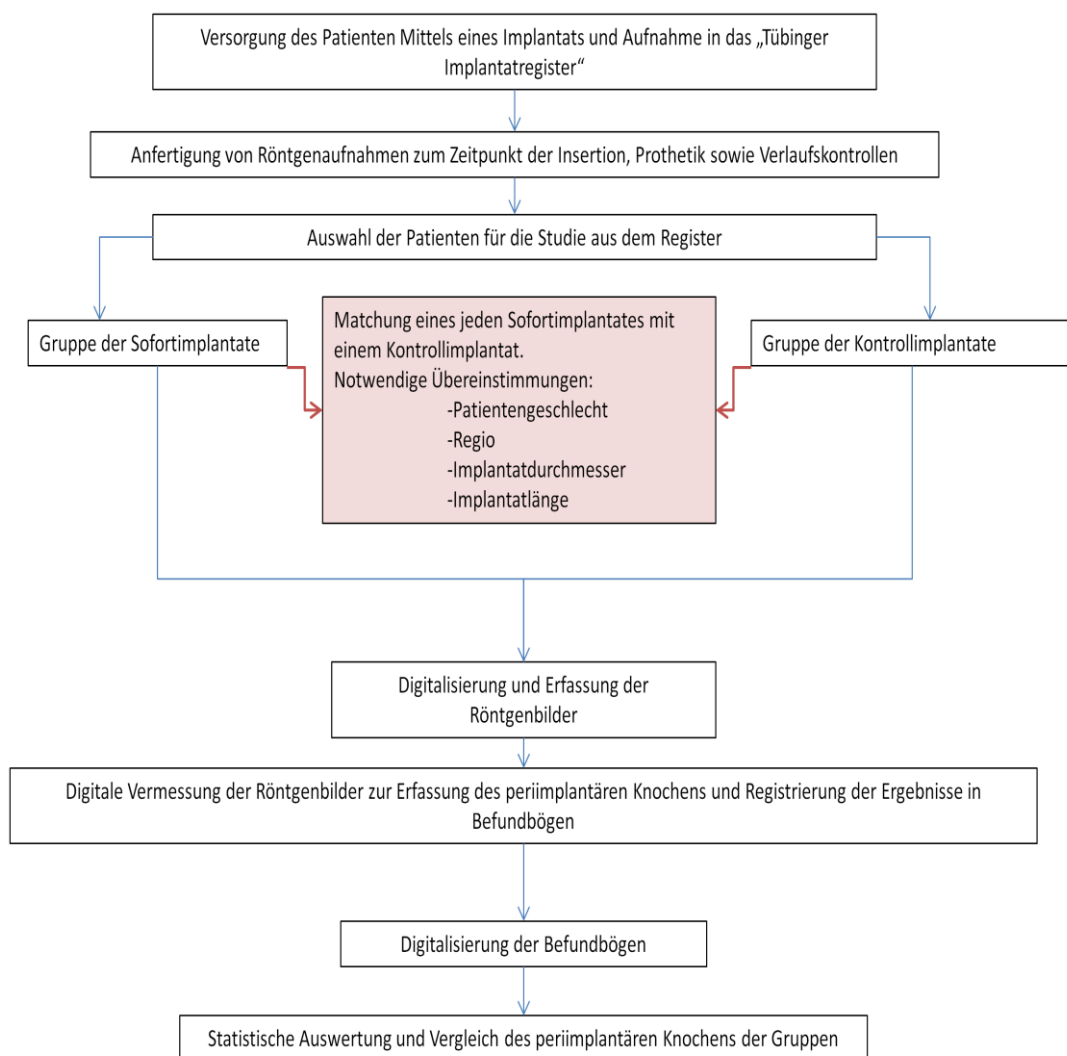


Abbildung 2 : Übersicht über den Ablauf der Studie.



## **2.2 Patienten und Implantate**

### **2.2.1 Selektionskriterien.**

Alle in der Poliklinik für zahnärztliche Chirurgie und Parodontologie sowie in der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik mit Propädeutik und Sektion "Medizinische Werkstoffkunde und Technologie" des Universitätsklinikums Tübingen behandelten Patienten sind heute im Tübinger Implantatregister erfasst und gespeichert.

In die Studie wurden ausschließlich Patienten einbezogen, die am Universitätsklinikum Tübingen mit einem Sofortimplantat, beziehungsweise im Falle der Kontrollgruppe, mit einem verzögerten Sofortimplantat oder einem Implantat nach der knöchernen Ausheilungsphase versorgt wurden. Dazu mussten Röntgenbilder zum Zeitpunkt der OP oder der prothetischen Versorgung sowie Kontrollröntgenbilder vorhanden sein. Alle Patienten wurden mit einem Frialit 2 Implantat der Firma Dentsply Friadent 68221 Mannheim (Germany) versorgt.

### **2.2.2 Alter und Geschlecht**

Die Studie wurde mit 133 Personen durchgeführt, wobei 60 Personen weiblich und 73 männlich waren (siehe Abbildung 3, Seite 18). Das Durchschnittsalter lag bei 42 Jahren, wobei der jüngste Patient zum Zeitpunkt der Implantation 15 Jahre, der älteste 75 Jahre alt war. Eine Übersicht der Altersverteilung ist in Abbildung 4 auf Seite 18 gegeben.

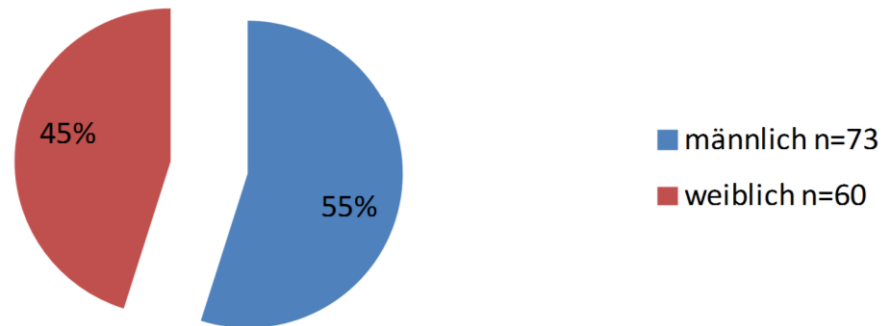


Abbildung 3: Geschlechterverteilung der Patienten.

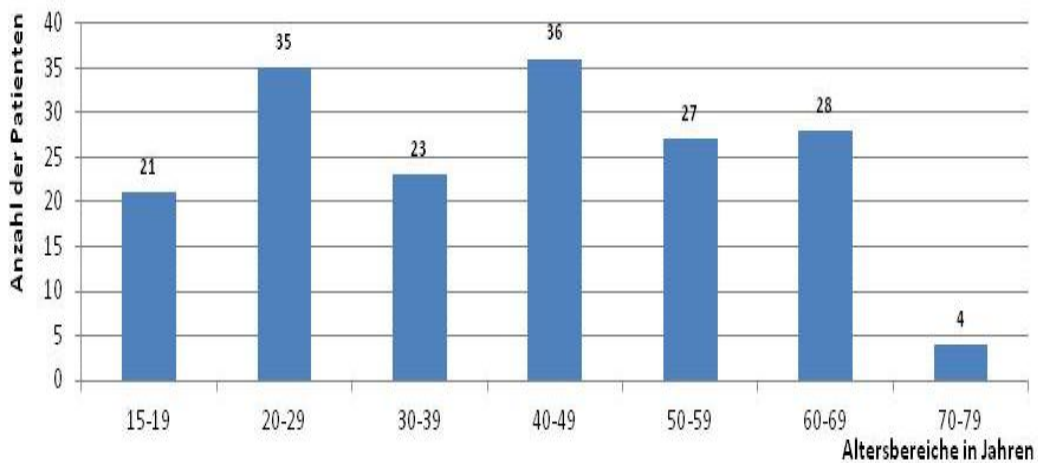


Abbildung 4: Altersverteilung der Patienten bei Implantation.

### 2.2.3 Implantate und Lokalisation

Für die Auswahl der Patienten der Kontrollgruppe galt es Kriterien zu setzen, die einen Vergleich mit den mittels Sofortimplantation versorgten Patienten zuließ. Nach Gómez sind die im folgenden beschriebenen Kriterien für einen direkten Vergleich zu erfüllen (Gómez-Román 2000). Diese Paarung wurde von ihm als "Matchung" beschrieben.

Die Mitglieder der Kontrollgruppe müssen mit einem Implantat gleichen Typs und an äquivalenter Regio nach dem FDI-Schema versorgt worden sein (Gómez-Román 2000). Es wird nach Ober- und Unterkiefer sowie Front- und Seitenzahnbereich unterschieden. Des Weiteren spielen das Geschlecht, der enossale Implantatdurchmesser in Millimetern sowie die enossale Implantatlänge, ebenfalls in Millimetern, eine Rolle (Abbildung 5, Seite 19).

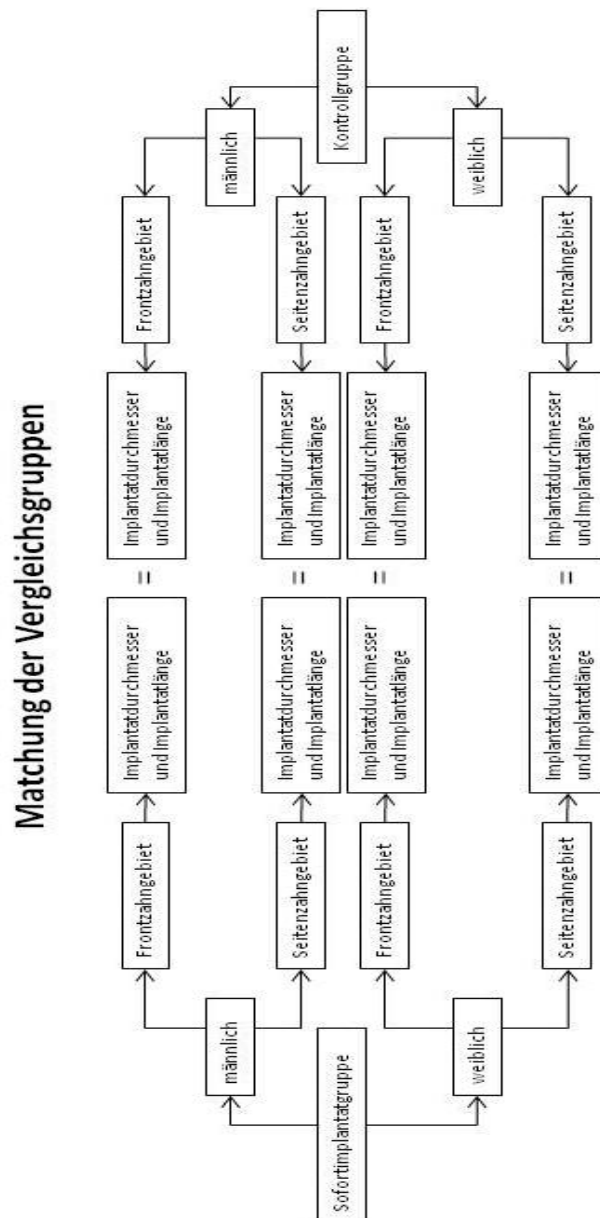


Abbildung 5: Matchung der Vergleichsgruppen nach Gomez. (Gómez-Román 2000)

Die Studie betrachtet insgesamt 174 Implantate.

Im Oberkiefer wurden Sofortimplantate hauptsächlich zur Versorgung von Zahnlücken im Bereich der Front verwendet (Regio 13-23 (nach FDI); n=55).

Im oberen Seitenzahnggebiet (Regio 14- 17; 24- 27 (nach FDI)) wurden 11 Sofortimplantate analysiert.

Für die Gesamtheit der Studie ergaben sich so 55 Sofortimplantate in der OK-Front sowie 11 im OK-Seitenzahnggebiet. In der Kontrollgruppe sind dem entsprechend ebenso 55 gematchte Implantate in der Oberkieferfront und 11 Implantate im Oberkieferseitenzahnggebiet, die allerdings erst verspätet sofortimplantiert oder nach der knöchernen Ausheilung eingesetzt wurden.

Mit der Kontrollgruppe ergibt das 110 Implantate in der OK-Front und 22 im OK-Seitenzahnggebiet.

Im Unterkiefer wurden 12 Sofortimplantate zur Versorgung der Frontzahnregion verwendet (33-43 (nach FDI)). Ferner wurden 9 Sofortimplantate im Seitenzahnggebiet gesetzt (Regio 34-37; 44-47 (nach FDI)). In der Kontrollgruppe ergeben sich so ebenfalls 12 Implantate im Unterkiefer Frontzahnbereich und 9 im Unterkieferseitenzahnggebiet. Für beide Gruppen gemeinsam ergibt das 24 Implantate in der Unterkieferfront und 18 im Unterkieferseitenzahnggebiet. Eine Übersicht ist in Abbildung 6, Abbildung 7 und Abbildung 8 auf den Seiten 21-22 dargestellt.

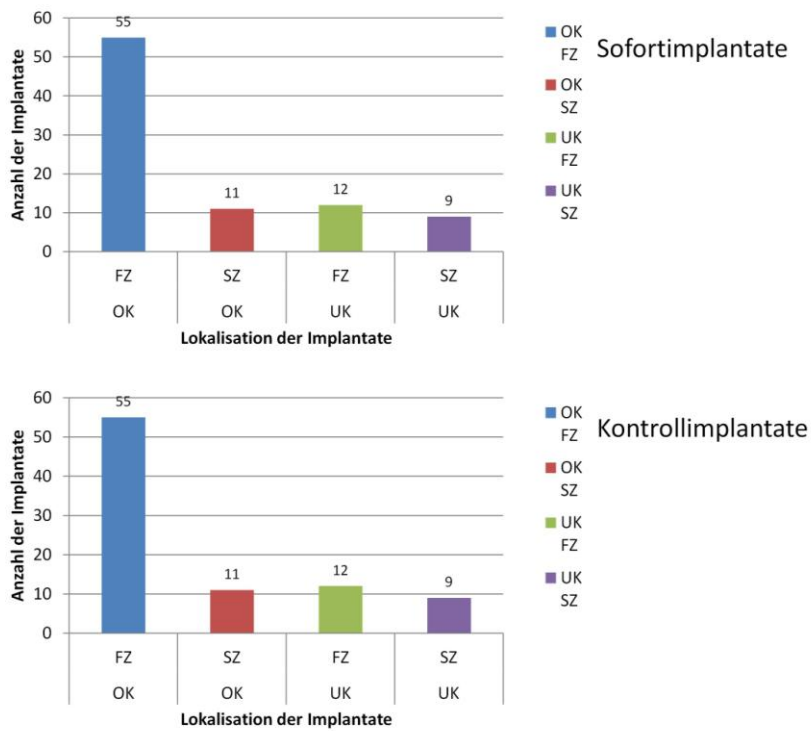


Abbildung 6: Verteilung der Implantate aufgetrennt nach Kiefer- sowie Front- und Seitenzahngebiet.

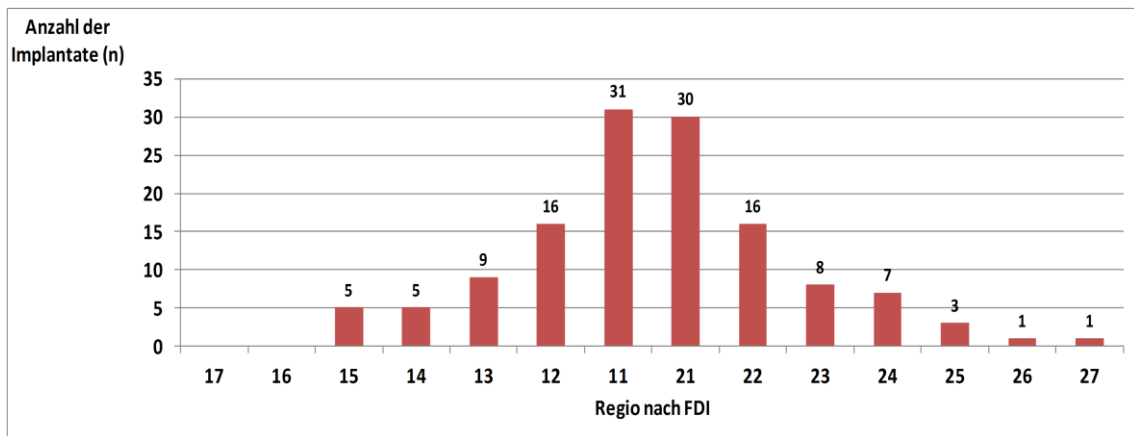


Abbildung 7: Lokalisation der Implantate im Oberkiefer nach dem FDI Schema.

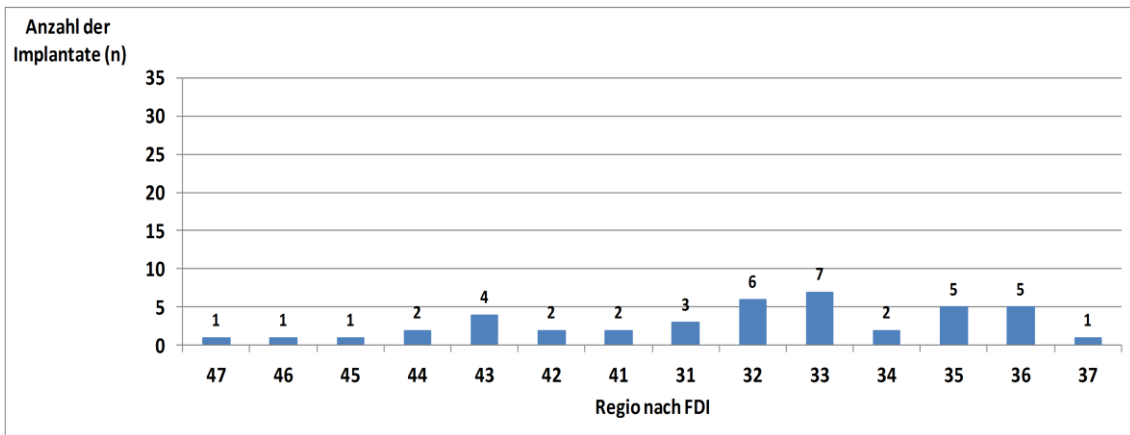


Abbildung 8: Lokalisation der Implantate im Unterkiefer nach dem FDI Schema.

Eine Übersicht der verwendeten Implantatlängen und deren Durchmesser ist in Abbildung 9, Seite 22 zu sehen.

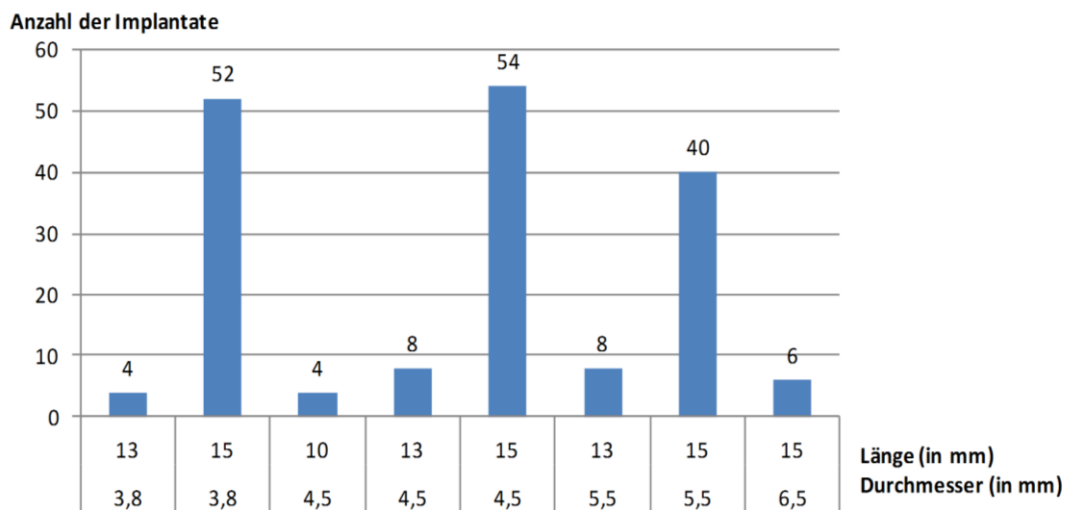


Abbildung 9: Anzahl der Implantate, getrennt nach Länge und Durchmesser.

## 2.2.4 Röntgenologische Dokumentation

Nach Insertion der Implantate wurden Röntgenaufnahmen in Paralleltechnik oder Orthopantomogramme angefertigt. Anschließend wurden die Patienten nach erfolgter prothetischer Versorgung zur radiologischen Kontrolle gebeten. Weitere Kontrollen folgten danach in unregelmäßigen Abständen.

## **2.3 Röntgenbilder: Selektion und Digitalisierung**

Nach der Selektion der Studienpatienten wurden die Patientenakten auf Vollständigkeit der Dokumentationsunterlagen geprüft und für jeden Patient ein Erhebungsbogen erstellt. Insgesamt konnten 974 röntgenologische Abbildungen der Implantate ausgewertet werden.

Die Röntgenaufnahmen wurden mit dem Durchlichtscanner Intelli Scan 1600 der Firma QUATOGRAPHIC Technology GmbH (38112 Braunschweig, Germany) mit der Software Silverfast AI in der Version 6.4 der LaserSoft Imaging AG (24105 Kiel, Germany) mit 300 DPI eingescannt und als Tiff-Datei gespeichert. Die Bilder wurden anschließend mit dem Programm "Irfan-view" von Skiljan Irfan, Version 4.37, in das Bitmap- Format konvertiert.

Die digitale Vermessung der Bilder erfolgte mit der Software Sidexis XG der Firma Sirona (64625 Bensheim, Germany). Um eine möglichst genaue Messung zu erzielen, wurden die gescannten Bilddateien, zur optimalen Betrachtung innerhalb des Programms, individuell in ihrem Kontrast sowie der Größe der Darstellung modifiziert.

Insgesamt wurden 566 Implantate auf Mundfilmen und 408 Implantate auf Orthopantomogrammen ausgewertet. Die Normierung mittels eines Verzerrungsfaktor erlaubt den Vergleich von Mundfilmen mit Orthopantomogrammen. Die Verteilung ist in Abbildung 10, Seite 24 dargestellt.

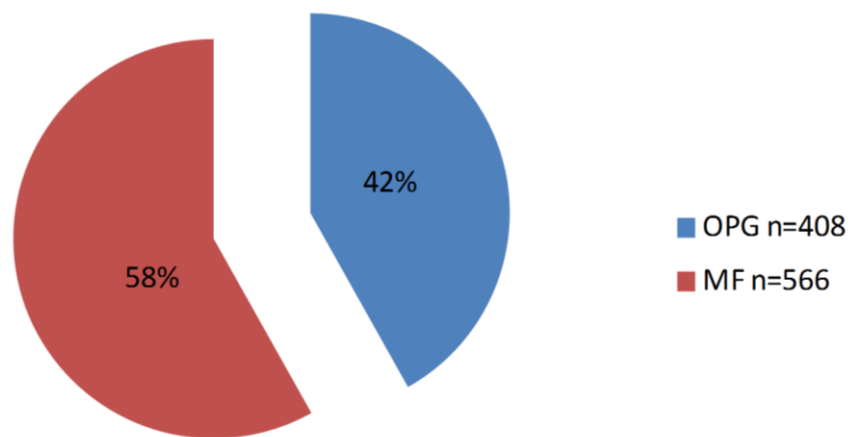


Abbildung 10: Verteilung der Röntgenbilder nach Art der Aufnahme.

## 2.4 Messvorschrift und Messung der Knochensituation

Es wurden pro Implantat 10 Messstrecken vermessen. Die Messvorschrift ist in Abbildung 11, Seite 24 graphisch dargestellt.

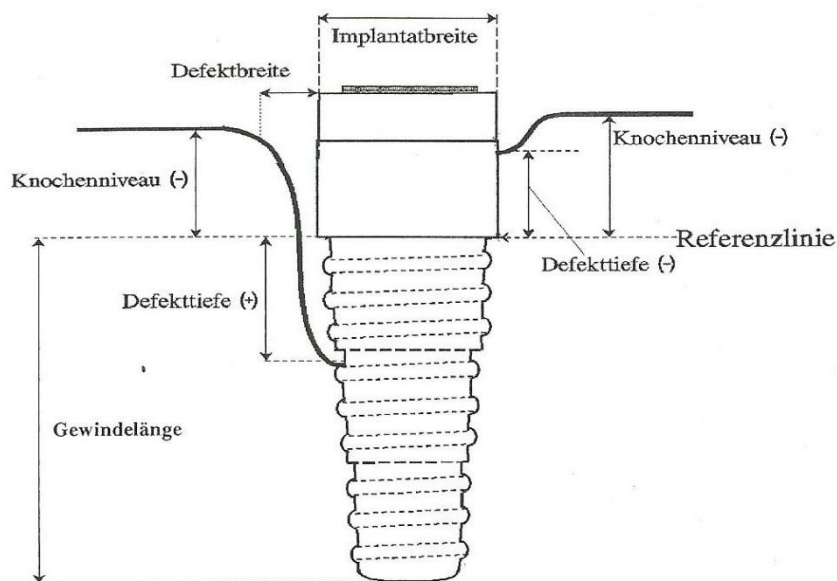


Abbildung 11: Grafische Darstellung der Messvorschrift (Gómez-Román et al. 1995).

Es wurden die Referenzpunkte zur Vermessung der Röntgenbilder verwendet, die 1995 von Gómez et al. aufgestellt wurden und sich in weiteren Studien als



reliabel erwiesen (Gómez-Román et al. 1995, Gómez-Román et al. 1996).

Es wurden jeweils distal und mesial zwei vertikale und zwei horizontale Strecken vermessen. Der vertikale Referenzpunkt ist beim Frialit 2 die apikale Kante der obersten Stufe des Implantats.

Für die vertikalen Messungen wurde, um die Tiefe des Knochendefekts (TKD) zu bestimmen, die Strecke vom Referenzpunkt zum sichtbaren Ansatzpunkt des Knochens am Implantat verwendet. Liegt die Messstrecke nun koronal des Referenzpunktes, bekommt die Strecke ein negatives Vorzeichen und analog dazu, wenn die gemessene Strecke apikal des Referenzpunktes liegt, ein positives Vorzeichen. Ähnlich wurde die Höhe des Knochenniveaus vermessen. Hierbei wird eine Orthogonale vom Alveolarkamm zur Referenzlinie gezogen und vermessen.

Um die horizontalen Werte zu erhalten, muss erst der Schnittpunkt der Knochantangenten konstruiert werden. Die beiden Tangenten sind T1 (Tangente am Knochenniveau) und T2 (Tangente am Punkt der maximalen Steigung der Wand des Knochendefektes). Anschließend wird die Entfernung dieses Punktes zu einer Geraden gemessen, die an der Kontur des oberen Implantatanteils anliegt. Daraus resultiert die Defektbreite. Für die Vermessung des Abstands zum Nachbarzahn, beziehungsweise zum benachbarten Implantat, wurde die Distanz auf der Referenzlinie, vom Implantat zum benachbarten Zahn, respektive zum benachbarten Implantat, erfasst. Alternativ dazu wurde die kürzeste sichtbare Entfernung Implantat-Zahn, beziehungsweise Implantat-Implantat gewählt.

Das Knochenniveau bezeichnet die zu messende Strecke, die man erhält, wenn vom Alveolarkamm ein Lot auf die verlängerte Referenzlinie gefällt wird.

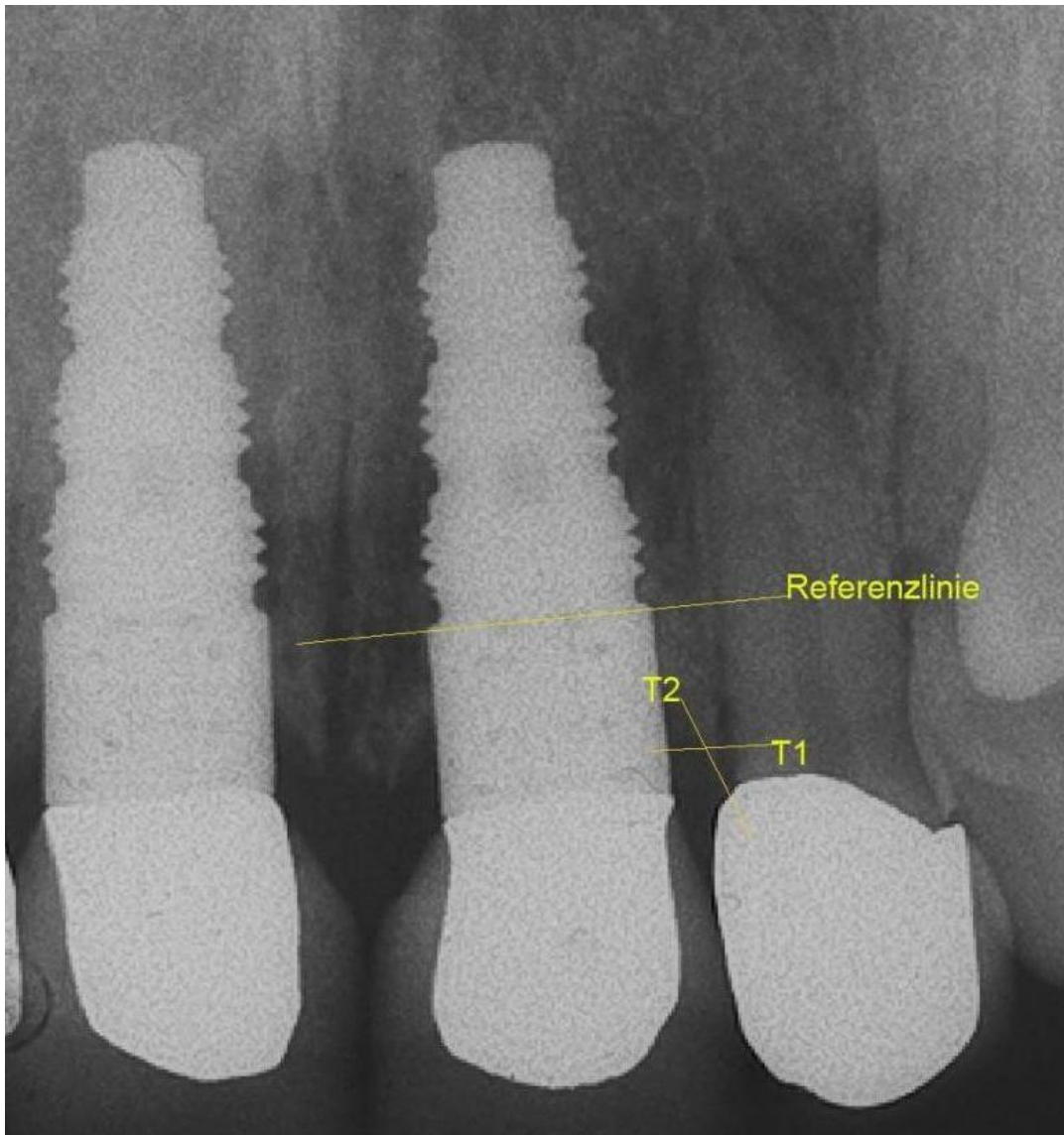
Es wurden insgesamt 974 röntgenologische Aufnahmen von Implantaten vermessen. Die gemessenen Werte wurden entsprechend ihres Zeitpunkts der Aufnahme entweder in OP-, Prothetik- oder Kontrollerrfassungsbögen eingetragen, um später in einer JMP-Tabelle zusammengefasst werden zu

können. Beispiele der verwendeten Erfassungsbögen finden sich im Anhang (Erfassungsbögen, Seite 76-80).

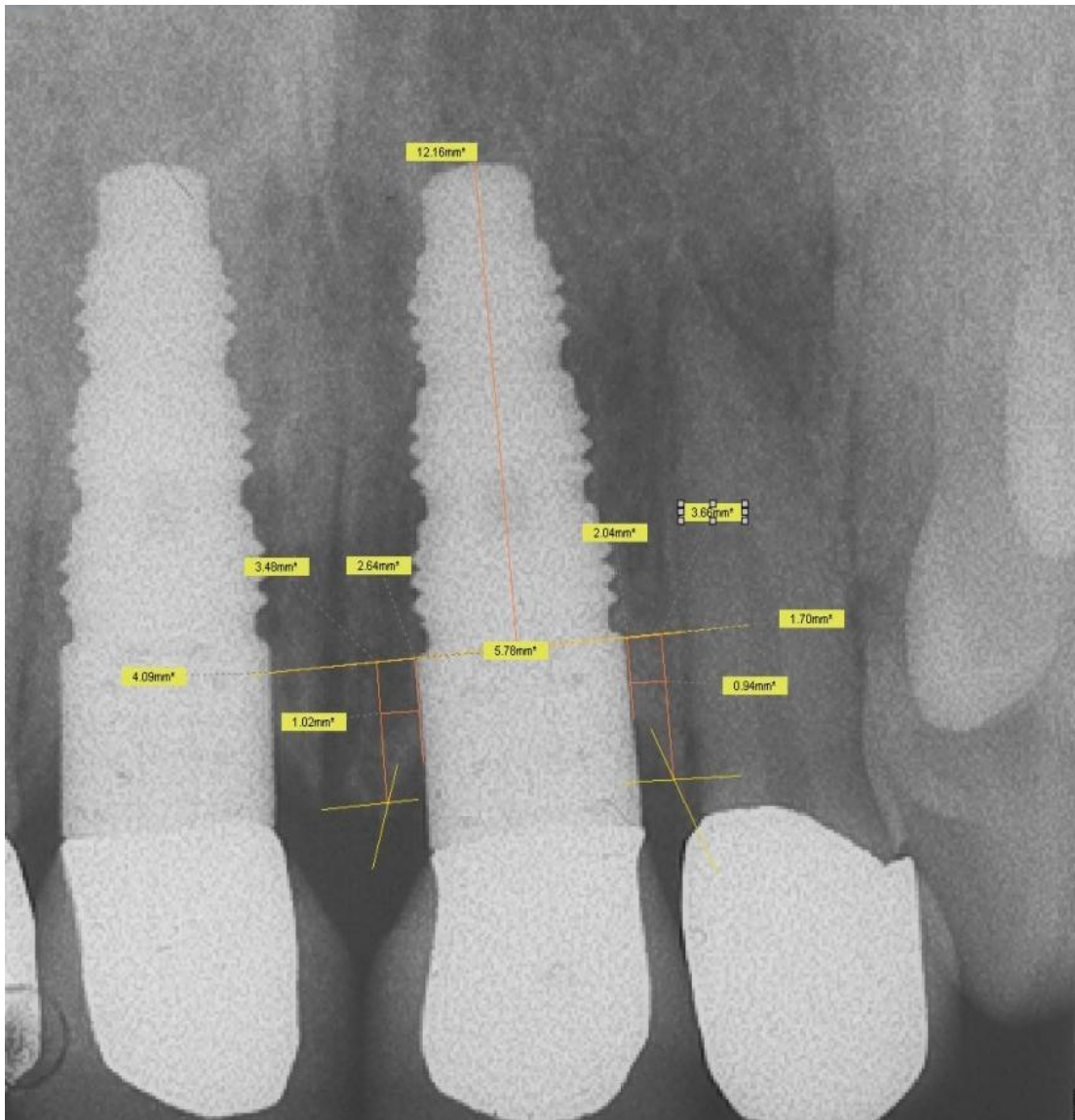
Wie sich die Auswertung praktisch darstellt, wird in Abbildung 12, Seite 27, bis Abbildung 14, Seite 29, gezeigt. Zu sehen ist das importierte Röntgenbild in seinem Originalzustand (Abbildung 12, Seite 27). Im zweiten Bild (Abbildung 13, Seite 28) erkennt man bereits die Referenzlinie sowie die Knochentangenten T1 und T2 an der Distalseite des Implantats. In Abbildung 14, Seite 29 ist eine Vergrößerung des Bildausschnitts mit allen Messstrecken am Implantat dargestellt, wie sie anschließend in den Befundbogen übernommen werden.



**Abbildung 12: Der Bildausschnitt zeigt zwei zu vermessenden Implantaten ohne jegliche vorangegangene Messung.**



**Abbildung 13: Der Bildausschnitt zeigt zwei zu vermessende Implantate mit eingezeichneter Referenzlinie sowie zwei Knochentangenten an einem Implantat (T1 und T2 distal des Implantates).**



**Abbildung 14: Ausschnitt der Oberfläche des Programms Sidexis mit zwei zu vermessenden Implantaten und alle zehn Messstrecken sowie der Referenzlinie an einem Implantat.**

Der komplette Vermessungsvorgang umfasst somit nach Erfassung der Referenzlinie sowie der Knochentangenten noch zehn Messstrecken pro Vermessung einer Röntgenaufnahme für jedes Implantat. Insgesamt wurden 974 Vermessungen durchgeführt, was eine Gesamtheit von 9740 Messstrecken ergibt.

- Implantatlänge	- Defekttiefe (distal)
- Implantatbreite	- Knochenniveau (mesial)
- Abstand zum Nachbarzahn (mesial)	- Knochenniveau (distal)
- Abstand zum Nachbarzahn (distal)	- Defektbreite (mesial)
- Defekttiefe (mesial)	- Defektbreite (distal)

## 2.5 Datenerhebung

Es wurden jeweils Erfassungsbögen für die Zeitpunkte der Insertion, der prothetischen Versorgung sowie für die nachfolgenden Kontrollen, welche röntgenologisch dokumentiert wurden, verwendet. Nach dem Zeitpunkt der Insertion (OP) wurden die Erhebungsbögen in Ober- und Unterkiefer unterschieden. Beispiele der Erfassungsbögen finden sich im Anhang (siehe Anhang: Erfassungsbögen, Seite 76-80).

In den Bögen wurden neben den erhobenen Messwerten auch Patientendaten zur eindeutigen Zuordnung erfasst.

## 2.6 Digitale Datenerfassung

Die in den Erfassungsbögen dokumentierten Messwerte wurden in eine JMP-Tabelle (JMP 9, SAS Institute, Cary, USA) übertragen.

Unmittelbar nach der Digitalisierung erfolgte eine erste visuelle Kontrolle und Übertragungsfehler wurden direkt korrigiert.

Die Übertragung der Daten in JMP ermöglichte eine grafische Darstellung aller Messwerte für jedes einzelne Implantat über den zeitlichen Verlauf. Dies diente als Plausibilitätskontrolle. Auffällige Daten wurden markiert und führten zu einer erneuten Sichtung sowie der Neuvermessung des jeweiligen Röntgenbildes.

Gegebenenfalls wurden die erfassten Daten korrigiert.

## **2.7 Datenverarbeitung**

Röntgenologische Aufnahmen sind bisweilen einer Verzerrung unterworfen, was zu Problemen bei genauer Beurteilung der Knochensituation führen kann. Jedoch kann unter Zuhilfenahme der bekannten Implantatlänge und Implantatbreite der zur Korrektur nötige Faktor errechnet werden. Es wird die gemessene Implantatlänge mit der bekannten Originallänge verglichen. Ebenso wird mit der Breite verfahren. Es ergibt sich ein Verzerrungsfaktor für die vertikal und ein weiterer Verzerrungsfaktor für horizontal gemessenen Werte. Diese sind für jedes Röntgenbild spezifisch und müssen für jedes Bild individuell errechnet werden. Die gewonnenen Faktoren werden als Multiplikatoren verwendet, um die gemessenen Werte in Absolutwerte umzuwandeln. Diese Absolutwerte stellen die tatsächliche Knochensituation am Patienten dar. Es wurde in Anlehnung an die Ergebnisse der Reliabilitätsstudie von Gomez et al. (Gómez-Román et al. 1999) eine Toleranz von 0,5 mm festgelegt.

Da die zeitlichen Abstände zwischen Insertion und definitiver prothetischer Versorgung unterschiedlich waren, wurde für die zeitliche Darstellung der Studie der Zeitpunkt der Insertion sowie der prothetischen Versorgung (Prothetik) und die Zeitpunkte nach der prothetischen Versorgung (auf volle Jahre gerundet) aufgetragen.

Durch die zeitliche Gruppierung in volle Jahre konnte eine Konzentration der Messwerte in den verschiedenen Kontrolljahren erreicht werden.

Aufgrund der geringen Datenmenge nach dem zehnten Jahr nach prothetischer Versorgung wurden die folgenden Jahre nicht in der Studie berücksichtigt.

Nach der Aufgliederung in die verschiedenen Kontrolljahre wurde weiter unterschieden nach Gruppe SI (Sofortimplantate) und Gruppe KG (Kontrollimplantate).

## 2.8 Der koronale Knochendefekt unter der Messvorschrift

Nach der Kontrolle auf Plausibilität und der Errechnung der nötigen Entzerrungsfaktoren konnte die Knochensituationen der einzelnen Aufnahmen des jeweiligen Patienten in den "koronalen Knochendefekt" umgerechnet werden.

Der koronale Knochendefekt wurde von Gómez et al. wie folgt beschrieben. Nach Insertion des Implantates ist der koronale Knochendefekt die Strecke an der Implantatoberfläche die zwar vom Hersteller zur Osseointegration gedacht ist, an der jedoch keine Knochenanlagerung stattgefunden hat. Er errechnet sich aus den gemessenen Werten der Tiefe des Knochendefektes (TKD), wie in der folgenden Tabelle dargestellt ist (Tabelle 1, Seite 32). Die unterschiedliche Berechnung begründet sich über die strukturellen Unterschiede der Implantate. Gemeint ist damit die Variation der Länge der koronalsten Implantatstufe in Abhängigkeit des Implantatdurchmessers.

**Tabelle 1: Formel zur Errechnung des koronalen Knochendefekts.**

<b>Implantat Durchmesser und Länge</b>	<b>Formel zur Berechnung des Kor KD (Kor KD= koronaler Knochendefekt; TKD= Tiefe des Knochendefekts)</b>
3,8 x 11 mm Stufenschraube	$\text{Kor KD} = \text{TKD} + 3 \text{ mm}$
3,8 x 13 mm Stufenschraube	$\text{Kor KD} = \text{TKD} + 5 \text{ mm}$
3,8 x 15 mm Stufenschraube	$\text{Kor KD} = \text{TKD} + 7 \text{ mm}$
Für alle anderen Durchmesser und Längen gilt	$\text{Kor KD} = \text{TKD} + 3,2 \text{ mm}$

Die Errechnung des koronalen Knochendefektes ermöglicht dessen grafische Darstellung im zeitlichen Verlauf (Abbildung 15, Seite 33).



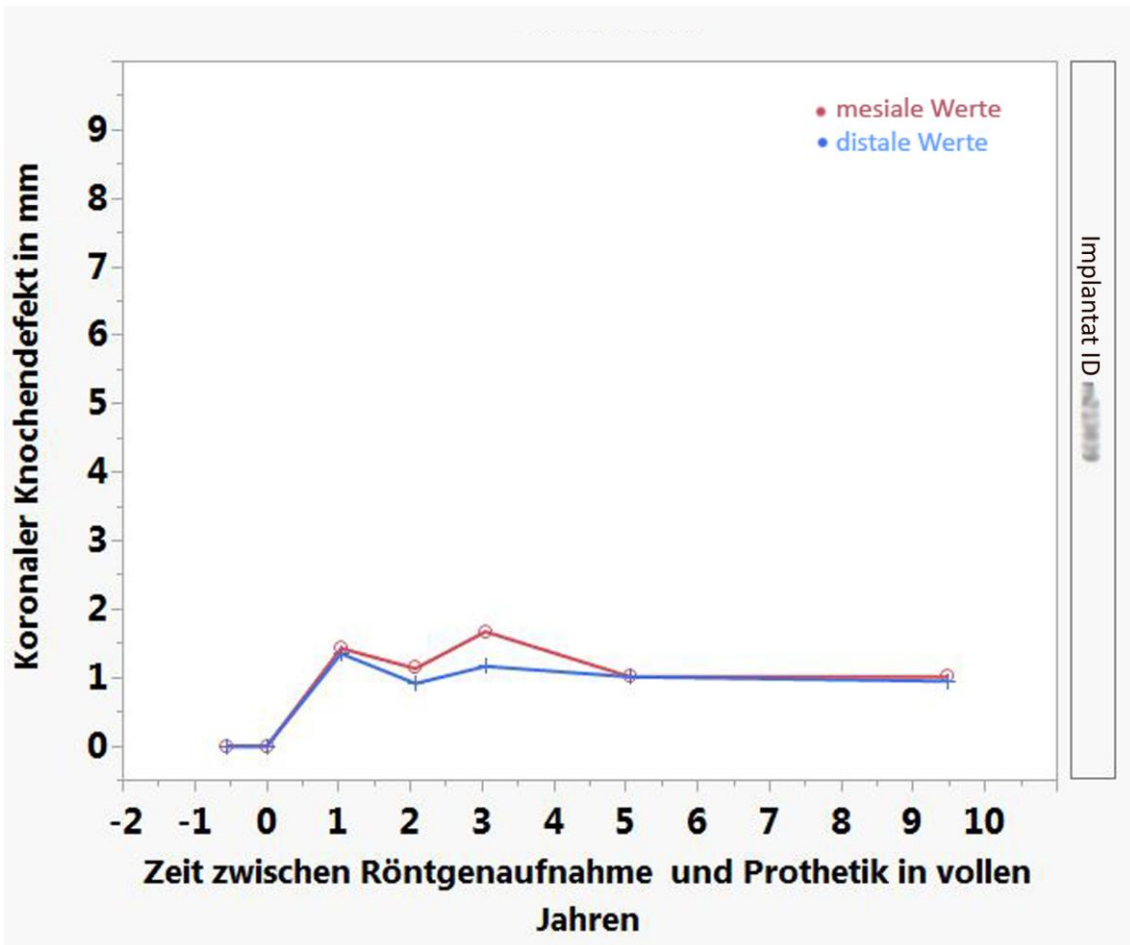


Abbildung 15: Darstellung des koronalen Knochendefektes im zeitlichen Verlauf für ein Implantat (rot mesiale Werte, blau distale Werte).

## 2.9 Datenauswertung

Bei der Datenauswertung sollte das Ausmaß der Knochenveränderungen visualisiert werden. Dies erfolgte mittels Box-Plots und Histogrammen.

Vor der endgültigen Auswertung wurden die mesialen und distalen Daten in einer Vorauswertung gegenübergestellt und anschließend zu einem gemeinsamen Mittelwert zusammengefasst.

Zur statistischen Analyse wurden ein T-Test und der Wilcoxon's signed rank-Test durchgeführt.

## 2.10 Datendarstellung

Eine grafische Darstellung erfolgte mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel 2007 der Microsoft Corporation (Redmond, WA 980526399, USA) sowie JMP 11. Für die endgültige Darstellung der Daten wurden Boxplots (siehe Abbildung 16: Schemadarstellung eines Boxplots, Seite 34) sowie Darstellungen der Mediane und Mittelwerte im zeitlichen Verlauf gewählt. Es wurde ein Bereich für die Whisker vorgegeben, der bei der 1,5 fachen interquartilen Spanne (IQR) liegt. Die Whisker können unterschiedliche Längen aufweisen, da sie durch den Messwert dargestellt werden, der am extremsten ist, jedoch noch innerhalb der 1,5 fachen IQR liegt. Messwerte, die die 1,5 fache IQR überschreiten werden als Ausreißerwerte betrachtet und als Punkte dargestellt. (Frigge et al. 1989, Tukey 1977).

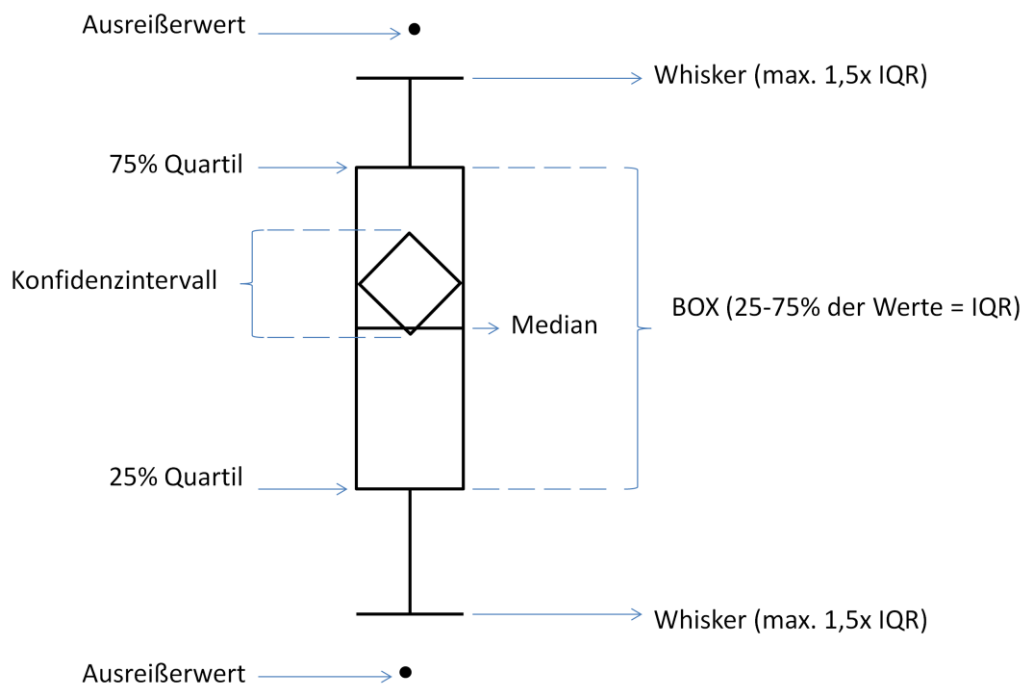


Abbildung 16: Schemadarstellung eines Boxplots.

### 2.10.1 Statistische Tests

Die Vergleichbarkeit der Datensätze für die Sofortimplantate und der Kontrollimplantate wurde durch verschiedene statistische Tests untersucht. Die vorliegende Arbeit bedient sich hierfür Tests aus dem Bereich der Mittelwert- und Homogenitätstests. Es werden der T-Test und der Wilcoxon-Test verwendet. Der T-Test geht von einer Normalverteilung der Grundgesamtheit aus. Es wurde ein Signifikanzniveau von  $\alpha = 5\%$  festgelegt.

Die Nullhypothese beim T-Test besagt, dass sich die koronalen Knochendefekte beider Gruppen bei gleicher Standardabweichung im Erwartungswert nicht unterscheiden ( $H_0: \mu_1 = \mu_2$ ). Dies bedeutet, dass die vorkommenden Knochendefekte bei Sofortimplantaten die gleiche Verteilung besitzen wie bei den Implantaten der Kontrollgruppe. Der Wilcoxon-Test verzichtet auf die Annahme einer gleichen Standardabweichung und einer Normalverteilung der Daten, testet aber ebenfalls auf gleiche Verteilungen der beiden Gruppen.

Abbildung 17, Seite 36 stellt das Vorgehen bei der Datenerfassung und Datenbearbeitung schematisch dar.

# Datenerfassung und Bearbeitung

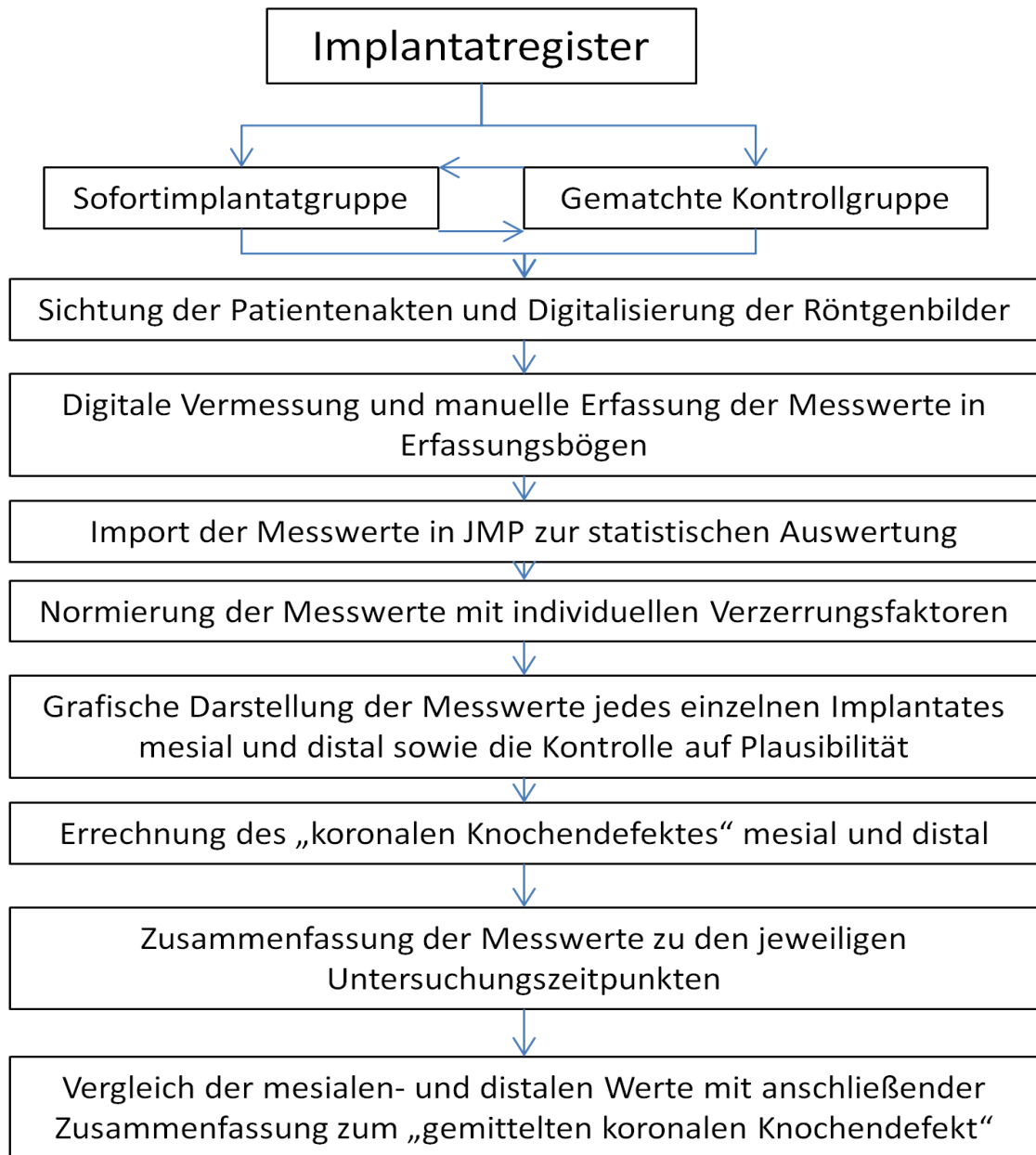


Abbildung 17: Flussdiagramm der Datenerfassung.

## 2.10.2 Vorauswertung

Es wurden pro Röntgenbild für jedes Implantat 6 vertikale Messstrecken (3 mesiale und 3 distale) erfasst, vermessen und dokumentiert.

In der Vorauswertung wurden die Messwerte mesial und distal verglichen. Da es keine signifikanten Unterschiede gab, wurden sie zu einem Mittelwert zusammengefasst.

## **3 Ergebnisse**

### **3.1 Datenanalyse und Ergebnisse**

#### **3.1.1 Vorauswertung der Messwerte**

Die errechneten Werte des koronalen Knochendefekts konnten gemeinsam geplottet werden. Zur übersichtlicheren Darstellung wurden Boxplots verwendet. Eine detaillierte Auflistung der Daten findet sich im Anhang (Auswertung SI und KG).

Die Aufgliederung und Zuordnung der Messwerte in jährliche Kontrollzeitpunkte ergab die in Abbildung 18, Seite 39 dargestellte Grafik.

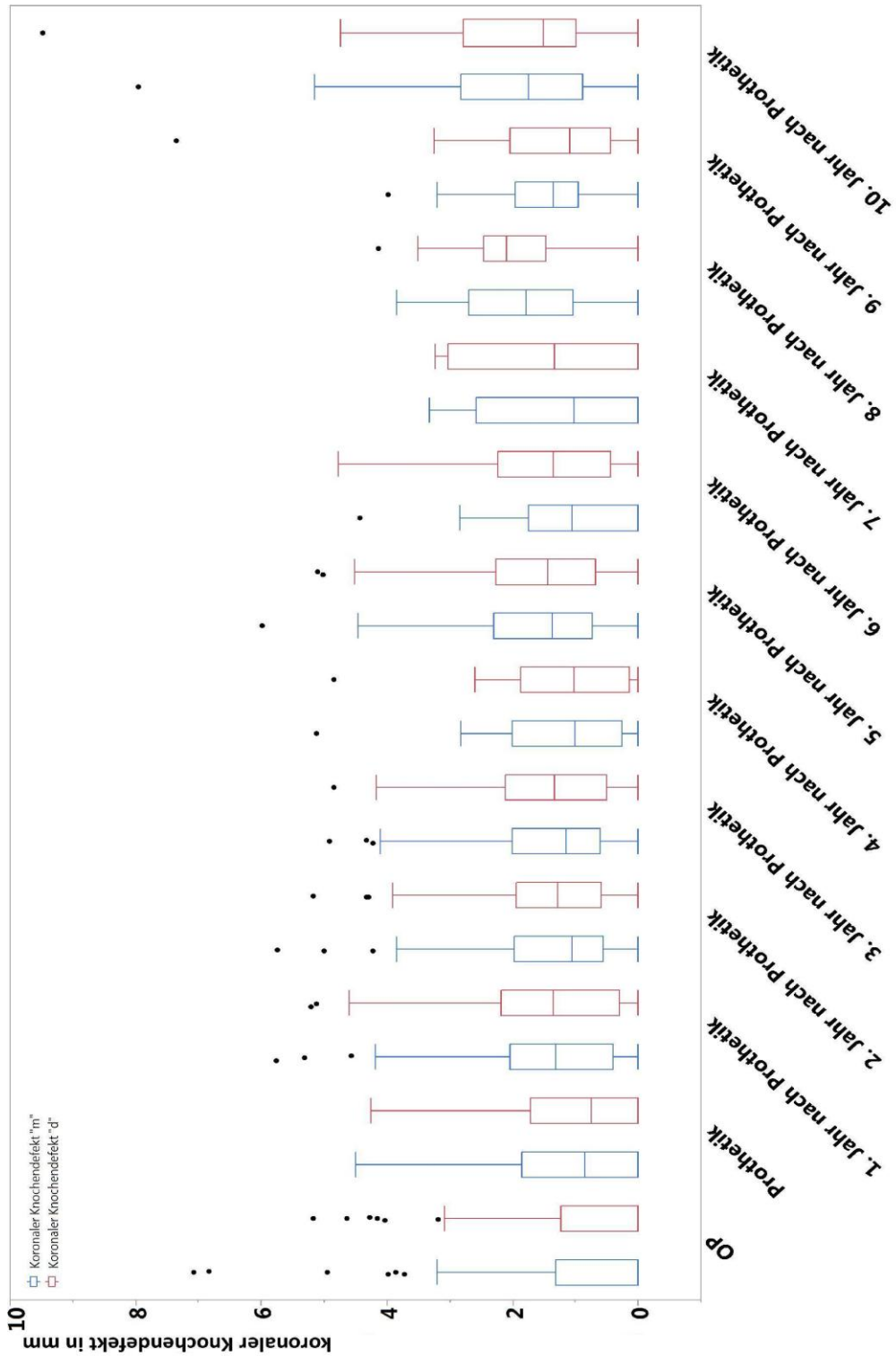


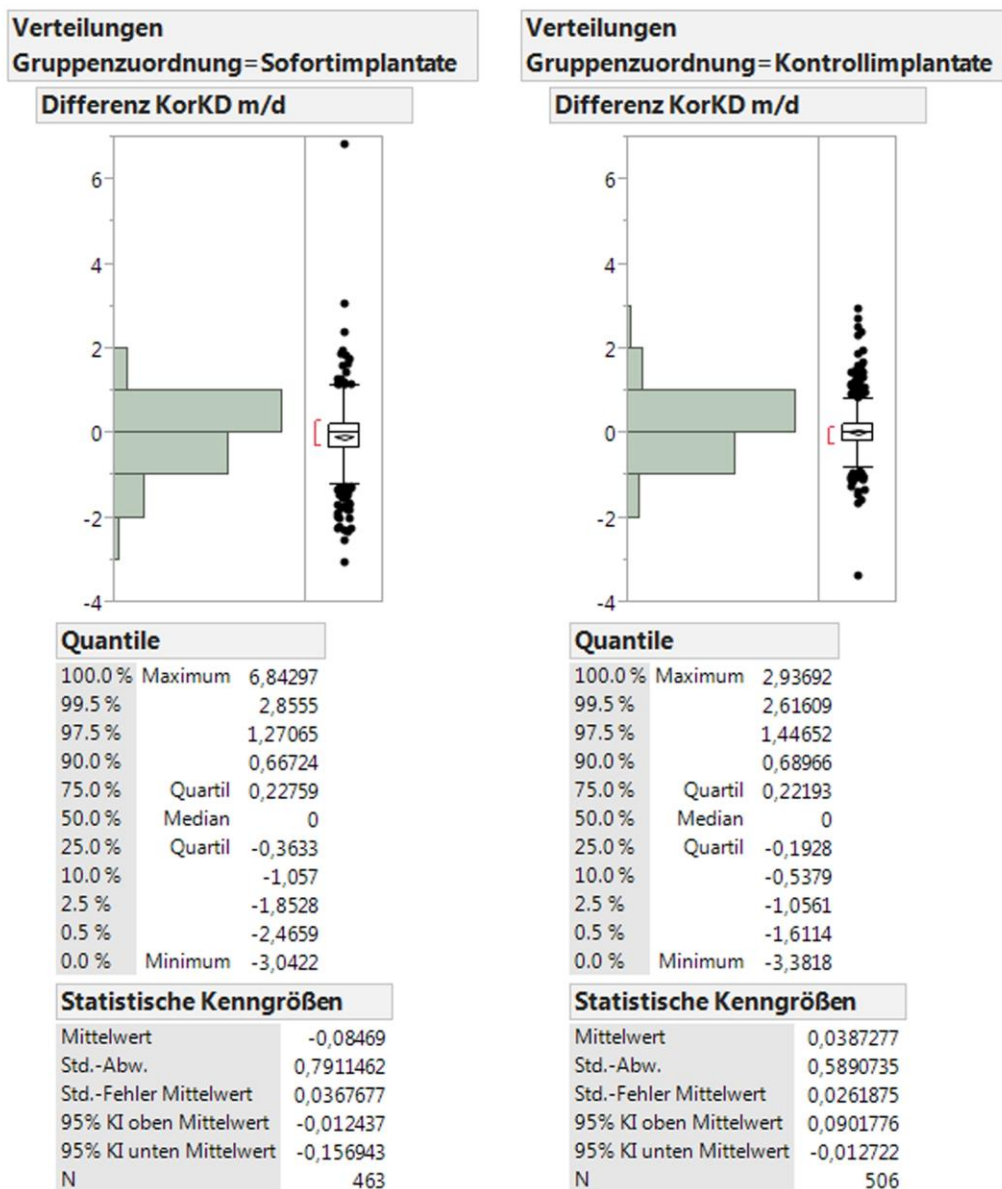
Abbildung 18: Gruppierung der Messwerte für den mesialen und distalen koronalen Knochendefekt in jährliche Intervalle nach prothetischer Versorgung.

### **3.1.2 Mesialer und distaler koronaler Knochendefekt**

Um quantitative Aussagen über den Knochenabbau nach dem Setzen eines Implantates treffen zu können, ist es zunächst nötig, diesen in einer oder mehreren Kenngrößen zu erfassen. Hierzu wurde wie im Kapitel „Material und Methoden“ bereits beschrieben die Tiefe des röntgenologisch sichtbaren Knochendefekts mesial und des Knochendefekt distal für jedes Implantat bestimmt. Diese Werte ermöglichten die Berechnung des koronalen Knochendefektes mesial (Kor KD m) und distal (Kor KD d).

Zur Überprüfung der Aussagekraft dieser beiden Größen wurden diese zunächst einander gegenübergestellt. Da der mesiale und der distale Knochendefekt den Knochenabbau am selben Implantat- jedoch an unterschiedlichen Stellen- wiedergeben werden, ist zu erwarten, dass diese Werte pro Implantat voneinander abweichen. Allerdings sollte unter physiologischen Bedingungen die Schwankung hierbei in einem geringen Rahmen liegen. Als erste Größe wurde deswegen die Differenz zwischen den mesialen und distalen koronalen Knochendefekten (in Millimetern) näher analysiert. Abbildung 19, Seite 41 stellt die wesentlichen statistischen Kenngrößen dar.





**Abbildung 19: Differenz der empirischen Werte mesial und distal für die Sofortimplantatgruppe und die Kontrollgruppe.**

Wie in Abbildung 19, Seite 41 ersichtlich, ist bei der Gruppe der Sofortimplantate die maximale Differenz mit 6,7 mm deutlich höher als bei der Kontrollgruppe, bei der die maximale Differenz bei 3,4 mm liegt. Die relativ hohen Werte beider Gruppen sind, nach einer Analyse der Quantile, hier jedoch auf einzelne Ausreißer zurückzuführen. Es ergibt sich eine mittlere Abweichung mesial zu distal von 0,08 mm für die Sofortimplantate und 0,04 mm für die

Kontrollgruppe sowie ein Median von 0 mm in beiden Gruppen.

Eine Betrachtung der absoluten Differenzbeträge zeigt, dass hier durchschnittlich nur eine Differenz zwischen Kor KD m und Kor KD d von ca. 0,1 mm bei der Gruppe der Sofortimplantate und 0,0 mm bei der Kontrollgruppe vorliegt. Beide Werte liegen somit noch in der angenommenen Messtoleranz (0,5 mm). Die Betrachtung der Standardabweichungen beider Gruppen bezüglich der absoluten Differenzen ergab bei der Gruppe der SI mit 0,8 mm einen etwas höheren Wert als bei der Kontrollgruppe, mit einer Standardabweichung von 0,6 mm.

Es kann als erstes Ergebnis festgehalten werden, dass weder für die Sofortimplantate noch für die Implantate der Kontrollgruppe ein wesentlicher Unterschied bezüglich der koronalen Knochendefekttiefen mesial oder distal an den jeweiligen Implantaten ermittelt werden konnte. Für die weitere Arbeit wäre es also ausreichend, entweder den Kor KD mesial oder den Kor KD distal zu untersuchen. Um die vorhandenen Daten dennoch möglichst optimal auszunutzen und eine erhöhte Datenstabilität sowie eine Glättung der Werte zu erreichen, wird im Folgenden der Mittelwert (*Kor KD*) aus beiden verwendet.

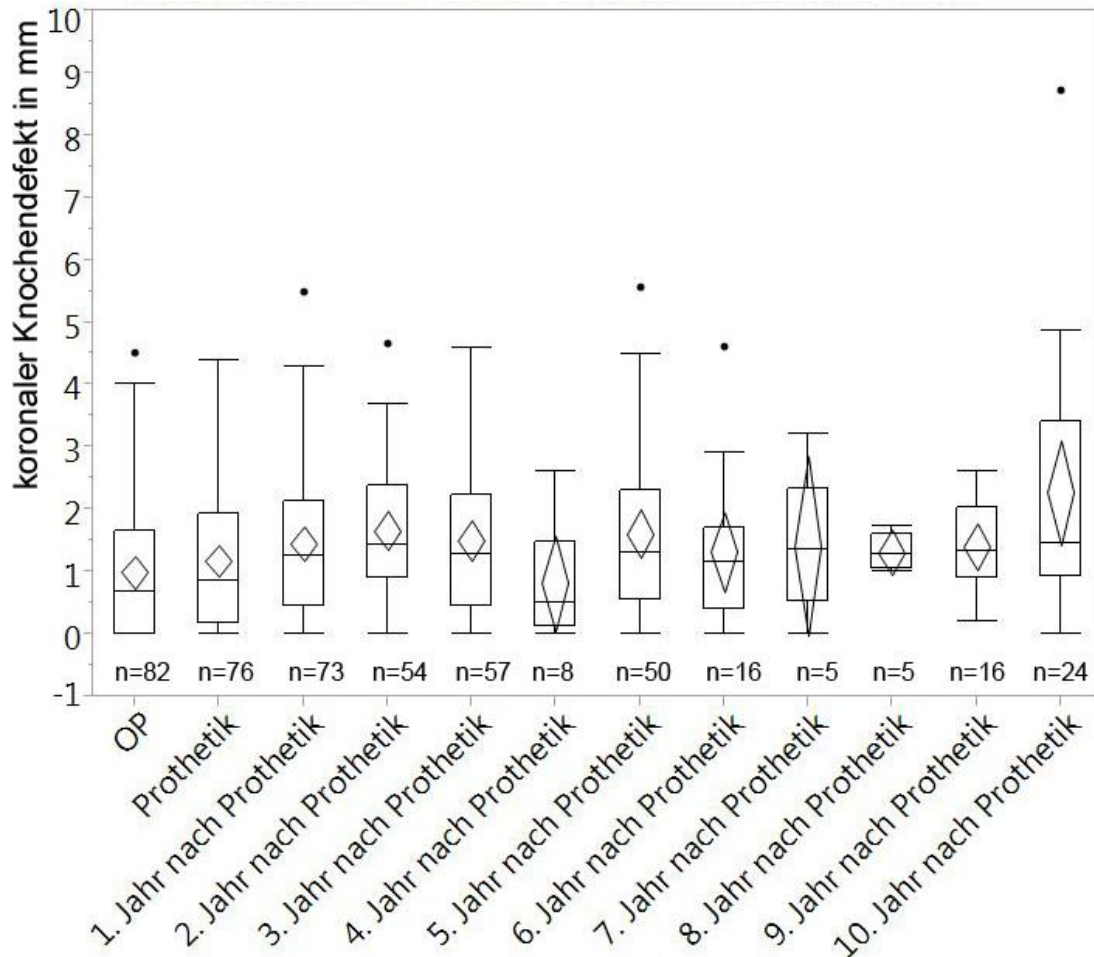
Für beide Gruppen konnte in dieser Phase bereits eine sehr geringe Anzahl an Messwerten zu den Zeitpunkten des vierten Jahres nach Prothetik sowie den Jahren sechs, sieben, acht und neun nach prothetischer Versorgung festgestellt werden.

### **3.1.3 Gemittelter koronaler Knochendefekt der Sofortimplantate im Vergleich zur Kontrollgruppe**

Im nächsten Schritt sind die gemittelten mesialen und distalen Werte der koronalen Knochendefekte aller Implantate in die Gruppe der Sofortimplantate und in die Kontrollgruppe aufgeteilt. Zunächst wurden beide Gruppen getrennt voneinander betrachtet.

### 3.1.3.1 Betrachtung des koronalen Knochendefekts der Gruppe aller Sofortimplantate

Abbildung 20, Seite 43 zeigt den koronalen Knochendefekt in Millimetern für die Gruppe aller Sofortimplantate im zeitlichen Verlauf seit OP.



**Abbildung 20: Koronaler Knochendefekt der Sofortimplantate über den Verlauf der Studie.**

Die Werte für den koronalen Knochendefekt aller Sofortimplantate über den Betrachtungszeitraum der Studie liegen in einem Bereich von 0 mm bis maximal 8,7 mm (im 10. Jahr). Die Mittelwerte der Knochendefekte streuen in einem Bereich von 1 bis 2,3 mm, wobei der Großteil der Werte zwischen 1,1 mm und 1,6 mm liegt. Der niedrigste Mittelwert findet sich zum Zeitpunkt der Insertion (1 mm) und der höchste Mittelwert im zehnten Jahr nach prothetischer

Versorgung (2,3 mm). Zum Zeitpunkt der prothetischen Versorgung liegt der Mittelwert bei ca. 1,2 mm. Wenn man vom sehr hohen Mittelwert im zehnten Jahr absieht, lag die maximale Differenz der Mittelwerte zueinander in den Verlaufsjahren nach der Prothetik bei 0,6 mm. Bei Einbeziehung des hohen Mittelwerts im zehnten Jahr nach prothetischer Versorgung läge die Maximaldifferenz bei 1,6 mm.

Die Mediane zeigen einen stabileren Verlauf, als die Mittelwerte, allerdings sind die Werte der Mediane im Schnitt etwas niedriger als die der Mittelwerte. Dies spricht für eine schiefe Verteilung der Daten mit einer Tendenz zu mehreren kleinen und wenigen größeren Werten.

Zum Operationszeitpunkt liegt der Median bei ca. 0,7 mm, bei der prothetischen Versorgung liegt der Median bei ca. 0,9 mm

Die Werte für die Mediane bewegen sich in einem Bereich von 0,5 mm (vierten Verlaufsjahr nach prothetischer Versorgung) bis 1,5 mm (siebten und zehnten Verlaufsjahr). Man erkennt in der Grafik, dass die Mehrzahl der Mediane zwischen ca. 0,9 mm und 1,4 mm liegt. Die Mediane zeigen einen deutlichen Ausreißer im vierten Jahr (0,5 mm). Die maximale Differenz der Mediane zueinander in den Verlaufsjahren nach prothetischer Versorgung lag unter Ausschluss des vierten Jahres bei 0,3 mm. Unter Einbeziehung des vierten Jahres läge die Maximaldifferenz bei ca. 1 mm. Eine weitere Auffälligkeit findet sich im zehnten Verlaufsjahr, das einen extrem hohen Maximalwert und einen im Vergleich zum Median deutlich höheren Mittelwert zeigt. Der Unterschied zwischen Mittelwert und Median liegt bei 0,8 mm.

Die Betrachtung der unteren und oberen Quartile (der Bereich in dem 25-75% der Werte liegen) zeigt einen relativ gleichmäßigen Verlauf für beide Quartile zueinander.

Im Fall des oberen Quartils wurden Werte im Bereich von 1,6 mm bis 3,4 mm festgestellt. Eine Betrachtung der Grafik in Abbildung 20, Seite 43 zeigt jedoch, dass die Mehrzahl der Werte im Bereich von 2,0 bis 2,4 mm liegt. Die Werte für

das untere Quartil liegen im Bereich von 0 mm bis 1,0 mm. Auch hier ergab eine Sichtung, dass die Mehrzahl der Werte enger beisammen liegt (0,4 bis 0,9 mm). Ab dem Zeitpunkt der prothetischen Versorgung sind die Werte für das obere- und untere Quartil etwas höher, bleiben aber untereinander relativ stabil. Eine deutliche Auffälligkeit lässt sich im achten Jahr nach der prothetischen Versorgung erkennen. Die Quartile liegen hier sehr dicht beieinander. Im 10. Jahr findet sich dann nochmals eine größere Spanne zwischen den beiden Quartilen, was einer breiteren Verteilung der Messwerte entspricht.

Die deutlichste Auffälligkeit in der Analyse der Gruppe aller Sofortimplantate findet sich im vierten Jahr nach prothetischer Versorgung. Hier liegen sowohl der Median als auch der Mittelwert deutlich unter den Jahren davor und danach. In der Auswertung zeigt sich für diesen Zeitraum eine Datenmenge von lediglich 8 Werten. Im dritten Jahr liegen 57 Messwerte vor und im fünften Jahr 51 Messwerte. Von den acht Röntgenbildern die zur Auswertung im vierten Jahr nach prothetischer Versorgung herangezogen werden konnten, liegen zwei über 1,6 mm und vier im Bereich bis 0,2 mm. Hieraus erklärt sich der niedrige Median und der geringe Mittelwert. Der Maximalwert liegt mit ca. 2,6 mm im Bereich der Werte für die Grenzen der oberen Quartile der anderen Zeitpunkte. Im siebten und achten Jahr sind ebenfalls wenige Werte vorhanden ( $n = 5$ ). Diese liegen in einem kleineren Intervall was den geringen Abstand der Quartile sowie des Maximal- und Minimalwertes zueinander erklärt.

Die zweite Auffälligkeit findet sich zehn Jahre nach prothetischer Versorgung. Hier liegt der Mittelwert deutlich erhöht, der Median zeigt jedoch keine solche Erhöhung. Gleichzeitig finden wir zu diesem Zeitpunkt den höchsten Maximalwert, was zu einer direkten Beeinflussung des Mittelwerts, nicht aber des Medians führt. Ansonsten lässt die Grafik auf eine stabile Verteilung der Werte über den Verlauf der Studie schließen.

Zusammenfassend kann man einen leichten Anstieg der Mittelwerte und Mediane nach dem Operationszeitpunkt bis zur prothetischen Versorgung feststellen. Danach bleiben beide relativ konstant und mit Ausnahme des

vierten Verlaufsjahres nach prothetischer Versorgung ist bis zum zehnten Jahr nur eine geringe Zunahme zu verzeichnen.

### 3.1.3.2 Betrachtung des koronalen Knochendefekts aller Kontrollimplantate

Die gematchten Implantate der Kontrollgruppe wurden auf gleiche Weise analysiert und in Abbildung 21, Seite 46 dargestellt.

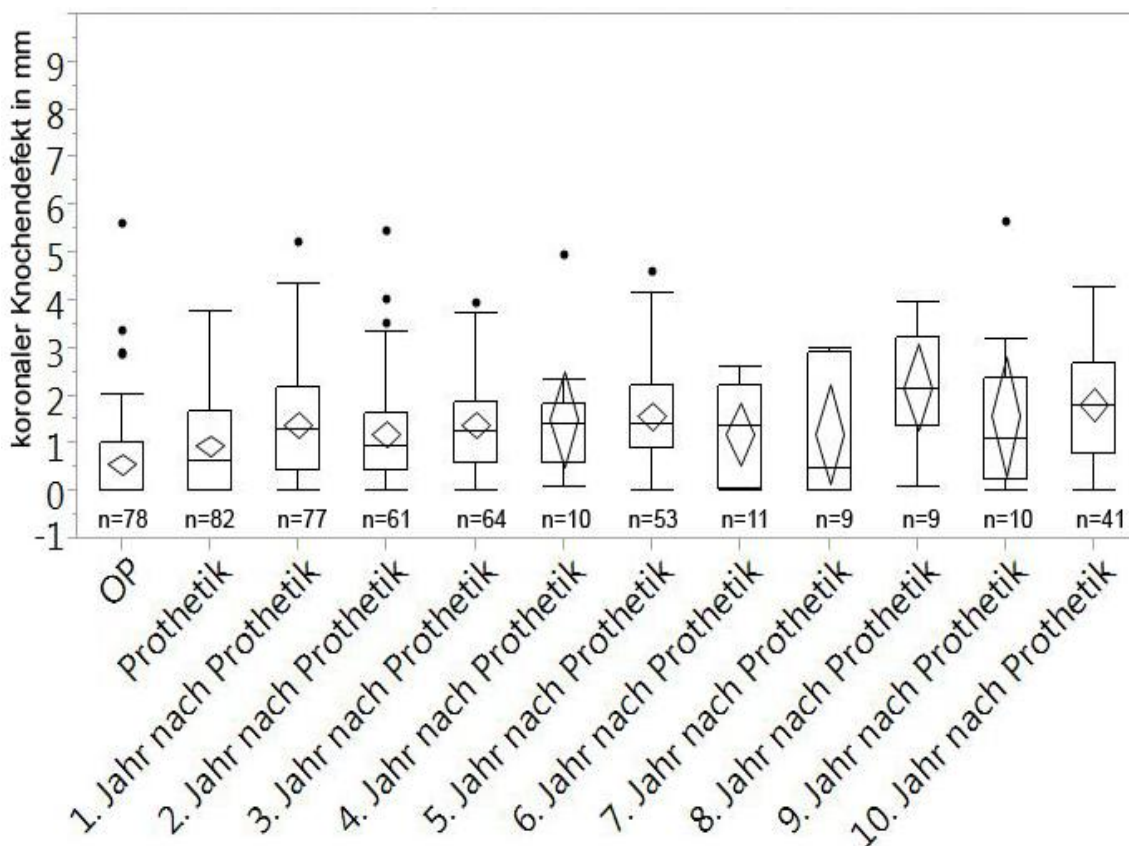


Abbildung 21: Koronaler Knochendefekt der Kontrollimplantate über den Verlauf der Studie.

Es ergibt sich ein Wertebereich von 0 bis 5,7 mm für die Werte des koronalen Knochendefekts der Kontrollgruppe. Die Maximalwerte liegen durchschnittlich bei ca. 4,4 mm, die Minima liegen relativ konstant um 0 mm.

Die Mittelwerte verhalten sich weitestgehend stabil und zeigen meist nur geringe Schwankungen. Der Mittelwert zum Operationszeitpunkt liegt bei 0,6

mm und steigt bis zur Prothetik auf 1,0 mm und danach auf maximal 2,2 mm an. Die meisten Mittelwerte streuen um die 1,5mm.

Der Median zum Insertionszeitpunkt liegt bei 0 mm, steigt dann ebenfalls bis zum Zeitpunkt der Prothetik etwas an (Median bei Prothetik. = 0,6 mm) und bleibt danach relativ stabil zwischen ca. 1,3 und 1,7 mm mit einem Ausreißer im achten Jahr von 2,2 mm.

Sieben Jahre nach der prothetischen Versorgung findet sich einen starker Ausreißer im Verlauf der Mediane. Während der Mittelwert bei 1,2 mm liegt und damit keine größere Abweichung zu den Jahren davor und danach aufweist, zeigt der Median einen Wert von 0,5 mm. Eine Prüfung der Einzelwerte zeigt eine ungerade Anzahl an Werten mit einer starken Polarisierung. Das heißt, es liegt eine Teilung der für diesen Zeitpunkt gemessenen Werte in verhältnismäßig hohe und niedere Werte vor, während dazwischen nur wenige Werte vorhanden sind. Es liegt lediglich ein Messwert um 1 mm. Die restlichen Daten zeigen Werte im Bereich von 0 mm oder um die 3 mm.

Auffällig stellt sich auch das achte postprothetische Jahr dar. Sowohl für den Median als auch für den Mittelwert findet sich mit jeweils 2,2 mm der höchste Wert der Kontrollimplantatgruppe.

Im neunten Jahr nach der prothetischen Versorgung lassen sich geringfügige Schwankungen des Mittelwerts, des Medians sowie des unteren Quartils erkennen.

Der Abstand der oberen und unteren Quartile zueinander bleibt trotz Verschiebung der Werte bis zum fünften Jahr nach der prothetischen Versorgung relativ stabil. Ab dem fünften Verlaufsjahr lassen sich deutliche Schwankungen der Quartile zueinander erkennen. Für die Zeiträume des sechsten bis neunten Verlaufsjahres findet sich eine geringe Datendichte.

Die Zehnjahreskontrolle zeigt im Vergleich zu den ersten sieben Kontrollzeitpunkten, einen leicht erhöhten Mittelwert (1,8 mm) sowie einen

leicht erhöhten Median (1,7 mm). Der Abstand des oberen zum unteren Quartils ist zu diesem Zeitpunkt im Vergleich größer. Die Maximalwerte sind mit denen vorangegangener Jahre vergleichbar.

### **3.1.3.3 Vergleich der Gesamtheit aller Sofortimplantate und Kontrollimplantate**

Da die Auswertung, wie bereits beschrieben, relativ beständige Verläufe für beide Gruppen zeigt, jedoch einige Ausreißerwerte, welche auf eine geringe Anzahl an auszuwertenden Daten zurückzuführen sind, beinhaltet, wurde eine Zusammenfassung der Daten vorgenommen. Es galt eine Ausgewogenheit im Bezug auf die Gruppengröße zu den einzelnen Zeitpunkten zu erreichen und damit eine noch bessere Vergleichbarkeit zu erzielen.

Die Daten für die Kontrolljahre fünf bis sieben wurden ebenso zusammengefasst, wie die Messdaten der Jahre acht bis zehn. Die daraus resultierenden Daten sind in Abbildung 22, Seite 49 und Abbildung 23, Seite 50 abgebildet.



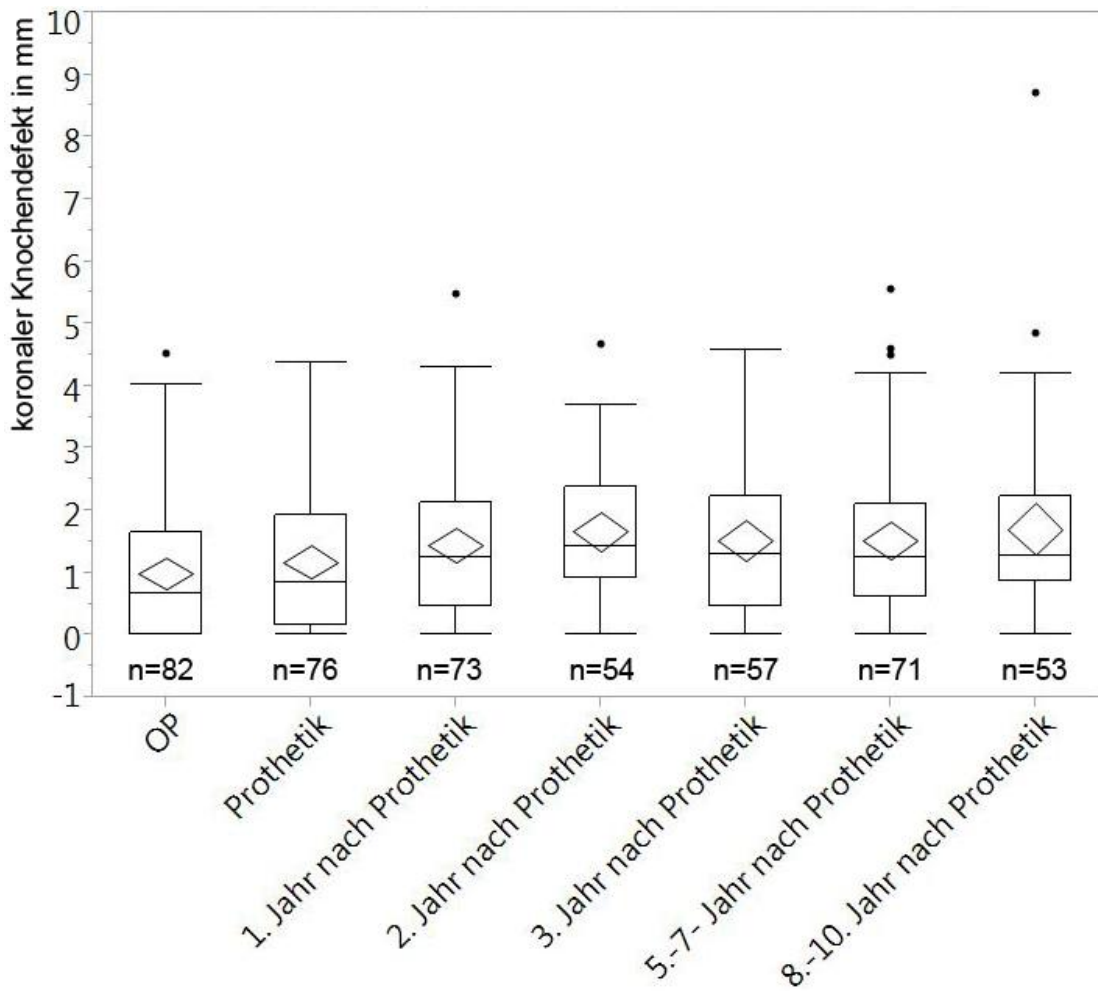
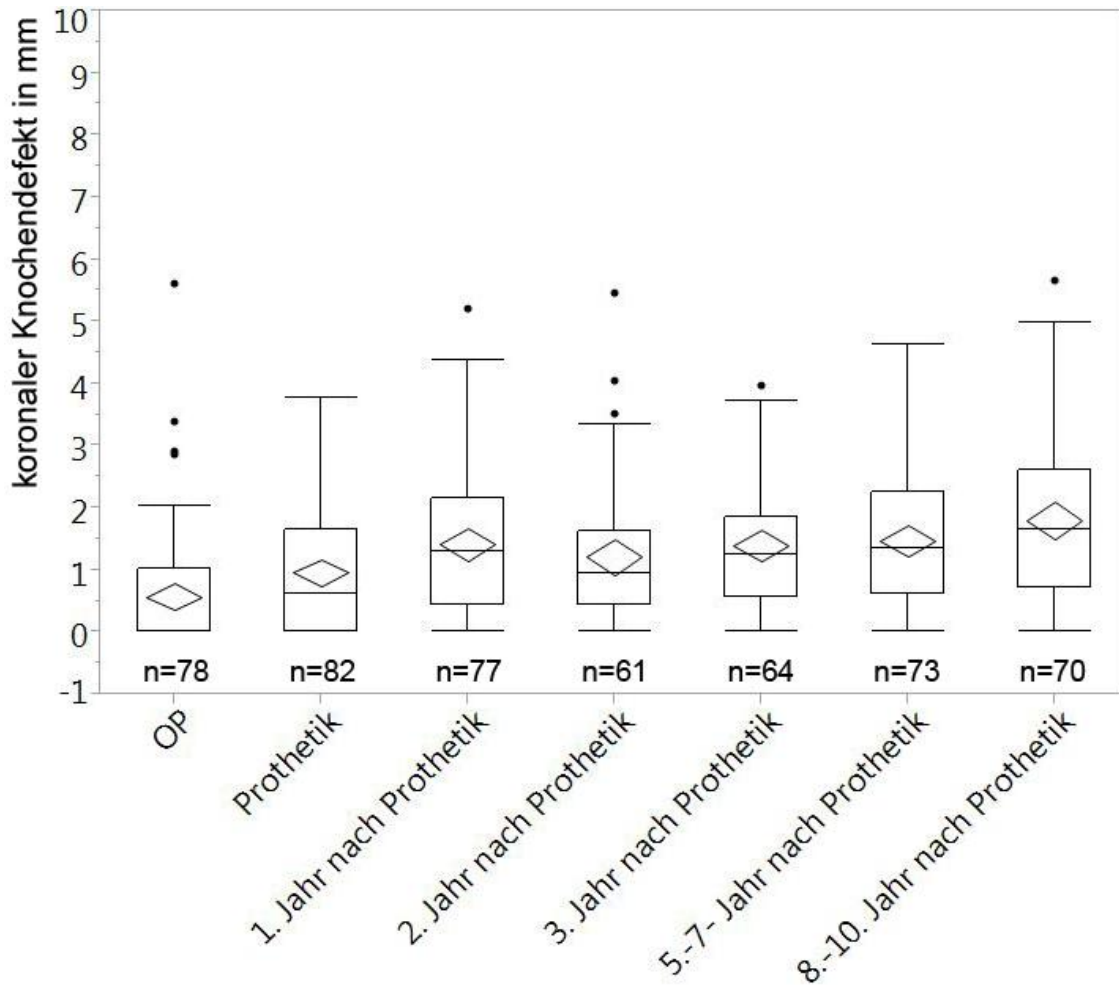


Abbildung 22: Gemittelter gruppierter koronaler Knochendefekt aller Sofortimplantate über den Verlauf der Studie.



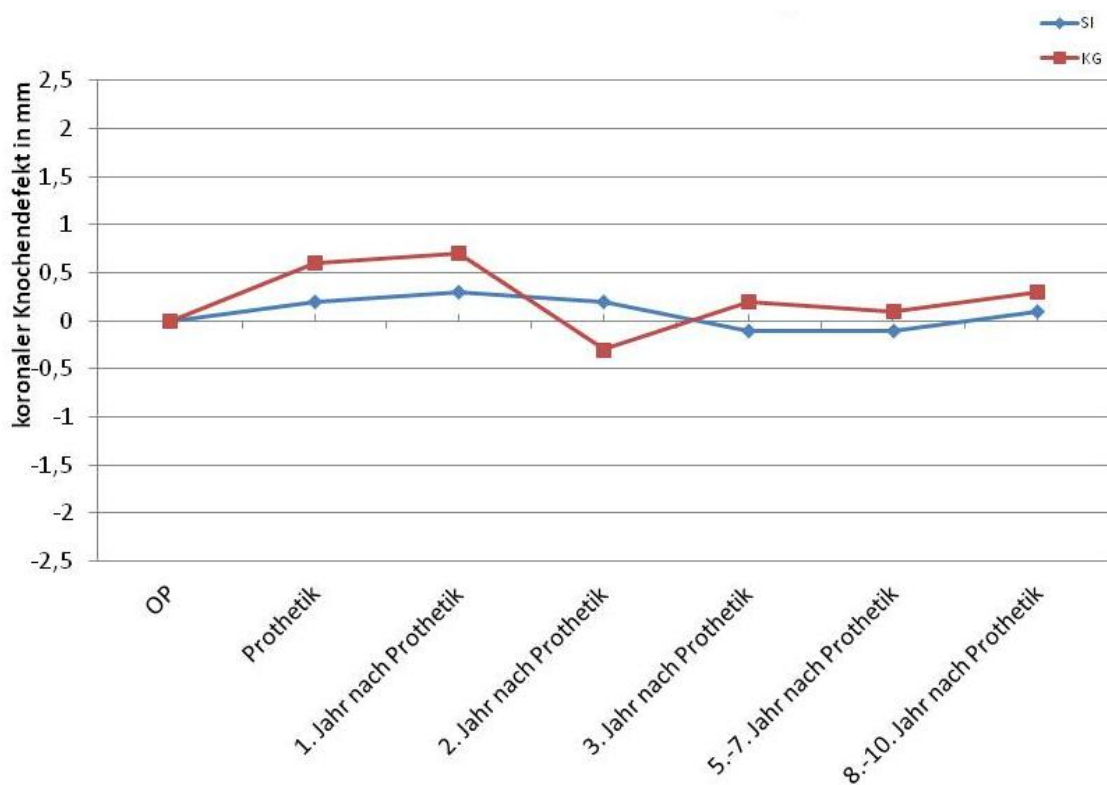
**Abbildung 23: Gemittelter gruppierter koronaler Knochendefekt aller Kontrollimplantate über den Verlauf der Studie.**

Es ist festzustellen, dass durch die Zusammenfassung der Messwerte für die Jahre fünf bis sieben und acht bis zehn eine einheitlichere Gruppengröße und homogenere Werteverteilung erhalten wird. Bei den Sofortimplantaten zeigt sich ein sehr konstanter Verlauf der Mediane, wohingegen bei der Gruppe der Kontrollimplantate ein leichter Anstieg zum zehnten Jahr der Verlaufskontrolle zu sehen ist. Die Maxima liegen für die Kontrollgruppe im Schnitt etwas höher als bei der Gruppe der Sofortimplantate. Die Spanne zwischen dem oberen und dem unteren Quartil bleibt innerhalb der Gruppen im zeitlichen Verlauf sehr konstant und zeigt im Gruppenvergleich eine geringfügig weitere Ausdehnung

für die Gruppe der Sofortimplantate. Die Maximalwerte liegen für beide Gruppen zumeist zwischen 4 mm und 6 mm.

Die Gruppierung der Daten verstärkt somit den schon gewonnen Eindruck der starken Ähnlichkeit der Ergebnisse der beiden Gruppen.

Eine Betrachtung der Änderung (Abbildung 24, Seite 51) des koronalen Knochendefektes über den zeitlichen Verlauf der Studie zeigt, dass bis zum ersten Jahr nach der prothetischen Versorgung eine geringe Zunahme der koronalen Defekttiefe für die Sofortimplantate und die Kontrollgruppe gemessen werden konnte. Die größte Änderung des koronalen Knochendefektes im zeitlichen Verlauf der Studie findet sich in der Kontrollgruppe und liegt bei 0,7 mm. Sie findet sich zwischen dem ersten und dem zweiten Jahr nach der prothetischen Versorgung.



**Abbildung 24: Änderung der Mediane des koronalen Knochendefektes aller Sofort- und Kontrollimplantate über den zeitlich gruppierten Verlauf der Studie.**

In Abbildung 25, Seite 52 und Abbildung 26, Seite 52, ist ein Vergleich der Mediane und Mittelwerte der Sofortimplantate und der Kontrollgruppe grafisch dargestellt. Es sind die Mediane und Mittelwerte in Millimetern gegen den zeitlichen Verlauf aufgetragen.

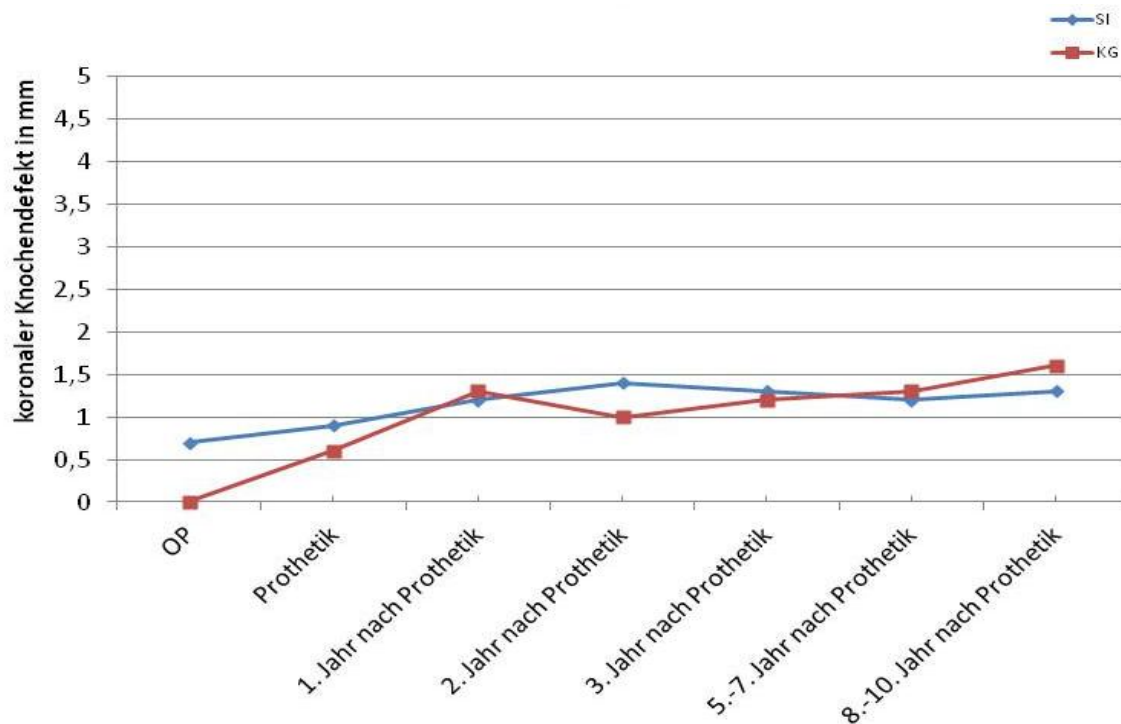
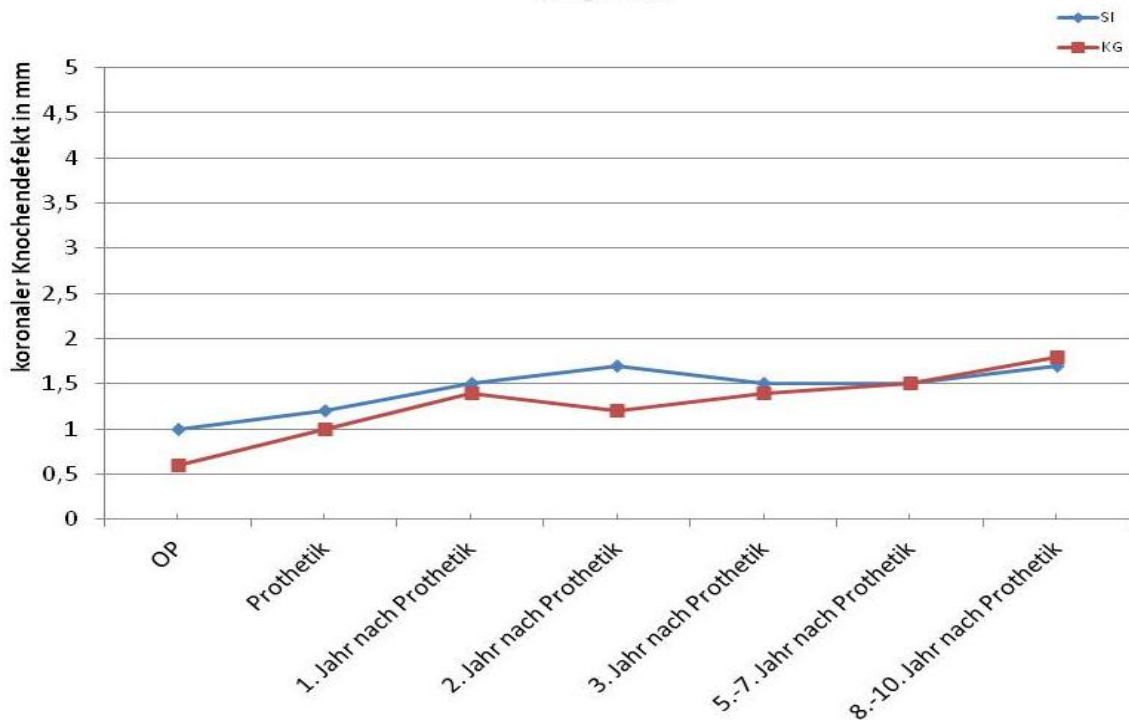


Abbildung 25: Vergleich der Mediane des koronalen Knochendefektes der Sofortimplantate und der Kontrollimplantate.

### Vergleich der Mittelwerte des koronalen Knochendefektes im Vergleich



**Abbildung 26: Vergleich der Mittelwerte des koronalen Knochendefektes der Sofortimplantate und der Kontrollimplantate.**

Der Vergleich der Mediane beider Gruppen in Abbildung 25, Seite 52 zeigt eine Differenz zum Zeitpunkt der OP von zirka 0,7 mm, wobei der Median der Kontrollgruppe bei 0 mm liegt. Zum Zeitpunkt der Prothetik liegt der Wert für die Sofortimplantate bei 0,9 mm und für die Kontrollgruppe bei 0,6 mm was eine Differenz von ca. 0,3 mm ergibt.

In den Verlaufskontrollen liegen die Mediane beider Gruppen fast immer um die 1 bis 1,5 mm. Die Differenz liegt hierbei zumeist unter 0,5 mm.

Sowohl die Mittelwerte als auch die Mediane zeigen für die Gruppen der Sofortimplantate und der Kontrollimplantate nach dem Operationszeitpunkt einen leichten Anstieg und schwanken im Verlauf der Studie zwischen 1 und 2 mm.

Für beide Gruppen lagen die Mittelwerte und Mediane zur Zehnjahreskontrolle etwas höher als in den Jahren davor.

Der Mittelwertvergleich der beiden Gruppen zeigt einen fast synchronen Verlauf zu Beginn der Studie. Ansonsten liegen die Werte eng beisammen und zeigen einen ähnlichen Verlauf über die Jahre.

Ein Vergleich der Extremwerte die in Abbildung 20, Seite 43 und Abbildung 21, Seite 46 dargestellt sind, ergibt eine leichte Tendenz zu höheren Maxima für die Gruppe der Sofortimplantate im Vergleich zur Kontrollgruppe. Die Minima unterschieden sich im Vergleich zueinander kaum.

Die Gegenüberstellung der oberen Quartile der beiden Gruppen ergab für den Zeitraum der ersten drei Jahre nach Prothetik tendenziell niedrigere Werte für die Gruppe der Kontrollimplantate (Abbildung 20, Seite 43, Abbildung 21 Seite 46). In den Jahren fünf bis sieben und acht bis zehn lagen die Werte des oberen Quartils der Kontrollgruppe über dem der Sofortimplantate. Beim Vergleich der unteren Quartile gab es keine größeren Differenzen zwischen beiden Gruppen.

Wie schon bei der Gegenüberstellung der Mittelwerte und Mediane findet sich bei der Betrachtung der oberen und unteren Quartile kein charakteristischer Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Es kann jedoch eine Tendenz zu einer geringeren Streubreite der oberen und unteren Quartile zueinander für die Kontrollgruppe festgestellt werden.

Im zehnten Jahr liegen die Werte für den Median, den Mittelwert sowie das obere Quartil und den Maximalwert der Kontrollgruppe etwas höher, als die der Sofortimplantatgruppe.

Betrachtet man die Veränderung der durchschnittlichen koronalen Knochendefekttiefe im Zeitraum ab der Insertion bis zur prothetischen Versorgung der in Tabelle 2 Seite 55 dargestellt ist, so lässt sich für die Sofortimplantate eine Zunahme von zirka 0,3 mm feststellen, während die Zunahme bei der Kontrollgruppe bei 0,4 mm liegt.

Daraus lässt sich eine durchschnittliche Zunahme des koronalen Knochendefektes von unter 0,04 mm und 0,05 mm pro Monat für die jeweilige Gruppen errechnen.

**Tabelle 2: Änderung des koronalen Knochendefektes vom Zeitpunkt der Insertion bis zur prothetischen Versorgung.**

	<b>SI</b>	<b>KG</b>
<b>Durchschnittlicher Zeitraum OP-Prothetik</b>	8,1 Monate	7,5 Monate
<b>Änderung des Kor KD/Monat</b>	0,02mm	0,05mm
<b>Durchschnittlicher Abbau OP-Prothetik</b>	0,2mm	0,4mm

Der koronale Knochendefekt vom Zeitpunkt der OP bis zur Prothetik zeigt eine geringere Zunahme für die Sofortimplantate. Der Unterschied ist jedoch nicht signifikant.

### **3.1.3.4 Statistische Tests**

Für die statistischen Tests wurden die gemittelten koronalen Knochendefekte aller Sofortimplantate und der Kontrollgruppe zu den Zeitpunkten der OP, der Prothetik und den Verlaufsjahren nach prothetischer Versorgung getrennt betrachtet.

Die Auswertung der im Abschnitt „Material und Methoden“ beschriebenen Tests ergab, dass für den T-Test eine Ablehnung der Nullhypothese nur im Jahr der Insertion zustande kam.

Für den Wilcoxon Test ist eine Ablehnung der Nullhypothese zum Zeitpunkt der OP und im zweiten Jahr nach der prothetischen Versorgung festzustellen. Eine tabellarische Auflistung der Ergebnisse findet sich im Anhang (siehe Testresultate).

## **4 Diskussion**

### **4.1 Diskussion der Fragestellung und Zielsetzung**

Ein Ziel der vorliegenden Arbeit war die Untersuchung der periimplantären Knochensituation an Sofortimplantaten über einen Zeitraum von 10 Jahren. Hierzu wurde der mesiale- und distale Knochenabbau röntgenologisch berechnet. Um den gemessenen Abbau in ein qualitatives Verhältnis zu setzen, wurde er mit dem Knochenabbau an Implantaten, die verzögert sofortimplantiert oder erst nach einer knöchernen Ausheilung gesetzt wurden, verglichen.

Die Annahme war, dass in beiden Fällen ein Umbau des umliegenden Gewebes stattfindet, dieser sich jedoch für beide Therapiekonzepte in einem ähnlichen Rahmen bewegt (das heißt  $H_0: \mu_1 = \mu_2$ ).

Die Nullhypothese konnte durch diese Studie nicht widerlegt werden. Die Sofortimplantation scheint ähnlich stabile Langzeitergebnisse zu liefern, wie die konventionelle Implantation.

### **4.2 Diskussion des Abschnitts „Material und Methoden“**

#### **4.2.1 Auswahl der Patienten**

Das Ziel war die Beobachtung der periimplantären Hartgewebesituation an Sofortimplantaten über einen längeren Zeitraum. Hierfür wurden existierende Röntgenbilder aus dem Tübinger Implantatregister herangezogen. Es wurden Patienten in die Studie einbezogen, von denen ein Röntgenbild zum Zeitpunkt der Insertion oder der prothetischen Versorgung sowie Kontrollbilder zur Verfügung stehen. Aufgrund des langen Zeitraums, der von der Studie betrachtet wird, kam es bisweilen zu patientenbedingten Störungen. So wurden beispielsweise Kontrolltermine nicht oder zeitlich nicht korrekt eingehalten, womit die Aufnahmen rechnerisch gesehen nicht zu den vorgegebenen Intervallen der Studie passen. Eine Nachkontrolle der Implantate war nach dem Zeitpunkt der Prothetik in den Jahren eins, zwei, drei sowie fünf und zehn nach



erfolgter prothetischer Versorgung vorgesehen. Bei Bedarf wurden Röntgenbilder zu den Kontrollzeitpunkten angefertigt. Röntgenbilder, die außerhalb der eigentlichen Kontrollintervalle der Studie lagen, wurden miteinbezogen. Es zeigt sich anhand der Ergebnisse, dass auch bei einer geringen Zahl an Implantaten eine Aussage getroffen werden kann. Deutlich zu sehen ist dies in Abbildung 20, Seite 43. Zu den Zeitpunkten des siebten und achten Jahres lagen jeweils fünf Werte vor. Die Betrachtung der Grafik zeigt deutlich, dass diese Werte im Erwartungsbereich liegen, eine solch kleine Gruppe jedoch anfälliger für Ausreißerwerte ist und daher eine vergleichsweise geringe Aussagekraft besitzt.

Dies zeigt, dass sich zwar ein Trend des periimplantären Remodelings abzeichnet, jedoch Schwankungen von Patient zu Patient möglich sind.

Die Studie berücksichtigt in den analysierten Fällen nicht die Knochenqualität der Patienten, die Operationstechnik oder das Knochenangebot.

#### **4.2.2 Auswahl der Implantate in der Sofortimplantatgruppe und der Kontrollgruppe**

In dieser Studie wurden sowohl Frontzahnimplantate als auch Implantate im Seitenzahnbereich betrachtet. Der Grund hierfür war, die Zusammenstellung einer zu untersuchenden Gruppe, welche quantitativ eine statistische Auswertung ermöglicht. Durch die Matchung eines jeden Sofortimplantates mit einem Kontrollimplantat, bei welchem das Geschlecht des Patienten bei dem das Implantat gesetzt wurde, die Regio, der Durchmesser und die Länge des Implantates gleich waren, konnte ein direkter Vergleich ermöglicht werden. Die Mehrzahl der Implantate wurde in der Front gesetzt.

### 4.2.3 Verwendete Röntgenbilder

Nicht alle angefertigten Röntgenbilder waren für die Auswertung geeignet, was durch Fehler bei der Entwicklung oder durch Bewegungen des Patienten während der Aufnahme, sowie Überlagerungen durch umliegende Strukturen zu erklären ist. Des Weiteren hielten sich nicht alle Patienten an die Kontrollintervalle. Aus den genannten Gründen schwankt die für die jeweiligen Zeitpunkte zu Verfügung stehende Anzahl an Röntgenbildern. Da die Röntgenbilder bei Bedarf angefertigt wurden ist es möglich, dass verschiedene Röntgenbilder rechnerisch in den selben Zeitraum fielen. Hier wurde das Röntgenbild verwendet, das entweder eine bessere Qualität aufwies oder bei gleicher Qualität der Aufnahmen rechnerisch näher am Untersuchungszeitpunkt lag.

Die verwendeten Aufnahmetechniken (Mundfilme und Orthopantomogramme) werden in diversen Studien zur Auswertung des mesialen und distalen Knochendefekts eingesetzt (Dietrich et al. 1991, Hollender et al. 1980, Larheim et al. 1979). Cooper et al. verwendeten zur Vermessung des mesialen und distalen Knochens ebenfalls Mundfilme, die in Paralleltechnik aufgenommen wurden (Cooper L. F. et al. 2010). Die Limitation liegt in der Beurteilung des lingualen- und bukkalen Knochens. Eine Möglichkeit die sich hierfür anbieten würde und in folgenden Studien in Betracht gezogen werden sollte, ist die Untersuchung mittels eines dentalen Volumentomographen (DVT) was an natürlichen Zähnen zu ähnlichen Ergebnissen führen soll wie Mundfilme (Takeshita et al. 2014). Li et al. beobachteten den Osseointegrationsgrad im Zeitraum von einigen Tage vor der Insertion des Implantates bis 7-10 Tagen nach erfolgter Insertion (Li et al. 2014). Li et al. kamen zu dem Ergebnis, dass das DVT eine Möglichkeit darstellt den knöchernen Umbau fortlaufend zu beurteilen. Diese DVT-Aufnahmen sind keiner Verzerrung unterworfen und auch eine exakt reproduzierbare Patientenposition ist aufgrund der Aufnahmemethode nicht notwendig (Shahidi et al. 2013). Es kann allerdings aufgrund der längeren Aufnahmedauer zur Verwischungen kommen, die auf die Bewegung des Patienten während der Aufnahme zurückzuführen sind. Auch

kommt es im DVT zur Artefaktbildung an metallenen Strukturen, was eine Auswertung erschweren kann.

#### **4.2.4 Vermessung und Messvorschrift**

Betrachtet man die aktuelle Literatur, so wird der Implantaterfolg entweder durch das Verbleiben der Implantate im Mund (Perry et al. 2003) oder den Abbau des Knochens definiert.

Allerdings findet sich selten eine genaue Beschreibung des Vermessungsprotokolls (Chaushu et al. 2000, Cooper L. F. et al. 2010, Deng et al. 2009). Es wird ein Referenzpunkt gewählt und Knochensituation zu den verschiedenen Zeitpunkten verglichen. In den Studien wird nicht erwähnt, ob eine eventuelle Verzerrung mittels eines individuellen Entzerrungsfaktors ausgeglichen wurde.

Die Vermessung der Röntgenbilder dieser Studie erfolgte nach der von der Arbeitsgruppe um Gómez aufgestellten Messvorschrift (Gómez-Román et al. 1995). Wohingegen Gómez et al. zu Beginn eine analoge Vermessung unter Zuhilfenahme eines Millimeterpapiers durchführten, wurden die Röntgenbilder dieser Arbeit zuerst digitalisiert und anschließend digital mit dem Programm Sidexis der Firma Sirona vermessen. Die Übertragbarkeit der analogen Messmethode von Gómez in ein digitales Verfahren wurde von Gómez selbst bestätigt und resultierte in einer geringeren Messtoleranz von 0,5mm (Gómez-Román G. et al. 1999). Dies ermöglichte eine Vergrößerung der Bilder sowie eine Kontrastoptimierung, was eine Erleichterung des Vorgangs ermöglichte. Von Gómez et al. wurde den einzelnen Messungen bei analoger Vermessung eine Fehlertoleranz von 1mm eingeräumt. Für die vorliegende Studie wurde, aufgrund der verbesserten digitalen Vermessung, eine Toleranz von 0,5mm gewählt. Die Zuverlässigkeit dieser Messmethode sowie der Messtoleranz wurde in mehreren Studien belegt (Gómez-Román et al. 1996, Gómez-Román et al. 1999)

#### **4.2.5 Messproblematik**

Durch das vorgegebene Vermessungsprotokoll gab es, hinsichtlich des eigentlichen Vermessungsvorgangs, wenig Probleme. Die meisten Herausforderungen stellten die Qualität der Röntgenbilder sowie einstweiligen Überlagerungen durch umgebende Strukturen dar. Hier zeigte sich der Vorteil der digitalen Nachbearbeitung, die unter Zuhilfenahme von Kontrastoptimierung und Vergrößerungsfunktion diverse Bilder, die ansonsten verworfen worden wären, auswertbar machte.

Durch die Verlaufsdarstellung jedes einzelnen Implantates konnten Ausreißerwerte erkannt werden. Diese Röntgenbilder wurden einer erneuten Vermessung unterzogen.

Die Verzerrung die sowohl bei Mundfilmen (zirka 1 : 1,1) als auch bei Orthopantomogrammen (1 : 1,2 bis 1,5) (Rücker et al. 2008) gegeben ist, wird durch den angewendeten Verzerrungsfaktor ebenso ausgeglichen, wie eine Verzerrung durch einen eventuell nicht optimal platzierten Patienten.

#### **4.2.6 Mesialer und distaler Knochendefekt**

Der koronale Knochendefekt wurde in dieser Arbeit jeweils mesial und distal an den zu untersuchenden Implantaten vermessen und anschließend gemittelt. Dass dies möglich ist ohne eine statistisch größere Ungenauigkeit zu verursachen, zeigt die empirische Werteverteilung in Abbildung 19, Seite 41.

In einer vergleichbaren Studie von Cooper et. al wurde der Knochen ebenfalls mesial und distal vermessen und die erhaltenen Werte gemittelt (Cooper L. F. et al. 2010).

#### **4.2.7 Plausibilitätskontrolle**

Die digitale Erfassung in JMP sowie die Normierung der Daten mittels der individuellen Verzerrungsfaktoren ermöglicht eine direkte grafische Darstellung der Messwerte für jedes Implantat im zeitlichen Verlauf der Studie. Durch die Verlaufsdarstellung jedes einzelnen Implantates konnten Ausreißerwerte erkannt werden und diese Röntgenbilder wurden einer erneuten Vermessung unterzogen. Die meisten Ausreißer stellten sich als korrekte Messungen heraus und wurden belassen.

Bei den fehlerhaften Werten handelte es sich zumeist um Fehler (Vorzeichenfehler) bei der manuellen Werteeingabe aus den Erhebungsbögen in das Statistikprogramm, die durch die erneute Sichtung oder Vermessung herausgefiltert und korrigiert wurden.

#### **4.2.8 Darstellung der Ergebnisse**

Die Darstellung mittels Boxplots wurde gewählt, um einen schnellen und einfachen Überblick über die gewonnenen Daten zu bekommen.

Zudem fallen bei der Verwendung eines Median, anders als bei einem Mittelwert, Ausreißerwerte weniger ins Gewicht, was eine zuverlässigere, stabilere Darstellung ermöglicht. Eine starke Divergenz zwischen Median und Mittelwert spricht für eine Gruppe mit starker Polarisierung. Die Mittelwerte und Mediane wurden für einen direkten, übersichtlicheren Vergleich auch getrennt in Diagrammen dargestellt.

### **4.3 Diskussion der Ergebnisse**

Die Zielsetzung dieser Arbeit war die Untersuchung der Hartgewebeveränderungen um Sofortimplantate. Die Hypothese war, dass die Sofortimplantation zu ähnlich stabilen Ergebnissen führen kann wie konventionell gesetzte Implantate.

Die in der vorliegenden Arbeit ermittelten Werte zeigen, dass die

Sofortimplantation durchaus vergleichbare Ergebnisse liefern kann wie Implantate mit vorangegangener knöchernen Ausheilung.

Auch bei einer längeren Liegedauer von 10 Jahren konnte nur ein geringer, nicht signifikanter Unterschied (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, Seite **Fehler! Textmarke nicht definiert.**) im Bezug auf den koronalen Knochendefekt ermittelt werden.

#### **4.3.1 Koronaler Knochendefekt der Sofortimplantate**

Die Betrachtung des koronalen Knochendefekts mittels Boxplots erlaubt einen schnellen Überblick über eine Vielzahl an Daten.

Es zeigt sich in Abbildung 20, Seite 43 und Abbildung 22, Seite 49, dass nach der Insertion eine leichte Zunahme der koronalen Defekttiefe bis zum zweiten Jahr nach der prothetischen Versorgung zu verzeichnen ist. Danach bleiben die Werte relativ stabil und zeigen nur noch geringfügige Veränderungen. Es bleibt ein geringer Anstieg der Mittelwerte bis zum zehnten Verlaufs Jahr zu verzeichnen. Auch die Werte für das obere Quartil und die Maximalwerte liegen im letzten Studienjahr über den zuvor gemessenen Werten, während für den Median ein geringerer Wert als in den vorangegangenen Jahren zu verzeichnen ist.

Ein Jahr nach prothetischer Versorgung wurde ein durchschnittlicher koronaler Knochendefekt von 1,4 mm gemessen. Dies entspricht einer Veränderung von durchschnittlich 0,2 mm im Vergleich zum Zeitpunkt der Prothetik und einem durchschnittlichen Abbau von 0,4 mm seit Insertion.

Deng et al. beobachteten in ihrer Studie von 2010 an 84 Implantaten einen initialen Abbau des Knochens bei parodontal vorgeschädigten Patienten. Bei den 32 Sofortimplantaten wurde für den Zeitraum von zehn Tagen nach der Insertion bis zu einem Jahr nach der Operation eine Veränderung des

umgebenden Knochens von -1,01 mm festgestellt (Deng et al. 2009). Dieser liegt im Vergleich zur vorliegenden Arbeit etwas höher, was aber auch daran liegen könnte, dass die Patienten parodontal vorgeschädigt waren und dadurch eventuell ein stärkerer Umbau begünstigt wurde. Dafür sprechen auch die Überlebensraten der Implantate in der Untersuchung von Deng et al.. Bei den Sofortimplantaten war sie mit 87,5% wesentlich geringer als die mit 100% angegebene Überlebensrate der zum Vergleich herangezogenen Gruppe.

In einer anderen Studie, die sich mit der Sofortbelastung von Sofortimplantaten beschäftigte, konnte innerhalb der ersten drei bis sechs Monate nach Insertion kein Knochenabbau über die Abutment-Implantat-Verbindung festgestellt werden (Chaushu et al. 2000). Dies konnte in der vorliegenden Arbeit nicht verifiziert werden. Die Darstellung des Knochendefektes zum Zeitpunkt der OP und zum Zeitpunkt der Prothetik in Abbildung 20, Seite 43 und Abbildung 22, Seite 49 zeigt eine mittlere Defekttiefe zwischen 1 bis 1,2 mm.

Wilson et al. beobachteten in ihrer 2013 durchgeführten Studie einen Knochenabbau von bis zu 1,0 mm in 98% der aufgeführten Fälle innerhalb von 5 Jahren (Wilson et al. 2013). Diese Werte liegen sind niedriger als die Ergebnisse in dieser Arbeit.

Andere Autoren sprechen gar von einem Zuwachs des marginalen Knochens nach einer Sofortimplantation. So fanden Cooper et al. ein Jahr nach erfolgter Insertion einen Knochenzuwachs von durchschnittlich +1,30 mm (Cooper L. F. et al. 2010). In jener Studie wurden 58 Sofortimplantate begutachtet, die sofort nach Insertion mit provisorischen Kronen versorgt wurden. In Coopers Studie wurde ebenso wie in der vorliegenden Untersuchung kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe der Sofortimplantate und der Kontrollgruppe festgestellt. Ein durchschnittlicher Knochenzuwachs, wie ihn Cooper beschreibt, konnte in der vorliegenden Studie nicht nachgewiesen werden.

### **4.3.2 Vergleich der Sofortimplantate und der Kontrollimplantate**

In manchen Studien wird den Sofortimplantaten eine bessere Einheilung und ein geringerer Abbau des umgebenden Knochens im Vergleich zu verzögert oder verspätet gesetzten Implantaten unterstellt (Cooper L. F. et al. 2010).

Ein Vergleich der in dieser Studie erhobenen Daten kann dies nicht bestätigen. Die Untersuchungen zu den jeweiligen Zeitpunkten ergaben in der Mehrzahl vergleichbare Ergebnisse und zeigen keine Überlegenheit einer Methode. Dies deckt sich mit ähnlichen Studien, in denen Sofortimplantate mit einer Kontrollgruppe, bestehend aus Implantaten die nach einer Ausheilungsphase gesetzt wurden, verglichen wurden (Deng et al. 2009).

Eine Auffälligkeit im Sinne einer Abweichung der Mediane und Mittelwerte zueinander von mehr als 0,5 mm findet sich in fünf von 24 Fällen. Die Abweichungen im jährlich dargestellten Verlauf der Studie ab dem vierten Verlaufsjahr sind auf die geringe Datendichte zu bestimmten Kontrollzeitpunkten zurückzuführen bei denen schon einzelne Ausreiser zu einer starken Verschiebung der Daten führen kann. Der Verlauf zu Zeitpunkten mit mehr Messwerten spricht für eine hohe Kongruenz der gemessenen Werte. Interessant ist, dass die erhaltenen Werte für den koronalen Knochendefekt für die Sofortimplantate ab dem fünften Verlaufsjahr trotz der reduzierten Anzahl an auszuwertenden Röntgenbildern relativ stabil bleiben, während in der Kontrollgruppe doch einige größere Schwankungen in beide Richtungen zu verzeichnen sind. Eine Möglichkeit wäre, dass die Indikation für ein Sofortimplantat mit mehr Anforderungen an die Mundhygiene des Patienten einhergeht als bei einer konventionellen Implantation, was das Risiko für periimplantäre Entzündungen verringern könnte.



Vergleicht man die Mediane und Mittelwerte zeigt sich meist ein ähnlicher Verlauf mit geringfügig höheren Werten für die Mittelwerte. Ausreißer wie beispielsweise in der Sofortimplantatgruppe im vierten und in der Kontrollgruppe im siebten und achten Jahr nach prothetischer Versorgung können auf eine geringe Datendichte sowie eine Polarisierung der Messwerte zurückgeführt werden. Als Polarisierung wird eine Verteilung bezeichnet, die nicht einer Normalverteilung entspricht, sondern zwei Maxima zu unterschiedlichen Zeitpunkten hat und dazwischen wenige Werte aufweist. Dies erklärt zum einen den verhältnismäßig beständigen Mittelwert im siebten Kontrolljahr der Kontrollgruppe und zum anderen auch den niedrigen Median, der zu diesem Zeitpunkt ein einzelner Messwert ist (da eine ungerade Anzahl an Werten vorliegt). Im achten Kontrolljahr der Kontrollgruppe liegt ebenso eine ungerade Anzahl an Messdaten vor. Allerdings liegen der Median und der Mittelwert deutlich über denen der anderen Verlaufsjahre. Die Aussagekraft der Ergebnisse im siebten und achten Verlaufsjahr der Kontrollgruppe sollte daher kritisch betrachtet werden.

Die extremeren Werte können in ihrer Entstehung auf unterschiedliche Weise begründet sein. Die Werte die nahe im Bereich von 0 mm liegen, bedeuten dass kein oder nur ein geringer Teil des zur Osseointegration vorgesehenen Teils des Implantats freiliegt und eine fast perfekte Integration des Implantats stattgefunden hat.

Die höheren Werte könnten durch eine Reduktion des Knochens aufgrund einer periimplantären Entzündung erklärt werden. Diese können diverse Ursachen haben, wie beispielsweise Tabakkonsum des Patienten, eine eingeschränkte oder unzureichende Mundhygiene, parodontalpathogene Keime oder Systemerkrankungen wie Diabetes oder Osteoporose.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass es sich bei den gefundenen Defekten um Dehiszenzen handelt. In dem 2003 von Schropp veröffentlichten Artikel beschreibt er eine hohe Wahrscheinlichkeit der Ausheilung von Knochendefekten, die zu drei Seiten von Knochen begrenzt werden, während

Dehiszenzen eine vergleichsweise schlechtere Heilungswahrscheinlichkeit aufwiesen (Schropp et al. 2003).

Betrachtet man den Beginn der Studie, so zeigt sich eine einzelne Abweichung vom Toleranzbereich (0,5mm), nämlich der Median zum Zeitpunkt der Insertion. Hier liegt der Median der Sofortimplantate höher als der der Kontrollgruppe. Eine Möglichkeit dafür könnte eine Inkongruenz der Alveole zum Implantatlager sein. Diese Defekte werden manchmal während des operativen Eingriffs mit Knochenersatzmaterial oder autologem Knochen gefüllt (Chaushu et al. 2000, Deng et al. 2009, Schropp et al. 2003) und erst später in natürlichen Knochen umgewandelt und mineralisiert oder belassen, solange die *jumping distance* nicht überschritten wird. Als *jumping distance* bezeichnet man den Abstand zwischen Implantat und umgebendem Knochen. Aufgrund der geringeren oder fehlenden Mineralsierung in diesem Bereich ist es möglich, dass initial ein größerer Defekt gemessen wird.

Die Untersuchungen von Perry (Perry et al. 2003) ergaben ein ähnliches Verhalten im Bezug auf die Erfolgsaussichten für Sofortimplantate des Typs Frialit 2, wie bei einer Implantation in ausgeheilten Knochen. Allerdings wurden in der Studie von Perry keine genauen Angaben zum umgebenden Knochen gemacht. Es wurde lediglich eine CSR (cumulative survival rate) angegeben. Dies lag für die Sofortimplantate bei 90,03% und für die restlichen Implantate bei 90,04% (Perry et al. 2003).

Penarrocha et al. beobachteten 2012 einen Knochenverlust von 0,56 mm für Sofortimplantate und 0,67 mm für Implantate nach einer knöchernen Ausheilung nach 12 Monaten. Es wurden 35 Sofortimplantate und 88 Implantate nach Ausheilung ausgewertet (Penarrocha-Oltra et al. 2012). Dies ist ähnlich der Ergebnisse die in dieser Studie beobachtet wurden.

In einer von Quirynen durchgeführten Begutachtung der aktuellen Literatur

bezüglich der Frage, inwiefern der Erfolg einer Implantation von ihrem zeitlichen Abstand zur Extraktion abhängt, konnte kein Unterschied zwischen Sofortimplantaten und verzögerten Sofortimplantaten bezüglich der Verweildauer der Implantate im Mund festgestellt werden. Allerdings wird von Quirynen angeführt, dass sofortbelastete Implantate mit einer tendenziell höheren Verlustrate einhergehen (Quirynen et al. 2007). Des Weiteren stellte er fest, dass es wenig Studien gibt, die sich mit der Gesundheit der periimplantären Gewebe sowie dem umliegenden Knochen, über einen längeren Zeitraum hinweg beschäftigen. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommen auch Ortega-Martínez et al. in ihrer Studie zur Literaturübersicht für Sofortimplantate (Ortega-Martínez et al. 2012). Es wird bemängelt, dass viele Studien in ihrer Bewertung der Implantate auf eine Überlebensrate ausgerichtet sind, wobei die Autoren eine qualitative Evaluierung der Erfolgsrate fordern, jedoch ohne eine genaue Definition eines Implantaterfolgs zu liefern.

#### **4.3.3 Zeitliche Gruppierung**

Die zeitliche Zusammenfassung der Jahre fünf bis sieben und acht bis zehn führte zu einer homogenen Verteilung der Messwerte zu den verschiedenen Auswertungszeitpunkten. Die resultierenden Grafiken zeigen geringere Schwankungen als bei der Betrachtung eines jeden einzelnen Jahres nach der Prothetik.

#### **4.3.4 Initialer Knochenumbau**

Die Betrachtung der initial gemessenen Änderung des koronalen Knochendefekts von der Insertion bis zur Prothetik ergab in den Gruppen der Sofortimplantate und den Kontrollimplantaten eine Änderung des Umliegenden Knochens vom Zeitpunkt der Insertion bis zum Zeitpunkt der Prothetik. Allerdings sind hier noch weitere Studien mit größeren Fallzahlen und fest definierten zeitlichen Abständen zwischen OP und Prothetik nötig, um eine

klare Aussage treffen zu können. Es kann gesagt werden, dass sowohl Sofortimplantate als auch verzögerte Sofortimplantate oder Implantate, die nach Ausheilung des Knochens gesetzt wurden, eine Phase des periimplantären Knochenremodelings durchlaufen.

Ähnliches schreiben auch Covani und Kollegen (Covani U. et al. 2010). Ihre Arbeitsgruppe untersuchte das physiologische Knochenremodeling nach einer Sofortimplantation an Beagle-Hunden. Es wurde allerdings der bukkal und lingual des Implantat gelegene Knochen vermessen. Die Ergebnisse legen nahe, dass der Umbauprozess, der am Knochen nach einer Implantation stattfindet durch den Implantationszeitpunkt modifiziert werden kann. Covani et al. vermuten aber auch, dass der vertikale Abbau stark von der Implantatposition relativ zur bukkalen Lamelle und über den Implantatdurchmesser im Verhältnis zum Kieferkamm bestimmt wird. Kan et al. fanden einen beobachteten Schwund des mesialen und distalen Knochens von 0,2 mm 12 Monate nach Insertion (Kan et al. 2003).

#### **4.4 Schlussfolgerung**

Die Untersuchung der periimplantären Knochensituation an Sofortimplantaten und der Vergleich mit einer gematchten Kontrollgruppe ergab zum Zeitpunkt der Insertion sowie im zweiten Jahr nach prothetischer Versorgung statistisch signifikanten Unterschiede. Zu den anderen zehn Kontrollzeitpunkten konnte eine hohe Kongruenz der erhobenen Daten gezeigt werden.

Folglich sind die Umbauvorgänge des umgebenden Knochens an Sofortimplantaten mit denen an Implantaten mit einer vorangegangenen knöchernen Ausheilungsphase vergleichbar.

Es können mittels Sofortimplantation ähnliche Ergebnisse wie mit einer Implantation nach einer vorangegangenen Ausheilungsphase des Knochens erzielt werden.

## 5 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit ist der Vergleich der periimplantären Knochensituation an Sofortimplantaten des Typs Frialit 2, mit einer gematchten Kontrollgruppe aus verzögert sofortimplantierten und spät gesetzten Implantaten. Der Beobachtungszeitraum reicht von der Insertion des Implantats bis zehn Jahre nach prothetischer Versorgung des Implantats.

Um einen Vergleich ziehen zu können, wurden die Sofortimplantate einer gleich großen Kontrollgruppe gegenüber gestellt. Diese Kontrollgruppe bestand ebenfalls ausschließlich aus Implantaten des Typs Frialit 2. Jedes Implantat musste, bezogen auf das Geschlecht des Patienten, dem Kiefer und der Lokalisation sowie der Implantatlänge und dem Implantatdurchmesser, jeweils einem Sofortimplantat entsprechen, um einen direkten Vergleich zu ermöglichen. Es wurden Röntgenbilder zum Zeitpunkt der Operation, dem Zeitpunkt der prothetischen Versorgung und bei Bedarf zu den jeweiligen Kontrollzeitpunkten erstellt. Röntgenbilder, die außerhalb der Kontrollen benötigt wurden, etwa für weitere Zahnersatzplanungen, wurden in die Studie einbezogen. Diese wurden gescannt, digital vermessen und anschließend elektronisch ausgewertet.

Für die Studie wurden Röntgenbilder von 133 Personen, (60 w & 73 m) bei denen 174 Implantate gesetzt wurden, ausgewertet. Diese Gruppe besteht zu gleichen Teilen aus Sofortimplantaten (n = 87 Sofortimplantate) und Implantaten (n = 87 gematchte Kontrollimplantate) die zum Vergleich herangezogen wurden.

110 Implantate wurden in der Oberkieferfront sowie 22 im Oberkieferseitenzahnggebiet ausgewertet.

Im Unterkiefer wurden 24 Implantate im Unterkiefer-Frontzahnbereich und 18 im Unterkieferseitenzahnggebiet ausgewertet.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass in dieser Untersuchung ein

statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe der Sofortimplantate und der Kontrollgruppe nur zum Zeitpunkt der Insertion (für beide Tests) und zum Zeitpunkt des zweiten Jahres nach prothetischer Versorgung (Wilcoxon-Test) zu beobachten war. Es zeigte sich ein leichter Abbau im Zeitraum von der Insertion bis zur prothetischen Versorgung und ebenso in den Folgejahren. Allerdings war dieser in beiden untersuchten Gruppen ähnlich.

Die Untersuchung des Knochendefektes in dieser Arbeit legt nahe, dass Sofortimplantate als eine Alternative zur verzögerten Sofortimplantation oder einer Implantation nach längerer Heilungsphase in Betracht gezogen werden können und ähnlich stabile Ergebnisse liefern. Beide durchlaufen eine knöcherne Umbauphase die am stärksten im Zeitraum der Insertion bis zur prothetischen Versorgung ausgeprägt ist. In dieser Studie liegt der durchschnittliche zeitliche Abstand zwischen Insertion und Prothetik für beide Gruppen recht nah zusammen. Somit kann keine Aussage getroffen werden, ob die prothetische Versorgung oder alleine der zeitliche Abstand seit Insertion ausschlaggebend ist.

Ein Ziel späterer Studien könnte sein, einen Vergleich des umgebenden Knochens von Sofortimplantaten in der Front und im Seitenzahnbereich zu untersuchen. Aufgrund der unterschiedlichen Fallzahlen in dieser Arbeit wurde diese Fragestellung hier nicht erörtert. Dahingehend könnten weitere Studien für die Betrachtung des zeitlichen Abstandes, zwischen dem Zeitpunkt der Insertion der prothetischen Versorgung und dessen Bedeutung für das periimplantäre Gewebsmanagement hilfreich sein.

## 6 Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Links: Schematische Darstellung einer Schalllücke sowie einer Freundsituation. Rechts: FDI Schema. ....</i>	<i>9</i>
<i>Abbildung 2 : Übersicht über den Ablauf der Studie.....</i>	<i>16</i>
<i>Abbildung 4: Geschlechterverteilung der Patienten. ....</i>	<i>18</i>
<i>Abbildung 5: Altersverteilung der Patienten bei Implantation. ....</i>	<i>18</i>
<i>Abbildung 6: Matchung der Vergleichsgruppen nach Gomez. (Gómez-Román 2000) .....</i>	<i>19</i>
<i>Abbildung 8: Lokalisation der Implantate im Oberkiefer nach dem FDI Schema. ....</i>	<i>21</i>
<i>Abbildung 9: Lokalisation der Implantate im Unterkiefer nach dem FDI Schema. ....</i>	<i>22</i>
<i>Abbildung 10: Anzahl der Implantate, getrennt nach Länge und Durchmesser. ....</i>	<i>22</i>
<i>Abbildung 11: Verteilung der Röntgenbilder nach Art der Aufnahme. ....</i>	<i>24</i>
<i>Abbildung 12: Grafische Darstellung der Messvorschrift (Gómez-Román et al. 1995). ....</i>	<i>24</i>
<i>Abbildung 13: Der Bildausschnitt zeigt zwei zu vermessenden Implantaten ohne jegliche vorangegangene Messung. ....</i>	<i>27</i>
<i>Abbildung 14: Der Bildausschnitt zeigt zwei zu vermessende Implantate mit eingezeichneter Referenzlinie sowie zwei Knochentangenten an einem Implantat (T1 und T2 distal des Implantates). ....</i>	<i>28</i>
<i>Abbildung 15: Ausschnitt der Oberfläche des Programms Sidexis mit zwei zu vermessenden Implantaten und alle zehn Messstrecken sowie der Referenzlinie an einem Implantat. ....</i>	<i>29</i>
<i>Abbildung 15: Darstellung des koronalen Knochendefektes im zeitlichen Verlauf für ein Implantat (rot mesiale Werte, blau distale Werte). ....</i>	<i>33</i>
<i>Abbildung 16: Schemadarstellung eines Boxplots. ....</i>	<i>34</i>
<i>Abbildung 17: Flussdiagramm der Datenerfassung. ....</i>	<i>36</i>
<i>Abbildung 18: Gruppierung der Messwerte für den mesialen und distalen koronalen Knochendefekt in jährliche Intervalle nach prothetischer Versorgung. ....</i>	<i>39</i>
<i>Abbildung 20: Koronaler Knochendefekt der Sofortimplantate über den Verlauf der Studie.....</i>	<i>43</i>
<i>Abbildung 21: Koronaler Knochendefekt der Kontrollimplantate über den Verlauf der Studie. ....</i>	<i>46</i>
<i>Abbildung 22: Gemittelter gruppierter koronaler Knochendefekt aller Sofortimplantate über den Verlauf der Studie.....</i>	<i>49</i>
<i>Abbildung 23: Gemittelter gruppierter koronaler Knochendefekt aller Kontrollimplantate über den Verlauf der Studie. ....</i>	<i>50</i>
<i>Abbildung 24: Änderung der Mediane des koronalen Knochendefektes aller Sofort- und Kontrollimplantate über den zeitlich gruppierten Verlauf der Studie.....</i>	<i>51</i>
<i>Abbildung 25: Vergleich der Mediane des koronalen Knochendefektes der Sofortimplantate und der</i>	

*Kontrollimplantate. ....* 52  
*Abbildung 26: Vergleich der Mittelwerte des koronalen Knochendefektes der Sofortimplantate und der  
Kontrollimplantate. ....* 53

## **7 Tabellenverzeichnis**

*Tabelle 1: Formel zur Errechnung des koronalen Knochendefekts. ....* 32  
*Tabelle 2: Änderung des koronalen Knochendefektes vom Zeitpunkt der Insertion bis zur prothetischen  
Versorgung. ....* 55



## 8 Literaturverzeichnis

1. Albrektsson T., Brånemark P.-I., Hansson H.-A. und Lindström J. (1981)  
Osseointegrated Titanium Implants: Requirements for Ensuring a Long-Lasting, Direct Bone-to-Implant Anchorage in Man.  
*Acta Orthop Scand* 52: 155 - 170.
2. Araújo M. G., Sukekava F., Wennström J. L. und Lindhe J. (2005)  
Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets: an experimental study in the dog.  
*J Clin Periodontol.* 32: 645-652.
3. Branemark Per-Ingvar (1983)  
Osseointegration and its experimental background.  
*J Prosthet Dent.* 50: 399-410.
4. Chaushu G., Chaushu S., Tzohar A. und Dayan D. (2000)  
Immediate loading of single-tooth implants: immediate versus non-immediate implantation. A clinical report.  
*Int J Oral Maxillofac Implants.* 16: 267-272.
5. Cooper L. F., Raes F., Reside G., Garriga J. S., Tarrida L. G., Wiltfang J., Kern M. und De Bruyn H. (2010)  
Comparison of radiographic and clinical outcomes following immediate provisionalization of single-tooth dental implants placed in healed alveolar ridges and extraction sockets.  
*International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* 25: 1222-1232.
6. Cooper L. F., Raes F., Reside G., Garriga J. S., Tarrida L. G., Wiltfang J., Kern M. und De Bruyn H. (2014)  
Immediate Provisionalization of Dental Implants Placed in Healed Alveolar Ridges and Extraction sockets: A 5-Year Prospective Evaluation.  
*Int J Oral Maxillofac Implants.* 29: 709-717.
7. Covani U., Cornelini R., Calvo J. L., Tonelli P. und Barone A. (2010)  
Knochenremodeling nach einer Sofortimplantation.  
*Internationales Journal für Parodontologie & Restaurative Zahnheilkunde:* 569-675.
8. d'Hoedt B., Lukas D. und Schulte W. (1986)  
Das Tübinger Implantat als Sofort-und Spätimplantat; ein statistischer Vergleich.  
*Dtsch Zahnarztl Z* 41: 1068-1072.
9. Deng F., Zhang H., Zhang H., Shao H., He Q. und Zhang P. (2009)  
A comparison of clinical outcomes for implants placed in fresh extraction sockets versus healed sites in periodontally compromised patients: a 1-year follow-up report.  
*Int J Oral Maxillofac Implants.* 25: 1036-1040.
10. Denissen H. W., Kalk W., Veldhuis H. A. und Van Waas M. A. (1993)  
Anatomic considerations for preventive implantation.  
*Int J Oral Maxillofac Implants.* 8: 191-191.

11. DGI. DGI- Wissen für Patienten. 2015; <https://www.dginet.de/web/dgi/warum>. Accessed 23.08.2015, 2015.
12. DGZI. Zahnimplantate - die bessere Alternative. [http://www.dgzi.de/info\\_implant](http://www.dgzi.de/info_implant). Accessed 15.11.2015.
13. Dietrich U, Wellmann O und Wagner W (1991)  
Nachuntersuchungen von IMZ-Implantaten Typ I und Typ II.  
*Z Zahnärztl Implantol* 7: 221-224.
14. Frigge M., Hoaglin D. C. und Iglewicz B. (1989)  
Some Implementations of the Boxplot.  
*The American Statistician* 43: 50-54.
15. Gómez-Román G. (2000)  
Eine vergleichende Untersuchung über Einzelzahnimplantationen unter besonderer Berücksichtigung möglicher prognostischer Faktoren. Medizinische Habilitationsschrift. Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universität zu Tübingen, Eberhard Karls Universität.
16. Gómez-Román G., Axmann D., d'Hoedt B. und Schulte W. (1995)  
Eine Methode zur quantitativen Erfassung und statistischen Auswertung des periimplantären Knochenabbaus.  
*Z Stomatol.* 92: 463-471.
17. Gómez-Román G., d'Hoedt B., Axmann D. und Schulte W. (1996)  
Die visuell-metrische Vermessung von Röntgenaufnahmen dentaler Implantate. Eine Reliabilitätsstudie.  
*Z Zahnärztl Implantol.* 12: 104-109.
18. Gómez-Román G., d'Hoedt B., Axmann D. und Schulte W. (1996)  
Visual metric measurement of periimplant bone defects on radiographs. A reliability study.  
*Z Zahnärztl Implantol.* 12: 104-109.
19. Gómez-Román G., Schröer A., Schäfer I., Möws K. und Hilliges A. (1999)  
Die Vermessung periimplantärer Knochendefekte auf Röntgenaufnahmen mit Hilfe der digitalen Bildbearbeitung.  
*Z Zahnärztl Implantol* 15: 133-138.
20. Hollender L. und Rockler B. (1980)  
Radiographic Evaluation of Osseointegrated Implants of the Jaws.  
*Dentomaxillofac Rad* 9: 91-95.
21. Kan J. Y., Rungcharassaeng K. und Lozada J. (2003)  
Immediate placement and provisionalization of maxillary anterior single implants: 1-year prospective study.  
*Int J Oral Maxillofac Implants* 18: 31-39.
22. Knöfler W., Knöfler A. und Graf H. L. (2004)  
Die Überlebenswahrscheinlichkeit von Implantaten in einer zahnärztlichen Praxis im Zeitraum von zehn Jahren.  
*Z Zahnärztl Implantol* 4: 230-246.
23. Larheim T. A., Wie H., Tveito L. und Eggen S. (1979)  
Method for radiographic assessment of alveolar bone level at endosseous implants and abutment teeth.  
*Eur j oral sci* 87: 146-154.
24. Lehmann K. M. und Hellwig E. (2005)

- Zahnärztliche Propädeutik.  
10. Auflage: Elsevier, Urban&FischerVerlag.
25. Li B., Wang Y. und Li J. (2014)  
A feasibility study of applying cone-beam computed tomography to observe dimensional changes in human alveolar bone.  
*J Zhejiang Univ Sci B* 15: 393-398.
  26. Mollen I., Filippi A. und Kühl S. (2014)  
Alveolenstabilisierung nach Zahnentfernung Vor- und Nachteile.  
*Implantologie* 22: 299-306.
  27. Ortega-Martínez J., Pérez-Pascual T., Mareque-Bueno S., Hernández-Alfaro F. und Ferrés-Padró E. (2012)  
Immediate implants following tooth extraction. A systematic review.  
*Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 17: 251-261.
  28. Penarrocha-Diago M., Demarchi C. L., Maestre-Ferrin L., Carrillo C., Penarrocha-Oltra D. und Penarrocha-Diago M. A. (2012)  
A retrospective comparison of 1,022 implants: immediate versus nonimmediate.  
*Int J Oral Maxillofac Implants* 27: 421-427.
  29. Penarrocha-Oltra D., Demarchi C. L., Maestre-Ferrin L., Penarrocha-Diago M. und Penarrocha-Diago M. (2012)  
Comparison of immediate and delayed implants in the maxillary molar region: a retrospective study of 123 implants.  
*Int J Oral Maxillofac Implants* 27: 604-610.
  30. Perry J. und Lenchewski E. (2003)  
Clinical performance and 5-year retrospective evaluation of Frialit-2 implants.  
*Int J Oral Maxillofac Implants* 19: 887-891.
  31. Prasad D. K., Shetty M., Bansal N. und Hegde C. (2011)  
Crestal bone preservation: a review of different approaches for successful implant therapy.  
*Indian Journal of Dental Research* 22: 317-323.
  32. Quirynen M., Van Assche N., Botticelli D. und Berglundh T. (2007)  
How does the timing of implant placement to extraction affect outcome?  
*Int J Oral Maxillofac Implants* 22: 203-226.
  33. Rateitschak K. H., Rateitschak E. M. und Wolf H. F. (1989)  
Parodontologie, Farbatlanten der Zahnmedizin.  
2. Auflage.
  34. Ritzert B. (2007)  
Fortbildung dient der Qualitätssicherung.  
*Newsletter der DGZMK Ausgabe 04.*
  35. Rossi F., Romanelli P., Ricci E., Marchetti C. und D. Botticelli (2013)  
Evaluation der Hartgewebsveränderungen an Sofortimplantaten mit digitaler Volumetomografie: Eine prospektive klinische Studie.  
*Internationales Journal für Parodontologie & Restaurative Zahnheilkunde* 6: 761-769.
  36. Rucker M. und Spitzer W. J. (2008)  
Zahnärztliche Röntgenologie.  
In: Norbert Schwenzer M E, ed. Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde Chirurgische Grundlagen. Vol 4. Thieme: 70- 113.

37. Santos P.L., Gulinelli J. L., Telles C. d. S., Betoni J. W., Okamoto R., Chiacchio Buchignani V. und Queiroz T. P. (2013)  
Bone Substitutes for Peri-Implant Defects of Postextraction Implants.  
*International journal of biomaterials 2013.*
38. Schropp L., Wenzel A. und Kostopoulos L. K. T. (2003)  
Bone Healing Following Immediate Versus Delayed Placement of Titanium Implants into Extraction Sockets: A Prospective Clinical Study.  
*Int J Oral Maxillofac Implants 18: 189–199.*
39. Schulte W. und Heimke G. (1976)  
Das Tübinger Sofortimplantat.  
*Quintessenz 27: 17-23.*
40. Shahidi S. und Feiz A. (2013)  
Effect of Minor Amendments of Patient's Position on the Accuracy of Linear Measurements Yielded from Cone Beam Computed Tomography.  
*J dent 14: 1-5.*
41. Spiekermann H., Donath K. und Rateitschak K. H. (1994)  
Implantologie.  
/ Hrsg.: Klaus H. Rateitschak ... ; Bd. 10. Auflage  
Stuttgart: Thieme.
42. Takeshita W. M., Iwaki L. C. V., Da Silva M. C. und Tonin R. H. (2014)  
Evaluation of diagnostic accuracy of conventional and digital periapical radiography, panoramic radiography, and cone-beam computed tomography in the assessment of alveolar bone loss.  
*Contemp Clin Dent 5: 318–323.*
43. Tukey John W (1977)  
Exploratory data analysis.  
*Reading, Ma 231: 32.*
44. WHO (1989)  
Constitution of the World Health Organization
45. Wilson T. G., Jr., Rocuzzo M., Ucer C. und Beagle J. R. (2013)  
Immediate placement of tapered effect (TE) implants: 5-year results of a prospective, multicenter study.  
*Int J Oral Maxillofac Implants 28: 261-269.*

## 9 Erklärung zum Eigenanteil

Betreut wurde die vorliegende Dissertationsschrift durch Prof. Dr. med. dent. Germán Gómez-Román.

Die zu beobachteten Implantate wurden im Vorfeld dieser Arbeit in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik mit Propädeutik im Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Eberhard Karls-Universität zu Tübingen von verschiedenen Behandlern gesetzt. Die verwendeten Röntgenbilder wurden ebenfalls in der dieser Abteilung erstellt und entwickelt.

Die Diskussion der statistischen Tests erfolgte mit dem Betreuer Dr. rer. nat. Detlef Axmann.

Die Eigenleistung des Doktoranden Steffen Launer an der vorliegenden Arbeit bestand unter anderem in der Aufbereitung und Auswertung der röntgenologischen Messdaten. Des Weiteren wurde für jedes einzelne Implantat eine Sichtung des Verlaufs der Messwerte über den Studienverlauf durchgeführt und auffällige Werte einer erneuten Messung unterzogen. Die Kontrolle aller Messungen erfolgte durch den Autor dieser Arbeit.

Darüber hinaus wurden die Ergebnisse und deren Interpretation in Eigenleistung erarbeitet. Sämtliche Tabellen und Formeln wurden eigenständig erstellt. Die Darstellungsform der Mastertabellen orientiert sich dabei an denen, welche in der implantologischen Abteilung genutzt werden, um eine Vergleichbarkeit sowie eine einfachere Handhabung für spätere Studien zu gewährleisten.

Die Präsentation sowie sämtliche Abbildungen der Ergebnisse wurden in Eigenleistung erzielt.

Die in dieser Arbeit verwendeten Röntgenbilder lagen bereits im Tübinger Implantatregister vor, mussten jedoch zunächst für die Auswertung digitalisiert und vermessen werden. Dies erfolgte in Zusammenarbeit mit zwei weiteren Doktoranden (Tim Wiesner und Stefan Rombach) der gleichen Abteilung unter strenger Einhaltung der Messvorschrift.

## 10 Danksagung

Herrn Prof. Dr. Gómez-Román möchte ich für die freundliche Überlassung dieses sehr umfassenden und interessanten Themas, sowie der Förderung der vorliegenden Dissertation und die freundliche und intensive Unterstützung im Rahmen der Erstellung dieser Arbeit danken. Prof. Dr. Gómez-Román stand mir während der gesamten Zeit in ausführlichen Gesprächen immer konstruktiv, kritisch und sehr hilfreich zur Seite.

Herrn Dr. rer. nat. Detlef Axmann möchte ich für seine großartige Unterstützung bei der sachgerechten Aufbereitung der statistischen Daten danken.

Meinen besonderen Dank verdienen auch Zahnarzt Stefan Rombach und Zahnarzt Tim Wiesner für die ausgedehnten und hilfreichen Diskussionen sowie deren Unterstützung bei der Datengewinnung.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern, meiner Freundin Stephanie, Dr. Daniel Rein sowie Katja Schweizer für ihre Unterstützung während der gesamten Zeit, die diese Dissertation in Anspruch genommen hat.

## 11 Lebenslauf

### **Persönliche Daten:**

Name: Launer  
Vorname: Steffen

Geburtsdatum: 15.04.1986  
Geburtsort: Herrnberg

Familienstand: Ledig

Staatsangehörigkeit: Deutsch

### **Schulbildung**

1992-1994 Eichendorf Grundschule Böblingen  
1994-1996 Grund- und Hauptschule Weil im Schönbuch  
1996-2005 Schönbuchgymnasium Holzgerlingen  
Sommer 2005 Allgemeine Fachhochschulreife

### **Zivildienst:**

September 2005- Juni 2006 Körperbehindertenschule Sindelfingen

### **Auslandsemester:**

August 2006- März 2007 Studium "Premed" an der Pennsylvania State University, (PA, USA)

### **Hochschulausbildung**

SS'07- SS'09 Vorklinisches Studium der Zahnmedizin an der Eberhard Karls Universität zu Tübingen  
WS'09/10- SS'12 Klinisches Studium der Zahnmedizin an der Eberhard Karls Universität zu Tübingen  
29. November 2012 Staatsexamen der Zahnmedizin an der Eberhard Karls Universität zu Tübingen

### **Berufliche Laufbahn**

März 2013-März 2015 Vorbereitungsassistent bei Dr. med. dent. J. Launer

Seit März 2015 Assistenz Zahnarzt bei Dr. med. dent. J. Launer und Dr. med. dent. Igor-Michael Borrmann

Holzgerlingen den 18.12.2015

Steffen Launer



## 12 Anhang

1	Beispiele der Erfassungsbögen	Seite 82 -86
2	Auswertung SI	Seite 87 -88
3	Auswertung KG	Seite 89 -90
4	Auswertung der statistischen Tests	Seite 91

# 1. Erfassungsbögen

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik: Implantat-OP

02.12.2009

OP-Bogen (Röntgen)

ID-Nummer  Patient  Geburtstag  w | m

Röntgenologisch ermittelte Parameter Datum des Röntgenbildes

☞ Oberkiefer	d	m	d	m	d	m											m	d	m	d	m	d
	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28						
neu inserierte Implantate (I = Implantat)																						
Aufnahmetechnik (m, c, s, d)																						
Abstand Referenzpunkt - Apex [mm]																						
Implantatdurchmesser [mm] (im Röntgenbild gemessen)																						
Knocheniveau in [mm]																						
mesial (+/-)																						
distal (+/-)																						
Knochendefekt in [mm]																						
Tiefe des Defekts mesial																						
Tiefe des Defekts distal																						
Breite des Defekts mesial																						
Breite des Defekts distal																						
Abstand des Implantats zum direkten Nachbarzahn bzw. -implantat in [mm]																						
mesial																						
distal																						

☞ Unterkiefer	d	m	d	m	d	m											m	d	m	d	m	d
	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38						
neu inserierte Implantate (I = Implantat)																						
Aufnahmetechnik (m, c, s, d)																						
Abstand Referenzpunkt - Apex [mm]																						
Implantatdurchmesser [mm] (im Röntgenbild gemessen)																						
Knocheniveau in [mm]																						
mesial (+/-)																						
distal (+/-)																						
Knochendefekt in [mm]																						
Tiefe des Defekts mesial																						
Tiefe des Defekts distal																						
Breite des Defekts mesial																						
Breite des Defekts distal																						
Abstand des Implantats zum direkten Nachbarzahn bzw. -implantat in [mm]																						
mesial																						
distal																						

☞ AUSWERTUNG - Datum, Name und Unterschrift:

☞ Auswertung des periimplantären Knochenabbaues nach Gomez -> Literatur: G. Gomez-Roman, D. Axmann, B. d'Hoedt, W. Schulte: Eine Methode zur quantitativen Erfassung und statistischen Auswertung des periimplantären Knochenabbaues. Stomatologie (1995) 92/9: 463-471

☞ Aufnahmetechnik:  m = Mundfilm  o = OPT  s = Scanora  d = Digital  Keine Auswertung möglich

☞ Abstand des Implantats zum Nachbarzahn/-implantat: von Aussenkante bis Aussenkante gemessen

OP-Bogen Röntgen.

ID-Nummer  Patient  Geburtstag   w  m

Röntgenologisch ermittelte Parameter Datum des Röntgenbildes

	d	m	d	m	d	m									m	d	m	d	m	d
Oberkiefer	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28				
<b>Implantate + Pfeilerzähne</b> <small>(I = Implantat, S = sleeping Impl., P = Pfeilerzahn)</small>																				
<b>Implantattyp</b>																				
<b>Implantat prothetisch versorgt</b> (J, N)																				
<b>Aufnahmetechnik</b> <small>(m, o, s, d)</small>																				
<b>Abstand Referenzpunkt - Apex</b> [mm]																				
<b>Implantatdurchmesser</b> [mm] <small>(im Röntgenbild gemessen)</small>																				
<b>Knochniveau in [mm]</b> <small>(Implantate + Pfeilerzähne)</small>																				
mesial (+/-)																				
distal (+/-)																				
<b>Knochendefekt in [mm]</b> <small>(Implantate)</small>																				
Tiefe des Defekts mesial																				
Tiefe des Defekts distal																				
Breite des Defekts mesial																				
Breite des Defekts distal																				
<b>Abstand des Implantats zum direkten Nachbarzahn bzw. -implantat in [mm]</b>																				
mesial																				
distal																				

Höhe der inzisalen Stufe zwischen Krone 11 und Krone 21 (mm)  Nur bei Einzelzahnimplantaten!

**Paßgenauigkeit der Suprastruktur zwischen ...**

1 = gut, 0 = schlecht

	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
Implantat <-> Aufbau																
Aufbau <-> Suprakonstruktion																
<b>Gesamthöhe</b> in [mm]																
<b>Implantat + Suprastruktur</b>																
<b>Referenzpunkt bei IMZ-Implantat</b>																

**AUSWERTUNG - Datum, Name und Unterschrift:**

⚠ Auswertung des periimplantären Knochenabbaues nach Gomez -> Literatur: G. Gomez-Roman, D. Axmann, B. d'Hoedt, W. Schulte: Eine Methode zur quantitativen Erfassung und statistischen Auswertung des periimplantären Knochenabbaues. Stomatologie (1995) 92/9: 463-471

⚠ **Implantattyp:**  B0 = Branemark/Standard  B2 = Branemark/Mark II  FS = Frialit 2/Schraube  FZ = Frialit 2/Stufenzylinder  
 IMZ = IMZ-Implantat  Tü = Tübinger Implantat  TPS = Ledermann-Schraube  Bon = Bonefit-Implantat  
 s = sonstiges Implantat .....

⚠ **Aufnahmetechnik:**  m = Mundfilm  o = OPT  s = Scanora  d = Digital ⚠ Keine Auswertung möglich

⚠ **Abstand des Implantats zum Nachbarzahn/-Implantat:** von Aussenkante bis Aussenkante gemessen

⚠ **Referenzpunkt IMZ:**  io = Implantatoberkante  udh = Unterkante DH  od2 = Oberkante DH, 2 mm  od4 = Oberkante DH, 4 mm  
 ot2 = Oberkante Ti-IME, 2 mm  ot4 = Oberkante Ti-IME, 4 mm

Prothetikbogen Röntgen OK.

ID-Nummer  Patient  Geburtstag  w  m

Röntgenologisch ermittelte Parameter Datum des Röntgenbildes

**Unterkiefer**

d	m	d	m	d	m											m	d	m	d	m	d
48		47		46		45	44	43	42	41		31	32	33	34	35	36		37		38
Implantate + Pfeilerzähne (I = Implantat, S = sleeping impl., P = Pfeilerzahn)																					
Implantattyp																					
Implantat prothetisch versorgt (J, N)																					
Aufnahmetechnik (m, o, s, d)																					
Abstand Referenzpunkt - Apex (mm)																					
Implantatdurchmesser (mm) (im Röntgenbild gemessen)																					
Knochenniveau in [mm]																					
(Implantate + Pfeilerzähne) mesial (+/-)																					
distal (+/-)																					
Knochendefekt in [mm] (Implantate)																					
Tiefe des Defekts mesial																					
Tiefe des Defekts distal																					
Breite des Defekts mesial																					
Breite des Defekts distal																					
Abstand des Implantats zum direkten Nachbarzahn bzw. -implantat in [mm]																					
mesial																					
distal																					

**Paßgenauigkeit der Suprastruktur zwischen ...**

1 = gut, 0 = schlecht

	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38
Implantat <-> Aufbau																
Aufbau <-> Suprakonstruktion																
Gesamthöhe in [mm] Implantat + Suprastruktur																
Referenzpunkt bei IMZ-Implantat																

**AUSWERTUNG - Datum, Name und Unterschrift:**

⊗ Auswertung des periimplantären Knochenabbaues nach Gomez -> Literatur: G. Gomez-Roman, D. Axmann, B. d'Hoedt, W. Schulte: Eine Methode zur quantitativen Erfassung und statistischen Auswertung des periimplantären Knochenabbaues. Stomatologie (1995) 92/9: 463-471

⊗ **Implantattyp:**  B0 = Branemark/Standard  B2 = Branemark/Mark II  FS = Frialit 2/Schraube  FZ = Frialit 2/Stufenzylinder  
 IMZ = IMZ-Implantat  Tü = Tübinger Implantat  TPS = Ledermann-Schraube  Bon = Benefit-Implantat  
 s = sonstiges Implantat .....

⊗ **Aufnahmetechnik:**  m = Mundfilm  o = OPT  s = Scanora  d = Digital  Keine Auswertung möglich

⊗ **Abstand des Implantats zum Nachbarzahn-/Implantat:** von Aussenkante bis Aussenkante gemessen

⊗ **Referenzpunkt IMZ:**  io = Implantatoberkante  udh = Unterkante DH  od2 = Oberkante DH, 2 mm  od4 = Oberkante DH, 4 mm  
 ot2 = Oberkante TI-IME, 2 mm  ot4 = Oberkante TI-IME, 4 mm

Prothetikbogen Röntgen UK.



ID-Nummer  Patient  Geburtstag

Röntgenologisch ermittelte Parameter Datum des Röntgenbildes

	d	m	d	m	d	m											m	d	m	d	m	d
Oberkiefer	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28						
<b>Implantate + Pfeilerzähne</b> <small>(I = Implantat, S = sleeping Impl., P = Pfeilerzahn)</small>																						
<b>Implantattyp</b>																						
<b>Implantat prothetisch versorgt</b> (J, N)																						
<b>Aufnahmetechnik</b> <small>(m, o, s, d)</small>																						
<b>Abstand Referenzpunkt - Apex</b> [mm]																						
<b>Implantatdurchmesser</b> [mm] <small>(im Röntgenbild gemessen)</small>																						
<b>Knocheniveau in [mm]</b> <small>(Implantate + Pfeilerzähne)</small>																						
mesial (+/-)																						
distal (+/-)																						
<b>Knochendefekt in [mm]</b> <small>(Implantate)</small>																						
Tiefe des Defekts mesial																						
Tiefe des Defekts distal																						
Breite des Defekts mesial																						
Breite des Defekts distal																						
<b>Abstand des Implantats zum direkten Nachbarzahn bzw. -implantat in [mm]</b>																						
mesial																						
distal																						
<b>Höhe der inzisalen Stufe zwischen Krone 11 und Krone 21 (mm)</b>																<small>Nur bei Einzelzahnimplantaten!</small>						

**Paßgenauigkeit der Suprastruktur zwischen ...**  
1 = gut, 0 = schlecht

	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
<b>Implantat &lt;-&gt; Aufbau</b>																
<b>Aufbau &lt;-&gt; Suprakonstruktion</b>																
<b>Gesamthöhe in [mm]</b> <b>Implantat + Suprastruktur</b>																
<b>Referenzpunkt bei IMZ-Implantat</b>																

**AUSWERTUNG - Datum, Name und Unterschrift:**

Auswertung des perimplantären Knochenabbaues nach Gomez -> Literatur: G. Gomez-Roman, D. Axmann, B. d'Hoedt, W. Schulte: Eine Methode zur quantitativen Erfassung und statistischen Auswertung des perimplantären Knochenabbaues. Stomatologie (1995) 92/9: 463-471

**Implantattyp:**  BO = Branemark/Standard  B2 = Branemark/Mark II  FS = Frialit 2/Schraube  FZ = Frialit 2/Stufenzylinder  
 IMZ = IMZ-Implantat  TU = Tübinger Implantat  TPS = Ledermann-Schraube  Bon = Bonelit-Implantat  
 s = sonstiges Implantat .....

**Aufnahmetechnik:**  m = Mundfilm  o = OPT  s = Scanora  d = Digital  Keine Auswertung möglich

**Abstand des Implantats zum Nachbarzahn-/Implantat:** von Aussenkante bis Aussenkante gemessen

**Referenzpunkt IMZ:**  io = Implantatoberkante  udh = Unterkante DH  od2 = Oberkante DH, 2 mm  od4 = Oberkante DH, 4 mm  
 ot2 = Oberkante TI-IME, 2 mm  ot4 = Oberkante TI-IME, 4 mm

Kontrollbogen Röntgen OK.

ID-Nummer  Patient  Geburtstag

Röntgenologisch ermittelte Parameter  Datum des Röntgenbildes

Unterkiefer	d	m	d	m	d	m											m	d	m	d	m	d
	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38						
Implantate + Pfeilerzähne <small>(I = Implantat, S = sloping impl., P = Pfeilerzahn)</small>																						
Implantattyp																						
Implantat prothetisch versorgt <small>(J, N)</small>																						
Aufnahmetechnik <small>(m, o, s, d)</small>																						
Abstand Referenzpunkt - Apex <small>[mm]</small>																						
Implantatdurchmesser <small>[mm]</small> <small>(im Röntgenbild gemessen)</small>																						
Knochniveau in [mm]																						
<small>(Implantate + Pfeilerzähne)</small> mesial (+/-)																						
distal (+/-)																						
Knochendefekt in [mm] <small>(Implantate)</small>																						
Tiefe des Defekts mesial																						
Tiefe des Defekts distal																						
Breite des Defekts mesial																						
Breite des Defekts distal																						
Abstand des Implantats zum direkten Nachbarzahn bzw. Implantat in [mm]																						
mesial																						
distal																						

Paßgenauigkeit der Suprastruktur zwischen ...  
1 = gut, 0 = schlecht

	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38
Implantat <-> Aufbau																
Aufbau <-> Suprakonstruktion																
Gesamthöhe in [mm] Implantat + Suprastruktur																
Referenzpunkt bei IMZ-Implantat																

**AUSWERTUNG - Datum, Name und Unterschrift:**

⊗ Auswertung des periimplantären Knochenabbaues nach Gomez -> Literatur: G. Gomez-Roman, D. Axmann, B. d'Hoedt, W. Schulte: Eine Methode zur quantitativen Erfassung und statistischen Auswertung des periimplantären Knochenabbaues. Stomatologie (1995) 92/9: 463-471

⊗ Implantattyp:  B0 = Branemark/Standard     B2 = Branemark/Mark II     FS = Frialit 2/Schraube     FZ = Frialit 2/Stufenzylinder  
 IMZ = IMZ-Implantat     Tü = Tübinger Implantat     TPS = Ledermann-Schraube     Bon = Bonifit-Implantat  
 s = sonstiges Implantat .....

⊗ Aufnahmetechnik:  m = Mundfilm     o = OPT     s = Scanora     d = Digital     Keine Auswertung möglich

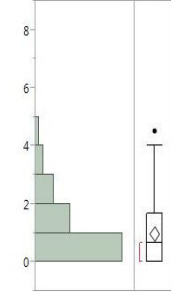
⊗ Abstand des Implantats zum Nachbarzahn-/Implantat: von Aussenkante bis Aussenkante gemessen

⊗ Referenzpunkt IMZ:  io = Implantatoberkante     uch = Unterkante DH     od2 = Oberkante DH, 2 mm     od4 = Oberkante DH, 4 mm  
 ot2 = Oberkante TI-IME, 2 mm     ot4 = Oberkante TI-IME, 4 mm

## 2. Auswertung SI

Verteilungen Gruppenzuordnung=Sofortimplantate, Zeit zwischen Proth und Rö gerundet=OP

Koronaler Knochendefekt "m/d gemittelt"



Quantile

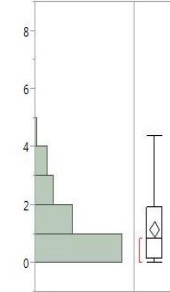
100.0 %	Maximum	4,51644
99.5 %		4,51644
97.5 %		3,96459
90.0 %		2,63701
75.0 %	Quartil	1,65361
50.0 %	Median	0,65246
25.0 %	Quartil	0
10.0 %		0
2.5 %		0
0.5 %		0
0.0 %	Minimum	0

Statistische Kenngrößen

Mittelwert	0,9867158
Std.-Abw.	1,1361925
Std.-Fehler Mittelwert	0,1254715
95% KI oben Mittelwert	1,2363647
95% KI unten Mittelwert	0,7370669
N	82

Verteilungen Gruppenzuordnung=Sofortimplantate, Zeit zwischen Proth und Rö gerundet=Prothetik

Koronaler Knochendefekt "m/d gemittelt"



Quantile

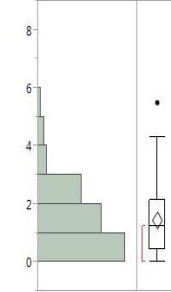
100.0 %	Maximum	4,37985
99.5 %		4,37985
97.5 %		3,67418
90.0 %		3,00569
75.0 %	Quartil	1,92704
50.0 %	Median	0,8522
25.0 %	Quartil	0,17029
10.0 %		0
2.5 %		0
0.5 %		0
0.0 %	Minimum	0

Statistische Kenngrößen

Mittelwert	1,180935
Std.-Abw.	1,1386196
Std.-Fehler Mittelwert	0,1306086
95% KI oben Mittelwert	1,4411208
95% KI unten Mittelwert	0,9207493
N	76

Verteilungen Gruppenzuordnung=Sofortimplantate, Zeit zwischen Proth und Rö gerundet=1. Jahr nach Prothetik

Koronaler Knochendefekt "m/d gemittelt"



Quantile

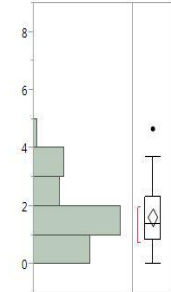
100.0 %	Maximum	5,49036
99.5 %		5,49036
97.5 %		4,46958
90.0 %		2,97694
75.0 %	Quartil	2,136
50.0 %	Median	1,24924
25.0 %	Quartil	0,45124
10.0 %		0
2.5 %		0
0.5 %		0
0.0 %	Minimum	0

Statistische Kenngrößen

Mittelwert	1,4577449
Std.-Abw.	1,1950664
Std.-Fehler Mittelwert	0,1398719
95% KI oben Mittelwert	1,7365745
95% KI unten Mittelwert	1,1789153
N	73

Verteilungen Gruppenzuordnung=Sofortimplantate, Zeit zwischen Proth und Rö gerundet=2. Jahr nach Prothetik

Koronaler Knochendefekt "m/d gemittelt"



Quantile

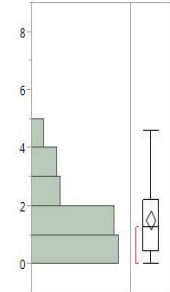
100.0 %	Maximum	4,6655
99.5 %		4,6655
97.5 %		4,29622
90.0 %		3,48044
75.0 %	Quartil	2,30416
50.0 %	Median	1,38938
25.0 %	Quartil	0,83238
10.0 %		0,13652
2.5 %		0
0.5 %		0
0.0 %	Minimum	0

Statistische Kenngrößen

Mittelwert	1,626583
Std.-Abw.	1,1162602
Std.-Fehler Mittelwert	0,1519038
95% KI oben Mittelwert	1,9312633
95% KI unten Mittelwert	1,3219026
N	54

Verteilungen Gruppenzuordnung=Sofortimplantate, Zeit zwischen Proth und Rö gerundet=3. Jahr nach Prothetik

Koronaler Knochendefekt "m/d gemittelt"



Quantile

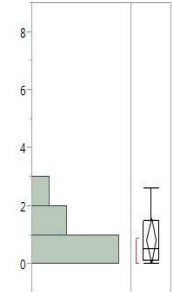
100.0 %	Maximum	4,58696
99.5 %		4,58696
97.5 %		4,38326
90.0 %		3,50552
75.0 %	Quartil	2,22601
50.0 %	Median	1,29213
25.0 %	Quartil	0,45767
10.0 %		0,04084
2.5 %		0
0.5 %		0
0.0 %	Minimum	0

Statistische Kenngrößen

Mittelwert	1,516324
Std.-Abw.	1,2246491
Std.-Fehler Mittelwert	0,1622087
95% KI oben Mittelwert	1,8412672
95% KI unten Mittelwert	1,1913809
N	57

Verteilungen Gruppenzuordnung=Sofortimplantate, Zeit zwischen Proth und Rö gerundet=4. Jahr nach Prothetik

Koronaler Knochendefekt "m/d gemittelt"



Quantile

100.0 %	Maximum	2,59794
99.5 %		2,59794
97.5 %		2,59794
90.0 %		2,59794
75.0 %	Quartil	1,48364
50.0 %	Median	0,51524
25.0 %	Quartil	0,13536
10.0 %		0
2.5 %		0
0.5 %		0
0.0 %	Minimum	0

Statistische Kenngrößen

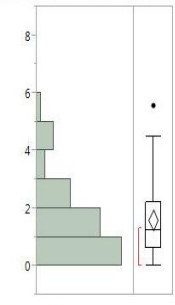
Mittelwert	0,8239909
Std.-Abw.	0,9180149
Std.-Fehler Mittelwert	0,3245673
95% KI oben Mittelwert	1,5914706
95% KI unten Mittelwert	0,0565113
N	8

### Auswertung Sofortimplantatgruppe OP- 4. Jahr post Prothetik



Verteilungen Gruppenzuordnung=Sofortimplantate, Zeit zwischen Proth und Rö gerundet=5. Jahr nach Prothetik

Koronaler Knochendefekt "m/d gemittelt"

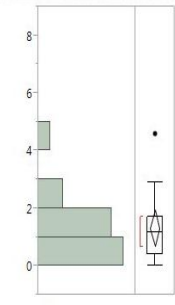


Quantile	
100.0 % Maximum	5,55402
99.5 %	5,55402
97.5 %	5,26215
90.0 %	4,00604
75.0 %	Quartil 2,21463
50.0 %	Median 1,25364
25.0 %	Quartil 0,60835
10.0 %	0,09524
2.5 %	0
0.5 %	0
0.0 %	Minimum 0

Statistische Kenngrößen	
Mittelwert	1,599451
Std.-Abw.	1,3303366
Std.-Fehler Mittelwert	0,188138
95% KI oben Mittelwert	1,9775285
95% KI unten Mittelwert	1,2213735
N	50

Verteilungen Gruppenzuordnung=Sofortimplantate, Zeit zwischen Proth und Rö gerundet=6. Jahr nach Prothetik

Koronaler Knochendefekt "m/d gemittelt"

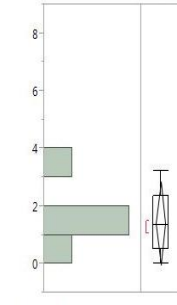


Quantile	
100.0 % Maximum	4,60067
99.5 %	4,60067
97.5 %	4,60067
90.0 %	3,41298
75.0 %	Quartil 1,71137
50.0 %	Median 1,1585
25.0 %	Quartil 0,39337
10.0 %	0
2.5 %	0
0.5 %	0
0.0 %	Minimum 0

Statistische Kenngrößen	
Mittelwert	1,319923
Std.-Abw.	1,1894614
Std.-Fehler Mittelwert	0,2973653
95% KI oben Mittelwert	1,9537422
95% KI unten Mittelwert	0,6861037
N	16

Verteilungen Gruppenzuordnung=Sofortimplantate, Zeit zwischen Proth und Rö gerundet=7. Jahr nach Prothetik

Koronaler Knochendefekt "m/d gemittelt"

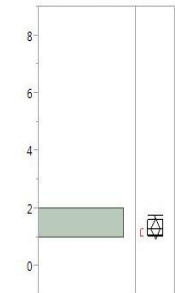


Quantile	
100.0 % Maximum	3,20588
99.5 %	3,20588
97.5 %	3,20588
90.0 %	3,20588
75.0 %	Quartil 2,33959
50.0 %	Median 1,35927
25.0 %	Quartil 0,52529
10.0 %	0
2.5 %	0
0.5 %	0
0.0 %	Minimum 0

Statistische Kenngrößen	
Mittelwert	1,4178046
Std.-Abw.	1,1563687
Std.-Fehler Mittelwert	0,5171438
95% KI oben Mittelwert	2,853626
95% KI unten Mittelwert	-0,018017
N	5

Verteilungen Gruppenzuordnung=Sofortimplantate, Zeit zwischen Proth und Rö gerundet=8. Jahr nach Prothetik

Koronaler Knochendefekt "m/d gemittelt"

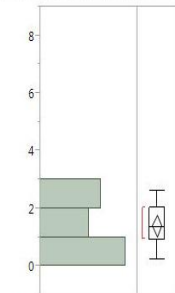


Quantile	
100.0 % Maximum	1,72686
99.5 %	1,72686
97.5 %	1,72686
90.0 %	1,72686
75.0 %	Quartil 1,59837
50.0 %	Median 1,27832
25.0 %	Quartil 1,05681
10.0 %	1,00952
2.5 %	1,00952
0.5 %	1,00952
0.0 %	Minimum 1,00952

Statistische Kenngrößen	
Mittelwert	1,3177364
Std.-Abw.	0,2884096
Std.-Fehler Mittelwert	0,1289807
95% KI oben Mittelwert	1,6758442
95% KI unten Mittelwert	0,9596285
N	5

Verteilungen Gruppenzuordnung=Sofortimplantate, Zeit zwischen Proth und Rö gerundet=9. Jahr nach Prothetik

Koronaler Knochendefekt "m/d gemittelt"

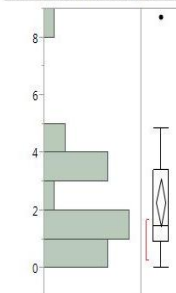


Quantile	
100.0 % Maximum	2,60252
99.5 %	2,60252
97.5 %	2,60252
90.0 %	2,41584
75.0 %	Quartil 2,03558
50.0 %	Median 1,33054
25.0 %	Quartil 0,91125
10.0 %	0,40433
2.5 %	0,21467
0.5 %	0,21467
0.0 %	Minimum 0,21467

Statistische Kenngrößen	
Mittelwert	1,4076185
Std.-Abw.	0,7117255
Std.-Fehler Mittelwert	0,1779314
95% KI oben Mittelwert	1,7868702
95% KI unten Mittelwert	1,0283667
N	16

Verteilungen Gruppenzuordnung=Sofortimplantate, Zeit zwischen Proth und Rö gerundet=10. Jahr nach Prothetik

Koronaler Knochendefekt "m/d gemittelt"



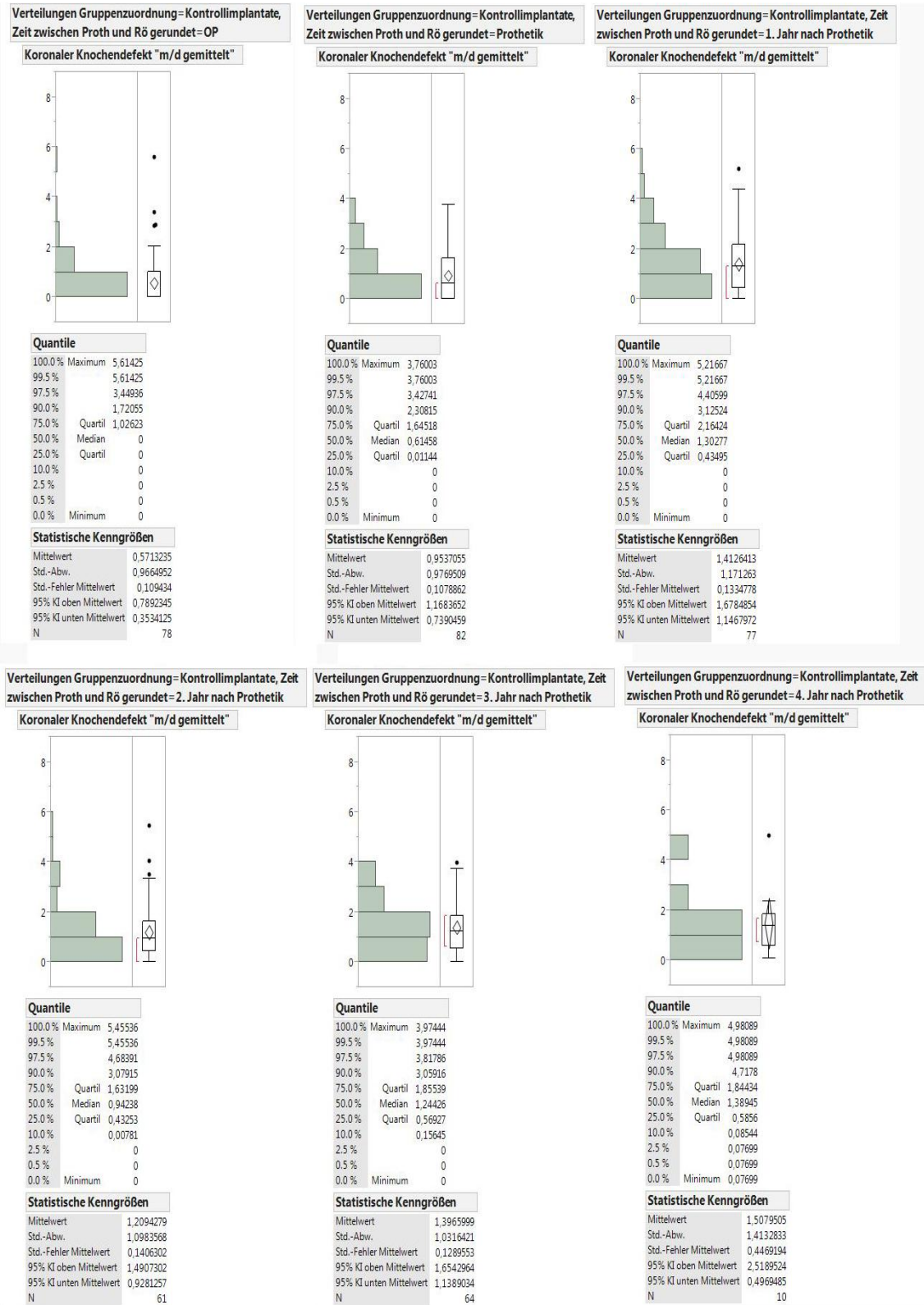
Quantile	
100.0 % Maximum	8,71594
99.5 %	8,71594
97.5 %	8,71594
90.0 %	8,71594
75.0 %	Quartil 4,5302
50.0 %	Median 1,45312
25.0 %	Quartil 0,92799
10.0 %	0,30176
2.5 %	0
0.5 %	0
0.0 %	Minimum 0

Statistische Kenngrößen	
Mittelwert	2,2706625
Std.-Abw.	1,9702478
Std.-Fehler Mittelwert	0,4021751
95% KI oben Mittelwert	3,1026251
95% KI unten Mittelwert	1,4386998
N	24

Auswertung Sofortimplantatgruppe 5.-10. Jahr post Prothetik



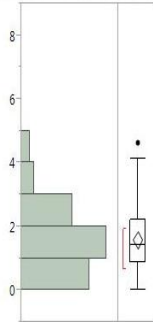
### 3. Auswertung KG



### Auswertung Kontrollgruppe OP- 4. Jahr post Prothetik

Verteilungen Gruppenzuordnung=Kontrollimplantate, Zeit zwischen Proth und Rö gerundet= 5. Jahr nach Prothetik

Koronaler Knochendefekt "m/d gemittelt"



**Quantile**

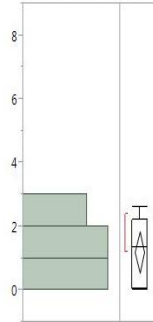
100.0 %	Maximum	4,63027
99.5 %		4,63027
97.5 %		4,45797
90.0 %		2,93874
75.0 %	Quartil	2,21781
50.0 %	Median	1,41543
25.0 %	Quartil	0,88307
10.0 %		0,13302
2.5 %		0
0.5 %		0
0.0 %	Minimum	0

**Statistische Kenngrößen**

Mittelwert	1,5826409
Std.-Abw.	1,033619
Std.-Fehler Mittelwert	0,1419785
95% KI oben Mittelwert	1,8675415
95% KI unten Mittelwert	1,2977402
N	53

Verteilungen Gruppenzuordnung=Kontrollimplantate, Zeit zwischen Proth und Rö gerundet= 6. Jahr nach Prothetik

Koronaler Knochendefekt "m/d gemittelt"



**Quantile**

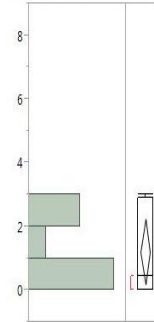
100.0 %	Maximum	2,59588
99.5 %		2,59588
97.5 %		2,59588
90.0 %		2,55216
75.0 %	Quartil	2,22295
50.0 %	Median	1,35845
25.0 %	Quartil	0,03431
10.0 %		0
2.5 %		0
0.5 %		0
0.0 %	Minimum	0

**Statistische Kenngrößen**

Mittelwert	1,2022641
Std.-Abw.	0,9643345
Std.-Fehler Mittelwert	0,2907578
95% KI oben Mittelwert	1,6501128
95% KI unten Mittelwert	0,5544154
N	11

Verteilungen Gruppenzuordnung=Kontrollimplantate, Zeit zwischen Proth und Rö gerundet= 7. Jahr nach Prothetik

Koronaler Knochendefekt "m/d gemittelt"



**Quantile**

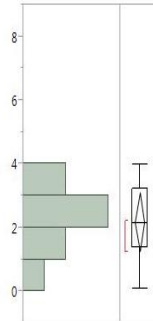
100.0 %	Maximum	2,99118
99.5 %		2,99118
97.5 %		2,99118
90.0 %		2,99118
75.0 %	Quartil	2,89665
50.0 %	Median	0,46071
25.0 %	Quartil	0
10.0 %		0
2.5 %		0
0.5 %		0
0.0 %	Minimum	0

**Statistische Kenngrößen**

Mittelwert	1,2106634
Std.-Abw.	1,3461011
Std.-Fehler Mittelwert	0,4487004
95% KI oben Mittelwert	2,2453683
95% KI unten Mittelwert	0,1759585
N	9

Verteilungen Gruppenzuordnung=Kontrollimplantate, Zeit zwischen Proth und Rö gerundet= 8. Jahr nach Prothetik

Koronaler Knochendefekt "m/d gemittelt"



**Quantile**

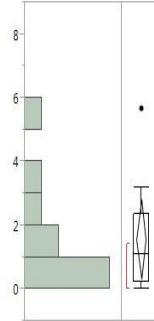
100.0 %	Maximum	3,974
99.5 %		3,974
97.5 %		3,974
90.0 %		3,974
75.0 %	Quartil	3,24096
50.0 %	Median	2,15459
25.0 %	Quartil	1,37196
10.0 %		0,07546
2.5 %		0,07546
0.5 %		0,07546
0.0 %	Minimum	0,07546

**Statistische Kenngrößen**

Mittelwert	2,1927559
Std.-Abw.	1,2051023
Std.-Fehler Mittelwert	0,4017008
95% KI oben Mittelwert	3,1190795
95% KI unten Mittelwert	1,2664324
N	9

Verteilungen Gruppenzuordnung=Kontrollimplantate, Zeit zwischen Proth und Rö gerundet= 9. Jahr nach Prothetik

Koronaler Knochendefekt "m/d gemittelt"



**Quantile**

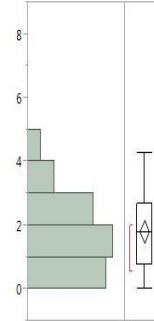
100.0 %	Maximum	5,66639
99.5 %		5,66639
97.5 %		5,66639
90.0 %		5,41975
75.0 %	Quartil	2,36404
50.0 %	Median	1,09858
25.0 %	Quartil	0,22385
10.0 %		0
2.5 %		0
0.5 %		0
0.0 %	Minimum	0

**Statistische Kenngrößen**

Mittelwert	1,5766523
Std.-Abw.	1,757424
Std.-Fehler Mittelwert	0,5557463
95% KI oben Mittelwert	2,8338377
95% KI unten Mittelwert	0,319467
N	10

Verteilungen Gruppenzuordnung=Kontrollimplantate, Zeit zwischen Proth und Rö gerundet= 10. Jahr nach Prothetik

Koronaler Knochendefekt "m/d gemittelt"



**Quantile**

100.0 %	Maximum	4,26441
99.5 %		4,26441
97.5 %		4,25867
90.0 %		3,70735
75.0 %	Quartil	2,69077
50.0 %	Median	1,77116
25.0 %	Quartil	0,76861
10.0 %		0,36166
2.5 %		0,01293
0.5 %		0
0.0 %	Minimum	0

**Statistische Kenngrößen**

Mittelwert	1,8272748
Std.-Abw.	1,1635828
Std.-Fehler Mittelwert	0,1817211
95% KI oben Mittelwert	2,1945469
95% KI unten Mittelwert	1,4600028
N	41

Auswertung Kontrollgruppe 5.-10. Jahr post Prothetik

## 4. Testresultate

IM vs. CG	Insertion	Prothetik	1. Jahr nach Prothetik	2. Jahr nach Prothetik	3. Jahr nach Prothetik	4. Jahr nach Prothetik
null hypothesis T-Test	abgelehnt	angenommen	angenommen	angenommen	angenommen	angenommen
P-Value	0,01	0,15	0,91	0,06	0,56	0,42
null hypothesis Wilcoxon-Test	abgelehnt	angenommen	angenommen	abgelehnt	angenommen	angenommen
P-Value	0,01	0,2	0,93	0,02	0,83	0,53
IM vs. CG	5. Jahr nach Prothetik	6. Jahr nach Prothetik	7. Jahr nach Prothetik	8. Jahr nach Prothetik	9. Jahr nach Prothetik	10. Jahr nach Prothetik
null hypothesis T-Test	angenommen	angenommen	angenommen	angenommen	angenommen	angenommen
P-Value	0,84	0,78	0,67	0,07	0,78	0,31
null hypothesis Wilcoxon-Test	angenommen	angenommen	angenommen	angenommen	angenommen	angenommen
P-Value	0,37	1	0,5	0,07	0,56	0,58

**Auswertung der statistischen Tests.**