

Aus der
Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Tübingen
Abteilung Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Propädeutik

**Eine vergleichende Studie über dentale
Nachimplantate: ein 20-Jahres-Follow-up**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Reichert, Jonathan

2017

Dekan:

Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter:

Professor Dr. G. Gomez-Roman

2. Berichterstatter:

Professor Dr. T. Schott

Tag der Disputation:

16.01.2017

Meinen Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Zielsetzung.....	1
1.1	Allgemeine Einleitung.....	1
1.2	Fragestellungen	8
1.3	Literatur mit ähnlichen Fragestellungen.....	8
1.4	Notwendigkeit der Arbeit.....	9
1.5	Ziel der Arbeit.....	10
2	Material und Methoden	11
2.1	Art der Studie	11
2.2	Studienpopulation.....	12
2.3	Periimplantäre Knochenreaktion.....	18
2.4	Datenerfassung.....	20
2.5	Datenverarbeitung	21
2.6	Datenauswertung.....	22
2.7	Darstellung der Daten.....	23
3	Ergebnisse	26
3.1	Intraindividuelle Reliabilitätsuntersuchung	26
3.2	Vorauswertung	27
3.3	Überlebenswahrscheinlichkeit und Knochenveränderung	28
4	Diskussion	38
4.1	Notwendigkeit der Arbeit.....	38
4.2	Diskussion Material und Methoden	40
4.3	Diskussion der intraindividuellen Reliabilitätsuntersuchung.....	44
4.4	Diskussion Vorauswertung	44
4.5	Diskussion Ergebnisse.....	45
4.6	Schlussfolgerungen	49
5	Zusammenfassung.....	50
6	Literatur.....	51
7	Anhang.....	58
7.1	Anhang Material und Methoden	58
7.2	Anhang Ergebnisse.....	61

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Datenflussdiagramm	11
Abbildung 2: Altersverteilung der Patienten.....	14
Abbildung 3: Geschlechterverteilung der Patienten.....	15
Abbildung 4: Implantationszeitpunkt aller Implantate.....	15
Abbildung 5: Implantationsorte der Implantate im Oberkiefer.....	17
Abbildung 6: Implantationsorte der Implantate im Unterkiefer.....	17
Abbildung 7: Computereinheit mit Scanner zum Digitalisieren der analogen Röntgenbilder....	19
Abbildung 8: Messstrecken aus der Tübinger Messvorschrift.....	20
Abbildung 9: Berechnung des Koronalen Knochendefektes	22
Abbildung 10: Intraindividuelle Reliabilitätsuntersuchung	26
Abbildung 11: Vorauswertung Vergleich mesiale und distale Messwerte	27
Abbildung 12: Implantatverluste der Implantate der Auswertung.....	28
Abbildung 13: Überlebenswahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier	29
Abbildung 14: „Koronaler Knochendefekt“ (KKD) der Nachimplantate.....	31
Abbildung 15: „Koronaler Knochendefekt (KKD) der Erstimplantate.....	32
Abbildung 16: Vergleich der Veränderung des „Knochenneivaus“.....	33
Abbildung 17: Differenz der Veränderung des „Knochenneivaus“	34
Abbildung 18: Vergleich der Veränderung „Breite des Knochendefektes“.....	35
Abbildung 19: Differenz der Veränderung „Breite des Knochendefektes“	35
Abbildung 20: Vergleich der Veränderung „Koronaler Knochendefekt“	37
Abbildung 21: Differenz der Veränderung „Koronaler Knochendefekt“	37

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Implantatgeometrien aller Implantate	16
Tabelle 2: Überlebenswahrscheinlichkeit	30

Abkürzungsverzeichnis

KN	Knochenneivau
BKD	Breite des Knochendefektes
TKD	Tiefe des Knochendefektes
KKD	Koronaler Knochendefekt
\bar{x}	Mittelwert
n	Anzahl der Implantate
KI	Konfidenzintervall
mm	Millimeter
p	p-Wert

1 Einleitung und Zielsetzung

1.1 Allgemeine Einleitung

1.1.1 Einführung in die Thematik

Das Grundprinzip der Zahnheilkunde ist die Erhaltung der Kaufunktion, der Ästhetik sowie der Phonetik. Um diese Forderungen zu bewahren, muss ein Zahnverlust vermieden werden. Trotz des heutigen zahnmedizinischen Fortschritts reichen die zahnkonservierenden Maßnahmen des Zahnarztes jedoch oftmals nicht aus, den Erhalt des vollständigen Gebisses zu sichern.

Für die Lückenversorgung nach Zahnverlust setzen sich in den letzten Jahrzehnten zunehmend die Neuversorgung mit dentalen Implantaten durch. Waren es 2001 noch 200.000 Implantatinsertionen, werden 2011 allein in Deutschland mehr als eine Million Implantate gesetzt, bei über 400 verschiedenen Implantatsystemen weltweit (Schnatterer 2012).

Ursachen vermehrter Beliebtheit sind immer häufiger auftretende Studien, die eine hohe Erfolgsrate darlegen (d'Hoedt 1986, Haas, Mensdorff-Pouilly et al. 1996, Noack, Willer et al. 1999, Kourtis, Sotiriadou et al. 2004). Nicht nur Einzelzahnücken, sondern auch die Versorgung von teilbezahnten Kiefern als zusätzliches Pfeilerelement oder als Retention von Totalprothesen, die zu prognostisch guter und stabilisierter Kaufunktion führen (Adell, Lekholm et al. 1981, Albrektsson, Dahl et al. 1988, Buser, Janner et al. 2012), fallen in den Indikationsbereich der Implantate. Die Frage, ob ein Unterschied im Indikationsbereich einen differenten Effekt auf das Implantat ausübe, konnte noch nicht hinreichend beantwortet werden. Eine vergleichende Studie analysierte bis dato vorliegende Publikationen, die Erfolgsraten von Einzelzahnimplantaten beschrieben und zeigte, dass durchschnittlich eine Erfolgsrate von 95,2% nach zehn Jahren zu erwarten sei (E. Jung, Zembic et al. 2012). Langzeitstudien belegen sogar teilweise bessere Ergebnisse als konventionelle Zahnersatzmethoden (Heners, Walther et al. 1991). Auch hinsichtlich ästhetischer Aspekte ist die implantologische Versorgung vorteilhaft. Neben der Gegebenheit weitere, womöglich pathologisch unauffällige Pfeilerzähne nicht in die prothetische Planung mit einbeziehen zu müssen, kann durch Insertion in das

Alveolarfach die Atrophie des schleimhauttragenden Alveolarknochens vermindert werden (Schulte 1985).

Der dazu nötige operative Eingriff, lange Therapiezeit und ein finanziell hoher Aufwand werden zunehmend in Kauf genommen, auch wenn die unzureichend vorhandene Knochensubstanz eventuell augmentativ, d.h. durch eine prä- oder intraoperative, knochenvermehrnde Maßnahme, erweitert werden muss.

Selbst wenn das Restrisiko als gering einzuschätzen ist, muss trotzdem ein Misserfolg der Implantattherapie unter anderem im Sinne von Defekten des Implantats mechanischer Art (Implantatbruch), fehlender Einheilung in den Knochen in der Einheilungsphase (mangelnde Osseointegration) oder entzündliche Prozesse um das Implantat herum (Periimplantitis) in die gemeinsame Implantatplanung des Behandlers und des Patienten mit einbezogen werden.

Tritt dieser Fall ein, stellt es für den Behandler im schlimmsten Falle einen Aufwand dar, das alte Implantat mit möglichst wenig Schaden aus dem Knochen zu explantieren. Gerade bei längerer Verweildauer des Erstimplantats werden durch den gewohnten Komfort und den Wunsch des Patienten, diesen beibehalten zu können, Nachimplantate eingesetzt. Ziel ist es, an gleicher Position des Erstimplantats, die vom Patienten gewohnten Verhältnissen durch ein neues Implantat wiederherzustellen oder zu verbessern. Ob mit gleichen Ergebnissen zu rechnen ist, soll diese Studie ermitteln.

1.1.2 Von der Implantation zur Explantation

Die Implantation

Zahnimplantate ersetzen nicht wie herkömmlicher Zahnersatz nur die Krone, sondern imitieren die Wurzel des Zahnes. Das Implantat wird chirurgisch in den Kieferknochen eingebracht. Vor diesem operativen Eingriff sollen in der präoperativen Diagnostik eventuelle Kontraindikationen ausgeschlossen werden.

Dazu zählen gemäß der Angaben der deutschen Gesellschaft für Mund-Kiefer- und Gesichtschirurgie und der Literatur [(Vehemente, Chuang et al. 2002, Mombelli and Cionca 2006, Bornstein, Cionca et al. 2009)]:

- mangelhafte und unzureichende Knochensubstanz

- Systemerkrankungen des Knochens: z.B. Morbus Paget oder Osteogenesis Imperfecta
- hämatologische Erkrankungen
- pathologische Mundschleimhautveränderungen
- Schwangerschaft (insbesondere in den ersten drei Monaten)
- nicht abgeschlossenes kraniales Knochenwachstum
- psychische Erkrankungen
- Drogenabusus oder
- schlechte Mundhygiene

Verschlechternde Prognosen werden bei Gewohnheiten und Krankheiten angegeben, die nicht unbedingt als Kontraindikationen gelten. Damit sind vor allem Risikofaktoren gemeint, die aktiv auf die Wund- und Knochenheilung wirken. Die Verweildauer der Implantate wird negativ beeinflusst unter anderem durch:

- Stoffwechselerkrankungen wie Diabetes Mellitus (de Molon, Morais-Camilo et al. 2013),
- Osteoporose unter bestimmter Bisphosphonattherapie (Otomo-Corgel 2012),
- Alkohol- und Nikotinabusus (Galindo-Moreno, Fauri et al. 2005),
- Titanunverträglichkeit (Jacobi-Gresser, Huesker et al. 2013) oder
- Parafunktionen des Kauapparats wie Bruxismus beispielsweise bei psychischen Erkrankungen oder oralen Habits (Lobbezoo, Van Der Zaag et al. 2006, Manfredini, Poggio et al. 2014)

Dass sich die Wirkungen einer Bestrahlung und/oder Chemotherapie bei oralen Tumoren negativ auf die Osseointegration widerspiegeln, konnte bisher nicht eindeutig bewiesen werden (Kovacs 2001, Schepers, Slagter et al. 2006, Javed, Al-Hezaimi et al. 2010).

Sind nach sorgfältiger Befunderhebung und Diagnose sämtliche Kontraindikationen ausgeschlossen, beginnt der Behandler die prothetische Planung. Dabei werden, ausgerichtet nach der individuellen Indikation, die Grundprinzipien der Zahnheilkunde: die Funktion, Ästhetik und Phonetik des Kausystems, wiederhergestellt.

Zu der prothetischen Planung zählt auch die richtige Wahl des Implantationszeitpunktes in Korrelation der Zeit zwischen Zahnverlust bis zur Implantation.

Man unterscheidet nach Tübinger Definition zwischen Sofortimplantation, verzögerter Sofortimplantation und der Spätimplantation (d'Hoedt, Lukas et al. 1986).

Implantateinheilung

Ein frisch inseriertes Implantat wird durch das Makrodesign (Gewinde, Presspassung, Oberflächenbeschaffenheit) und das periimplantäre Knochengewebe rein mechanisch festgehalten. Dieser Zustand, den die Festigkeit des Implantats vor Einheilung beschreibt, wird als Primärstabilität bezeichnet. In nachfolgender Zeit tritt eine Knochen-Implantat-Ankylosierung im Sinne einer Osseointegration auf, der den Mikropalt zwischen Knochen und Implantat durch Anlagerungen von Osteoid verschließt (Davies 2003). Verläuft die Einheilung komplikationslos, sollte nach 3-6 Monaten die Festigkeit gegeben sein, Zahnersatz einzugliedern und funktionell zu belasten.

Implantatkomplikationen

Ein geringer Prozentsatz der inserierten Implantate gehen im Therapiezeitraum verloren. Gründe, die die Osseointegration verhindern bzw. wieder aufheben sind Komplikationen, die unterschiedlich klassifiziert werden.

Grundlegend kann man Komplikationen in intraoperative und postoperative Komplikationen einteilen.

Intraoperative Komplikationen sind bei der Operation auftretende Probleme. Sie führen nicht unbedingt zum Implantatverlust, zwingen aber gegebenenfalls den Behandler zu Explantation oder Behandlungsabbruch.

Zu diesen Komplikationen gehören Verletzungen von Strukturen, die zu nachreichenden Folgeerscheinungen führen können. Mögliche Fälle sind laut Literatur unter anderem (Goodacre, Kan et al. 1999):

- Schädigungen von Nerven, die neurosensorischen Störungen hervorrufen können, speziell des Nervus alveolaris inferior im Unterkiefer
- Eröffnungen von Gefäßen, die starke Blutungen verursachen können
- Nicht beabsichtigte Verletzung der Kieferhöhlen

- Verletzungen der angrenzenden Zahn- und Weichgewebsstrukturen oder
- Ungewollte Beschädigungen der Knochenstrukturen, die im Unterkiefer bis hin zum Knochenbruch leiten können

Dabei mit eingeschlossen sind Perforationen der knöchernen Anteile, wie der fazialen Knochenlamelle, die das Implantat umgeben sollten. Diese sind, da sie auch postoperativ durch Knochenresorption auftreten können, oft unbemerkt, verschlechtern aber signifikant die Prognose der Implantattherapie (d'Hoedt 1986, de Wijs and Cune 1997). Ein Fallbeispiel von Korsch beschreibt die Möglichkeit der Rekonstruktion bei Verlust der vestibulären Knochenlamelle (Korsch and Körbs 2012).

Postoperativen Komplikationen zählen neben intraoperativen Komplikationen zu den weitaus häufiger auftretenden Ereignissen. Postoperative Komplikationen lassen sich in fünf Ursachen gliedern:

1. Mechanische Ursache (z.B. Implantatfrakturen)
2. Biologische Ursache (z.B. Periimplantitis)
3. Iatrogene Ursache (z.B. Behandlungsfehler)
4. Traumatische Ursache (z.B. Zustand nach Unfall)
5. Patientenabhängige Ursache (z.B. Mundhygiene)

Explantation

Die Explantation beschreibt das Entfernen eines inserierten Implantats. Sie ist indiziert bei allen Misserfolgen, in der das noch vollständige, oder auch teillosseointegrierte Implantat wieder aus dem Knochen entfernt werden soll. Eine der Hauptursachen der Explantation stellt eine Lockerung bei nicht aufzuhaltender Periimplantitis oder eine Implantatfraktur dar (Lang, Wilson et al. 2000, Muroff 2003).

Falls explantiert werden muss, bestehen mehrere Möglichkeiten der Behandlung:

1. Luxation bzw. Rotation
2. Explantation mittels Trepanfräse
3. Auffräsen der Knochenlamelle und anschließender Luxation
4. Thermoexplantation
5. Laserexplantation

Nachimplantation

Tritt nach einem Implantatverlust wenig Knochenverlust auf bzw. liegt keine andere Kontraindikation vor, kann als Option an gleicher Stelle eine erneute Versorgung mit einem Implantat, dem Nachimplantat, erfolgen. Vorteilhaft ist, dass der gewohnte Komfort des Patienten beibehalten werden kann.

Bevor ein erneuter chirurgischer Eingriff durchgeführt wird, sollten zuvor genau die Gründe des Implantatverlustes untersucht werden, um einen eventuell erneuten Implantatverlust gleicher Ursache zu vermeiden.

Die Literatur weist bisher nur eine geringe Anzahl an Untersuchungen auf, die die Reaktion des Körpers und die daraus resultierenden Überlebenschancen von Nachimplantaten dokumentiert.

Greenstein und Cavallaro beschreiben in ihrer Veröffentlichung die aktuell verfügbare Literatur über Nachimplantate und erörtern dabei die Ergebnisse der bisherigen publizierten Studien (Greenstein and Cavallaro 2014). Es wird darauf hingewiesen, dass ein Unterschied zwischen Erfolg und Überleben eines Implantates besteht und ein Verbleib eines Implantates keinesfalls einen Erfolg gleichkommt. Ein verbliebenes Implantat mit erhöhter Mobilität, was eine Explantation erfordert, sei kein Erfolg. Ein weiteres Ergebnis ihrer Studie zeigt, dass in der Summe aller betrachteten Veröffentlichungen ein Nachimplantat eine schlechtere Prognose aufweist als ein Erstimplantat.

Bei Patienten, die ein klinisch unauffälliges Implantat mit zunehmendem Knochenverlust tragen, vorerst eine Entfernung und erneute Implantation abzuraten, so Greenstein und Cavallaro. In diesen Situationen sollte der Versuch unternommen werden, die Progression des Knochenrückgangs aufzuhalten. Der Versuch ein Implantat konservierend zu therapieren soll dann aufgegeben werden, wenn ein Implantat mobil ist, eine Infektion aufweist, einen Knochenverlust von mehr als 75% des Implantatkörpers aufweist und weniger als 3 mm apikal im Knochen verbleibt.

Sie beschreiben, dass es wichtig ist, gerade bei Patienten, die ein erhöhtes Risiko haben einen Implantatverlust zu erleiden, engmaschige Kontrollen durchzuführen. Dadurch kann ggf. eine Nachimplantation aufgeschoben bzw. verhindert werden.

Machtei nennt, im Falle eines Implantatverlustes vier Alternativen zur Nachimplantation (Machtei 2013):

- Verwendung der vorhandenen Prothetik mit den verbliebenen Implantaten
- Umarbeitung der vorhandenen Prothetik in einen rein zahngetragenen festsitzenden Zahnersatz
- Umarbeitung der vorhandenen Prothetik in einen kombiniert zahn- und implantatgetragenen festsitzenden Zahnersatz
- Umarbeitung in eine herausnehmbare prothetische Versorgung

Muss dennoch eine Nachimplantation durchgeführt werden, gibt es prinzipiell, analog zur Implantation bei Erstimplantaten, mehrere patientensituationsabhängige Implantationsverfahren. Diese werden gleichermaßen in Sofort-, verzögerte Sofort- und Spätimplantation eingeteilt und unterscheiden sich demnach nicht von der Vorgehensweise bei Erstimplantationen.

Um den Erfolg von Nachimplantaten zu sichern, sollte, falls vorhanden, eventuelles Granulationsgewebe im Implantationsbereich entfernt werden (Levin 2010). Ebenso empfiehlt sich, sofern möglich, die Verwendung von Implantaten größeren Durchmessers im Vergleich zum Erstimplantat (Grossmann and Levin 2007, Machtei, Mahler et al. 2008, Levin 2010). Außerdem begünstigt der Einsatz von Nachimplantaten mit Titanoxidoberfläche im Vergleich zu maschinengefräster Oberfläche die Erfolgsaussicht aufgrund der Implantatoberfläche signifikant (Alsaadi, Quirynen et al. 2006). Ein Fallbeispiel von Evian und Cutler beschreibt die sofortige Nachimplantation von Nachimplantaten größeren Durchmessers und mit hydroxylapatitbeschichteter Oberfläche. Die Implantate, die zuvor zu Verlust gingen, hatten eine reine Titanoberfläche (Evian and Cutler 1995).

Obgleich aufgeführte Maßnahmen die Überlebenswahrscheinlichkeit von Nachimplantaten erhöhen, können diese unter denen der Erstimplantate bleiben (Grossmann and Levin 2007, Machtei, Mahler et al. 2008). Deshalb sollen unter Absprache mit dem Patienten alternative Behandlungsmöglichkeiten in die Zahnersatzplanung mit einbezogen werden.

Je geringer die Risikobereitschaft des Behandlers ist bei nicht idealen Verhältnissen zu implantieren, desto niedriger werden die Verlustraten bei Implantaten sein (Greenstein and Cavallaro 2014). Dies würde den prozentualen Anteil von Nachimplantationen generell reduzieren. Da jedoch hohe Erfolgsraten bei Implantaten die Behandler und Patienten ermutigen, eine Implantation durchzuführen, wird vermutlich die Zahl der Nachimplantationen in Zukunft zunehmen. Die Grundlage von aussagekräftigen Studien könnten damit verbessert werden.

1.2 Fragestellungen

Es stellen sich die Fragen:

- Gibt es Unterschiede in der Überlebenswahrscheinlichkeit von Nachimplantaten gegenüber Erstimplantaten?
- Gibt es Unterschiede in der periimplantären Knochenreaktion?

1.3 Literatur mit ähnlichen Fragestellungen

Vergleichbare Studien, die Nachimplantate untersuchen sind selten. Die Untersuchung einer großen Studienpopulation innerhalb eines langen Beobachtungszeitraumes, bei geeigneter Methodik, zeigt sich als problematisch.

Machtei, E. et al. (Machtei, Mahler et al. 2008) untersuchten 79 Nachimplantate in einem Zeitraum von 7 bis 78 Monaten (Durchschnittlich $29,9 \pm 2$ Monate). 13 Nachimplantate gingen wiederum zu Verlust, daraus folgt eine Überlebensrate von 83,5%. Nachimplantate von höherem Durchmesser gingen weniger häufig zu Verlust als diejenige mit niedrigerem Durchmesser. Rauchen, Unterschiede in Implantatlänge, Insertionsort und Operationsverfahren wirken sich nicht negativ auf die Ergebnisse aus. Machtei et. al. kamen zum Resultat, dass Nachimplantate weniger erfolgreich sind als Erstimplantate.

Young-Kyun, K. et al. (Kim, Park et al. 2010) untersuchten 49 Patienten mit 60 Nachimplantaten. Es wurden Operationstechniken- und materialien, Einheilzeit und Implan-

tationszeitpunkt bei Zweitimplantation betrachtet. Überlebensrate, Knochenverlust und Weichgewebsbeurteilung führten zu den Ergebnissen, dass Nachimplantate in der Molarenregion des Oberkiefers am häufigsten zu Verlust gingen. Die Nachimplantate nach verzögerter Implantation heilten durchschnittlich 2.40 ± 3.06 Monate ein. Die Verteilung von Sofort- zu verzögerter Implantation war ausgeglichen. Der Implantationszeitpunkt wirkte sich nicht auf die Ergebnisse aus. 7 Nachimplantate (11,7%) gingen innerhalb des Beobachtungszeitraumes von 22.00 ± 14.56 Monaten zu Verlust, wobei bei allen Patienten mit gescheitertem Zweitimplantat ein Drittimplantat inseriert wurde. Der marginale Knochenverlust der Zweitimplantate zum Ende des Beobachtungszeitraumes war 0.33 ± 0.49 mm, die Breite der fixierten Gingiva war 1.68 ± 2.11 mm. Die Folgerung der Studie lautet, dass Implantate in der Molarenregion das höchste Verlustrisiko besitzen und dass die Überlebenswahrscheinlichkeit von Nachimplantaten durch knochen-aufbauende Maßnahmen nach Entfernung des Erstimplantates verbessert werden kann.

Mardinger, O. et al. (Mardinger, Ben Zvi et al. 2012) untersuchten 144 Patienten mit 144 Nachimplantaten. 11 Nachimplantate gingen während der Beobachtungszeit zu Verlust, was eine Überlebensrate von 93% nach durchschnittlich 48 Monaten darstellt. 7 von den 11 zu Verlust gegangene Nachimplantate wurden erneut nachimplantiert. Diese Drittimplantate führten zu einer Überlebensrate von 85% innerhalb eines einjährigen Untersuchungszeitraumes. Mardinger et al. fanden heraus, dass die durchschnittliche Beobachtungszeit der Zweitimplantate bei $48 \pm 1,27$ Monaten lag. Es bestand keine Korrelation zwischen einem Nachimplantatverlust und den untersuchten Faktoren, zu denen Rauchen, Geschlecht, Kiefer, Implantationsort, Früh- und Spätverlust, Implantatlänge und -durchmesser, Alter und Restaurationsart gehörten.

1.4 Notwendigkeit der Arbeit

Die Erfolgsaussichten einer Implantation sind sehr vielversprechend. In den Medien werden Implantate als die perfekte Zahnersatztherapie beschrieben. Nichts desto trotz geht ein geringer Teil der inserierten Implantate aus den oben beschriebenen Gründen nach kurzer oder längerer Verweildauer zu Verlust. Die Adaption des Patienten an den durch das Implantat erworbenen Komfort schränkt den Behandler in der Wahl alternati-

ven Zahnersatzes ein, da ein Komfortverlust des Zahnersatzträgers nur ungerne in Kauf genommen wird. Deshalb bietet sich ein Nachimplantat, inseriert in die entstandene Lücke, als ernstzunehmende Therapiemöglichkeit an.

Studien, die eine Beurteilung von Nachimplantaten zulassen, sind in der Literatur bisher nur wenig vertreten. Der Grund liegt darin, dass Implantatverluste selten sind und entsprechend wenig Nachimplantate gesetzt werden können. Deshalb ist es schwer, eine derartige, jedoch aussagekräftige Studie anzufertigen, wenn auf kein entsprechend großes Implantatregister zurückgegriffen werden kann. Mit einer hohen Studienpopulation müssen meist niedrige Beobachtungszeiträume bzw. weitgefächerte Einschlusskriterien in Kauf genommen werden. Vergleichbare Studien treten entweder mit einer geringen Studienpopulation, ohne Gegenüberstellung einer vergleichbaren Gruppe mit Erstimplantaten und oder mit kurzen Beobachtungszeiträumen auf.

Dementgegen soll diese Studie angefertigt werden.

1.5 Ziel der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, anhand der prospektiv angelegten Datenbank des Implantatregisters der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik, einen Vergleich der Überlebenswahrscheinlichkeit und der Reaktion des periimplantären Knochens zwischen Nachimplantationen und Erstimplantationen durchzuführen.

2 Material und Methoden

2.1 Art der Studie

Diese Arbeit ist eine prospektive Studie, die sich mit der Auswertung von dentalen Implantaten auseinandersetzt. Dabei stehen Nachimplantate einer Gruppe mit Erstimplantaten gegenüber. Durch geeignete Methoden sollen die Ergebnisse Aufschluss über die Forderungen der Zielsetzung geben. Das Datenflussdiagramm (siehe Abbildung 1, Seite 11) beschreibt schematisch das Vorgehen in der Studie.

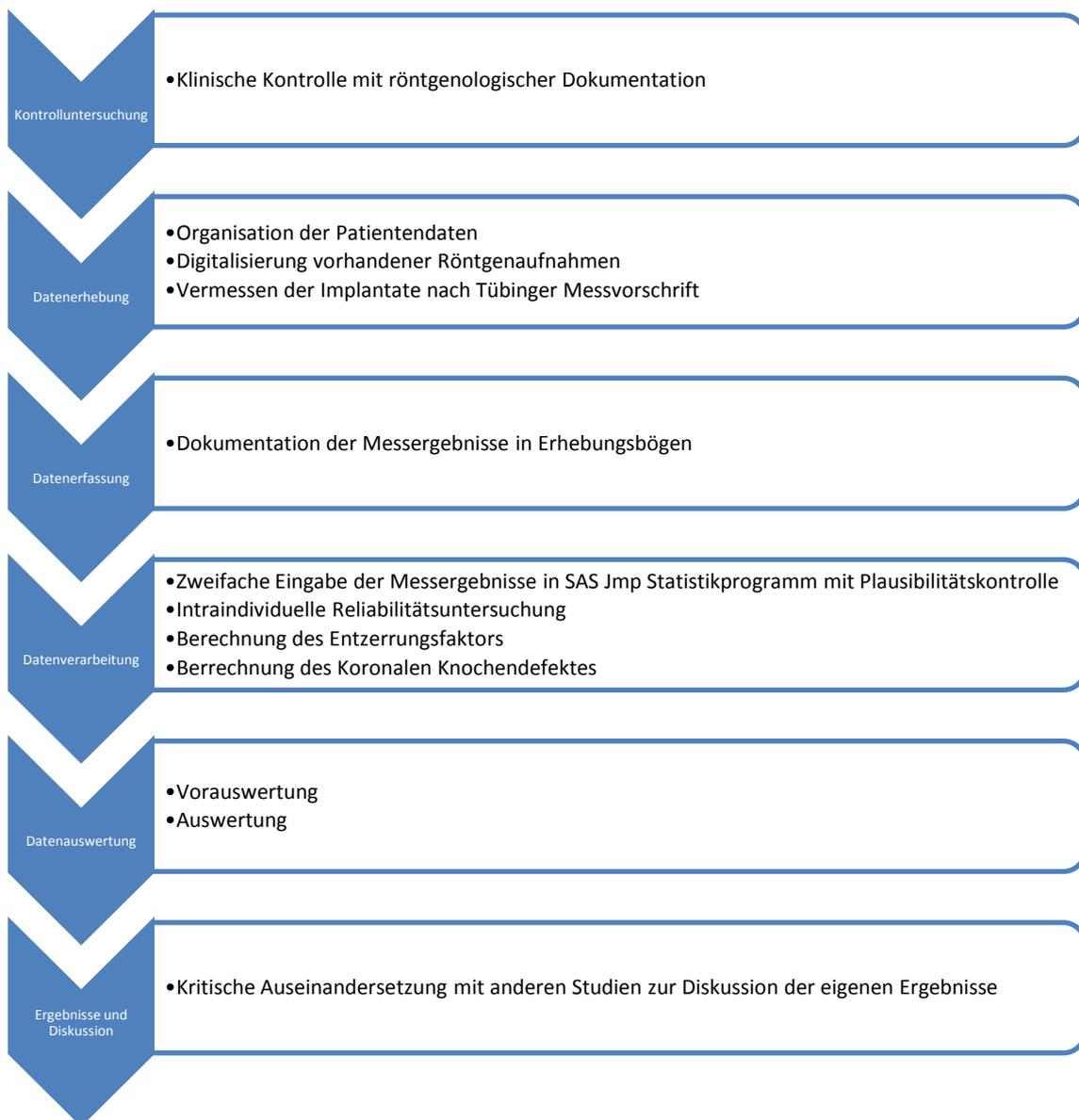


Abbildung 1: Datenflussdiagramm

2.2 Studienpopulation

Sämtliche Patienteninformationen stammen aus der Datenbank des Implantatregisters der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik Tübingen aus dem Sonderforschungsbereich 175 Implantologie. Die Behandlung jedes Patienten wird systematisch dokumentiert. Neben den allgemeinen zahnärztlichen Befunden stellen die röntgenologischen Aufzeichnungen das Fundament zur Beurteilung der Therapien dar.

2.2.1 Selektionskriterien

Einschlusskriterien

In die Studie einbezogen werden nur Patienten, die ihr Einverständnis gegeben haben, an der Studie teilzunehmen.

Eingeschlossen werden alle Patienten, die Implantate des Frialit®-2-Systems tragen.

Es wird unterschieden zwischen der Gruppe der Nachimplantate von der Gruppe der Erstimplantate. Jedem Nachimplantat wird ein Erstimplantat gegenübergestellt, das in den Parametern, die den Implantationserfolg beeinflussen könnten, übereinstimmt. In folgenden Eigenschaften decken sich die zu vergleichenden Gruppen:

- Geschlecht und Altersgruppe des Patienten
- Lokalisation, Länge, Durchmesser, System des Implantats
- Zeitpunkt und Art der Implantation

In der Nachimplantatgruppe werden nur Patienten eingeschlossen, die Implantate mit der Indikation „Nachimplantation“ tragen. Der Gruppe der Erstimplantate stehen ausschließlich Patienten gegenüber, die Implantate mit der Indikation „Erstimplantat“ besitzen.

Zur Bestimmung der Überlebenswahrscheinlichkeit der Nachimplantate im ersten Teil der Auswertung werden sämtliche Nachimplantate eingeschlossen.

Zur Bestimmung der periimplantären Knochenveränderungen im zweiten Teil der Auswertung sind diejenigen Implantate Teil der Studie, von denen eine röntgenologische Verlaufskontrolle von mindestens fünf Jahren nach Operation vorliegen und dokumentiert sind. Das Fehlen von Aufnahmen sei dadurch begründet, dass nur dann Röntgenbilder angefertigt wurden, wenn eine Indikation dazu bestand. Für die Auswertung soll

dies toleriert werden, sofern das erste Röntgenbild unmittelbar nach Implantation, als auch das Röntgenbild der 5-Jahreskontrolle vorhanden ist.

Die Studie erfasst alle Nachimplantationen ab 1991 bis 2007.

Ausschlusskriterien

Aus der Studie ausgeschlossen werden:

- Patienten, die nicht Teil der Studie sein möchten
- Patienten, die kein Frialit®-2-Implantat besitzen
- Patienten, an denen im Rahmen der Implantation augmentative Maßnahmen, wie Sinuslift und Knochenblocktransplantation durchgeführt worden sind
- Patienten, deren Implantate mit der Kieferkammspreizmethode inseriert worden sind
- Patienten, denen kein Erstimplantat zugeordnet werden konnte
- In der Fragestellung zur periimplantären Knochenveränderung: Patienten, deren Verlaufskontrollen unter fünf Jahre dokumentiert worden sind

Nach Ausschluss der Kriterien können für den ersten Teil der Auswertung 154 Implantate in die Studie mit einbezogen werden. 77 Nachimplantate stehen 77 Erstimplantaten gegenüber.

Der zweite Teil der Auswertung beschreibt den Unterschied in der periimplantären Knochenveränderung zwischen Nachimplantaten und Erstimplantaten nach mindestens fünf Jahren. Als Ausgangssituation ist der Zeitpunkt zur Operation als Referenzzeitpunkt zu wählen. Die Messwerte der im Zeitenverlauf nachfolgenden Röntgenbilder zeigen nach Subtraktion der Messwerte des Ausgangsbildes die Veränderung der Knochenmesswerte zum jeweiligen Zeitpunkt.

Da die Bedingung der Studie den Verlauf der Implantate von mindestens 5-Jahren voraussetzt, muss entsprechend ebenfalls eine 5-Jahresaufnahme existieren. Nicht bei allen Patienten liegen Röntgenbilder vor, die das genaue 5-Jahresintervall eingrenzen. In der Studie schafft man sich dadurch Abhilfe, dass das 5-Jahresintervall um ± 3 Monate erweitert wurde.

Nicht bei allen Nachimplantaten liegt eine den Einschlusskriterien entsprechende, radiologische Verlaufskontrolle vor. Darum reduziert sich für den zweiten Teil die Studienpopulation auf 82 Implantate. 41 Nachimplantate werden 41 Erstimplantaten direkt gegenübergestellt.

Im Folgenden wird die Studienpopulation in ihren unterschiedlichen Parametern dargestellt.

2.2.2 Beschreibung der Studienpopulation

2.2.2.1 Altersverteilung

In der Studienpopulation werden Nachimplantate durchschnittlich in einer 48-jährigen Person implantiert. In der Nachimplantatgruppe ist der jüngste Patient 19 Jahre alt. Der älteste Patient ist 80 Jahre alt.

Die Erstimplantatgruppe hat ein Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Operation von 48 Jahren. Der jüngste Patient mit 20 Jahren, steht dem ältesten Patienten mit 84 Jahren gegenüber.

Die Altersspanne mit 19-40 Jahren ist in beiden Gruppen jeweils am häufigsten vertreten ($n = 29$), gefolgt von der Gruppe der 41-60-jährigen ($n = 28$) und 61-84-jährigen ($n = 20$) (siehe Abbildung 2, Seite 14).

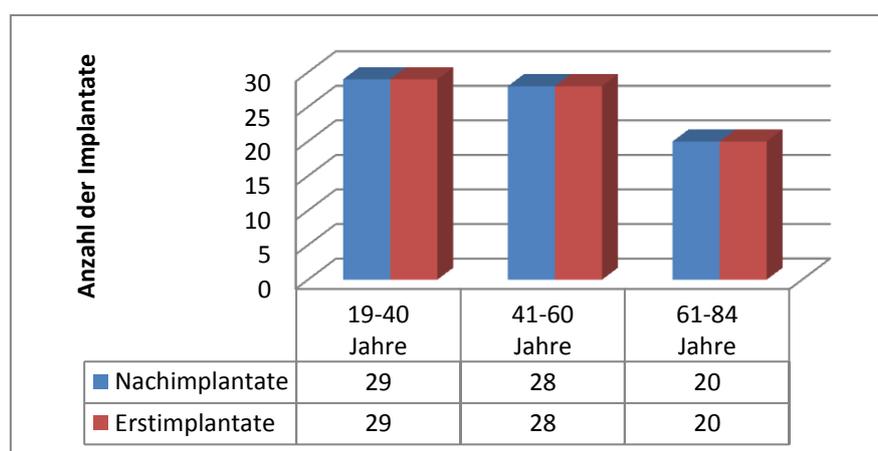


Abbildung 2: Altersverteilung der Patienten zum Zeitpunkt der Implantation; Nachimplantate $n = 77$; Erstimplantate $n = 77$.

2.2.2.2 Geschlechterverteilung

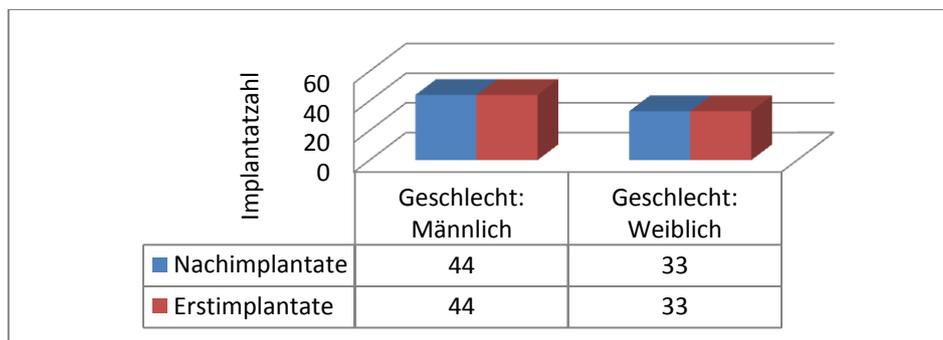


Abbildung 3: Geschlechterverteilung der Patienten; Nachimplantate n = 77; Erstimplantate n = 77.

In dem Studienkollektiv der Auswertung sind jeweils 44 Männer und 33 Frauen (siehe Abbildung 3, Seite 15).

2.2.2.3 Implantationszeitpunkt

Wie oben beschrieben, wird nach Tübinger Definition (d'Hoedt, Lukas et al. 1986) der Implantationszeitpunkt in drei Kategorien eingeteilt.

- 1) Sofortimplantation
- 2) verzögerte Implantation
- 3) Spätimplantation

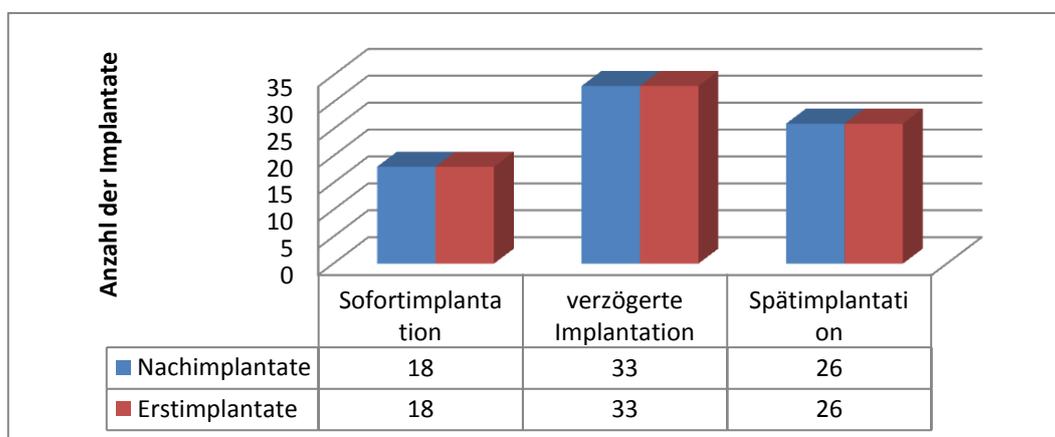


Abbildung 4: Implantationszeitpunkt aller Implantate; Nachimplantate n = 77; Erstimplantate n = 77.

In der Auswertung sind in beiden Gruppen jeweils die meisten Implantate zum Zeitpunkt der verzögerten Implantation inseriert worden ($n = 33$). Spätimplantationen ($n = 26$) und Sofortimplantationen ($n = 18$) sind mit geringerer Häufigkeit vertreten (siehe Abbildung 4, Seite 15).

2.2.2.4 Implantatmerkmale

Das Frialit®-2-System liegt in unterschiedlichen Längen- und Durchmesservarianten vor. Die nachfolgende Tabelle (Tabelle 1, Seite 16) veranschaulicht die Häufigkeitsverteilung der Implantatgeometrien beider Gruppen.

Durchmesser Länge	3,8 mm	4,5 mm	5,5 mm	6,5 mm	Summe
10 mm	-	2/2	1/1	-	3/3
11 mm	7/7	-	-	-	7/7
13 mm	6/6	12/12	3/3	-	21/21
15 mm	18/18	16/16	10/10	2/2	46/46
Summe	31/31	30/30	14/14	2/2	77/77

Tabelle 1: Implantatgeometrien aller Implantate in Beziehung zu den Durchmessern der größten enossalen Stufe und den enossalen Längen in mm; Nachimplantate: $n = 77$ /Erstimplantate = 77.

Die häufigsten verwendeten Implantate sind in beiden Gruppen jeweils 3,8 mm Durchmesser ($n = 31$) und 15 mm Länge ($n = 46$).

2.2.2.5 Implantationsort

Die Auflistung der Lokalisation der Implantatinsertionen erfolgt nach dem FDI-Schema getrennt nach Ober- und Unterkiefer, jeweils mit Nach- und Erstimplantaten (siehe Abbildung 5 und 6, Seite 17).

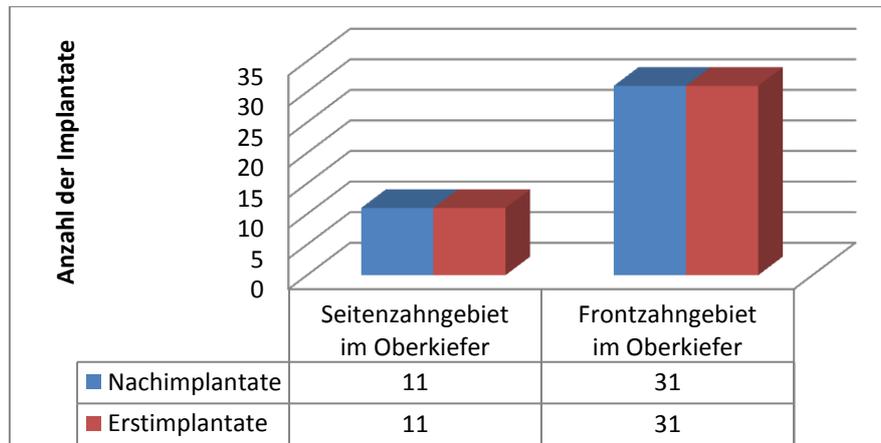
Oberkiefer

Abbildung 5: Implantationsorte der Implantate im Oberkiefer nach FDI-Schema;
Nachimplantate n = 42; Erstimplantate n = 42

Es liegen in der Gruppe der Nach- und Erstimplantaten des Oberkiefers mehr Frontzahnimplantate (n = 31) als Implantate des Seitenzahnggebietes (n = 11) vor.

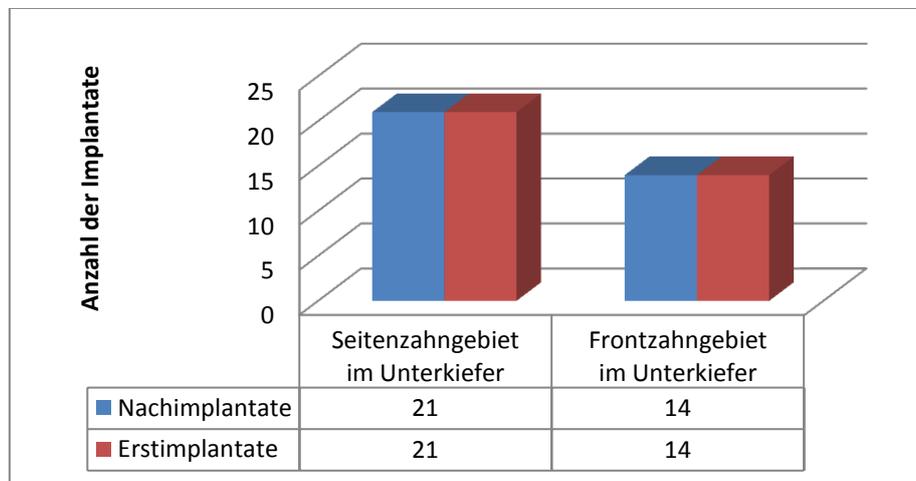
Unterkiefer

Abbildung 6: Implantationsorte der Implantate im Unterkiefer nach FDI-Schema;
Nachimplantate n = 35; Erstimplantate n = 35.

Die Anzahl der Implantate im Seitenzahnggebietes (n = 21) des Unterkiefers übertrifft die Anzahl der Implantate des Frontzahnggebietes (n = 14).

2.3 Periimplantäre Knochenreaktion

2.3.1 Röntgenaufnahmen

Postoperativ und nach prothetischer Eingliederung dokumentieren röntgenologische Kontrollaufnahmen die Therapie. Ist eine rechtfertigende Indikation vorhanden, so werden jeweils im ersten, zweiten, dritten, fünften, oder ggf. auch darauffolgend in 5-Jahres-Abständen Aufnahmen durchgeführt. Entsprechend der Größe des Zahnersatzes, der Ausdehnung der implantologischen Versorgung in den Kiefern und der rechtfertigenden Indikation, wurden hierzu entweder intraorale Aufnahmen $n = 194$ (Zahnfilme), die hauptsächlich bei Einzelzahnimplantaten verwendet wurden, oder Panoramaschichtaufnahmen $n = 149$ (PSA, OPT), die großflächig alle Zähne bzw. Implantate und knöchernen Strukturen im Kieferbereich sowie ihre Relation zueinander darstellen können, angefertigt.

Röntgengeräte und Material

Die intraoralen Aufnahmen wurden mit dem Heliodont der Firma Siemens in Paralleltechnik aufgenommen. Hierzu verwendete man Rinn-XCP-Röntgenfilmhalter (Fa.Emasdi S.A., Brüssel, Belgien), die bis 1992 Cronex Ortho TG Filme von DuPont und ab 1992 Kodak DF-57 Filme mit Empfindlichkeitsstufe D aufnahmen. Damit die Position des Filmhalters stets getreu reproduziert werden konnte, fertigte man bei der ersten Aufnahme Aufbissblöcke aus autopolymerisierenden Kunststoff (Palavit®G, Fa. Heraeus Kulzer GmbH, Germany) an und verwendete diesen bei jeder weiteren Aufnahme. Ein Vergleich der zeitlich unterschiedlichen Dokumentationen wird dadurch ermöglicht.

Die Panoramaschichtaufnahmen erfolgten mit dem Orthophos CD der Firma Siemens. In original Siemens Filmkassetten mit Lanex medium Verstärkerfolien wurden T-MAT G/DA Dentalfilmen der Firma Kodak im Format 15 x 30 cm eingebracht. Zur Positionierung des Patienten bei der Aufnahme hielt man sich strikt an die Vorgaben des Herstellers.

Zur Entwicklung aller Röntgenfilme stand das Gerät Dental XR von Dürr zur Verfügung. Dieses arbeitet bei einer Temperatur von 28°C Celsius bei einer Entwicklungszeit von 7 Minuten.

Digitalisierung der analogen Röntgenaufnahmen

Da die Röntgenaufnahmen alle in analoger Form vorlagen und die Auswertung der periimplantären Knochenstrukturen digital erfolgt, mussten die Röntgenbilder digitalisiert werden. Dazu wurden die Bilder mit dem Scanner Intelli Scan 1600 von der Firma Quato (mit 300 DPI) eingelesen und an einer Rechneinheit weiterverarbeitet (Abbildung 7, Seite 19). Die darauffolgende Vermessung des periimplantären Knochens wurde mit der Software Sidexis (Fa. Sirona Dental Systems GmbH Bensheim, Deutschland) nach der Tübinger Messvorschrift vorgenommen.



Abbildung 7: Computereinheit mit Scanner zum Digitalisieren der analogen Röntgenbilder

Knochendefektmessung mit der Tübinger Messmethode

Der Ablauf der Messung der periimplantären Knochensituation auf der Röntgenaufnahme erfolgt gemäß eines bereits publizierten und auf ihre Reproduzierbarkeit überprüften Verfahrens (Gomez-Roman, Axmann et al. 1995, Gomez-Roman, d'Hoedt et al. 1996, Gomez-Roman, Schröder et al. 1999), beschrieben als die Tübinger Messmethode. Problematisch ist die Verzerrung der Aufnahme, die durch die unterschiedliche Ausrichtung der Implantatachsen oder der Position des Patienten während der Röntgenmessung entstehen kann (Gomez-Roman, Lukas et al. 1999). Abhilfe schafft man sich mit der Berechnung von individuellen Verzerrungsfaktoren, mit der die Messwerte korrigiert werden (Gomez-Roman, Lukas et al. 1999).

Die Tübinger Messvorschrift beschreibt, dass im Röntgenbild jedes Implantatsystems eine eindeutige Referenzlinie erkannt werden kann, anhand derer man die Knochensitu-

ation messen kann. Im Falle des Frialit®-2-Systems verläuft die Referenzlinie entlang der apikalen Kante der obersten Stufe des Implantats (siehe Abbildung 8, Seite 20).

Für die vertikalen Messungen werden distal und mesial demnach je zwei Strecken vermessen, jeweils das „Knocheniveau“, sowie die „Tiefe des Knochendefekts“.

Die Messstrecke zwischen Alveolarfortsatzkontur zur Referenzlinie wird als „Knocheniveau“ (KN) bezeichnet. Die Strecke zwischen Referenzlinie bis zur ersten visuell erkennbaren Stelle, an dem der Knochen am Implantat Kontakt hat, wird als „Tiefe des Knochendefekts“ (TKD) bezeichnet. Misst man parallel zur Implantatachse, erhalten Strecken, die koronal der Referenzlinie liegen, ein negatives Vorzeichen (-), apikal liegende Strecken ein positives Vorzeichen (+) (siehe Abb. 8, Seite 20). Außer der vertikalen Defektmessung wird hinzufügend der horizontale Knochenabbau bestimmt.

Die „Breite des Knochendefekts“ (BKD) ist die Strecke, die rechtwinklig zur Implantatachse gemessen, den Abstand zwischen Implantataußenfläche in Schulterhöhe und Schnittpunkt der Knochantegentialen beschreibt.

Werte, die den konstruktiv dafür vorgesehenen, aber nicht osseointegrierten Teil des Implantats darstellen, werden als „Koronaler Knochendefekt“ (KKD) bezeichnet und müssen errechnet werden (siehe 2.5.3 Berechnung des Koronalen Knochendefekts, S.22).

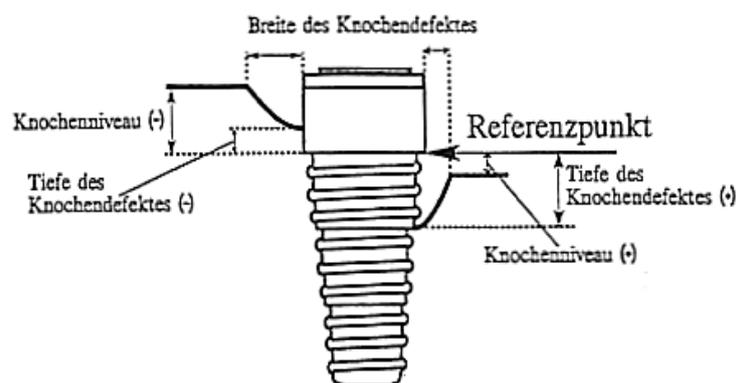


Abbildung 8: Messstrecken aus der Tübinger Messvorschrift (Gomez-Roman, Axmann et al. 1995)

2.4 Datenerfassung

Ein Teil der Studie basiert auf der Auswertung von Knochenmessdaten auf Röntgenaufnahmen (KN, TKD, BKD, KKD siehe 2.3.1, Seite 18ff), die nach Tübinger Messvor-

schrift ermittelt wurden. Die ermittelten Messwerte wurden nachfolgend in dafür vorgesehene Erhebungsbögen übertragen (Siehe Anhang 7, Seite 57ff).

2.5 Datenverarbeitung

Zum Übertragen der Messdaten aus den Erhebungsbögen wurden das SAS-System (SAS Institute Inc., Cary, NC) und das Statistikprogramm JMP (SAS Institute Inc., Cary, NC) verwendet. Zur Qualitätssicherung wurden die Messdaten zweifach in das SAS-System überführt und abweichende Werte überprüft und gegebenenfalls korrigiert.

2.5.1 Intraindividuelle Reliabilitätsuntersuchung

Eine Möglichkeit, die Reliabilität der eigenen durchgeführten Messungen zu überprüfen, ist die stichprobenartige Auswahl und mehrmalige Vermessung einzelner Implantate mit anschließendem Vergleich. Dabei muss die voneinander abweichende Messgröße in einem von einer vorherigen Untersuchung festgelegten Toleranzbereich von $\pm 0,5\text{mm}$ sein (Gomez-Roman, Schröder et al. 1999).

Es wurden 10 Implantate ausgewählt und unter gleichen Bedingungen in zeitlichen Abständen dreifach vermessen.

2.5.2 Berechnung des Entzerrungsfaktors

Bei der Röntgenaufnahme können Verzerrungen in horizontaler sowie vertikaler Dimension die Beurteilung der Messwerte verfälschen. Deshalb wurde für jedes Röntgenbild ein Entzerrungsfaktor ermittelt, mit dem alle betreffenden Werte verrechnet werden. Somit sind alle Daten untereinander vergleichbar. Das Vorgehen zur Ermittlung des Entzerrungsfaktors ist bereits ausreichend dokumentiert und der Messvorschrift zu entnehmen (Gomez-Roman, d'Hoedt et al. 1996).

2.5.3 Berechnung des Koronalen Knochendefekts

Definitionsgemäß wird als Koronaler Knochendefekt diejenige Strecke an der Implantatoberfläche bezeichnet, die, obwohl konstruktiv dafür vorgesehen, keinen Knochenkontakt mehr besitzt (siehe Abbildung 9, Seite 22). Sie dient als Referenzwert zur Bestimmung des Knochenverlustes. Problematisch erweist sich die Bestimmung dieser Strecke im Röntgenbild, da die Unterscheidung von intra- zu extraossären, konstruktiv dafür vorgesehenen Implantatabschnitten nicht eindeutig sichtbar ist. Abhilfe schafft man sich dadurch, dass die Länge der Implantatoberfläche, die Knochenkontakt haben soll, produktionsbedingt bekannt ist und in Summe mit dem Wert „Tiefe des Knochendefekts“ die gesuchte Größe darstellt. Die errechnete Strecke „Koronaler Knochendefekt“ gibt nun Auskunft über den tatsächlichen Knochenrückgang am Implantat. Die Angabe der implantatspezifischen, intraossären Implantatabschnitte seien der Messvorschrift zu entnehmen.

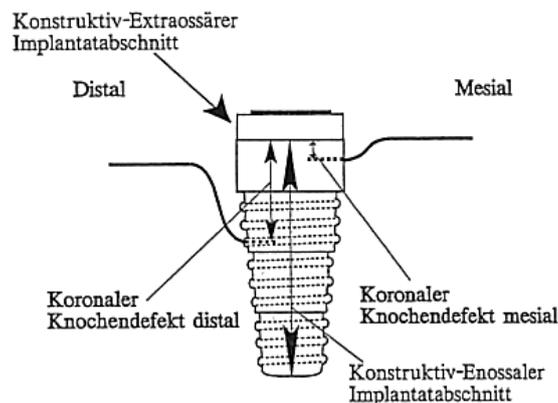


Abbildung 9: Berechnung des Koronalen Knochendefektes (KKD) aus der Tübinger Messvorschrift (Gomez-Roman, Axmann et al. 1995)

2.6 Datenauswertung

Der erhobene Datensatz umfasst zwei Gruppen, die miteinander verglichen werden sollen. In der ersten Gruppe befinden sich die Nachimplantate, in der zweiten Gruppe die Erstimplantate. Jedes Nachimplantat besitzt ein zugehöriges Erstimplantat, das in allen prognostisch relevanten Risikofaktoren identisch ist. Jeder Patient ist trotz mehrerer Implantate nur einfach in der Studie vertreten. Kein Patient darf mehrfach als vergleichender Partner zur Verfügung stehen. Nachimplantat- und zugehöriges Erstimplantat werden im Folgenden als Implantatpaar bezeichnet.

Vor der Auswertung soll geklärt sein, ob die jeweiligen Messstrecken (KN, BKD, TKD) mesial und distal zu einem Mittelwert zusammengefasst werden können. Dieser Teil der Auswertung wird als Vorauswertung bezeichnet. Ist kein relevanter Unterschied zwischen den Veränderungen der mesialen und distalen Messstrecken vorhanden, so darf mit dem Mittelwert weiter ausgewertet werden. Besteht ein relevanter Unterschied, so gehen die Werte der Seite der größten Veränderung in die Auswertung mit ein. Erfahrungen aus der Vergangenheit zeigten, dass im ersten Jahr nach der Implantation der Knochenverlust am höchsten ist. Aus diesem Grund sind die Messwerte „1 Jahr nach Implantation“ Teil der Vorauswertung.

2.7 Darstellung der Daten

Die Knochenreaktion wurde durch die visuelle Betrachtung der Berechnungen mittels Box-Whisker-Plots, durch Histogramme und durch die Beschreibung der Konfidenzintervallen der Ergebnisse beschrieben

Die Darstellung der Daten erfolgte über Überlebenswahrscheinlichkeitskurven nach Kaplan-Meier.

2.7.1 Überlebenswahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier

Kaplan und Meier (Kaplan and Meier 1958) beschrieben eine Analyse, die dazu dient, Wahrscheinlichkeiten zu bestimmen, für ein Ereignis, das in Abhängigkeit zur Zeit nicht eingetreten ist. In der Studie stünde dieses Ereignis für den Verlust eines Implantates. Demnach wird anhand der Tatsache, dass zu einem jeweiligen Zeitpunkt der Studie das kontrollierte Implantat noch in situ ist, die Überlebenswahrscheinlichkeit der Studiengruppe generiert.

Die X-Achse der Darstellung beschreibt den zeitlichen Verlauf, die Y-Achse die Überlebenswahrscheinlichkeit. Der Verlust eines Implantats führt zu einem Abfall des Graphens. Letztlich ergibt sich das Bild einer Stufenkurve. Die obere und untere Begrenzung der Kurve zeigt das 95%-Konfidenzintervall. Es verdeutlicht, dass der betrachtete Schätzwert mit einer Sicherheit von 95-Prozent die tatsächliche Wahrscheinlichkeit darstellt. Im zunehmenden Verlauf der Zeitachse weitet sich das 95%-Konfidenzintervall auf. Ursachen hierfür sind, dass mit zunehmender Ereigniszeit die

Anzahl der Implantate schwindet und somit ein Implantatverlust eine größere prozentuale Auswirkung auf die Überlebenswahrscheinlichkeit ausübt. Analog dazu werden die Abstufungen der Kurve ebenfalls größer.

Statistische Tests

Die statistische Auswertung des Vergleiches zweier Verteilungen von Überlebenszeiträumen wird durch den Log-Rank- und dem Wilcoxon-Test durchgeführt. Beide Testverfahren prüfen die Nullhypothese, die annimmt, dass beide Gruppen die gleiche Überlebenswahrscheinlichkeiten aufweisen. Der Log-Rank-Test ist aussagekräftig, wenn Verluste mit fortgeschrittener Beobachtungszeit auftreten, der Wilcoxon-Test ist von größerer Aussage, wenn sich frühe Verluste ereignen. Die statistischen Tests erzeugen einen p-Wert, dessen Größe eine Aussage über die Bestätigung oder Verwerfung einer zu erwartenden Nullhypothese geben. Ist der p-Wert geringer als 0,05, kann die Nullhypothese verworfen werden. Bei einem p-Wert von 0,05 ist die Irrtumswahrscheinlichkeit, eine Hypothese fälschlicherweise zu verwerfen, bei fünf Prozent. Umgekehrt soll bei einem p-Wert $> 0,05$ die Hypothese bestätigt werden.

2.7.2 Box-Whisker-Plots

Box-Whisker-Plots beinhalten sämtliche aussagekräftige Größen, indem diese in einer Darstellung sichtbar gemacht werden, um so einen schnellen Überblick über die zu betrachtenden Daten zu bekommen. In solchen Darstellungen, den sogenannten Fünf-Punkte-Zusammenfassungen, werden Median, die zwei Quartile und die beiden Extremwerte in nur einer Grafik erfasst. In modifizierten Varianten der Box-Whisker-Plots können ebenfalls Ausreißer, das arithmetische Mittel, sowie das Konfidenzintervall mit eingezeichnet sein.

Grundsätzlich bestehen solche Kastengrafiken aus einem Rechteck, genannt Box und zwei Linien in deren Verlängerung, den Whiskern („Antenne“). Die Länge des Boxplots wird durch die Datenmenge definiert. Alle Daten werden den Werten nach geordnet und in vier gleich große Segmente geteilt, im Folgenden als Quartile genannt. Die mittleren Quartilen bilden die Box, die mit einem Strich voneinander getrennt werden. Der Strich ist somit der Median, der beide Teile in der Hälfte teilt. Die Box enthält nun 50% aller Werte und bestimmt durch ihre Länge (Interquartilsabstand) die Streuung der Daten. In

Erweiterung zur Box sind die Whisker dargestellt, die je nach Modifikation eine unterschiedliche Länge haben können. Eine mögliche Modifikation ist die Ausdehnung der Whisker zu dem berechneten 2,5%- und 97,5%-Quantil. Dabei schließen die Whisker 95% der Werte mit ein. Werte, die außerhalb des Whiskers liegen werden als Ausreißer angesehen und als Punkte dargestellt.

2.7.3 Histogramme

Histogramme sind ein weiterer Teil der deskriptiven Statistik. Häufigkeitsverteilungen werden dabei über Säulendiagramme graphisch dargestellt. Anzahl, Höhe, Symmetrie und Streuung der Säulen dienen zur Aussagegestaltung über die Verteilung der Werte. Je höher die Säule, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass Messwerte in der jeweiligen Größenordnung anzutreffen sind. Je breiter das Histogramm, sprich je größer die Anzahl der Säulen, desto breiter sind die Werte der Messungen gestreut. Der Mittelwert der Messdaten kann mit der Standardabweichung eine Verteilungskurve bilden, die dazu dient, herauszufinden, ob die Daten einer Normalverteilung folgen. Die Darstellung kann in horizontaler als auch in vertikaler Ausrichtung erfolgen.

2.7.4 Konfidenzintervalle

Ein Konfidenzintervall dient in der Statistik dazu, einem bestimmten Parameter, wie z.B. einem Mittelwert, einen Erwartungsbereich zuzuordnen. Die in der Studie eingeschlossenen Nachimplantate stellen lediglich eine Stichprobe aller jemals inserierten Nachimplantate (Grundgesamtheit) dar. Deshalb gibt man durch die Konfidenzintervalle Bereiche an, in der die betrachtenden Parameter zu festgelegten Wahrscheinlichkeiten anzutreffen sind, auch wenn die Stichprobenauswahl unendlich wiederholt werden würde. Dies hat den Vorteil, dass der aus der Stichprobe angenommene Parameter, falls nicht mit dem der Grundgesamtheit übereinstimmend, trotzdem im zu erwartenden Intervall vorzufinden ist. Häufig verwendet man 95%-Konfidenzintervalle, die besagen, dass der angenommene Parameter mit 95%-iger Sicherheit dem ausgewählten Intervall zugehörig ist.

3 Ergebnisse

3.1 Intraindividuelle Reliabilitätsuntersuchung

Zu Beginn der Auswertung sollte untersucht werden, ob die jeweiligen Messwerte reliabel sind. Die nachfolgende Abbildung 10, Seite 26, zeigt die Zusammenfassung der drei Messreihen mit den drei Messstrecken (KN, BKD, TKD). Die auszuwertenden Daten sind Differenzen, die sich aus den Ausgangs- und Kontrollwerten zusammensetzen. Im Anhang (7.2.1, Seite 60f) sind die Darstellungen der Messstrecken einzeln aufgelistet.

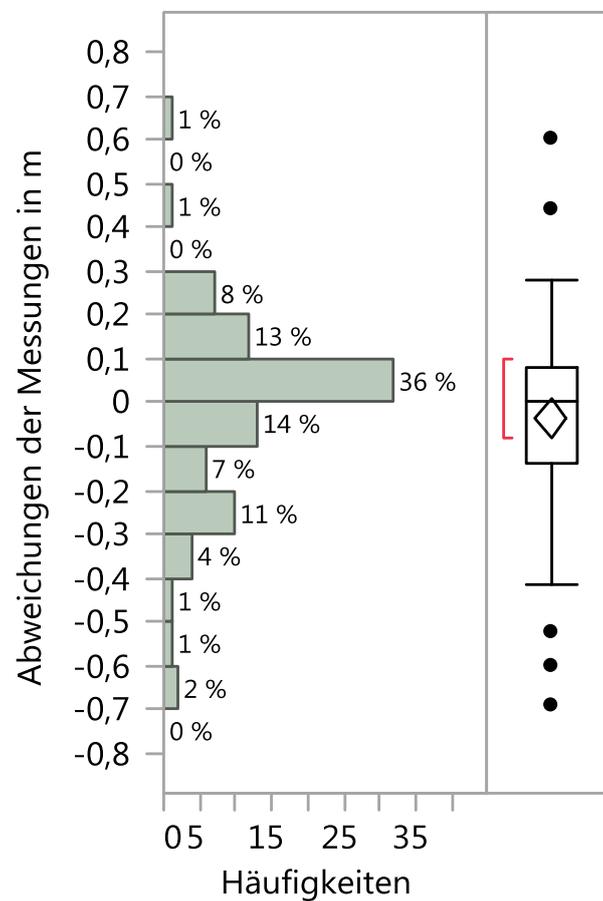


Abbildung 10: Intraindividuelle Reliabilitätsuntersuchung mit der Gesamtheit der Messungen „Knocheniveau“, „Breite des Knochendefektes“, „Tiefe des Knochendefektes“ (KN, BKD, TKD) n = 90

Von den 90 durchgeführten Messungen liegen 4 außerhalb der Messtoleranz von $\pm 0,5\text{mm}$. Somit sind 95,6% der Messungen innerhalb der Toleranz. Die maximale Abweichung beträgt 0,69mm. Die Verteilung der Daten um die Null herum erscheint normalverteilt, der Median und Mittelwert liegen zusammen und die Null ist im 95%-Konfidenzintervall vertreten.

3.2 Vorauswertung

Wie bereits beschrieben, soll die Vorauswertung klären, ob die mesialen und distalen Messwerte eines Implantates zu einem Mittelwert zusammengefasst werden können.

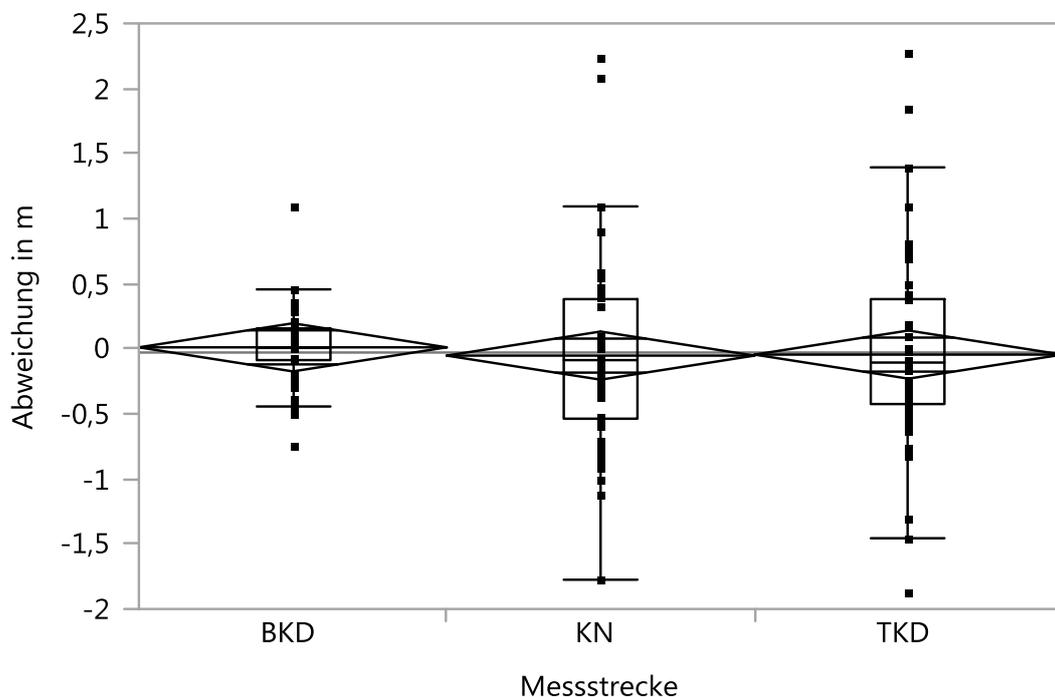


Abbildung 11: Vorauswertung Vergleich mesiale und distale Messwerte der Strecken „Breite des Knochendefektes“, „Knochniveau“, „Tiefe des Knochendefektes“ (BKD, KN, TKD) n = 48

48 Kontrollaufnahmen zum Zeitpunkt der 1-Jahreskontrolle liegen vor. Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die Annahme, die mesialen und distalen Messwerte zusammenfassen zu können, bestätigt werden kann. Die Mehrheit der Differenzen der beiden Messungen, Mittel- und Medianwert liegen im Bereich der Null, die im 95%-Konfidenzintervall vertreten sind (siehe Abbildung 11, Seite 27). Die Zusammenfassung beider Werte zu einem Mittelwert soll somit durchgeführt werden. Im Anhang (7.2.2, Seite 61f) ist die Einzelauflistung der Messstrecken beigelegt.

3.3 Überlebenswahrscheinlichkeit und Knochenveränderung

Die Gruppe der Nachimplantate wurde durchschnittlich $112 \pm 7,9$ Monaten beobachtet. Das Minimum liegt bei 1,3 Monaten, das Maximum bei 262 Monaten. Die Gruppe der Erstimplantate stand durchschnittlich $131 \pm 7,2$ Monaten unter Kontrolle. Minimal 4,6 Monaten, maximal 251 Monaten.

3.3.1 Überlebenswahrscheinlichkeit

Der erste Teil soll einen Unterschied der Überlebenswahrscheinlichkeit zwischen Nachimplantaten und Erstimplantaten aufzeigen.

3.3.1.1 Implantatverluste

Im ersten Teil werden die Überlebenswahrscheinlichkeiten von allen in der Studie inbegriffenen Nachimplantaten mit denen der Erstimplantate verglichen. Die hierbei aufgetretenen Implantatverluste werden mit aufgeführt (siehe Abbildung 12, Seite 28).

In der Gruppe der Nachimplantate gingen neun Implantate in der Beobachtungszeit zu Verlust. Die Frühverluste ($n = 4$), sind ähnlich oft aufgetreten wie Spätverluste ($n = 5$).

Die Gruppe der Erstimplantate weist eine Anzahl von vier Verlusten auf. Ein Frühverlust und drei Spätverlusten.

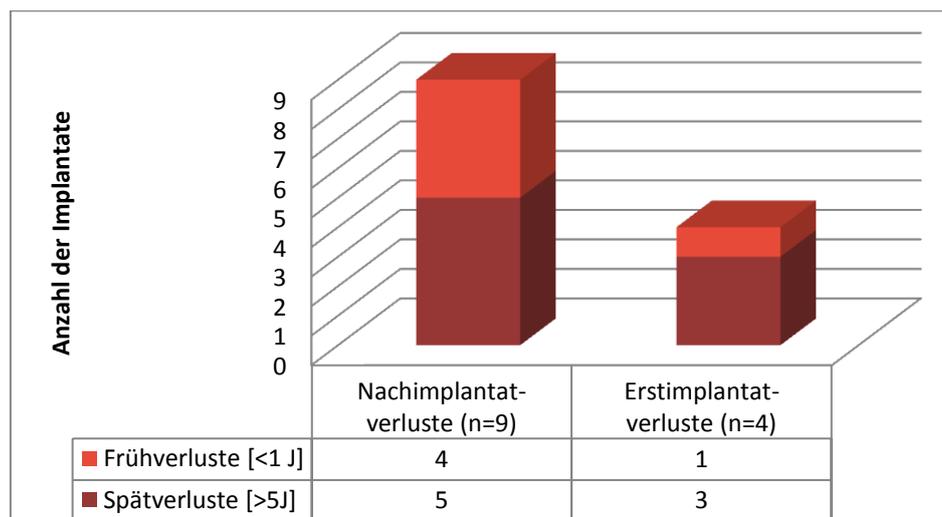


Abbildung 12: Implantatverluste der Implantate der Auswertung in Abhängigkeit des Verlustzeitpunktes; Nachimplantate $n = 9$ Verluste aus 77 Nachimplantaten; Erstimplantate $n = 4$ aus 77 Erstimplantaten.

3.3.1.2 Überlebenswahrscheinlichkeitsanalyse

In der Überlebenswahrscheinlichkeitsanalyse werden zwei Kurven dargestellt, die den Nachimplantaten bzw. den Erstimplantaten zugehörig sind (siehe Abbildung 13, Seite 29). Beide Kurven fallen stufenweise mit zunehmender Zeitachse ab und zeigen dabei eine Auffächerung des 95%-Konfidenzintervalls. Die Anzahl der Implantate in der für einen Zeitraum geschätzten Überlebenswahrscheinlichkeit sind nicht aus der Abbildung erkennbar. Die Datentabellen zur Überlebenswahrscheinlichkeit und Anzahl der Implantate sind im Anhang (7.2.3 Seite 63f) und der Tabelle 2 (Seite 30) zu entnehmen.

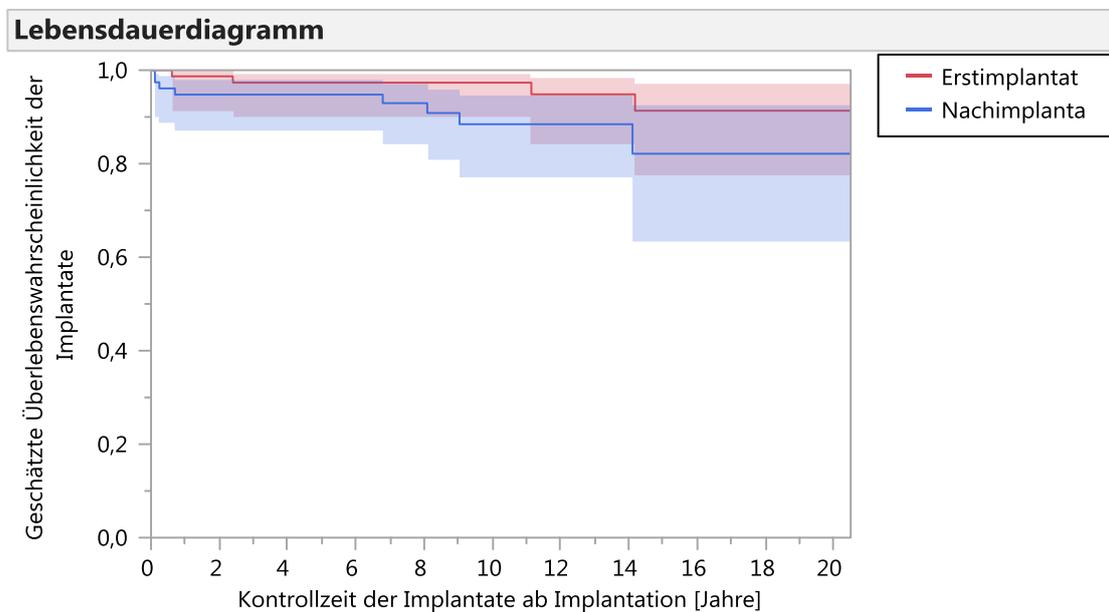


Abbildung 13: Überlebenswahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier für die Gruppe der Nachimplantate (Gesamt: $n = 77$, davon Verluste: $n = 9$) und Erstimplantate (Gesamt: $n = 77$, davon Verluste: $n = 4$); Die Schattierungen der Kurven beschreiben das jeweilige 95%-Konfidenzintervall.

Die Erstimplantatgruppe (rote Linie), zu Beginn mit 77 Implantaten, weist bis zur Einjahreskontrolle ($n = 75$) eine 99% Überlebenswahrscheinlichkeit auf. Nach fünf ($n = 63$) und zehn Jahren ($n = 43$) Kontrolle liegt die Überlebenswahrscheinlichkeit bei 97%. Nach fünfzehn Jahren ($n = 24$) zeigt sich eine 91%-ige Überlebenswahrscheinlichkeit, nach zwanzig Jahren eine gleichbleibende Rate von 91% ($n = 3$). Die Verluste von zwei Erstimplantaten ereignen sich innerhalb der Kontrollzeit von zwei Jahren. Die weiteren Verluste treten erst ab einer Kontrollzeit von 11 Jahren auf.

Die Nachimplantatgruppe (blaue Linie) ist zu Beginn mit 77 Implantaten vertreten. Nach einem Jahr ist eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 95 % (Nachimplantate: n = 70) gegeben. Die Fünfjahresüberlebenswahrscheinlichkeit liegt bei 95% (n = 59), nach zehn Jahren bei 88% (n = 33), nach fünfzehn Jahren bei 82 % (n = 12) und nach zwanzig Jahren gleichbleibend bei 82% (n = 4). Vier Verluste ereignen sich <1 Jahr nach Insertion, die weiteren vier Implantatverluste treten erst nach 6,5 Jahren und später auf.

Der p-Wert des Wilcoxon Tests beträgt P = 0,13, der des Log Rank Tests P = 0,13.

	0J	1J	2J	3J	5J	10J	15J	20J
Erstimplantat	100%	99%	99%	97%	97%	97%	91%	91%
(Anzahl)	(77)	(76)	(75)	(72)	(64)	(44)	(25)	(4)
Nachimplantat	100%	95%	95%	95%	95%	88%	82%	82%
(Anzahl)	(77)	(71)	(66)	(65)	(60)	(34)	(13)	(5)

Tabelle 2: Überlebenswahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier in Prozent [%] zum Zeitpunkt in Jahren [J]; Die Angabe in Klammern entspricht der Anzahl der Implantate unter Risiko zum jeweiligen Zeitpunkt.

3.3.2 Periimplantäre Knochenveränderung

Im Anhang unter 7.2.3 (Seite 65f) werden die statistischen Daten der Abbildungen des zweiten Teils der Auswertung aufgeführt.

Im Folgenden sind Box-Whisker-Plots der a) Nachimplantate und b) Erstimplantate im zeitlichen Verlauf dargestellt (Abbildung 14 und 15; Seite 31f).

Sowohl die Darstellung der Nach-, als auch die der Erstimplantate zeigen eine Veränderung des Koronalen Knochendefektes im zeitlichen Verlauf im Sinne eines Knochenabbaus. Bei beiden Gruppierungen ist zu erkennen, dass in den ersten Jahren der stärkste Knochenabbau stattgefunden hat. In den Folgejahren schwächt sich die fortlaufende Degeneration des Knochengewebes am Implantat ab. Wird die 5-Jahres-Kontrolle betrachtet, steht der Median der a) Nachimplantate mit 1,22 mm ($\bar{x} = 1,71$ mm) dem Median der b) Erstimplantate mit 1,09 mm ($\bar{x} = 1,45$ mm) gegenüber. In Klammern die Angabe der Mittelwerte. Der Minimalwert der Nachimplantate liegt bei -0,39 mm und

der Maximalwert bei 7,71 mm. In der Gruppe der Erstimplantate liegt ein Minimalwert von -0,26 mm und ein Maximalwert von 5,47 mm vor. Dass die Extremwerte weit auseinanderliegen und die Standardabweichung vom Mittelwert bei a) 1,67 mm bzw. b) 1,25 mm liegen, schließt auf ein hohes Streumaß. Bei den a) Nachimplantaten stärker als bei der b) Erstimplantatgruppe. Das Nachimplantat mit der längsten Kontrollzeit ist mit 20 Jahren angegeben. Neun Nachimplantate werden über einen Zeitraum von 15 Jahren verfolgt, das entspreche über einem Drittel der Studienpopulation.

a) Nachimplantate

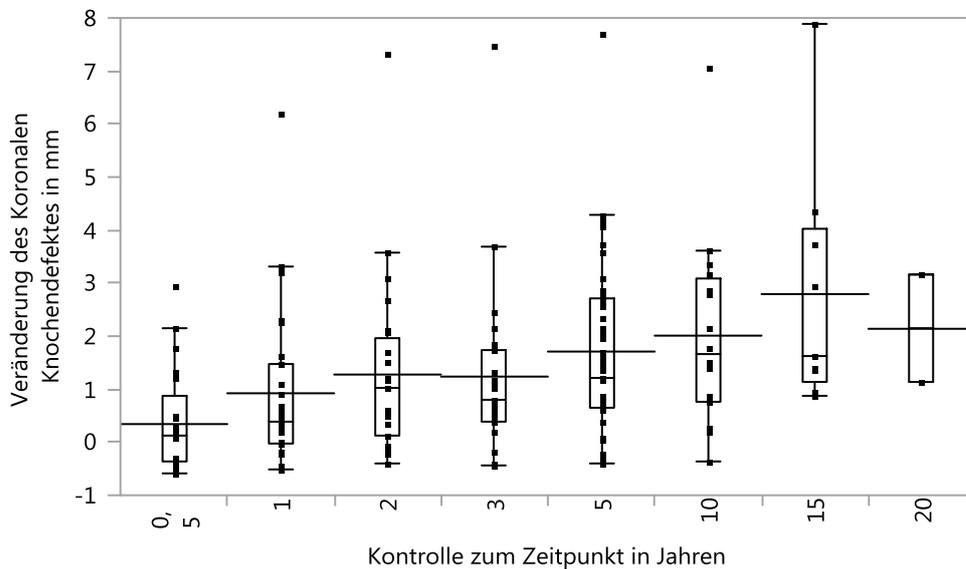


Abbildung 14: „Koronaler Knochendefekt“ (KKD) der Nachimplantate [0,5J (n = 25); 1J (n = 27); 2J (n = 24); 3J (n = 23); 5J (n = 41); 10J (n = 16); 15J (n = 9); 20J (n = 2)]

b) Erstimplantate

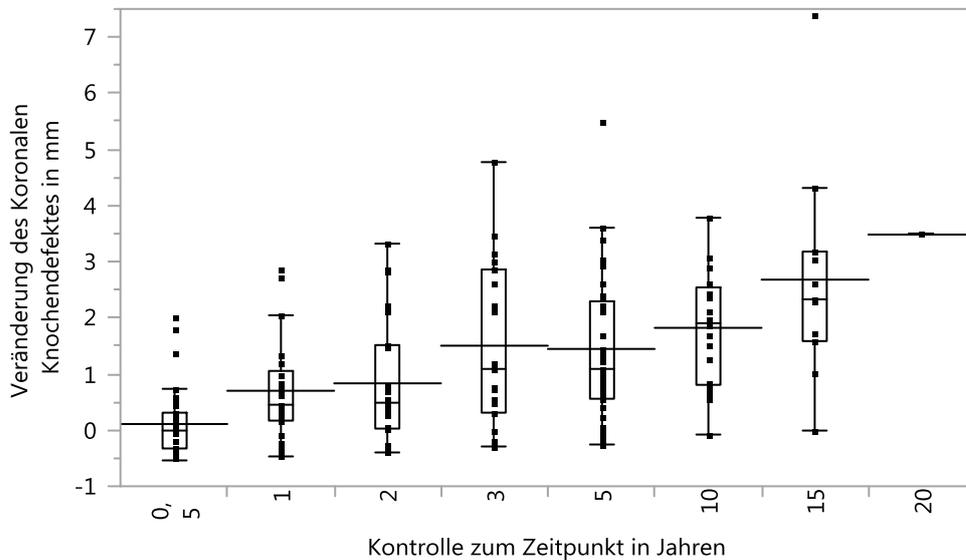


Abbildung 15: „Koronaler Knochendefekt (KKD) der Erstimplantate [0,5J (n = 31); 1J (n = 26); 2J (n = 27); 3J (n = 19); 5J (n = 41); 10J (n = 20); 15J (n = 11); 20J (n = 1)]

Um einen detaillierteren Vergleich zwischen Nach- und Erstimplantaten zu erhalten, werden Differenzen der Messungen jeder Implantatpaare gebildet. Betrachtet wird hierbei „Knochenniveau“, „Breite des Knochendefektes“ und „Koronaler Knochendefekt“ der 5-Jahres-Kontrolle aller Implantate. Eine Übersichtsdarstellung zeigt zuvor beide Gruppen getrennt voneinander.

„Knochenniveau“

Die Darstellung der Gruppe der Erstimplantate 1,22 mm ($\bar{x} = 1,17$ mm) und Nachimplantate 0,85 mm ($\bar{x} = 1,18$ mm) in der Übersicht zeigt im Vergleich der Median und Mittelwerte keinen eindeutigen Unterschied beider Gruppen (Abbildung 16, Seite 33).

Die Differenzen der Ergebnisse der Nach- und Erstimplantate für die Strecke „Knochenniveau“ weisen eine um die Null normalverteilte Anordnung auf (Abbildung 17, Seite 33). Der Medianwert liegt bei 0,02 mm ($\bar{x} = 0,01$ mm). Der Minimalwert von -2,11 mm steht dem Maximalwert von 2,31 mm gegenüber. Die untere Begrenzung des 95%-Konfidenzintervalls des Mittelwertes befindet sich bei -0,31 mm, die obere Begrenzung bei 0,33 mm. Damit liegt die Null im Konfidenzintervall. Zusammenfassend

ist kein praktisch relevanter Unterschied in der Knocheniveauveränderung beider Gruppen zu erkennen. Eine praktische Relevanz ist diesen Werten nicht anzurechnen, da sich die Werte des Medians, Mittelwerte und die der unteren Begrenzung des 95%-Konfidenzintervalls unterhalb der Messtoleranz von $\pm 0,5$ mm befinden. Ab einer Differenzgröße von 0,5 mm kann von einer praktischen Relevanz ausgegangen werden.

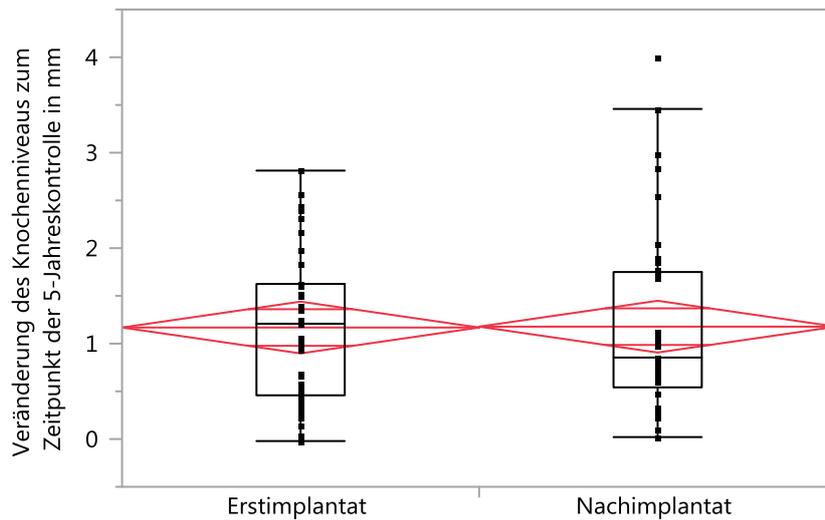


Abbildung 16: Vergleich der Veränderung des „Knocheniveaus“ der Messungen „Erstimplantat“ und „Nachimplantat“ zum Zeitpunkt der 5-Jahreskontrolle; Erstimplantate: n = 41; Nachimplantate: n = 41; Negative Werte stehen für höheres, positive Werte für geringeres Knocheniveau.

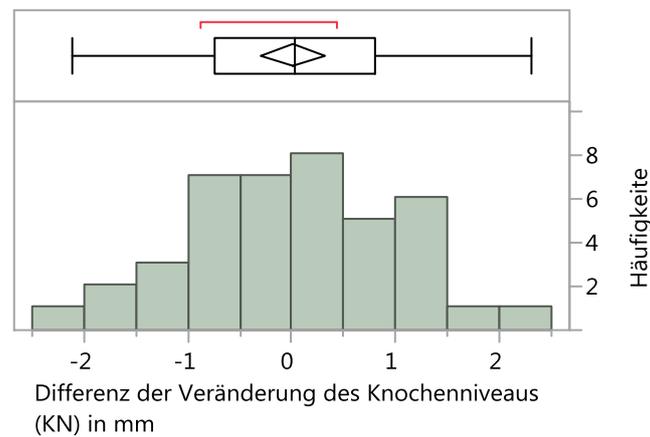


Abbildung 17: Differenz der Veränderung des „Knochenniveaus“ aller Nach- und Erstimplantate $n = 41$ Implantatpaare zum Zeitpunkt der 5-Jahreskontrolle; Positive Werte stehen für ein geringeres, negative Werte für ein größeres Knochenniveau bei Nachimplantaten.

„Breite des Knochendefektes“

In der Übersicht der Messstrecken „Breite des Knochendefektes“ zeigen die Werte der Erstimplantate 0,40 mm ($\bar{x} = 0,43$ mm) eine leicht geringere Zunahme der Defekte als die Werte der Nachimplantate 0,52 mm ($\bar{x} = 0,40$ mm) (Abbildung 18, Seite 34).

Die Differenzen der Ergebnisse der Nach- und Erstimplantate für die Strecke „Breite des Knochendefektes“ sind um die Null normalverteilt. Der Medianwert liegt bei 0,11 mm ($\bar{x} = 0,13$ mm). Der Minimalwert von -0,69 mm und der Maximalwert von 1,51 mm bilden die Extrema. Die untere Begrenzung des 95%-Konfidenzintervalls des Mittelwertes befindet sich bei -0,01 mm, die obere Begrenzung bei 0,26 mm und enthält damit die Null. Die „Breite des Knochendefektes“ zeigt eine Tendenz zu leicht positiven Werten, d.h. eine größere Veränderung bei Nachimplantaten. In der Praxis sollten diesen geringen Werten keiner Relevanz zugeschrieben werden (siehe Abbildung 19, Seite 35).

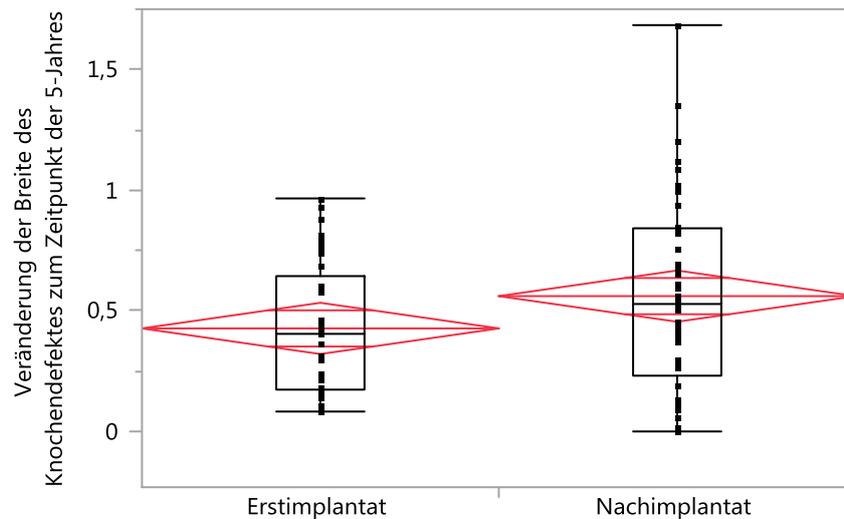


Abbildung 18: Vergleich der Veränderung „Breite des Knochendefektes“ der Messungen „Erstimplantat“ und „Nachimplantat“ zum Zeitpunkt der 5-Jahreskontrolle; Erstimplantate: n = 28; Nachimplantate: n = 28; Negative Werte stehen für geringeren, positive Werte für größeren Knochenabbau.

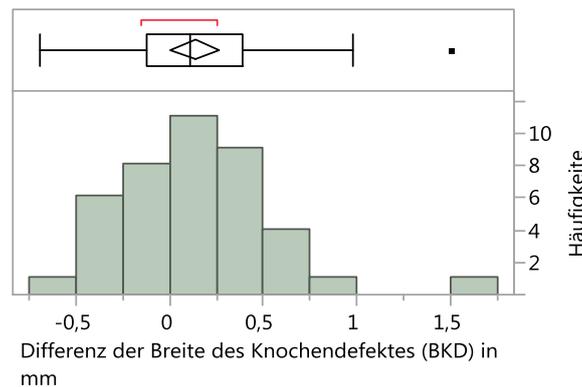


Abbildung 19: Differenz der Veränderung „Breite des Knochendefektes“ aller Nach- und Erstimplantate n = 41 Implantatpaare zum Zeitpunkt der 5-Jahreskontrolle; Negative Werte stehen für geringeren, positive Werte für größeren Knochenabbau bei Nachimplantaten.

„Koronaler Knochendefekt“

In der Darstellung des „Koronalen Knochendefektes“ weisen die Ergebnisse der Erstimplantate 1,09 mm ($\bar{x} = 1,45$ mm) auf eine geringere Defektzunahme als die der Gruppe der Nachimplantate 1,22 mm ($\bar{x} = 1,71$ mm) (Abbildung 20, Seite 36).

Die Ergebnisse der Nach- und Erstimplantate für die Strecke „Koronaler Knochendefekt“ sind um die Null herum normalverteilt (siehe Abbildung 21, Seite 36). Der Me-

dianwert liegt bei 0,32 mm ($\bar{x} = 0,26$ mm). Grenzwerte liegen im Minimalwert bei -4,58 mm und im Maximalwert bei 6,86 mm. Die untere Begrenzung des 95%-Konfidenzintervalls des Mittelwertes befindet sich bei -0,40 mm, die obere Begrenzung bei 0,93 mm. Damit liegt die Null im Konfidenzintervall. Die Berechnungen des „Koronalen Knochendefektes“ belegen, dass Nachimplantate keinen praktisch relevanten Unterschied zu Erstimplantaten aufweisen.

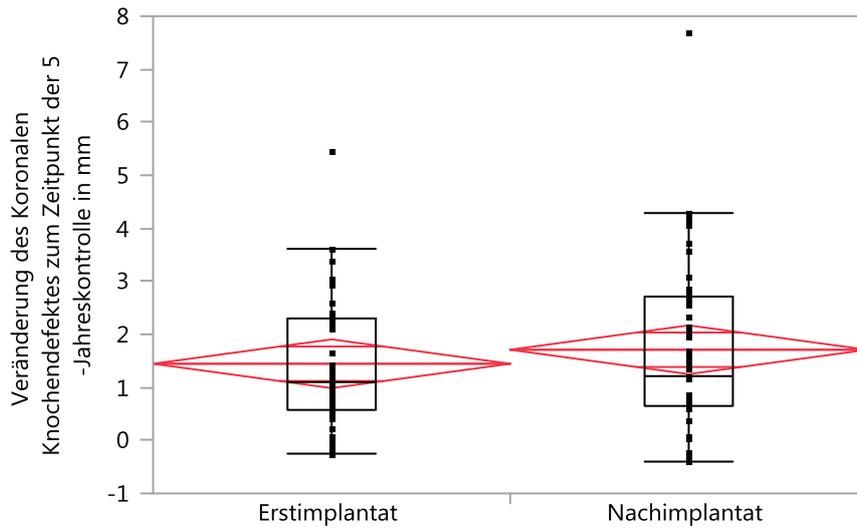


Abbildung 20: Vergleich der Veränderung „Koronalen Knochendefekt“ der Messungen „Erstimplantat“ und „Nachimplantat“ zum Zeitpunkt der 5-Jahreskontrolle; Erstimplantate: n = 41; Nachimplantate: n = 41; Negative Werte stehen für geringeren, positive Werte für größeren Knochenabbau.

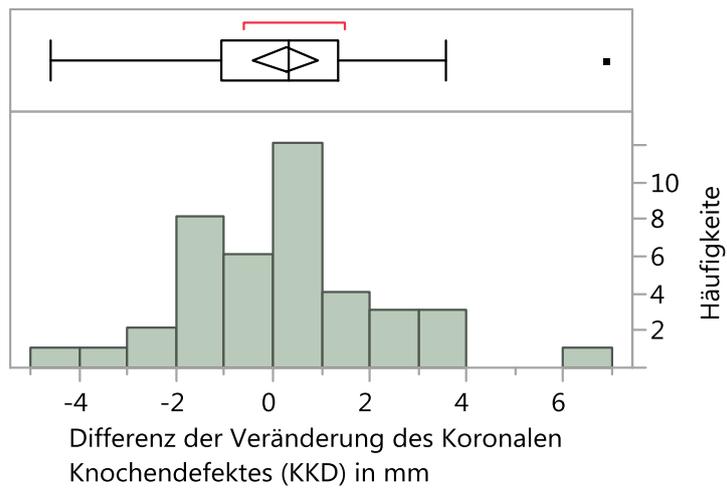


Abbildung 21: Differenz der Veränderung „Koronalen Knochendefekt“ aller Nach- und Erstimplantate n = 41 Implantatpaare zum Zeitpunkt der 5-Jahreskontrolle; Negative Werte stehen für geringeren, positive Werte für größeren Knochenabbau bei Nachimplantaten.

4 Diskussion

4.1 Notwendigkeit der Arbeit

Implantate stehen für den Komfort des Patienten im Umgang mit dessen Zahnersatz als eine hervorragende Alternative zu herkömmlichem Zahnersatz. Fallen die dadurch erlangenen Gewohnheiten aufgrund eines Verlustes der Implantate weg, ist die Akzeptanz alternativen Zahnersatzes oftmals gering. Um die maximale Zufriedenheit der Patienten zu erlangen bzw. zu erhalten, muss deshalb die erneute Implantation in die Zahnersatzplanung mit einbezogen werden. Die Frage, die dadurch aufgeworfen wird, ob die Nachimplantation generell als erfolgsbringende Möglichkeit zur Option steht, führt zu der Anfertigung dieser Studie.

Bisher liegen ausschließlich Studien über Nachimplantate vor, die eine Gruppe Nachimplantate beschreiben. Ein direkter Vergleich mit einer Kontrollgruppe, die sich lediglich dadurch unterscheidet, aus Erstimplantaten zu bestehen und dabei Rücksicht auf sämtliche Faktoren, die eine Prognose auf das Implantat ausüben, nehmen, bleibt bisher aus. Von den verfügbaren Studien über Nachimplantate gibt es keine, die darüber hinaus die Nachimplantate anhand der periimplantären Radioluzenz bewerten und eine Kontrollzeit über 22 Monate aufweisen. Lediglich Kim Young-Kyun et. al. mit durchschnittlich 22 Monaten Beobachtungszeit und 60 Kontrollimplantaten, sowie Covani et. al. mit 12 Monaten Beobachtungszeit und 9 Kontrollimplantaten, gehen auf die periimplantäre Knochendefektbildung als Bewertungsgegenstand ein (Covani, Barone et al. 2006, Kim, Park et al. 2010). Eine Studie, die Nachimplantate über durchschnittlich 5 Jahre verfolgt, ist in der Literatur nicht anzutreffen. Mardinger et. al. untersuchen 144 Nachimplantate in einem Zeitraum von durchschnittlich 48 Monaten. Manor et. al. untersuchen 40/35 Nachimplantate nach Sinuslift durchschnittlich 58,4 Monate. Sie bewerten den Erfolg der Nachimplantate lediglich über den Verbleib bzw. Verlust seiner Kontrollimplantate und gehen nicht auf eine periimplantäre Knochenreduktion ein (Mardinger, Ben Zvi et al. 2012, Manor, Chaushu et al. 2015), außerdem erfolgt keine Gegenüberstellung von Erstimplantaten, die in allen prognostisch relevanten Parametern übereinstimmen. Mit der gleichen Methodik bewerten Machtei et al. den Erfolg ihrer Testimplantate. Sie verfolgen 15 Nachimplantate innerhalb eines Zeitraumes von durchschnittlich 44 Monaten. Anzumerken ist, dass die zu beobachtenden Nachimplantate nicht Zweit- sondern

Drittimplantate sind (Machtei, Horwitz et al. 2011). Alle weiteren Studien besitzen eine Beobachtungszeit unter 3 Jahren. Niedrige Studienpopulationen führen zusätzlich dazu, dass eine kritische Betrachtung notwendig ist (Grossmann and Levin 2007, Machtei, Mahler et al. 2008, He, Shang et al. 2014, Manor, Chaushu et al. 2015)

In der vorliegenden Studie werden Nachimplantate mit Erstimplantaten verglichen. Beide Gruppen stimmen in den bekannten prognostischen Faktoren überein, sodass der Vergleich eine präzise Aussagekraft erhält. Verglichen werden beide Gruppen anhand der Überlebenswahrscheinlichkeit und anhand der periimplantären Knochenreduktion. Die Knochenveränderung wird mithilfe einer röntgenologischen Verlaufskontrolle dokumentiert. Die Gegenüberstellung durch die Häufigkeit des Implantatverlustes darf erfolgen, da bei Vorliegen mehrerer Erstimplantate auf ein Nachimplantat die Auswahl randomisiert erfolgte. Es wurden die Erstimplantate ausgewählt, die am genauesten auf das zugehörige Nachimplantat passten. Nachimplantate, die keine Zuordnung zu Erstimplantatpartnern fanden oder die im zweiten Teil der Auswertung das 5-Jahres-Kriterium nicht erfüllten, sind vorab aus der Studienpopulation ausgeschieden.

Problematisch zeigt sich eine aussagekräftige Studienpopulation zu generieren, unter anderem bedingt durch die hohe Erfolgsquote der Implantate, die dazu führt, dass vergleichsweise wenige Nachimplantate inseriert werden. Ist ein Implantat zu Verlust gegangen, korreliert dies häufig mit einem Knochenverlust in der selbigen Region. Soll ein Nachimplantat eingebracht werden, wird die Implantation meist mit einem augmentativen Eingriff verbunden, der sich negativ auf das periimplantäre Gewebe auswirken kann (Clementini, Morlupi et al. 2012). Manor et. al. (Manor, Chaushu et al. 2015) hingegen konnte herausfinden, dass Nachimplantate in Regionen mit zuvor durchgeführtem Sinuslift eine bessere Überlebensrate aufweisen als Nachimplantate ohne vorhergehenden, augmentativen Eingriff. Aufgrund der unklaren Studienlage, sind Sinuslift-augmentierte Nachimplantate nicht Teil dieser Studie. Knochenveränderungen könnten fälschlicherweise den Nachimplantaten zugeschrieben werden. Ein weiterer Faktor, der sich negativ auf die Studienpopulation auswirken könnte, ist eine eventuelle Angst des Patienten vor einer erneuten Implantation, wenn zuvor ein Implantatverlust erfahren wurde.

4.2 Diskussion Material und Methoden

Die Studie basiert auf den Dokumentationen der Datenbank des Implantatregisters der Poliklinik für zahnärztliche Prothetik Tübingen. Von großem Interesse stehen die röntgenologischen Verlaufskontrollen, die zu jedem Implantat angefertigt wurden. Das Vermessen der Röntgenbilder führt zu der Registrierung des marginalen Knochens am Implantat, die zu der Beurteilung und des Vergleichs mit den Nachimplantaten dienen. Vergleichbare Studien, die ebenfalls Nachimplantate untersuchten, beschränkten sich bis auf Young-Kyun et. al. und Covani et.al. vornehmlich auf die Registrierung des Verlustes bzw. des Verbleibes der Nachimplantate und argumentierten darüber über den Erfolg eines Nachimplantates (Alsaadi, Quirynen et al. 2006, Covani, Barone et al. 2006, Grossmann and Levin 2007, Machtei, Mahler et al. 2008, Kim, Park et al. 2010, Machtei, Horwitz et al. 2011, Mardinger, Ben Zvi et al. 2012, He, Shang et al. 2014, Manor, Chaushu et al. 2015). Die Beschreibung eines Implantaterfolges über den Implantatverlust würde die Studie um ein vielfaches erleichtern. Die Dokumentation und Auswertung von einigen tausend Messstrecken entfielen, was folglich zu einer drastischen Reduktion des Zeitaufwandes führen würde. Jedoch müsse man hierdurch einen hohen Qualitätsverlust der Studie in Kauf nehmen. Der Verbleib eines Implantates muss nicht zwingend einen Erfolg darstellen, beispielsweise bei erhöhten Koronalen Knochendefekten. Eine radiologische Verlaufskontrolle und Beurteilung anhand der periimplantären Knochensituation könnte diese Informationen in die Studie mit einfließen lassen. Die Aussage mit der Beschreibung des marginalen Knochendefektes als Referenz ist präziser.

4.2.1 Selektionskriterien

In die Studie mit eingeschlossen wurden alle Nachimplantate, deren Verlaufskontrolle die Dokumentation nach der Operation, sowie zum Zeitpunkt der 5-Jahreskontrolle berücksichtigte. Ausgeschlossen wurden Patienten, deren Implantationsinsertion mit knochenerweiternden Maßnahmen, wie beispielsweise Sinuslift erfolgte, oder bei Patienten, bei denen eine Kieferkammspreizung durchgeführt wurde. Je nach Technik haben Implantate mit und ohne Sinuslift vergleichbare Erfolgsaussichten (Wallace and Froum 2003, Listl and Faggion 2010, Manor, Chaushu et al. 2015). Ein Ausschluss dieser Implantate erfolgte trotzdem, da eine genaue Dokumentation der Insertionstechniken nicht

nachvollziehbar war. Eine Studie von Becktor et al. bestätigt, dass Patienten mit Knochentransplantaten ein erhöhtes Risiko haben, Zahnimplantate zu verlieren (Becktor, Isaksson et al. 2004). Die Effekte von Kieferkammspreizmethoden auf das eingebrachte Implantat sind noch nicht hinreichend geklärt. Aus diesem Grund wurden Implantate bei Kieferkammspreizungen ausgeschlossen.

Die Gruppe der Erstimplantate soll eine Übereinstimmung in bekannten prognostisch relevanten Eigenschaften gewährleisten. Im Folgenden die Auflistung der ausgewählten Kriterien mit anschließender Diskussion:

- Geschlecht und Altersgruppe des Patienten
- Lokalisation, Länge, Durchmesser, System des Implantats
- Zeitpunkt und Art der Implantation
- Alle Ausschlusskriterien der Nachimplantatgruppe außer Kriterium „kein Nachimplantat“ (Frialit-2-Implantat, Röntgenverlaufskontrolle mindestens fünf Jahre [im zweiten Teil der Auswertung], kein Sinuslift, keine Kieferkammspreizung). Nachimplantate dürfen nicht Bestandteil der Erstimplantatgruppe sein.

Das Geschlecht erhöht das Risiko, einen Implantatverlust zu erleiden (Gómez-Román 2000).

Das Alter spielt eine Rolle in der Risikoabfrage. Laut einer Studie von Gómez-Román 2000 wurde dies mit den Patienten des Implantatregisters festgestellt.

Die Lokalisation des Implantats stellt ein Risikofaktor für Zahnimplantate dar. Sowohl die Anordnung innerhalb des Kiefers, als auch zwischen beider Kiefer haben einen Einfluss auf die Erfolgswahrscheinlichkeit der Therapie (Gómez-Román 2000, Levin, Sadet et al. 2006). Aus den Nachimplantaten werden deshalb zwei Gruppen pro Kiefer gebildet (Seitenzahngelände links und rechts, Frontzahngelände), zu denen das zugehörige Erstimplantat übereinstimmend passt.

Die Implantatlänge ist relevant für die Langzeitprognose (Trullenque-Eriksson and Guisado-Moya 2014, Lemos, Ferro-Alves et al. 2016). Andere Studien kamen zu den Ergebnissen, dass die Implantatlänge keinen Einfluss auf die die Langzeitprognose hat, der Implantatdurchmesser hingegen schon (Monje, Chan et al. 2012, Ortega-Oller,

Suárez et al. 2013, Klein, Schiegnitz et al. 2014). Hierbei zeigte sich, dass kurze Implantate mit größerem Durchmesser einen gleichwertigen Therapieerfolg versprechen als lange Implantate mit geringerem Durchmesser. Speziell bei atrophischen Kieferkämmen, kann so der Indikationsbereich für Implantate erweitert werden (Draenert, Sagheb et al. 2012). In der vorliegenden Studie werden ohne Einschränkungen, in Länge und Durchmesser deckungsgleiche Erstimplantate zugeordnet.

Der Zeitpunkt zur Implantation, gemäß der Tübinger Definition (d'Hoedt, Lukas et al. 1986), hat einen Einfluss auf die Implantatverweildauer (Gómez-Román 2000). Weitere Studien, die dies untersuchten, bilden keinen einheitlichen Konsens (Quiryneen, Van Assche et al. 2007, Chen and Buser 2009). Es wird beschrieben, dass je früher die Implantation erfolgt, desto besser der Kieferkammknochen erhalten werden kann. Je nach Ansicht kann der Knochenerhalt des Kiefers als Erfolg angesehen werden. Der Erhalt des direkt am Implantat anliegenden Knochens muss aber nicht unbedingt vom Implantationszeitpunkt abhängen und kann reduziert sein trotz des Bestehenbleibens des umliegenden Kieferknochens. Die Implantatpaare im Vergleich sollen in dem Zeitpunkt zur Implantation übereinstimmen.

Röntgenaufnahmen

Wie bereits beschrieben werden die Berechnungen der Veränderung des periimplantären Knochendefektes zur Beurteilung des Therapieverlaufes herangezogen. Hier werden zweidimensionale Röntgenbilder angefertigt. Problem dabei ist, dass lediglich Defekte mesial und distal des Implantates dargestellt werden. Eine zirkuläre Aufnahme könnte nur ein dreidimensionales Bild liefern, das als CT oder DVT zur Veranschaulichung geeignet wäre (Mengel, Candir et al. 2005), jedoch als Kontrollaufnahme eine hohe Strahlenbelastung erzeugen würde. Zumeist finden Zahnfilme als auch Panoramaschichtaufnahmen Verwendung bei Röntgenverlaufskontrollen. Beide Aufnahmearten haben Vor- und Nachteile, die in der Literatur unterschiedlich aufgefasst werden. Es herrscht kein Konsens über eine bevorzugte Aufnahmeart (Oba and Katayama 1972, Muhammed, Manson-Hing et al. 1982, Pepelassi and Diamanti-Kipiotti 1997). Um vergleichbare Röntgenbilder zu bekommen, müssen bei allen Aufnahmen die Positionierung von Film, Objekt und Röntgenquelle zueinander möglichst identisch sein. Bei Zahnfilmen ist dies aufgrund der intraoralen Gegebenheiten oftmals schwierig. Hier

schaft man sich Abhilfe, indem die Patienten individualisierte Aufbissblöcke erhalten, die eine reproduzierbare Anordnung der Röntgenapparatur zulassen. Dabei muss beachtet werden, dass die Röntgenfilme nicht verbogen werden deshalb wurde hierzu der individuell errechnete Verzerrungsfaktor verwendet. Probleme ergeben sich auch dann, wenn die Röntgenstrahlachse in den Folgeaufnahmen verändert wird. Sowohl in der Vertikalen als auch in der Horizontalen kann es zu Fehleinschätzungen der Knochenhöhe kommen, vor allem wenn sich die bukkale und linguale Knochenlamelle andersartig überlagert (Sewerin 1990) und wenn vertikale Einbrüche durch Verdrehen des Einfallwinkels der Röntgenstrahlen ganz oder teilweise durch das Implantat bzw. Hartgewebe verdeckt werden. Panoramaschichtaufnahmen lassen sich gut reproduzieren, da die gleiche Positionierung des Patienten in der Röntgeneinrichtung bei wiederholter Aufnahme einfacher durchzuführen ist. Dabei besteht die Gefahr, dass Implantate bzw. Knochenstrukturen des Frontzahnggebietes schlecht dargestellt werden, vor allem durch Überlagerungen der Wirbelsäule.

Etwaige Überlagerungen oder Fehler in der Belichtungsstärke oder beim Entwickeln bilden eine Herausforderung in der Bewertung der Messstrecken. Hierbei ist die Digitalisierung der analogen Röntgenaufnahmen ein deutlicher Vorteil. Digitale Bilder können durch Anpassen der Helligkeit und des Kontrastes Informationsverluste kompensieren, sodass eine präzisere Vermessung ermöglicht werden kann. Hierbei muss der hohe zeitliche Aufwand, analoge Bilder zu digitalisieren, in Kauf genommen werden.

Vermessen der Röntgenbilder

Die Messstrecken wurden gemäß der Tübinger Messmethode (Gomez-Roman, Axmann et al. 1995) ermittelt und erfasst. Die Messmethode kann auch bei digitalen Bildern angewendet werden, was einen erheblichen Vorteil darstellt. Die Einzeichnung der Messstrecken sowie der Hilfslinien kann durch die visuelle Kontrolle zu einer Messfehlerreduktion führen.

4.2.2 Datenerfassung und –verarbeitung

Die Messdaten wurden jeweils in Erhebungsbögen und anschließend doppelt in die Software zur Datenverarbeitung übertragen. Dabei können Übertragungsfehler direkt erkannt werden. Zusätzlich wurden als Plausibilitätskontrolle Ausreißer nochmals am Röntgenbild überprüft und gegebenenfalls korrigiert.

Auswertung

Der Schwerpunkt der Auswertung liegt in der Überlebenswahrscheinlichkeitsanalyse mit Kaplan-Meier-Kurven und der visuellen Betrachtung der Messdaten mittels Box-Whisker-Plots. Hierbei liegt das Augenmerk auf dem Vergleich bzw. der Bewertung von statistischen Kenngrößen zu denen Medianwert, Mittelwert, Konfidenzintervall und Extremwerte zählen. In dieser Studie sollen Medianwerte denen der Mittelwerte vorgezogen werden, da die geringe Studienpopulation durch Ausreißer Mittelwertangaben zu stark beeinflussen könnten. In Klammern wird zur Vollständigkeit der Mittelwert mit angegeben und dient gegebenenfalls als Kontrollgröße. Zur Entscheidungsfindung bilden schließlich Medianwerte die Referenz. Im zweiten Teil der Auswertung wurde aufgrund der niedrigen Fallzahl auf statistische Tests verzichtet. Quantitative Effekte führen bei niedriger Studienpopulation zu unsicheren Ergebnissen.

4.3 Diskussion der intraindividuellen Reliabilitätsuntersuchung

Die intraindividuelle Reliabilität gibt den Grad der Reproduzierbarkeit der Messungen an. Es wurden 90 Messungen durchgeführt, die miteinander verglichen wurden. Das Ergebnis bestätigt, dass über 95% der Messungen innerhalb der festgelegten Toleranz von 0,5 mm anzutreffen sind. Um die Zuverlässigkeit der Testreihe zu optimieren, wurden die Messungen an unterschiedlichen Tagen in randomisierter Reihenfolge durchgeführt. Die Gefahr, die zu vermessenden Implantate wiederzuerkennen, konnte so auf ein Minimum reduziert werden. In einer unabhängigen, weiteren Studie von Gomez et al. konnte die Reproduzierbarkeit der Messungen mithilfe der Tübinger Messvorschrift bestätigt werden (Gomez-Roman, Schröer et al. 1999).

4.4 Diskussion Vorauswertung

In der Vorauswertung wurde überprüft, ob die Messwerte mesial und distal des Implantates zu einem Mittelwert zusammengefasst werden können. Generell erhofft man sich,

mit Mittelwerten mehrerer Messungen das Risiko von Ausreißern zu minimieren und über eine erhöhte Anzahl von Messungen den Aussagewert zu steigern. Kritisch betrachtet werden sollte, dass die zweidimensionale Untersuchung nur die Bewertung mesial und distal der Implantate zulässt, wodurch der eventuelle Knochendefekt in der Ebene des Projektionsstrahls nicht mitberücksichtigt wird. Implantate im Frontzahnbereich mit Verlust der bukkalen Knochenlamelle oder Implantate, die bei Patienten mit allgemein reduzierter Knochenhöhe im Bereich des Unterkiefers in die Fossa mandibularis hineinreichen, werden, insofern bei der klinischen Kontrolle als unauffällig dokumentiert, lediglich mit den mesialen und distalen Messungen in die Studie eingehen.

Die Ergebnisse der Vorauswertung bestätigen, dass Mittelwerte gebildet werden können. Es besteht kein relevanter Unterschied zwischen den mesialen und distalen Messungen. Richter bestätigt durch eigene Messungen die Annahme, die gleiche Methodik in die Studie mit einfließen zu lassen (Richter 1992).

4.5 Diskussion Ergebnisse

Überlebenswahrscheinlichkeit

Die Überlebenswahrscheinlichkeit beider Gruppen wurde mit Hilfe der Kaplan-Meier-Analyse gegenüber gestellt. Bestandteil der Auswertung waren alle Implantate, auch diejenigen, die eine Kontrollzeit unter fünf Jahren hatten. Ziel dabei war es, alle Implantate mit Vergleichspartner über den kompletten Untersuchungszeitraum bewerten zu können. Die Häufigkeit und der Zeitpunkt der auftretenden Implantatverluste kann dadurch zwischen beiden Gruppen aufgezeigt werden.

Der Vergleich beider Gruppen zeigt eine gering höhere Überlebenswahrscheinlichkeit bei Erstimplantaten. Nachimplantate haben bereits zur 1-Jahreskontrolle eine geringere Überlebenswahrscheinlichkeit (95%; Erstimplantate: 99%). Zum Zeitpunkt der 5-Jahreskontrolle sind Nachimplantate gleichbleibend mit 95 % Überlebenswahrscheinlichkeit schlechter als Erstimplantate, die nach 5 Jahren eine Wahrscheinlichkeit von 97% haben. Der Unterschied in den ersten fünf Jahren ist als sehr gering anzusehen. Nach einer Kontrollzeit von 10 Jahren (Nachimplantate: 88%; Erstimplantate 97%) vergrößert sich die Differenz beider Gruppen. Zur 15- und 20-Jahreskontrolle weisen

Nachimplantate mit 82% und Erstimplantate mit 91% Überlebenswahrscheinlichkeit auf. Ab zehn Jahren haben Nachimplantate ein höheres Risiko zu Verlust zu gehen. Die statistischen Tests weisen jedoch keine statistische Signifikanz auf, sodass die Nullhypothese bestätigt werden kann. Der Wilcoxon-Test ($P = 0,13$), und der Log-Rank-Test ($P = 0,13$), bestätigen dies. Vergleichbare Ergebnisse für Nachimplantate weisen ebenfalls Studien mit ähnlicher Fragestellung auf (Greenstein and Cavallaro 2014). Zu beachten ist, dass vergleichbare Studien keine direkte Gegenüberstellung eines Erstimplantates durchgeführt haben. Deren Vergleich ist deshalb unpräzise.

Die Implantatverluste stehen mit acht Verlusten der Nachimplantatgruppe, fünf Verlusten der Erstimplantatgruppe gegenüber. In der Gruppe der Nachimplantate ereigneten sich vier frühe und vier späte Verluste. In der Gruppe der Erstimplantate gingen zwei Implantate früh, und drei weitere zu einem späten Zeitpunkt zu Verlust. Die Gründe, der im Vergleich höheren und des generellen erneuten Implantatverlustes in der Nachimplantatgruppe, sind nicht ohne weiteres zu erklären. Eine Analyse der Patientsituationen mit Krankheiten, Angewohnheiten, oralen Verhältnissen wären hierbei indiziert. Äußerst interessant erscheinen hier die Untersuchung der Patienten durch einen Titansimulationstest um Titanunverträglichkeiten ausschließen zu können (Jacobi-Gresser, Huesker et al. 2013).

Periimplantäre Knochenveränderung

Die periimplantäre Knochenveränderung zum Zeitpunkt der 5-Jahreskontrolle wurde zur Übersicht in der Gruppe der Nachimplantate und Erstimplantate getrennt voneinander betrachtet, anschließend erfolgte die direkte Gegenüberstellung beider Gruppen allgemein nach der Differenzenbildung.

Sowohl die Nachimplantate als auch die Erstimplantate zeigten zu Beginn der Tragezeit einen erhöhten Knochenabbau. Dies deckt sich mit den Ergebnissen anderer Studien (Gomez-Roman, Axmann et al. 1995, Gomez-Roman, Schulte et al. 1997). Im weiteren Verlauf verlangsamt sich die Zunahme des Koronalen Knochendefektes. Als Hauptgründe für den anfangs stärkeren Knochenschwund werden unter anderem die Belastungsanpassung der Implantate und die traumatische Manipulation während der Operation genannt (Oh, Yoon et al. 2002). In den Folgejahren nähert sich der Koronale Knochendefekt auf einen konstanten Wert an. Die Beurteilung muss jedoch kritisch betrach-

tet werden, da sich die Fallzahl in den einzelnen Jahreskontrollen unterscheidet und stellenweise niedrig ist. Die 5-Jahreskontrolle soll Gegenstand der Beurteilung sein, da nur zu diesem Zeitpunkt die Bedingungen der Studie erfüllt sind. Der Medianwert der Nachimplantatgruppe steht mit einem Koronalen Knochendefekt von 1,22 mm denen der Erstimplantatgruppe von 1,09 mm gegenüber. Der Unterschied überschreitet den Messtoleranzwert nicht und zeigt, dass die Implantattherapie bei Nachimplantaten nicht schlechter einzustufen ist als eine Therapie bei Erstimplantation. Werden die Mittelwerte der Nach- und Erstimplantatgruppen betrachtet, zeigt sich, dass sich die Mittelwerte der Nachimplantatgruppe mit 1,71 mm und der Erstimplantatgruppe von 1,45 mm ebenfalls innerhalb der Messtoleranz bewegen. Eine genauere Aussage kann durch eine direkte Gegenüberstellung erfolgen bei der eine Differenz aus den Messwerten der zueinander gehörigen Implantatpaaren gebildet wird. Die Ergebnisse zeigen die tatsächlichen Unterschiede beider Gruppen. Es stellt sich heraus, dass die Abweichung beider Gruppen im Median lediglich bei 0,32 mm ($\bar{x} = 0,26$ mm) liegt. Die Vermutung konnte somit bestätigt werden, dass kein praktisch relevanter Unterschied zu erwarten ist. Des Weiteren wurden Differenzen der Messstrecken „Knochenniveau“ und „Breite des Knochendefektes“ betrachtet. Die Werte der Reihe „Knochenniveau“ liegen mit 0,02 mm ($\bar{x} = 0,01$ mm) unter denen des Koronalen Knochendefektes. Die „Breite des Knochendefektes“ weist einen Median (Mittelwert) bei 0,11 mm ($\bar{x} = 0,13$ mm) auf. Die marginal niedrigeren Werte der Verringerung des Knochenniveaus im Bezug zu der horizontalen Defektmessung können darauf beruhen, dass sich Bakterien, die eine Entzündung und damit Knochenabbau hervorrufen können, an der Implantatoberfläche anhaften und deshalb eher einen Schaden am implantatnahen Knochen auslösen als am implantatfernen. In der Literatur ist dieses Phänomen bekannt und bereits diskutiert. Speziell an der Implantat-Abutmentschnittstelle sind Bakterienansiedlungen vermehrt zu beobachten (Steinebrunner, Wolfart et al. 2005). Die Ergebnisse der Messungen sind vergleichbar mit anderen Studien, deren Methodik bzw. Messverfahren auf ähnlicher Grundlage beruhen (Jung, Pjetursson et al. 2008, Krennmair, Seemann et al. 2010). Die Ergebnisse bei Studien über Nachimplantate fallen in der Tendenz gleich aus (Covani, Barone et al. 2006, Kim, Park et al. 2010). Kritisch sind bei diesen Studien die differenzierte Messmethodik und die niedrige Beobachtungszeit.

Zusammenfassend führen die eigenen Ergebnisse zu der Aussage, dass die Überlebenswahrscheinlichkeit der Nachimplantate nicht schlechter ist als bei Erstimplantaten. Gleichzeitig stellt sich heraus, dass bei Nachimplantaten zum Zeitpunkt der 5 Jahreskontrolle in keiner Messstrecke ein praktisch relevanter, höherer Knochenabbau zu erwarten ist als bei Erstimplantaten. Autoren anderer Publikationen, die sich mit Nachimplantaten beschäftigt haben, kommen zu dem Ergebnis, dass Nachimplantate eine vergleichbare Prognose haben wie Erstimplantaten (Covani, Barone et al. 2006, Mardinger, Ben Zvi et al. 2012, He, Shang et al. 2014, Manor, Chaushu et al. 2015).

Machtei et. al., die zwei Studien über Nachimplantate angefertigt haben, und Grossmann et.al. erkennen dagegen eine schlechtere Erfolgsprognose bei Nachimplantaten (Grossmann and Levin 2007, Machtei, Mahler et al. 2008, Machtei, Horwitz et al. 2011). Alsaadi et. al. und Kim Young-Kyun et. al. legen sich nicht fest in ihrer Aussage, ob eine Nachimplantation im Vergleich zu einer Erstimplantation weniger erfolgreich sei (Alsaadi, Quiryne et al. 2006, Kim, Park et al. 2010). Darüber, dass Nachimplantate eine sinnvolle Therapie nach einem Implantatverlust sind, herrscht in der Literatur Einigkeit. Alle bisher angefertigten Studien über Nachimplantate würden eine erneute Implantation empfehlen, bilden aber keinen gemeinsamen Konsens in Bezug zur Prognose von Nachimplantaten. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie mit den Daten des Tübinger Implantatregisters unterstreichen die aktuelle Studienlage. Die Vermutung, dass Nachimplantate einer höheren Gefahr ausgesetzt sind, einen Frühverlust zu erfahren, aber in der weiteren Tragezeit eine ähnliche Prognose haben, kann nicht ausgeschlossen werden. Gleichzeitig wird der Nachimplantation neue Aufmerksamkeit geschenkt. Der Grund der frühen Implantatverluste sollte abgeklärt werden, auch im immunologischen Blickpunkt sollte der Ausschluss einer Titanunverträglichkeit erfolgen.

Es ist zu beobachten, dass Nachimplantate zum Zeitpunkt der 5-Jahreskontrolle eine schlechtere Überlebenswahrscheinlichkeit und einen gering höheren marginalen, aber praktisch nicht relevanten Knochenverlust aufzeigen als Erstimplantate. Um eine genauere Beurteilung über Nachimplantate beschreiben zu können, bedarf es einer größeren Datengrundlage, damit eine präzisere Aussage getroffen werden kann. Die heutige, hohe Implantationszahl und das Wissen, eine Zweitoperation mit guter Prognose durch-

führen zu können, führen dazu, dass in Zukunft quantitativ höherwertige Studien über Nachimplantate angelegt werden können.

4.6 Schlussfolgerungen

1. Die Überlebenswahrscheinlichkeit eines Nachimplantats ist nicht schlechter als die eines Erstimplantats.
2. Nachimplantate zeigen zum 5-Jahreszeitraum keinen höheren periimplantären Knochendefekt als Erstimplantate. Der Knochenabbau in horizontaler und vertikaler Richtung ist bei beiden Gruppen annähernd gleich.

Nachimplantate können als Therapie nach einem Implantatverlust empfohlen werden. Es ist von einer im Vergleich zu Erstimplantaten ähnlichen Prognose auszugehen. Analog zur vorliegenden Studie wird diese Aussage auch von anderen Studien unterstützt.

5 Zusammenfassung

Einleitung

Zahnimplantate haben sich in den letzten Jahrzehnten aufgrund großer Anwendungsmöglichkeiten und guter Erfolgsaussichten zu einer festen Größe der Zahnmedizin etabliert. Trotz beachtlicher Prognosen liegen Implantatverluste in einer geringen Häufigkeit vor.

Ziel der Studie ist, zu erfahren, ob eine zweite Implantation an einer Stelle mit zuvor erfahrenem Implantatverlust vergleichbare Überlebenswahrscheinlichkeiten und ähnliche periimplantäre Knochenveränderung bei erneuter Operation zeigen.

Material und Methoden

In die Untersuchung konnten 154 Zahnimplantate, darunter 77 Nachimplantate und 77 Erstimplantate mit eingeschlossen werden. Beide Gruppen waren in möglichst allen prognostisch relevanten Parametern identisch. Dazu gehörten die Übereinstimmung im Alter, Geschlecht, Implantationszeitpunkt, Implantationsort, Indikation zur Implantation, Implantattyp, Implantatgeometrien und Implantationsart.

Verglichen wurden die Gruppen über die Auswertung der Kaplan-Meier-Überlebenswahrscheinlichkeitsanalyse. Zur Beschreibung der Gruppen in Bezug zur Veränderung des periimplantären Knochens waren 41 Nach- und Erstimplantatpaare zum Zeitpunkt der 5-Jahreskontrolle gegenübergestellt. Die Auswertung erfolgte visuell mit der Darstellung durch Box-Plots.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigten eine gleichwertige Überlebenswahrscheinlichkeit der Nachimplantatgruppe. Der Vergleich der periimplantären Knochenveränderungen zeigte zur 5-Jahreskontrolle keinen praktisch relevanten Unterschied.

Diskussion

Eine erneute Implantation kann empfohlen werden. Weitere Untersuchungen mit einer höheren Anzahl von Implantaten wären wünschenswert.

6 Literatur

Adell, R., U. Lekholm, B. Rockler and P. I. Branemark (1981). "A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw." Int J Oral Surg **10**(6): 387-416.

Albrektsson, T., E. Dahl, L. Enbom, S. Engevall, B. Engquist, A. R. Eriksson, G. Feldmann, N. Freiberg, P. O. Glantz, O. Kjellman and et al. (1988). "Osseointegrated oral implants. A Swedish multicenter study of 8139 consecutively inserted Nobelpharma implants." J Periodontol **59**(5): 287-296.

Alsaadi, G., M. Quirynen and D. van Steenberghe (2006). "The importance of implant surface characteristics in the replacement of failed implants." Int J Oral Maxillofac Implants **21**(2): 270-274.

Becktor, J. P., S. Isaksson and L. Sennerby (2004). "Survival analysis of endosseous implants in grafted and nongrafted edentulous maxillae." Int J Oral Maxillofac Implants **19**(1): 107-115.

Bornstein, M. M., N. Cionca and A. Mombelli (2009). "Systemic conditions and treatments as risks for implant therapy." Int J Oral Maxillofac Implants **24 Suppl**: 12-27.

Buser, D., S. F. Janner, J. G. Wittneben, U. Brägger, C. A. Ramseier and G. E. Salvi (2012). "10-Year Survival and Success Rates of 511 Titanium Implants with a Sandblasted and Acid-Etched Surface: A Retrospective Study in 303 Partially Edentulous Patients." Clinical Implant Dentistry and Related Research **14**(6): 839-851.

Chen, S. T. and D. Buser (2009). "Clinical and esthetic outcomes of implants placed in postextraction sites." Int J Oral Maxillofac Implants **24 Suppl**: 186-217.

Clementini, M., A. Morlupi, L. Canullo, C. Agrestini and A. Barlattani (2012). "Success rate of dental implants inserted in horizontal and vertical guided bone regenerated areas: a systematic review." Int J Oral Maxillofac Surg **41**(7): 847-852.

Covani, U., A. Barone, R. Cornelini and R. Crespi (2006). "Clinical outcome of implants placed immediately after implant removal." J Periodontol **77**(4): 722-727.

d'Hoedt, B. (1986). "10 Jahre Tübinger Implantat aus Frialit. Eine Zwischenauswertung der Implantatdatei." Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie **2**: 6-10.

d'Hoedt, B., D. Lukas and W. Schulte (1986). "[The Tübingen implant as immediate and late implant, a statistical comparison]." Dtsch Zahnärztl Z **41**(10): 1068-1072.

Davies, J. E. (2003). "Understanding peri-implant endosseous healing." J Dent Educ **67**(8): 932-949.

de Molon, R. S., J. A. Morais-Camilo, M. H. Verzola, R. S. Faeda, M. T. Pepato and E. Marcantonio, Jr. (2013). "Impact of diabetes mellitus and metabolic control on bone

- healing around osseointegrated implants: removal torque and histomorphometric analysis in rats." Clin Oral Implants Res **24**(7): 831-837.
- de Wijs, F. L. and M. S. Cune (1997). "Immediate labial contour restoration for improved esthetics: a radiographic study on bone splitting in anterior single-tooth replacement." Int J Oral Maxillofac Implants **12**(5): 686-696.
- Draenert, F. G., K. Sagheb, K. Baumgardt and P. W. Kammerer (2012). "Retrospective analysis of survival rates and marginal bone loss on short implants in the mandible." Clin Oral Implants Res **23**(9): 1063-1069.
- E. Jung, R., A. Zembic, B. E. Pjetursson, M. Zwahlen and D. S. Thoma (2012). "Systematic review of the survival rate and the incidence of biological, technical, and aesthetic complications of single crowns on implants reported in longitudinal studies with a mean follow-up of 5 years." Clinical Oral Implants Research **23**: 2-21.
- Evian, C. I. and S. A. Cutler (1995). "Direct replacement of failed CP titanium implants with larger-diameter, HA-coated Ti-6Al-4V implants: report of five cases." Int J Oral Maxillofac Implants **10**(6): 736-743.
- Galindo-Moreno, P., M. Fauri, G. Avila-Ortiz, J. E. Fernandez-Barbero, A. Cabrera-Leon and E. Sanchez-Fernandez (2005). "Influence of alcohol and tobacco habits on peri-implant marginal bone loss: a prospective study." Clin Oral Implants Res **16**(5): 579-586.
- Gómez-Román, G. (2000). "Eine vergleichende Untersuchung über Einzelzahnimplantationen unter besonderer Berücksichtigung möglicher prognostischer Faktoren." Med. Habilitation, Universität Tübingen.
- Gomez-Roman, G., D. Axmann, B. d'Hoedt and W. Schulte (1995). "Eine Methode zur quantitativen Erfassung und statistischen Auswertung des periimplantären Knochenabbaues." Stomatologie **92/9**: 463-471.
- Gomez-Roman, G., B. d'Hoedt, D. Axmann-Krcmar and W. Schulte (1996). "Visual-metric Measurement of peri-implant Bone defects on Radiographs. A reliability study. ." Z Zahnärztliche Implantologie **12**: 104-109.
- Gomez-Roman, G., D. Lukas, R. Beniashvili and W. Schulte (1999). "Area-dependent enlargement ratios of panoramic tomography on orthograde patient positioning and its significance for implant dentistry." Int J Oral Maxillofac Implants **14**(2): 248-257.
- Gomez-Roman, G., A. Schröer, I. Schäfer, K. Möws and A. Hilliges (1999). "Die Vermessung periimplantärer Knochendefekte auf Röntgenaufnahmen mit Hilfe der digitalen Bildbearbeitung." Z Zahnärztliche Implantologie **15**: 133-138.
- Gomez-Roman, G., W. Schulte, B. d'Hoedt and D. Axman-Krcmar (1997). "The Frialit-2 implant system: five-year clinical experience in single-tooth and immediately postextraction applications." Int J Oral Maxillofac Implants **12**(3): 299-309.

Goodacre, C. J., J. Y. Kan and K. Rungcharassaeng (1999). "Clinical complications of osseointegrated implants." J Prosthet Dent **81**(5): 537-552.

Greenstein, G. and J. Cavallaro (2014). "Failed dental implants." The Journal of the American Dental Association **145**(8): 835-841.

Grossmann, Y. and L. Levin (2007). "Success and survival of single dental implants placed in sites of previously failed implants." J Periodontol **78**(9): 1670-1674.

Haas, R., N. Mendsdorff-Pouilly, G. Mailath and G. Watzek (1996). "Survival of 1,920 IMZ implants followed for up to 100 months." Int J Oral Maxillofac Implants **11**(5): 581-588.

He, J., Y. W. Shang, C. F. Deng, D. H. Shang, C. Zhang, D. N. Wang and B. H. Zhao (2014). "[A clinical retrospective analysis of dental implants replaced in previously failed sites]." Shanghai Kou Qiang Yi Xue **23**(2): 196-200.

Heners, M., W. Walther and M. Worle (1991). "[Long-term success of various implant types--a study over 15 years]." Dtsch Zahnärztl Z **46**(10): 672-675.

Jacobi-Gresser, E., K. Huesker and S. Schutt (2013). "Genetic and immunological markers predict titanium implant failure: a retrospective study." Int J Oral Maxillofac Surg **42**(4): 537-543.

Javed, F., K. Al-Hezaimi, A. Al-Rasheed, K. Almas and G. E. Romanos (2010). "Implant survival rate after oral cancer therapy: a review." Oral Oncol **46**(12): 854-859.

Jung, R. E., B. E. Pjetursson, R. Glauser, A. Zembic, M. Zwahlen and N. P. Lang (2008). "A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns." Clinical Oral Implants Research **19**(2): 119-130.

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

Kim, Y. K., J. Y. Park, S. G. Kim and H. J. Lee (2010). "Prognosis of the implants replaced after removal of failed dental implants." Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod **110**(3): 281-286.

Klein, M. O., E. Schiegnitz and B. Al-Nawas (2014). "Systematic review on success of narrow-diameter dental implants." Int J Oral Maxillofac Implants **29** **Suppl**: 43-54.

Korsch, M. and S. Körbs (2012). "Was tun bei Verlust der vestibulären Lamelle nach Implantation?" ZMK **9**: 554-562.

Kourtis, S. G., S. Sotiriadou, S. Voliotis and A. Challas (2004). "Private practice results of dental implants. Part I: survival and evaluation of risk factors--Part II: surgical and prosthetic complications." Implant Dent **13**(4): 373-385.

Kovacs, A. F. (2001). "Influence of chemotherapy on endosteal implant survival and success in oral cancer patients." Int J Oral Maxillofac Surg **30**(2): 144-147.

- Krennmair, G., R. Seemann, S. Schmidinger, R. Ewers and E. Piehslinger (2010). "Clinical outcome of root-shaped dental implants of various diameters: 5-year results." Int J Oral Maxillofac Implants **25**(2): 357-366.
- Lang, N. P., T. G. Wilson and E. F. Corbet (2000). "Biological complications with dental implants: their prevention, diagnosis and treatment." Clin Oral Implants Res **11 Suppl 1**: 146-155.
- Lemos, C. A., M. L. Ferro-Alves, R. Okamoto, M. R. Mendonca and E. P. Pellizzer (2016). "Short dental implants versus standard dental implants placed in the posterior jaws: A systematic review and meta-analysis." J Dent **47**: 8-17.
- Levin, L. (2010). "Dealing with dental implant failures." Refuat Hapeh Vehashinayim **27**(3): 6-12, 60.
- Levin, L., P. Sadet and Y. Grossmann (2006). "A Retrospective Evaluation of 1,387 Single-Tooth Implants: A 6-Year Follow-Up." Journal of Periodontology **77**(12): 2080-2083.
- Listl, S. and C. M. Faggion, Jr. (2010). "An economic evaluation of different sinus lift techniques." J Clin Periodontol **37**(8): 777-787.
- Lobbezoo, F., J. Van Der Zaag and M. Naeije (2006). "Bruxism: its multiple causes and its effects on dental implants - an updated review." J Oral Rehabil **33**(4): 293-300.
- Machtei, E. E. (2013). "What do we do after an implant fails? A review of treatment alternatives for failed implants." Int J Periodontics Restorative Dent **33**(4): 111-119.
- Machtei, E. E., J. Horwitz, D. Mahler, Y. Grossmann and L. Levin (2011). "Third attempt to place implants in sites where previous surgeries have failed." J Clin Periodontol **38**(2): 195-198.
- Machtei, E. E., D. Mahler, O. Oettinger-Barak, O. Zuabi and J. Horwitz (2008). "Dental implants placed in previously failed sites: survival rate and factors affecting the outcome." Clin Oral Implants Res **19**(3): 259-264.
- Manfredini, D., C. E. Poggio and F. Lobbezoo (2014). "Is bruxism a risk factor for dental implants? A systematic review of the literature." Clin Implant Dent Relat Res **16**(3): 460-469.
- Manor, Y., G. Chaushu, A. Lorean and E. Mijiritzky (2015). "A Retrospective Analysis of Dental Implants Replacing Failed Implants in Grafted Maxillary Sinus: A Case Series." Int J Oral Maxillofac Implants **30**(5): 1156-1160.
- Mardinger, O., Y. Ben Zvi, G. Chaushu, J. Nissan and Y. Manor (2012). "A retrospective analysis of replacing dental implants in previously failed sites." Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology **114**(3): 290-293.

Mengel, R., M. Candir, K. Shiratori and L. Flores-de-Jacoby (2005). "Digital volume tomography in the diagnosis of periodontal defects: an in vitro study on native pig and human mandibles." J Periodontol **76**(5): 665-673.

Mombelli, A. and N. Cionca (2006). "Systemic diseases affecting osseointegration therapy." Clin Oral Implants Res **17 Suppl 2**: 97-103.

Monje, A., H.-L. Chan, J.-H. Fu, F. Suarez, P. Galindo-Moreno and H.-L. Wang (2012). "Are Short Dental Implants (<10 mm) Effective? A Meta-Analysis on Prospective Clinical Trials." Journal of Periodontology **84**(7): 895-904.

Muhammed, A. H., L. R. Manson-Hing and B. Ala (1982). "A comparison of panoramic and intraoral radiographic surveys in evaluating a dental clinic population." Oral Surg Oral Med Oral Pathol **54**(1): 108-117.

Muroff, F. I. (2003). "Removal and replacement of a fractured dental implant: case report." Implant Dent **12**(3): 206-210.

Noack, N., J. Willer and J. Hoffmann (1999). "Long-term results after placement of dental implants: longitudinal study of 1,964 implants over 16 years." Int J Oral Maxillofac Implants **14**(5): 748-755.

Oba, T. and H. Katayama (1972). "Comparison of orthopantomography with conventional periapical dental radiography." Oral Surg Oral Med Oral Pathol **34**(3): 524-530.

Oh, T. J., J. Yoon, C. E. Misch and H. L. Wang (2002). "The causes of early implant bone loss: myth or science?" J Periodontol **73**(3): 322-333.

Ortega-Oller, I., F. Suárez, P. Galindo-Moreno, L. Torrecillas-Martínez, A. Monje, A. Catena and H.-L. Wang (2013). "The Influence of Implant Diameter on Its Survival: A Meta-Analysis Based on Prospective Clinical Trials." Journal of Periodontology **85**(4): 569-580.

Otomo-Corgel, J. (2012). "Osteoporosis and osteopenia: implications for periodontal and implant therapy." Periodontol 2000 **59**(1): 111-139.

Pepelassi, E. A. and A. Diamanti-Kipiotti (1997). "Selection of the most accurate method of conventional radiography for the assessment of periodontal osseous destruction." J Clin Periodontol **24**(8): 557-567.

Quirynen, M., N. Van Assche, D. Botticelli and T. Berglundh (2007). "How does the timing of implant placement to extraction affect outcome?" Int J Oral Maxillofac Implants **22 Suppl**: 203-223.

Richter, E. J. (1992). "Die Verbundbrücke zwischen Zahn und Implantat: Ergebnisse experimenteller und klinischer Untersuchungen." Med. Habilitation, Universität Aachen.

Schepers, R. H., A. P. Slagter, J. H. Kaanders, F. J. van den Hoogen and M. A. Merx (2006). "Effect of postoperative radiotherapy on the functional result of implants placed during ablative surgery for oral cancer." Int J Oral Maxillofac Surg **35**(9): 803-808.

Schnatterer, M. (2012). "Betreuungsstrategien für den Implantatpatienten." ZMK **7-8**: 496-500.

Schulte, W. (1985). "[The Tubinger implant]." Schweiz Monatsschr Zahnmed **95 Spec No**: 872-875.

Sewerin, I. P. (1990). "Errors in radiographic assessment of marginal bone height around osseointegrated implants." European Journal of Oral Sciences **98**(5): 428-433.

Steinebrunner, L., S. Wolfart, K. Bossmann and M. Kern (2005). "In vitro evaluation of bacterial leakage along the implant-abutment interface of different implant systems." Int J Oral Maxillofac Implants **20**(6): 875-881.

Trullenque-Eriksson, A. and B. Guisado-Moya (2014). "Retrospective long-term evaluation of dental implants in totally and partially edentulous patients. Part I: survival and marginal bone loss." Implant Dent **23**(6): 732-737.

Vehemente, V. A., S.-K. Chuang, S. Daher, A. Muftu and T. B. Dodson (2002). "Risk Factors Affecting Dental Implant Survival." Journal of Oral Implantology **28**(2): 74-81.

Wallace, S. S. and S. J. Froum (2003). "Effect of maxillary sinus augmentation on the survival of endosseous dental implants. A systematic review." Ann Periodontol **8**(1): 328-343.

Erklärung zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik mit Propädeutik; Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde; Eberhard-Karls-Universität Tübingen unter Betreuung von Prof. Dr. med. dent. Germán Gómez-Román durchgeführt.

Die Insertion der meisten Implantate, Dokumentation der Daten, Idee und Konzeption der Studie erfolgte durch Prof. Dr. med. dent. Germán Gómez-Román Oberarzt und Leiter der Implantologie in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik mit Propädeutik; Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde; Eberhard-Karls-Universität Tübingen.

Die Daten wurden von der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik mit Propädeutik; Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde; Eberhard-Karls-Universität Tübingen zur Verfügung gestellt.

Die Erhebung der studienrelevanten Röntgendaten wurde von mir eigenständig durchgeführt.

Die statistische Auswertung erfolgte nach Beratung durch das Institut für Biometrie durch mich.

Ich versichere, das Manuskript selbständig (nach Anleitung und Korrektur durch Prof. Dr. med. dent. Germán Gómez-Román) verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

7 Anhang

7.1 Anhang Material und Methoden

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik: Implantat-OP 22.11.2013 **OP-Bogen (Röntgen)**

ID-Nummer Patient Geburtstag w m

Röntgenologisch ermittelte Parameter Datum des Röntgenbildes

Oberkiefer

	d	m	d	m	d	m														
	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28				
neu inserierte Implantate (I = Implantat)																				
Aufnahmetechnik (m, o, s, d)																				
Abstand Referenzpunkt - Apex [mm]																				
Implantatdurchmesser [mm] (im Röntgenbild gemessen)																				
Knochenniveau 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														
	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38				
neu inserierte Implantate (I = Implantat)																				
Aufnahmetechnik (m, o, s, d)																				
Abstand Referenzpunkt - Apex [mm]																				
Implantatdurchmesser [mm] (im Röntgenbild gemessen)																				
Knochenniveau 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

Anhang Abbildung 1: Erhebungsbögen zur Dokumentation der Messungen der röntgenologischen Implantatkontrollen (Operationserhebungsbogen).

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik: Implantatkontrolle

Kontrollbogen/Röntgen OK

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				

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]

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

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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

Paßgenauigkeit der Suprastruktur zwischen ...

1 = gut, 0 = schlecht

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

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 = 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

Anhang Abbildung 2: Erhebungsbögen zur Dokumentation der Messungen der röntgenologischen Implantatkontrollen (Erhebungsbogen Oberkiefer).

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)

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Knochniveau 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

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 = Bonelit-Implantat
 - s = sonstiges Implantat

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

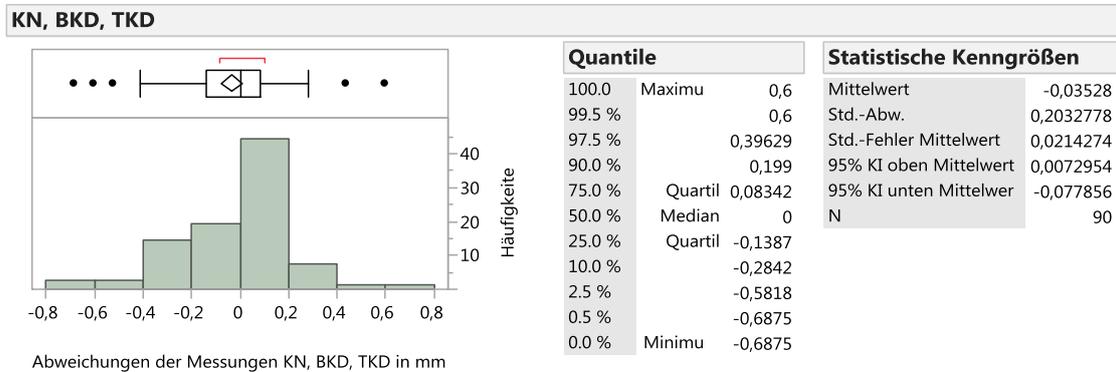
 **Abstand des Implantats zum Nachbarzahn-/Implantat:** von Aussenkante bis Aussenkante gemessen

-  **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

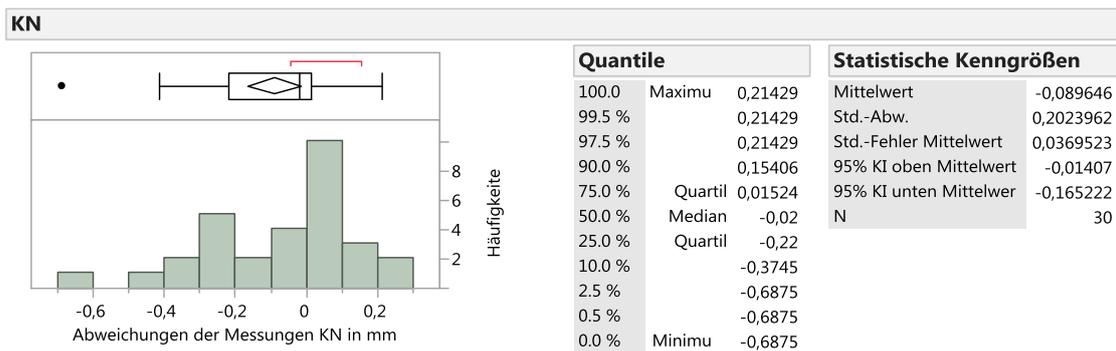
Anhang Abbildung 3: Erhebungsbögen zur Dokumentation der Messungen der röntgenologischen Implantatkontrollen (Erhebungsbogen Unterkiefer).

7.2 Anhang Ergebnisse

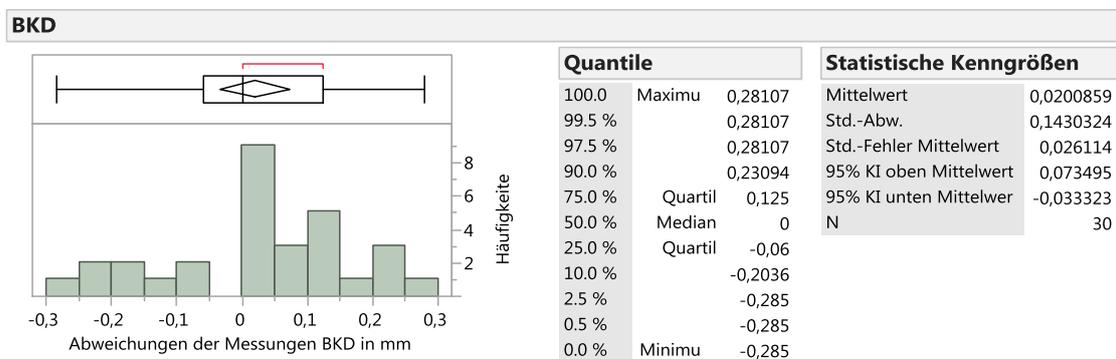
7.2.1 Intraindividuelle Reliabilitätsuntersuchung



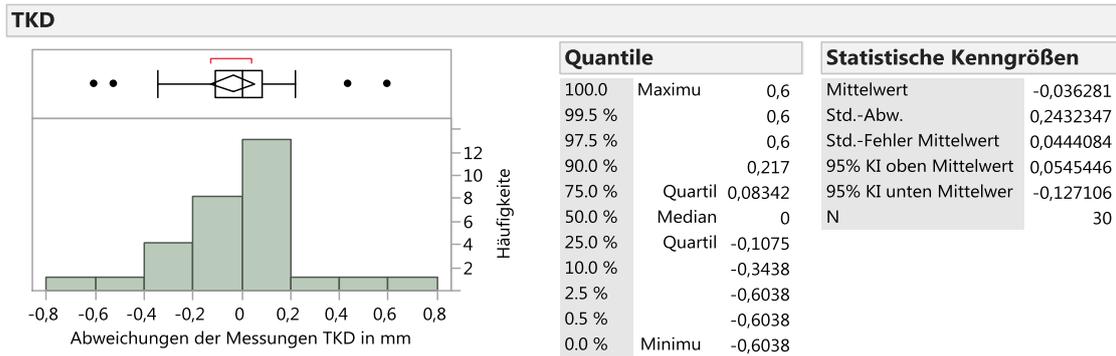
Anhang Abbildung 4: Intraindividuelle Reliabilitätsuntersuchung mit der Gesamtheit der Messungen „Knocheniveau“, „Breite des Knochendefektes“, „Tiefe des Knochendefektes“ (KN, BKD, TKD) n = 90 siehe Kapitel 3.1, Seite 26



Anhang Abbildung 5: Intraindividuelle Reliabilitätsuntersuchung mit Messungen „Knocheniveau“ (KN) n = 30 siehe Kapitel 3.1, Seite 26

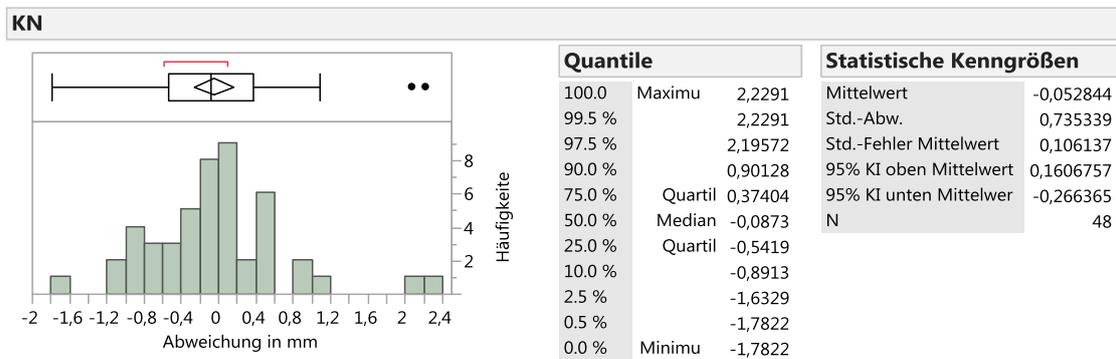


Anhang Abbildung 6: Intraindividuelle Reliabilitätsuntersuchung mit Messungen „Breite des Knochendefektes“ (BKD) n = 30 siehe Kapitel 3.1, Seite 26

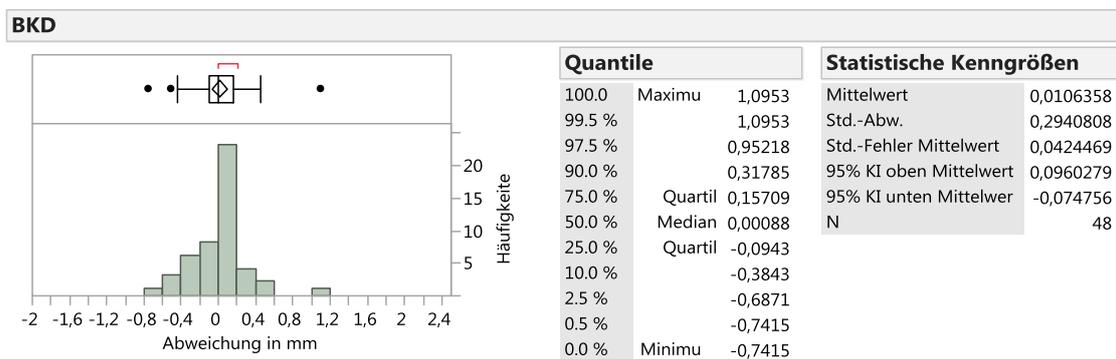


Anhang Abbildung 7: Intraindividuelle Reliabilitätsuntersuchung mit Messungen „Tiefe des Knochendefektes“ (TKD) n = 30 siehe Kapitel 3.1, Seite 26

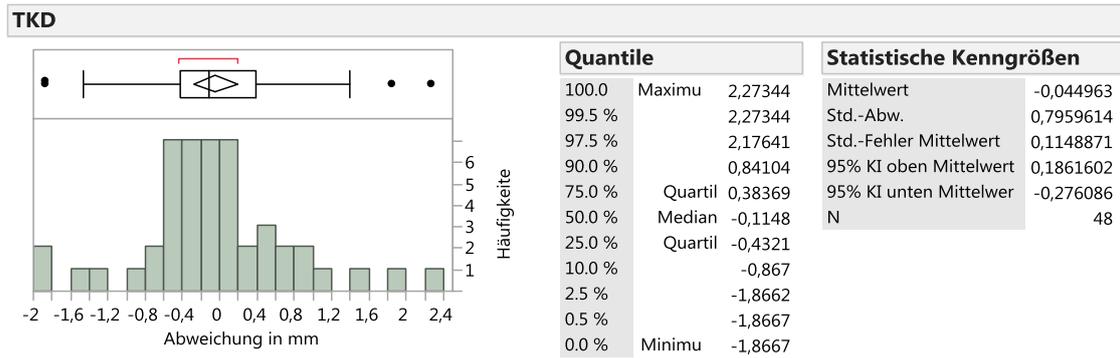
7.2.2 Vorauswertung



Anhang Abbildung 8: Vorauswertung Vergleich mesiale und distale Messwerte der Strecke „Knochenniveau“ (KN) n = 48 siehe Kapitel 3.2, Seite 27



Anhang Abbildung 9: Vorauswertung Vergleich mesiale und distale Messwerte der Strecke „Breite des Knochendefektes“ (BKD) n = 48 siehe Kapitel 3.2, Seite 27



Anhang Abbildung 10: Vorauswertung Vergleich mesiale und distale Messwerte der Strecke „Tiefe des Knochendefektes“ (TKD) n = 48 siehe Kapitel 3.2, Seite 27

7.2.3 Auswertung

7.2.3.1 Auswertung erster Teil: Überlebenswahrscheinlichkeit Erstimplantat

Erstimplantat						
Ereigniszeit	Überlebenswahrscheinlichkeit	Ausfallwahrscheinlichkeit	Überleben Std.-Fehler	Anzahl ausgefallen	Anzahl zensiert	Überlebend
[Jahre]						
0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0	0	77
0,3836	1,0000	0,0000	0,0000	0	1	77
0,6110	0,9868	0,0132	0,0131	1	0	76
1,4247	0,9868	0,0132	0,0131	0	1	75
2,3918	0,9868	0,0132	0,0131	0	1	74
2,4027	0,9733	0,0267	0,0186	1	0	73
2,9534	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	72
3,4904	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	71
3,5342	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	70
3,5890	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	69
4,1342	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	68
4,4493	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	67
4,5671	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	66
4,9178	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	65
4,9644	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	64
5,5644	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	63
6,0384	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	62
6,1836	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	61
6,3945	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	60
6,6027	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	59
6,8849	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	58
7,0630	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	57
7,6548	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	56
7,6849	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	55
7,8055	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	54
8,2493	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	53
8,7123	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	52
8,8082	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	51
8,8986	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	50
9,0000	0,9733	0,0267	0,0186	0	2	49
9,0027	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	47
9,4384	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	46
9,7808	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	45
9,8795	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	44
10,1370	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	43
10,5507	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	42
10,5890	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	41
10,6082	0,9733	0,0267	0,0186	0	1	40
11,1425	0,9484	0,0516	0,0306	1	0	39
11,3342	0,9484	0,0516	0,0306	0	1	38
11,5096	0,9484	0,0516	0,0306	0	1	37
11,5123	0,9484	0,0516	0,0306	0	1	36
11,5918	0,9484	0,0516	0,0306	0	1	35
11,6959	0,9484	0,0516	0,0306	0	1	34
11,8932	0,9484	0,0516	0,0306	0	1	33
12,6219	0,9484	0,0516	0,0306	0	1	32
13,3233	0,9484	0,0516	0,0306	0	1	31
13,5233	0,9484	0,0516	0,0306	0	2	30
13,5616	0,9484	0,0516	0,0306	0	1	28
14,1808	0,9132	0,0868	0,0453	1	0	27
14,4027	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	26
14,6712	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	25
15,0740	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	24
15,2438	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	23
15,2466	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	22
15,3534	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	21
15,4000	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	20
15,5178	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	19
15,5397	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	18
16,1370	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	17
16,2055	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	16
16,4959	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	15
16,5315	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	14
16,5644	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	13
16,8685	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	12
16,9699	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	11
17,0521	0,9132	0,0868	0,0453	0	2	10
17,1836	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	8
17,4329	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	7
17,9890	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	6
18,2658	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	5
19,3863	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	4
20,3479	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	3
20,4630	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	2
20,8877	0,9132	0,0868	0,0453	0	1	1

Anhang Abbildung 11: Auswertung Ergebnisse erster Teil: Überlebenswahrscheinlichkeiten der Erstimplantate im zeitlichen Verlauf; n = 77 (Siehe 3.3, Seite 28ff)

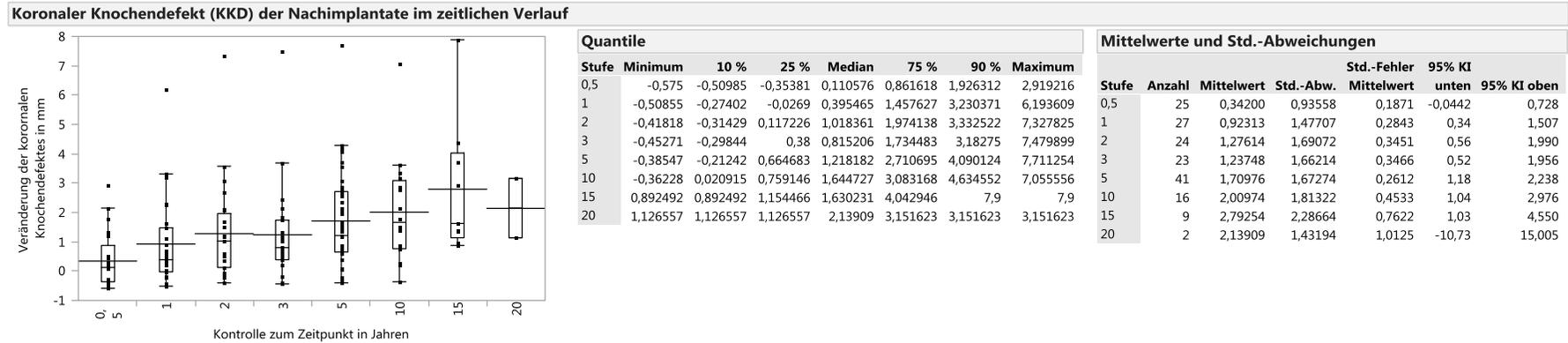
7.2.3.2 Auswertung erster Teil: Überlebenswahrscheinlichkeit Nachimplantat

Nachimplantat							
Ereigniszeit	Überlebenswahrscheinlichkeit	Ausfallwahrscheinlichkeit	Überleben Std.-Fehler	Anzahl ausgefallen	Anzahl zensiert	Überlebend	
[Jahre]							
0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0	0	77	
0,1123	0,9870	0,0130	0,0129	1	0	77	
0,1151	0,9740	0,0260	0,0181	1	0	76	
0,2438	0,9610	0,0390	0,0221	1	0	75	
0,2575	0,9610	0,0390	0,0221	0	1	74	
0,2712	0,9610	0,0390	0,0221	0	1	73	
0,7014	0,9477	0,0523	0,0255	1	0	72	
0,8247	0,9477	0,0523	0,0255	0	1	71	
1,1671	0,9477	0,0523	0,0255	0	1	70	
1,2822	0,9477	0,0523	0,0255	0	1	69	
1,4384	0,9477	0,0523	0,0255	0	1	68	
1,4712	0,9477	0,0523	0,0255	0	1	67	
1,9479	0,9477	0,0523	0,0255	0	1	66	
2,4658	0,9477	0,0523	0,0255	0	1	65	
3,2630	0,9477	0,0523	0,0255	0	1	64	
3,5315	0,9477	0,0523	0,0255	0	1	63	
4,1342	0,9477	0,0523	0,0255	0	1	62	
4,3918	0,9477	0,0523	0,0255	0	1	61	
4,6986	0,9477	0,0523	0,0255	0	1	60	
5,1863	0,9477	0,0523	0,0255	0	1	59	
5,1973	0,9477	0,0523	0,0255	0	2	58	
5,9589	0,9477	0,0523	0,0255	0	1	56	
6,7123	0,9477	0,0523	0,0255	0	1	55	
6,7233	0,9477	0,0523	0,0255	0	1	54	
6,7534	0,9477	0,0523	0,0255	0	1	53	
6,7890	0,9295	0,0705	0,0308	1	0	52	
7,0082	0,9295	0,0705	0,0308	0	1	51	
7,1068	0,9295	0,0705	0,0308	0	1	50	
7,3644	0,9295	0,0705	0,0308	0	1	49	
7,3726	0,9295	0,0705	0,0308	0	1	48	
7,4712	0,9295	0,0705	0,0308	0	1	47	
7,5726	0,9295	0,0705	0,0308	0	1	46	
7,6164	0,9295	0,0705	0,0308	0	1	45	
8,0932	0,9083	0,0917	0,0366	1	0	44	
8,1342	0,9083	0,0917	0,0366	0	1	43	
8,5342	0,9083	0,0917	0,0366	0	1	42	
8,5397	0,9083	0,0917	0,0366	0	1	41	
8,8630	0,9083	0,0917	0,0366	0	1	40	
8,9068	0,9083	0,0917	0,0366	0	1	39	
9,0384	0,8844	0,1156	0,0428	1	0	38	
9,2712	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	37	
9,5315	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	36	
9,5507	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	35	
9,5781	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	34	
10,4877	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	33	
10,5151	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	32	
10,6493	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	31	
11,0137	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	30	
11,0192	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	29	
11,7863	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	28	
12,2767	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	27	
12,4521	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	26	
12,5041	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	25	
12,6274	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	24	
12,7562	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	23	
12,7808	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	22	
12,8740	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	21	
12,8904	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	20	
13,0027	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	19	
13,4822	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	18	
13,7890	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	17	
13,9699	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	16	
14,0603	0,8844	0,1156	0,0428	0	1	15	
14,1068	0,8213	0,1787	0,0727	1	0	14	
14,3863	0,8213	0,1787	0,0727	0	1	13	
15,5397	0,8213	0,1787	0,0727	0	1	12	
16,1370	0,8213	0,1787	0,0727	0	1	11	
16,2027	0,8213	0,1787	0,0727	0	1	10	
17,5479	0,8213	0,1787	0,0727	0	1	9	
18,2575	0,8213	0,1787	0,0727	0	1	8	
18,4849	0,8213	0,1787	0,0727	0	1	7	
18,5233	0,8213	0,1787	0,0727	0	1	6	
19,5726	0,8213	0,1787	0,0727	0	1	5	
20,8658	0,8213	0,1787	0,0727	0	1	4	
21,3507	0,8213	0,1787	0,0727	0	1	3	
21,3644	0,8213	0,1787	0,0727	0	1	2	
21,8110	0,0000	1,0000	0,0000	1	0	1	

Anhang Abbildung 12: Auswertung Ergebnisse erster Teil: Überlebenswahrscheinlichkeiten der Nachimplantate im zeitlichen Verlauf; n = 77 (Siehe 3.3, Seite 28ff)

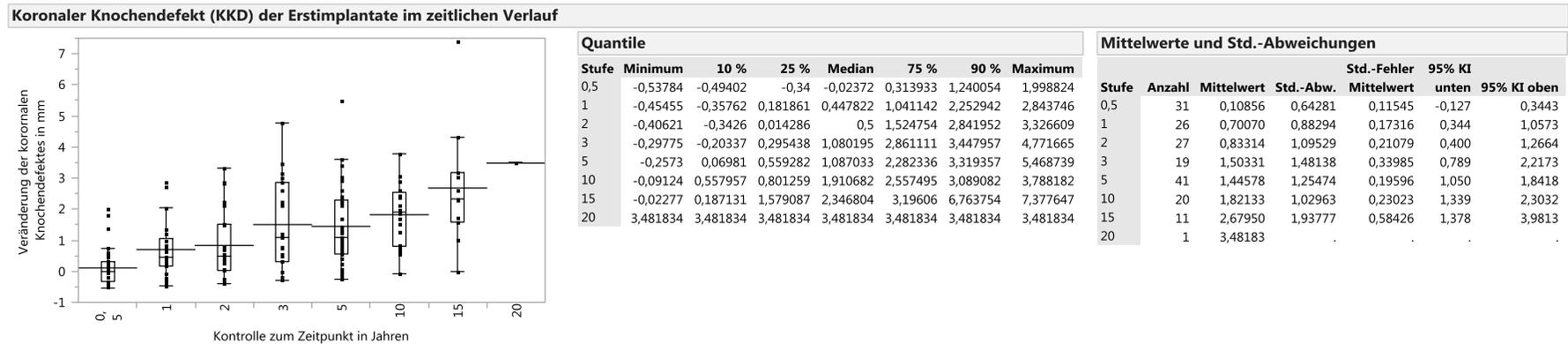
7.2.3.3 Auswertung zweiter Teil: Periimplantäre Knochenveränderung

7.2.3.3.1 Nachimplantate: Kontrollen im zeitlichen Verlauf



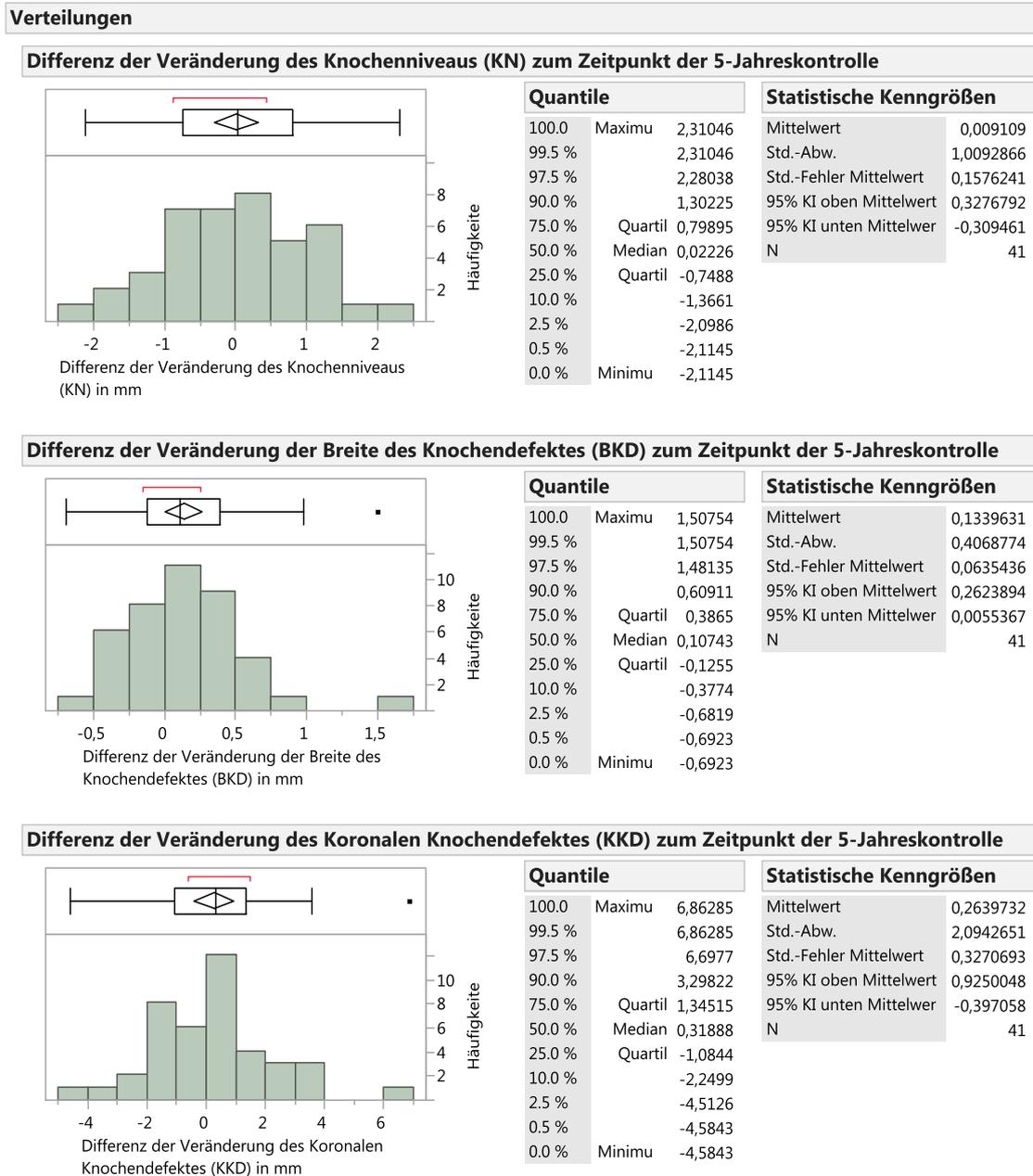
Anhang Abbildung 13: Auswertung „Koronaler Knochendefekt“ (KKD) der Nachimplantate [0,5J (n = 25); 1J (n = 27); 2J (n = 24); 3J (n = 23); 5J (n = 41); 10J (n = 16); 15J (n = 9); 20J (n = 2)] siehe Kapitel 3.3, Seite 28ff

7.2.3.4 Erstimplantate: Kontrollen im zeitlichen Verlauf



Anhang Abbildung 14: Auswertung „Koronaler Knochendefekt (KKD) der Erstimplantate [0,5J (n = 31); 1J (n = 26); 2J (n = 27); 3J (n = 19); 5J (n = 41); 10J (n = 20); 15J (n = 11); 20J (n = 1)] siehe Kapitel 3.3, Seite 28ff

7.2.3.5 Differenzen der Nach- und Erstimplantate: 5-Jahreskontrolle



Anhang Abbildung 15: Auswertung Auflistung der Differenzen von Nach- und Erstimplantaten mit „Knochenniveau“ (KN), „Breite des Knochendefektes“ (BKD) und „Koronaler Knochendefekt“ (KKD) zum Zeitpunkt der 5 Jahreskontrolle; n = 41. Negative Werte stehen für geringeren, positive Werte für größeren Knochenveränderung bei Nachimplantaten siehe Kapitel 3.3, Seite 28ff

Danksagung

Meinen besonderen Dank soll Herrn Professor Dr. German Gomez-Roman gelten für die Überlassung einer hochinteressanten Arbeit bei gleichzeitig guter Betreuung.

Meiner Familie, vor allem meinen Eltern und Schwester Raphaela, die mich während meiner ganzen Ausbildung nicht nur fachlich und materiell, sondern vor allem ideell unterstützten, möchte ich mich herzlich bedanken.

Den Helferinnen der Implantologie in der Calwerstraße Tübingen danke ich für die stets freundliche Hilfe.

Frau Aline Naumann vom Biometrischen Institut danke ich für die Einführung in die Biometrie.

Herrn Evan Powilleit möchte ich ebenfalls Dank sagen für die tolle gemeinsame Zeit als Studenten und Doktoranden.