

Periimplantäre Knochenveränderungen am Frialit-2
Implantat

-

Eine 10-Jahresuntersuchung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Rombach, Stefan Joachim

2016

Dekan:

Professor Dr. I.B. Autenrieth

1. Berichterstatter:

Professor Dr. G. Gómez-Román

2. Berichterstatter :

Professor Dr. C. Löst

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|------|---|----|
| 1. | Einleitung..... | 4 |
| 1.1. | Allgemein..... | 4 |
| 1.2. | Literatur mit ähnlicher Fragestellung | 9 |
| 1.3. | Notwendigkeit der Studie | 10 |
| 1.4. | Ziel der Studie..... | 10 |
| 2. | Material und Methode | 11 |
| 2.1. | Studienbedingungen | 11 |
| 2.2. | Patienten | 11 |
| 2.3. | Röntgen | 19 |
| 2.4. | Messmethode | 22 |
| 2.5. | Daten | 24 |
| 3. | Ergebnisse..... | 31 |
| 3.1. | Vorauswertung..... | 31 |
| 3.2. | Gesamtergebnis | 32 |
| 3.3. | Vergleich der Knochenveränderung nach Versorgungsart | 36 |
| 3.4. | Vergleich der Knochenveränderung nach Kiefer im Frontzahnggebiet..... | 40 |
| 3.5. | Vergleich der Knochenveränderung nach Kiefer im Seitenzahnggebiet | 44 |
| 4. | Diskussion | 48 |
| 4.1. | Diskussion des Studienziels..... | 48 |
| 4.2. | Diskussion der Methode..... | 48 |
| 4.3. | Diskussion der Ergebnisse..... | 56 |
| 4.4. | Schlussfolgerung | 65 |
| 5. | Zusammenfassung | 66 |
| 6. | Bibliographie | 67 |
| 7. | Erklärung zum Eigenanteil | 77 |
| 8. | Anhang | 78 |
| 8.1. | Implantatabmessungen zur Berechnung des Entzerrungsfaktors..... | 78 |
| 8.2. | Tabellarischer Anhang zum Ergebnisteil | 78 |
| 8.3. | Vorauswertung Messstrecken..... | 79 |
| 8.4. | Hauptauswertung Messstrecken | 80 |
| 8.5. | Anlagen | 92 |

1. Einleitung

1.1. Allgemein

Implantate werden immer häufiger zum Schluss von Zahnlücken, die durch Nichtanlage, Trauma, kariösen oder parodontogenen Zahnverlust entstanden sind, oder zur Rekonstruktion gänzlich zahnloser Kiefer eingesetzt (Kern et al. 2006). Durch bessere und präzisere präoperative Planung und Diagnostik (Foet 2007) konnte das Inserieren von Implantaten immer mehr vereinfacht werden, sodass diese Art der Versorgung zu einer ernstesten Alternative zu konventionellen festsitzenden prothetischen Versorgungen wie zum Beispiel Brücken geworden ist; dies gilt insbesondere dann, wenn die die Zahnlücke begrenzenden Zähne noch völlig intakt sind.

Dentale Implantate sind Wurzelimitate, die enossal verankert werden. Sie bestehen aus 3 Teilen: dem eigentlichen Implantat, das entsprechend einer Zahnwurzel im Knochen verankert und bei aktuellen Implantatsystemen in diesen geschraubt wird, und dem Abutment, das das Implantat mit dem dritten Teil, der prothetischen Versorgung, verbindet (Schwenzer und Ehrenfeld 2000). Um langfristig ausreichenden Halt für ein Implantat zu gewährleisten, ist eine niveau- und volumenstabile periimplantäre Knochenstruktur die wichtigste Grundvoraussetzung.

Um eine optimale Einheilung ins periimplantäre Hartgewebe, auch Osseointegration genannt, zu erreichen, wurde sehr viel an der Morphologie und Oberflächenbeschaffenheit von Implantaten geforscht (Aalam und Nowzari 2005; Alsaadi et al. 2006; Balshe et al. 2008; Balshe et al. 2009; Baschong und Lambrecht 2004; Duyck et al. 2007; Hilbig et al. 2005; Juodzbaly et al. 2007; Kieswetter et al. 1996; Sammons et al. 2005; Schicho et al. 2007; Stein et al. 2009; Sykaras et al. 2000; Tabassum et al. 2009; Triplett et al. 2003; Wennerberg et al. 1993; Wennerberg 2003; Wennerberg und Albrektsson 2009).

Durch eine mikromechanisch vergrößerte Oberfläche, die zum Beispiel durch Abstrahlen mit Korund oder durch einen Brennvorgang, der dem Material

zusätzlich Mikroporen verleiht, entsteht, soll den knochenbildenden Zellen eine größere Anheftungsfläche geboten werden.

Implantate müssen aus einem biokompatiblen Material hergestellt werden, um vom Organismus nicht als Fremdkörper behandelt und abgestoßen zu werden. Als geeignete Materialien gelten Titan und keramische Werkstoffe. Mit Zahnersatz versorgte aktuelle Implantatsysteme ermöglichen so bei korrekter Indikation und Anwendung sowie entsprechender Pflege eine gute Einheilung und hohe Überlebensraten (Eckert et al. 2005).

1974 wurde das Tübinger Sofortimplantat entwickelt; ein Implantat aus polykristallinem Aluminiumoxid, das 1980 von Friatec (Mannheim, Deutschland) nach hinreichender Forschung unter dem Namen Frialit auf den Markt gebracht wurde (d'Hoedt und Lukas 1987; Lukas et al. 1983; Schulte und Heimke 1976). 1992 wurde der Nachfolger Frialit-2 aus Titan präsentiert, der bis dato sowohl zur Sofort- als auch zur Spätimplantation verwendet wird.

Das Frialit-2 Implantat besitzt eine wurzelanaloge Stufenform und besteht aus Reintitan, das zum Zweck der Oberflächenvergrößerung gestrahlt und anschließend geätzt wird.

Mit der Weiterentwicklung der Oberflächenbehandlung wurden die Frialit-2 Implantate ab 2003 mit einer veränderten enossalen Oberfläche, „Friadent plus“, ausgestattet. Diese weist eine wachstumsaktivierende Mikrostruktur auf, die die Osseointegration des Implantats positiv unterstützen und beschleunigen soll.

Trotz aller technischer Anstrengungen konnte jedoch nachgewiesen werden, dass sich das periimplantäre Hartgewebe nach der Insertion oraler Implantate verändert. Erfolgt diese Veränderung im Sinne eines Knochenabbaus, so hat dies Auswirkungen auf den Behandlungserfolg (Albrektsson et al. 1986).

Mehrere Faktoren können hierfür verantwortlich sein.

Nach dem Setzen von Implantaten findet in der Regel ein Knochenumbau, das sogenannte Remodeling (Davies 1998), statt, das mit vertikalem Knochenverlust einhergeht.

Cochran et al. stellten in einer Untersuchung 2009 fest, dass dieser Knochenverlust innerhalb der ersten 6 Monate nach Implantatinsertion am

größten ist und unabhängig von Implantatlänge, Versorgungsart und Implantatdesign auftritt.

Auch Weng et al. stellten in Studien 2010 sowie 2011 im Zeitraum nach der Freilegung und prothetischen Versorgung einen Knochenabbau fest, der klinisch und röntgenologisch nachgewiesen werden konnte.

Geht man von einer lege artis Insertion der Implantate aus, gibt es weitere Ursachen, die unter anderem das periimplantäre Weichgewebe betreffen. Entzündliche Prozesse der Gingiva können dem Hartgewebe schaden. Persistierende periimplantäre Infektionen des Weichgewebes können Entzündungsvorgänge im Knochen auslösen, die zu dessen Abbau führen (Covani et al. 2006; De Smet et al. 2001; Quirynen et al. 2002; Tang et al. 2000). Diesen Vorgang nennt man Periimplantitis. Ein Vorliegen von dünner und somit vulnerabler periimplantärer Mukosa kann nach Linkevicius et al. (2009) einen größeren Hartgewebsverlust begünstigen.

Erhöhte periimplantäre Plaqueakkumulation durch eingeschränkte Hygienefähigkeit des Patienten kann derartige Infektionen ebenso fördern wie Nikotinabusus (Chung et al. 2007; DeLuca und Zarb 2006; Gómez-Román et al. 2003). Zu diesem Schluss kommen auch Lindhe und Meyle in ihrem 2008 vorgestellten Konsensus-Report. Schwarz et al. (2007) teilten die auftretenden Knochenverluste nach Ausdehnung in 2 Defektklassen ein, die bei der von ihnen vorgestellten Therapie der Periimplantitis berücksichtigt werden sollten.

Bauartbedingt können derartige Infektionen durch Mikrospalten an zweiteiligen Implantatsystemen gefördert werden; hierbei handelt es sich um Spalten, die zwischen Implantat und Abutment auftreten. Durch diese Mikrospalten können infolge mechanischer Belastung beim Kauakt Mikroorganismen, die sich im Speichel befinden, ins Implantatinnere gepumpt werden und dort zu Plaquebildung und damit einhergehender Entzündung des periimplantären Hart- und Weichgewebes führen (Jansen et al. 1997).

Die Größe des Mikrospalts kann konstruktionsbedingt variieren. Hopp et al. (2000) untersuchten die Größe von Mikrospalten an unterschiedlichen

Implantatsystemen. Dabei trat nach Verschraubung mit vom Hersteller vorgegebenem Drehmoment bei der konischen Verbindung des Ankylos® Systems (Dentsply Implants, Mannheim, Deutschland) ein Mikrospalt in Höhe von 0,71µm und bei der Stoß-zu-Stoß-Verbindung des Frialit-2 Systems in Höhe von 2,4 µm auf.

Dabei scheint jedoch nach Hermann et al. (1997 und 2001) nicht die Größe des Mikrospalts, sondern die Mikrobewegung des Abutments auf dem Implantat an sich für den Einfluss auf den koronalen Knochenverlust maßgeblich zu sein. Die Lage der Mikrospalten scheint nach Callan (1997) ebenfalls eine wichtige Rolle zu spielen. So trat erhöhter Knochenverlust bei subgingivaler Lage bei 100% der von ihm untersuchten Implantate auf, wohingegen die Anzahl betroffener Implantate bei supragingivaler Lage signifikant geringer war.

Der koronale Knochenverlust unter Belastung scheint unter anderem abhängig vom Durchmesser des Abutments am Übergang zur Implantatschulter zu sein. De Almeida et al. (2011) versahen in einer Studie Frialit-2 Implantate mit platformgeswitchten, also durchmesserreduzierten, Aufbauten und untersuchten im Vergleich mit einer Kontrollgruppe mit Standardabutments den koronalen Knochenabbau. Dabei stellten sie fest, dass sich der koronale Knochen bei den mit Standardabutments versorgten Implantaten im Untersuchungszeitraum bis unter die Implantat-Abutment-Verbindung zurückzog. Nach durchschnittlich 33,5 Monaten betrug der krestale Knochenverlust im Mittel 2,30mm. Bei den durchmesserreduzierten Aufbauten lag dagegen lediglich ein Knochenverlust in Höhe von 0,27mm vor, wobei hier das Knochenniveau jeweils krestal der Implantat-Abutment-Verbindung lag. Auch Fickl et al. (2010) fanden nach einem Jahr an Implantaten mit Platformswitching einen geringeren Knochenverlust vor als an Implantaten mit Standardabutments. Schwarz et al. betonten 2013 in ihrem Konsensus-Report ebenfalls die positive Wirkung durch Platform-Switching für die Niveaustabilität periimplantären Knochens.

Diese Studien zeigen, dass bauartbedingt koronaler Knochenabbau gefördert werden kann, der sich dem unmittelbaren Einfluss des Behandlers entzieht.

Darüber hinaus kann durch fehlerhaftes Vorgehen beim Implantieren Knochen übermäßig verletzt werden und dadurch im späteren zeitlichen Verlauf verloren gehen (da Silva 2002, Oh et al. 2002).

Das periimplantäre Hartgewebe kann durch zu hohen Druck, zu geringe Wasserkühlung oder Verwendung stumpfer Bohrer beim Anlegen des Bohrstollens überhitzt und so geschädigt werden.

Eine korrekte Implantatposition kann späteren Knochenverlust verhindern. Wird ein Implantat zu weit bukkal gesetzt, so kann dies mit erhöhtem Verlust der bukkalen Knochenlamelle einhergehen. Zwischen zwei benachbarten Implantaten sollte ein von der jeweiligen prothetischen Versorgung abhängiger Mindestabstand eingehalten werden. Wird dieser unterschritten, kann ebenfalls erhöhter Knochenverlust beobachtet werden (Baron et al. 2005; Gómez-Román et al. 2004; Kupersmidt et al. 2007), wobei Hatley et al. (2001) diesbezüglich im Tierversuch jedoch konträre Ergebnisse fanden.

Weitere Gründe für periimplantäre Knochenverluste können systemische Allgemeinerkrankungen des Patienten sein, die einen Risikofaktor für die Überlebensdauer eines Implantats darstellen (Moy et al. 2005). Ein besonders großes Risiko für erhöhten Knochenverlust besteht bei Patienten mit schlecht eingestelltem Diabetes mellitus und bestrahlten Kieferpartien.

Auch das Geschlecht der Patienten scheint nach einer Untersuchung von Strietzel et al. (2004) einen Einfluss auf Knochenveränderungen zu haben.

All diese Faktoren können das periimplantäre Hartgewebe in seiner Dimension beeinflussen. Mittels röntgenologischer Nachkontrolle von Frialit-2 Implantaten, die mindestens 10 Jahre in situ sind, soll in dieser Studie untersucht werden, inwiefern sich der periimplantäre Knochen im zeitlichen Verlauf verändert.

1.2. Literatur mit ähnlicher Fragestellung

Mehrere Studien haben sich bereits mit der Beobachtung und Messung von Veränderungen des periimplantären Hartgewebes beschäftigt.

Warren et al. (2002) vermuteten, dass periimplantärer Knochenverlust durch die Oberflächenbeschaffenheit der Implantate beeinflusst werde. Dazu untersuchten sie Röntgenbilder von 48 Patienten mit 102 sandgestrahlten Astra Tech Dental® Titan-Implantaten unterschiedlicher Längen und Durchmesser, die im Seitenzahnggebiet mit Zahnersatz versorgt wurden.

Dazu wurde der krestale Knochen zu den Zeitpunkten unmittelbar nach der OP, nach definitiver prothetischer Versorgung und 6 bis 36 Monate danach untersucht. Die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit betrug 2,3 Jahre.

Dabei fanden sie heraus, dass der krestale Knochenabbau innerhalb der 36 Monate zwischen 0,0 und 2,1 mm betrug. Der durchschnittliche Verlust betrug $0,36 \pm 0,6$ mm. Es traten dabei Unterschiede für Implantate mit Durchmessern von 3,8 und 4,0 mm zu Tage.

Sie gelangten zu dem Ergebnis, dass der röntgenologisch gemessene krestale Knochenverlust bei sandgestrahlten Titan-Implantaten weniger als 1 mm nach OP und Belastung betrüge.

Krennmair und Waldenberger (2004) untersuchten röntgenologisch Frialit-2 Implantate mit 5,5 mm Durchmesser, die unterschiedlich prothetisch versorgt wurden. 121 Implantate wurden bei 114 Patienten inseriert.

Die Nachuntersuchungszeit betrug 12-114 Monate; durchschnittlich 41,8. Im Mittel betrug der krestale Knochenverlust im Untersuchungszeitraum $1,4 \pm 1,2$ mm.

Ricci et al. (2004) untersuchten anhand von 112 Frialit-2 Implantaten bei 51 Patienten den periimplantären Knochen röntgenologisch nach 5 Jahren Funktion im Mund. Dabei stellten sie fest, dass ein durchschnittlicher Knochenverlust im Untersuchungszeitraum von $2,17 \pm 1,6$ mm auftrat.

Cochran et al. (2009) versorgten 192 Patienten mit 596 Schrauben und Hohlzylindern aus plasmabeschichtetem Titan im Ober- und Unterkieferfrontzahnggebiet. Die Implantate heilten offen ein und wurden post OP mit Provisorien versorgt. Nachuntersuchungen sowie röntgenologische Untersuchungen fanden unmittelbar nach der OP, nach definitiver prothetischer Versorgung, nach 6 Monaten sowie danach jährlich bis 5 Jahre nach prothetischer Versorgung statt.

Dabei stellten sie den größten Knochenverlust innerhalb der ersten 6 Monate nach Inserierung der Implantate fest. Dieser betrug durchschnittlich $2,44 \pm 1,20$ mm. Im Untersuchungszeitraum von der prothetischen Versorgung bis zur Untersuchung nach einem Jahr Belastung betrug der Knochenabbau lediglich $0,22 \pm 0,42$ mm und im Zeitraum von der 1- bis zur 5-Jahresuntersuchung $0,18 \pm 0,88$ mm. Implantatlänge, Durchmesser und prothetische Versorgung zeigten darauf keine Auswirkungen. Sie konnten damit zeigen, dass der größte Knochenverlust bei einzeitig gesetzten Titan-Implantaten mit plasmabeschichteter Oberfläche im Zeitraum zwischen OP und prothetischer Versorgung liegt.

1.3. Notwendigkeit der Studie

Bislang fehlt eine Studie, die die periimplantären Knochenveränderungen an Frialit-2 Implantaten über den 5-Jahreszeitraum hinaus untersucht.

1.4. Ziel der Studie

Mit dieser Studie soll das quantitative Ausmaß der eventuellen periimplantären vertikalen und horizontalen Knochenveränderung unter besonderer Berücksichtigung der verschiedenen Lokalisationen und prothetischen Versorgungen an Frialit-2 Implantaten über einen Zeitraum von 10 Jahren untersucht werden.

2. Material und Methode

2.1. Studienbedingungen

Die Studie wurde als prospektive Studie konzipiert. Das periimplantäre Hartgewebe wurde mittels festgelegten Untersuchungskriterien vermessen. Als Untersuchungseinheit galt das einzelne Implantat.

2.2. Patienten

2.2.1. Ein-und Ausschlusskriterien

Grundlage der Studienpopulation waren Patienten des Implantatregisters der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der ZZMK-Klinik der Universität Tübingen, die dort mit Frialit-2 Implantaten der Firma Dentsply Implants (Mannheim, Deutschland) versorgt wurden.

Seitens der Patienten lag eine Einverständniserklärung zur wissenschaftlichen Auswertung ihrer Daten vor.

Es mussten mindestens 10 Jahre seit der prothetischen Versorgung vergangen sein. Stichdatum hierfür war der 18.09.2009.

Voraussetzung für die Datenerhebung der Frialit-2 Implantate war das Vorliegen von Röntgenaufnahmen in Form von Mundfilmen und Panoramaschichtaufnahmen zu den Zeitpunkten postoperativ, nach prothetischer Versorgung sowie nach 10 Jahren in situ.

Lag eine unmittelbar postoperative Röntgenaufnahme nicht vor, fehlte die Aufnahme 10 Jahre nach prothetischer Versorgung oder ging ein Implantat vor der 10-Jahres-Kontrolluntersuchung verloren, so wurde dieses Implantat nicht in diese Studie aufgenommen. Ergebnisverfälschende Eingriffe in Form von Periimplantitistherapien führten ebenfalls zum Ausschluss der betreffenden Implantate.

Nach Berücksichtigung der Ein-und Ausschlusskriterien wurden Röntgenaufnahmen von 93 Patienten mit 153 Implantaten in dieser Studie nachuntersucht. 49 Patienten waren männlich, 44 weiblich. Insgesamt wurden

572 Mundfilme und 422 Panoramaschichtaufnahmen befundet.

2.2.2. Indikation/Kontraindikation

Zum Zeitpunkt der Insertion der Implantate bestand bei keinem der Patienten eine allgemeine oder lokale Kontraindikation nach den Richtlinien der Frankfurter Konsensuskonferenz (Strunz et al. 1991).

2.2.3. Alter und Geschlecht

Es wurden 93 Patienten in die Studie aufgenommen; davon 49 männlich und 44 weiblich. Dies entsprach einem Anteil von 53% an Männern sowie 47% an Frauen (Abbildung 1 S. 12).

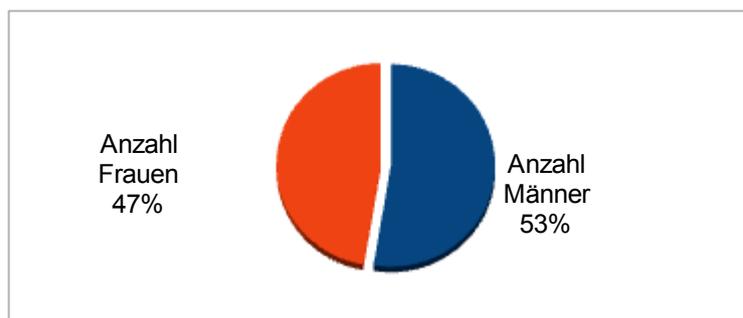


Abbildung 1: Geschlechterverteilung der Patienten in %

Abbildung 2 (S. 13) zeigt die Altersverteilung der Patienten. Das durchschnittliche Alter am Tag der OP betrug 38 Jahre.

Der jüngste Patient war zum Zeitpunkt der Implantation 15 Jahre alt, der älteste 76. Die durchschnittliche Einheilzeit der Implantate betrug 6,3 Monate.

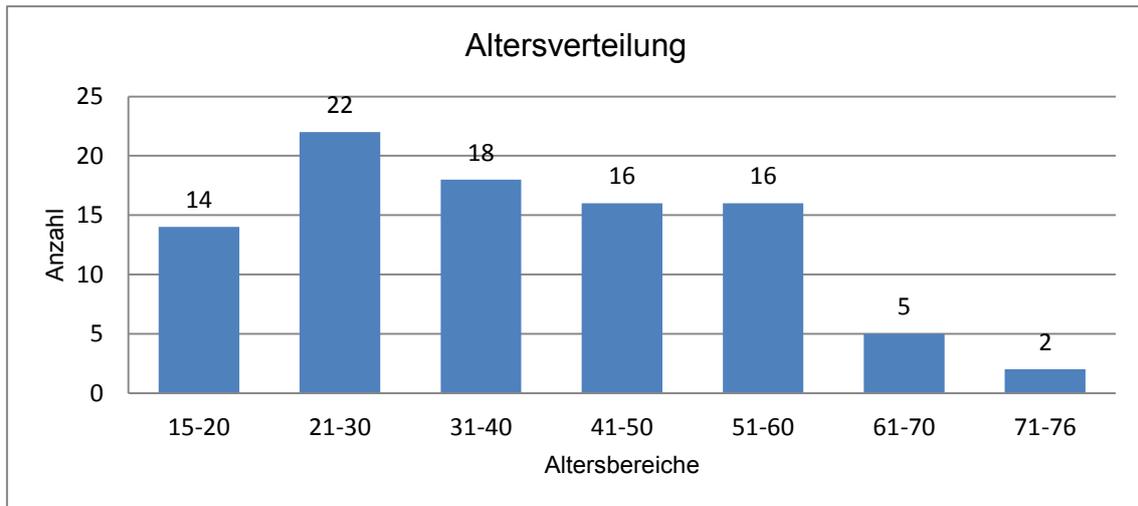


Abbildung 2: Altersverteilung der Patienten

2.2.4. Implantattyp und Merkmale

Bei allen verwendeten Implantaten handelte es sich um Implantate des Typs Frialit-2 Stufenschraube der Firma Dentsply Implants (Mannheim, Deutschland), wie in Abbildung 3 (S. 14) abgebildet.

Das Frialit-2 Implantat besteht aus Reintitan und besitzt eine wurzelanaloge Form. Es verfügt über eine gestrahlte und geätzte Oberfläche, die 2003 modifiziert wurde. Bei der Implantat-Abutment-Verbindung handelt es sich um eine Stoß-zu-Stoß-Verbindung. Die Kopplung des Abutments zum Implantat und die Indexierung erfolgt über einen internen Sechskant. Frialit-2 Implantate sind sowohl für die Standard- als auch für die Sofortimplantation geeignet. Die verwendeten Durchmesser betragen 3,8, 4,5, 5,5 und 6,5 mm; die Längen 10, 11, 13 und 15mm. Abutments mit Platform-switch kamen nicht zum Einsatz.



Abbildung 3: Frialit-2 Stufenschraube

Alle Implantate wurden von Zahnärzten der Poliklinik Chirurgie und Parodontologie und der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik Tübingen inseriert. Die Abbildung 4 (S. 14) legt die Anzahl der verwendeten Durchmesser der Implantate dar.

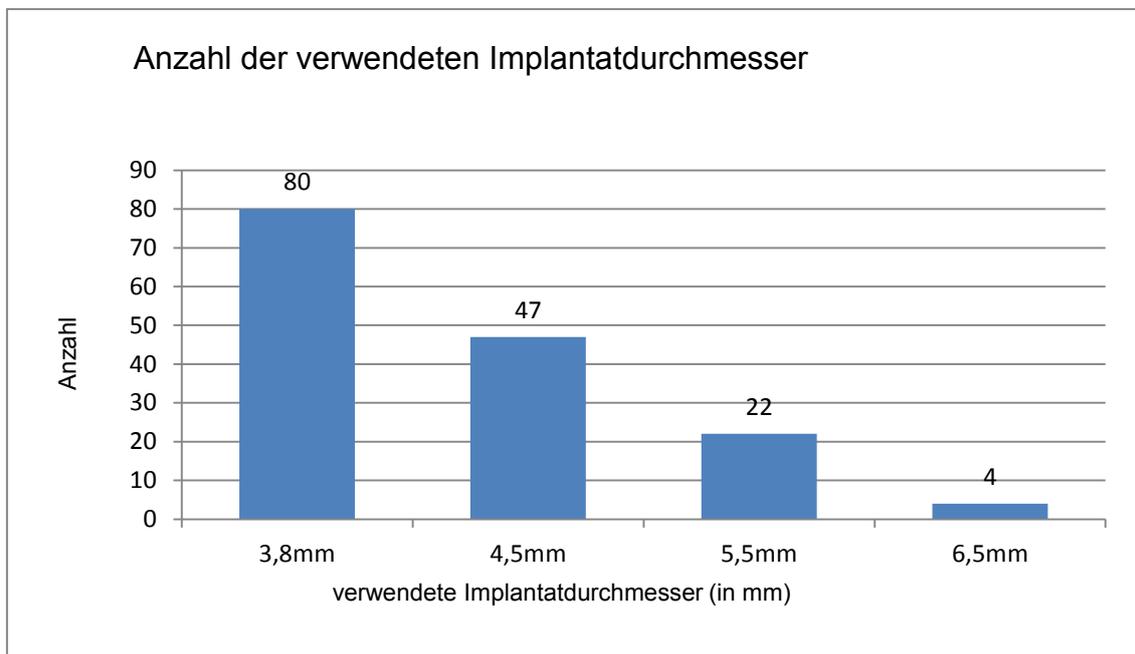


Abbildung 4: Anzahl der verwendeten Implantatdurchmesser

Aus ihr geht hervor, dass der häufigste verwendete Durchmesser 3,8 mm betrug; gefolgt von 4,5mm. Der am seltensten verwendete Durchmesser betrug

6,5mm.

Dies ergibt die in Abbildung 5 (S. 15) gezeigte prozentuale Verteilung:

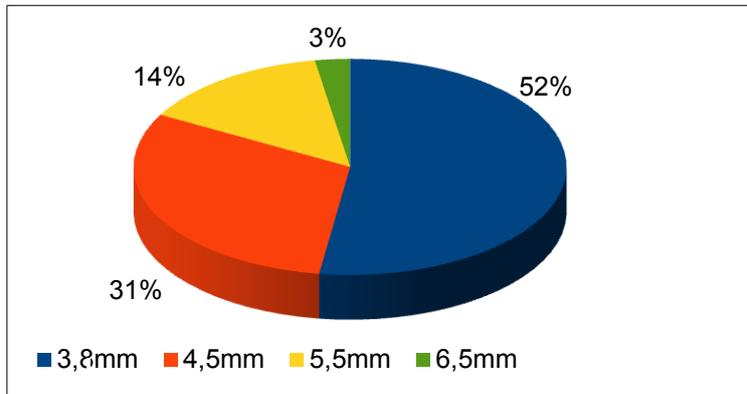


Abbildung 5: Anteil der verwendeten Implantatdurchmesser

Abbildung 6 (S. 15) zeigt die Anzahl der verwendeten Implantatlängen.

Die am häufigsten verwendete Länge betrug demnach 15 mm. Am seltensten wurden Implantate der Länge 10 mm verwendet.

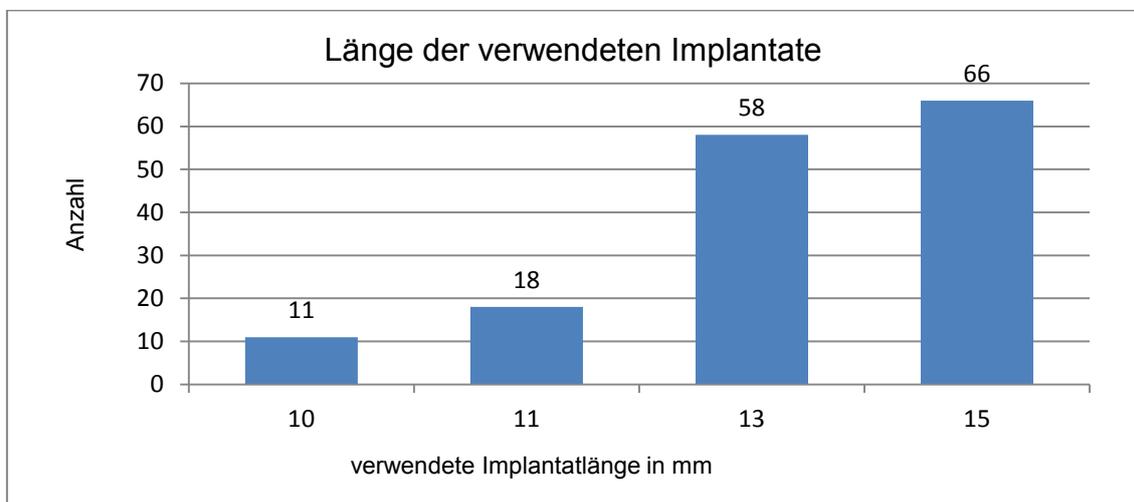


Abbildung 6: Anzahl der verwendeten Implantatlängen

Es wurden Implantate im Ober- als auch im Unterkiefer untersucht, die als Einzelzahnersatz oder als rein implantatgetragene Brückenkonstruktion konzipiert waren. Ebenfalls in die Untersuchung eingeschlossen wurden

Implantate, die zur Versorgung zahnloser Ober- und Unterkiefer eingesetzt wurden.

Die Verteilung der Implantate nach FDI-Schema zeigen die Abbildungen 7 und 8 auf S. 16:

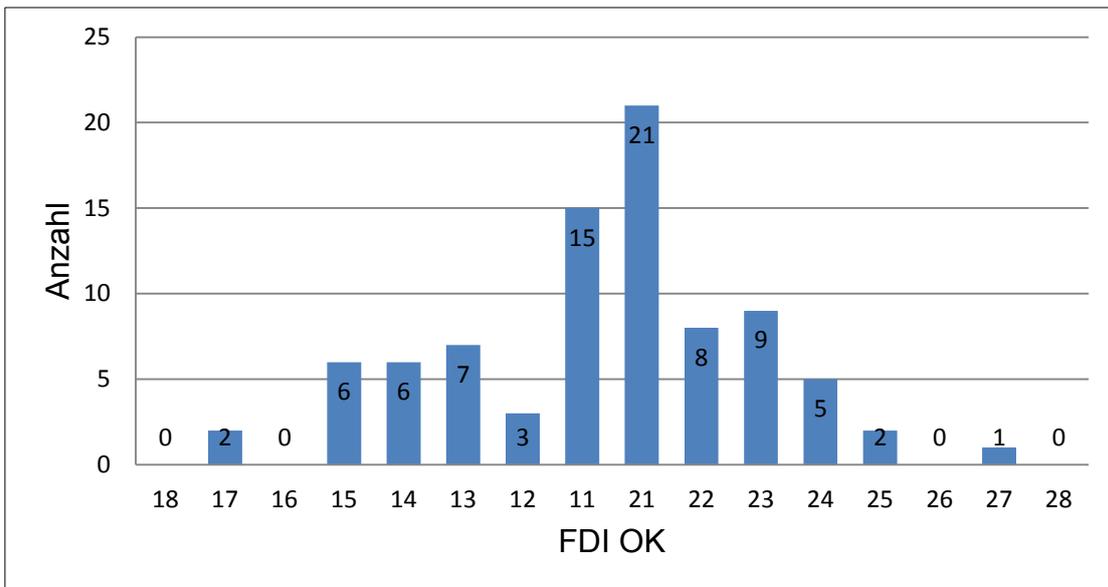


Abbildung 7: Lokalisation der Implantate nach FDI im Oberkiefer (OK)

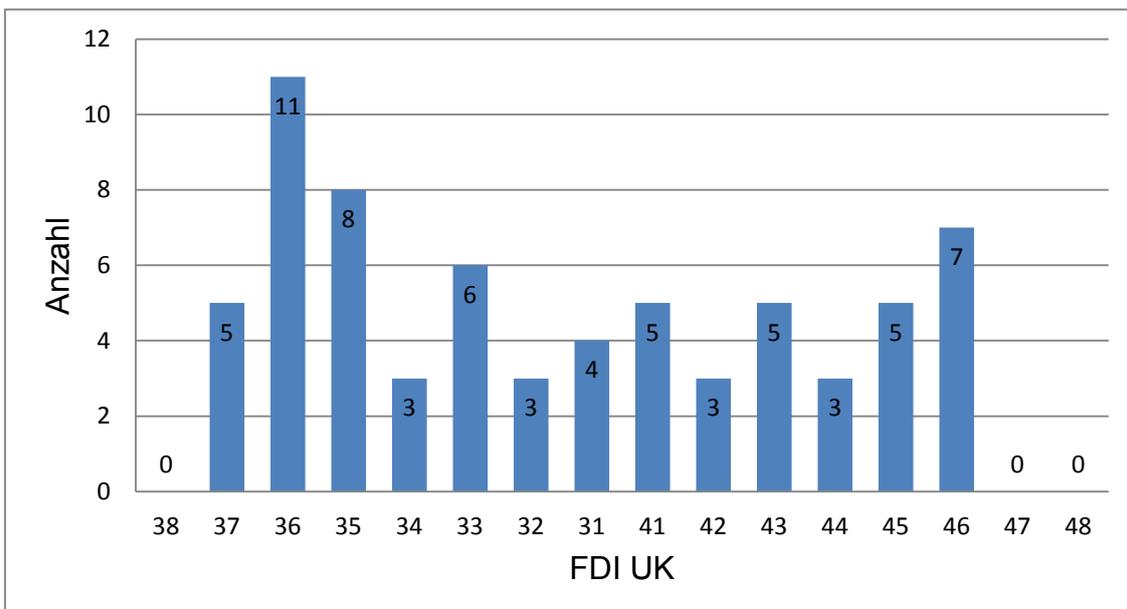


Abbildung 8: Lokalisation der Implantate nach FDI im Unterkiefer (UK)

Daraus ergibt sich die in Abbildung 9 (S. 17) vereinfacht dargestellte Verteilung der Implantate nach Front- und Seitenzahnggebiet (SZG), jeweils aufgeschlüsselt nach Ober- und Unterkiefer:

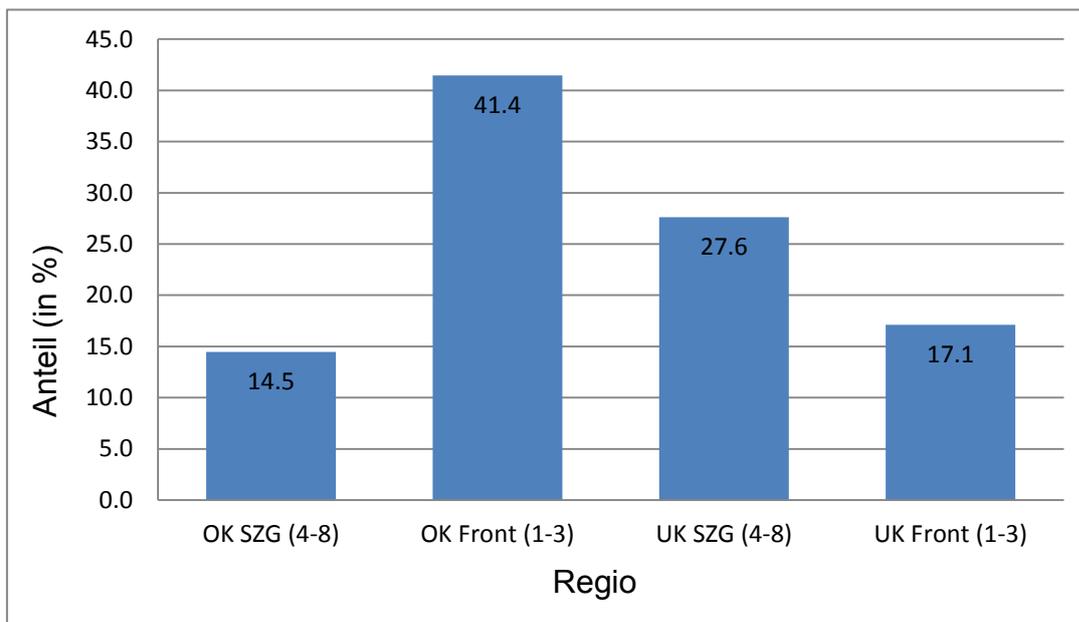


Abbildung 9: Verteilung der Implantate nach Regio

Die Regionen, in denen am häufigsten Implantate gesetzt wurden, sind mit 41,4% das Oberkieferfrontzahnggebiet und mit 27,6% das Unterkieferseitenzahnggebiet.

Die 153 Implantate wurden mit unterschiedlichem Zahnersatz versorgt. Abbildung 10 (S. 18) zeigt die Implantate aufgeschlüsselt in die Versorgung mit Einzelzahnersatz, Brückenversorgung (mit Unterteilung in rein implantatgetragene Brücken und in Brücken mit Implantat- und Zahn-Pfeilern) sowie Steg- und Kugelkopfversorgungen.

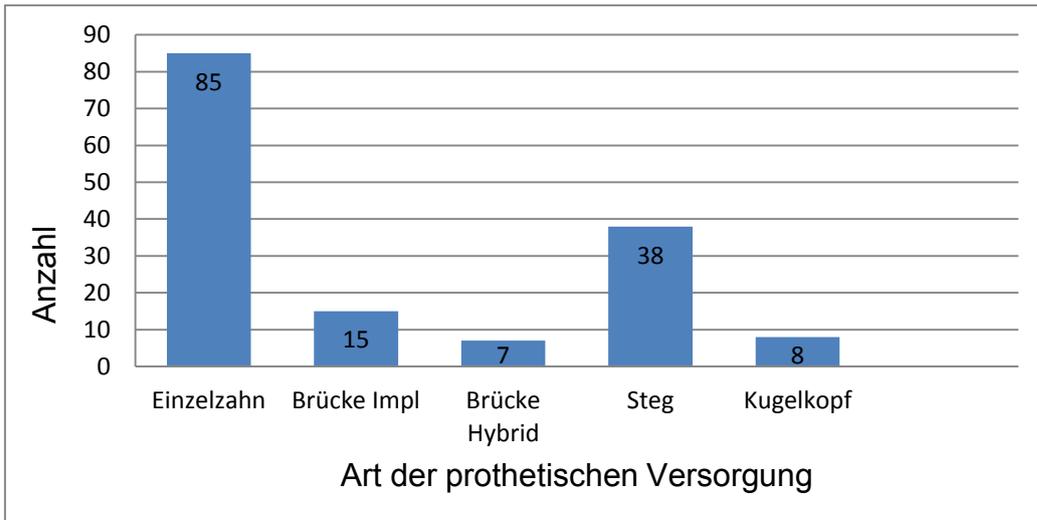


Abbildung 10: Art der prothetischen Versorgung

107 Implantate wurden festsitzend versorgt, davon 85 mit Einzelkronen und 22 mit Brückenkonstruktionen. 38 Implantate wurden mit Steg- sowie 8 Implantate mit Kugelkopfreiniertem Zahnersatz versorgt.

Das ergibt die in Abbildung 11 (S. 18) ersichtliche prozentuale Verteilung:

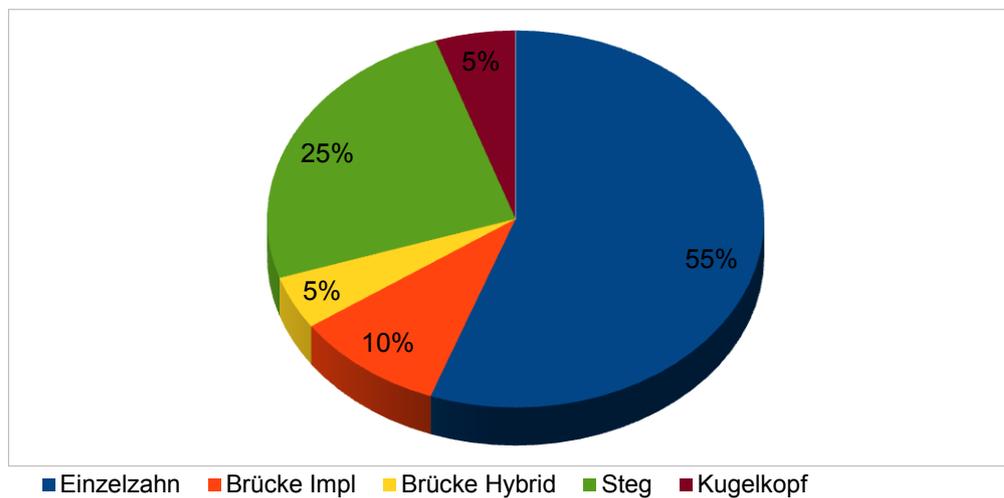


Abbildung 11: Art der prothetischen Versorgung in %

2.3. Röntgen

2.3.1. Röntgenbilder

Zur Kontrolle der gesetzten Implantate wurden in regelmäßigen Abständen Kontrollaufnahmen in Form von Mundfilmen oder Panoramaschichtaufnahmen angefertigt, um periimplantäre Veränderungen des Hartgewebes zu erkennen und zu dokumentieren. Röntgenaufnahmen, die zu folgenden Zeitpunkten angefertigt wurden, flossen in die Auswertung ein:

1. unmittelbar postoperativ
2. nach Eingliederung der definitiven prothetischen Versorgung
3. danach jährlich bis zum dritten Jahr
4. zum Zeitpunkt „5 Jahre nach prothetischer Versorgung“
5. zum Zeitpunkt „10 Jahre nach prothetischer Versorgung“

Bei Einzelzahnersatz, Brücken oder bei eng beieinander stehenden Implantaten wurden intraorale Röntgenaufnahmen (Mundfilme) angefertigt. Bei großem interimplantärem Abstand oder Versorgung mit herausnehmbarem Zahnersatz wurden Panoramaschichtaufnahmen gemacht. Die Anzahl der Implantate zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten variiert in den Abbildungen 17 bis 31 (S. 33 ff), da einige Patienten nicht alle Untersuchungszeitpunkte wahrnahmen oder nicht zu jedem Untersuchungstermin eine Röntgenaufnahme angefertigt wurde. Teilweise konnten wegen überlagerten Strukturen nicht alle Messstrecken erfasst werden.

2.3.2. Röntgentechnik

Die Mundfilme wurden mit dem Heliodent-Gerät der Firma Sirona (Bensheim, Deutschland) orthoradial aufgenommen. Hierfür wurden handelsübliche Rinn-XPC-Röntgenfilmhalter (Emasdi S.A., Meise, Belgien) verwendet.

Diese wurden mit einem Aufbau aus autopolymerisierendem Kunststoff (Palavit G; Heraeus Kulzer GmbH, Hanau, Deutschland) versehen, um einen individuellen Aufbiss zu erzielen, der eine gute Reproduzierbarkeit ermöglichte.

Vor 1992 wurde der Kodak-Film DF-57 (Kodak GmbH, Stuttgart, Deutschland) mit Empfindlichkeitsstufe D verwendet. Nach 1992 kamen die Filme Cronex ortho TG (E. I. du Pont de Nemours and Company, Wilmington, USA) zur Anwendung.

Die Panoramaschichtaufnahmen wurden mit dem Orthophos-Belichter (Siemens AG, Berlin, Deutschland) erstellt, wobei die Patienten exakt nach den Herstellerangaben positioniert wurden.

Dabei wurden Kodak T-MAT G/DA Dentalfilme (Kodak GmbH, Stuttgart, Deutschland) verwendet, die in Siemens Filmkassetten mit Kodak Lanex medium Verstärkerfolien zur Anwendung kamen.

Entwickelt wurden die Aufnahmen bei einer Temperatur von 28°C mit einem Dürr-Dental XR 24-II-Gerät (Dürr Dental AG, Bietigheim-Bissingen, Deutschland) bei einer Entwicklungszeit von 7 Minuten.

2.3.3. Technische Ausstattung

Zur Auswertung der Röntgenbilder wurde ein PC mit Intel® Pentium D 2,66GHz, 2GB RAM, 200GB Festplatte, nVidia® GeForce 8400GS Grafikkarte mit 256MB Grafikspeicher und 1920x1080 Pixel Maximalauflösung sowie Windows® XP Betriebssystem verwendet. Als Untersuchungsmonitor diente ein 23“ TFT-Flachbildschirm.

2.3.4. Digitalisierung und Bearbeitung der Röntgenbilder

Die Röntgenbilder wurden mit einem Scanner des Typs X-Finity Ultra (Quato Technology GmbH, Braunschweig, Deutschland) digitalisiert. Es wurde eine Auflösung von 300dpi gewählt. Die digitalisierten Bilder verfügten über 256 Graustufen. Nach dem Scanvorgang wurden die Röntgenaufnahmen im .tif – Format gespeichert und danach mit dem Programm IrfanView (Version 4.25) in das .bmp-Format konvertiert.

Die digitalisierten Röntgenbilder wurden anschließend mithilfe des Programms SIDEXIS neXt Generation 2.2 (Sirona Dental Systems GmbH, Wals, Österreich) ausgewertet. Diese Software ermöglicht die digitale Nachbearbeitung und Vermessung von digitalisierten Röntgenbildern. Erfahrungen mit der

Vermessung von digitalisierten Röntgenaufnahmen sind in der Literatur zu finden (Gómez-Román et al. 1999; Schmage et al. 2003).

Das Prinzip der Auswertung mit SIDEXIS basiert auf der Umwandlung transparenter Röntgenbilder mit analogen Bildinformationen in digitale Bilder mittels eines Scanners. Dabei werden die Schwärzungsgrade des analogen Röntgenfilmbildes in Zahlenwerte zum digitalen Bild umgewandelt.

Zur Darstellung des digitalen Bildes müssen diese Zahlenwerte wieder mittels eines Digital-Analog-Konverters in analoge Daten transformiert werden (Kaepler 1996).

SIDEXIS verfügt über verschiedene Bildbearbeitungsfunktionen wie zum Beispiel Graustufenregelung, Kantenhärtung, Zooming, Positivdarstellung, 3-D-Darstellung, Abstands- und Winkelmessungen.

Folgende Funktionen wurden hauptsächlich verwendet:

1. Mit der „Zooming“-Funktion wurde ein bestimmter Bildbereich oder das Bild in toto vergrößert dargestellt. Dies erleichterte die Erfassung der Knochenverlaufslinie, wenn Messstrecken oder Hilfslinien eng beieinander lagen.
2. Die „Filter“-Funktion diente der Kantenhebung, mit der eine kontrastreichere Darstellung einherging. Durch Dynamikveränderungen konnten in einem ausgewählten Bereich (ROI= region of interest) oder im gesamten Bild Helligkeitsänderungen vorgenommen werden.
3. Die eigentlichen Messstrecken wurden mithilfe der Funktion „Längen messen“ ermittelt. Die Konstruktion einer Messstrecke wurde erst durch die Option, individuelle Hilfslinien zu ziehen, ermöglicht. Hierdurch ergibt sich eine bessere Reproduzierbarkeit im Vergleich zu Messungen mithilfe einer Messschablone, da diese lediglich aus einem Raster orthogonaler Linien besteht. Die Länge der jeweiligen Messstrecke, vom SIDEXIS-System in Hundertstelmmillimeter angezeigt, wurde vom Autor auf Zehntelmmillimeter gerundet.

4. Mit der Funktion „Winkel messen“ wurde überprüft, ob die Referenzlinie orthogonal zur Zahnachse lag.

2.4. Messmethode

Es wurde eine 1995 von Gómez-Román et al. entwickelte Messmethode angewendet, die sich in Reliabilitätsstudien als verlässlich und reproduzierbar erwiesen hatte (Gómez-Román et al. 1995; Gómez-Román et al. 1996; Gómez-Román et al. 1999).

Bei der Untersuchung der Röntgenaufnahmen nach dieser Methode wird folgendermaßen vorgegangen:

Pro Implantat werden insgesamt 11 Strecken am Röntgenbild vermessen, wie in den Abbildungen 12 und 13 (S. 23) dargestellt.

Für vertikale Messungen muss ein Referenzpunkt festgelegt werden. Dieser Punkt ist definiert als die apikale Kante der obersten Stufe des Implantats.

Verbindet man den mesialen und distalen Referenzpunkt, so erhält man die Referenzlinie. Mesial und distal werden ausgehend von der Referenzlinie die Ausdehnung der periimplantären Transluzenz (Tiefe und Breite des Knochendefekts) im Bereich der Implantatdurchtrittsstelle gemessen.

Die Defekttiefe bezeichnet dabei die Strecke von der Referenzlinie zur Implantatdurchtrittsstelle und damit die koronale Knochenveränderung. Dabei wird jeweils parallel zur Implantatachse vom Referenzpunkt bis zum tiefsten Punkt der periimplantären Transluzenz gemessen, wo Knochen und Implantat ihren ersten röntgenologisch sichtbaren Kontakt zueinander haben.

Befindet sich dieser Kontaktpunkt koronal des Referenzpunkts, wird die Messtrecke mit einem negativen Vorzeichen (-) gekennzeichnet; befindet er sich apikal des Referenzpunkts, wird dies mit einem positiven Vorzeichen (+) vermerkt.

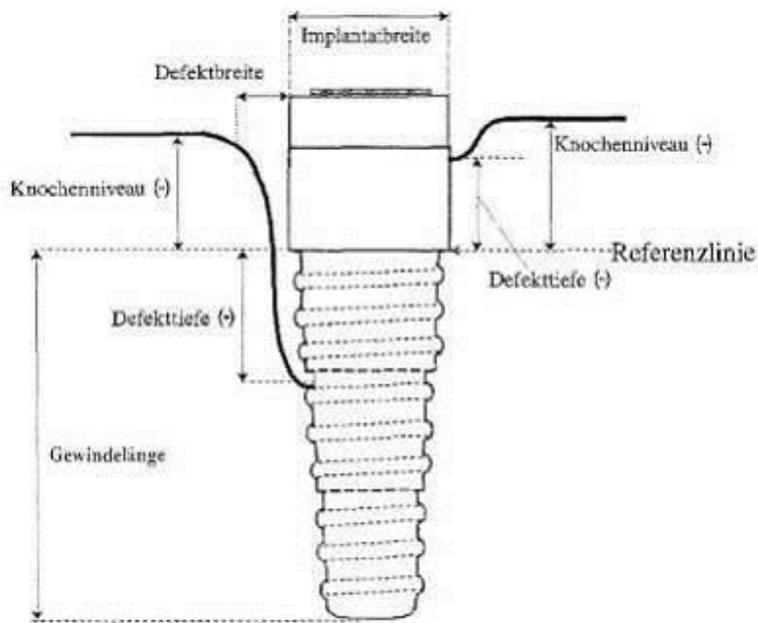


Abbildung 12: Messvorschrift nach Gómez-Román et al. (1995)

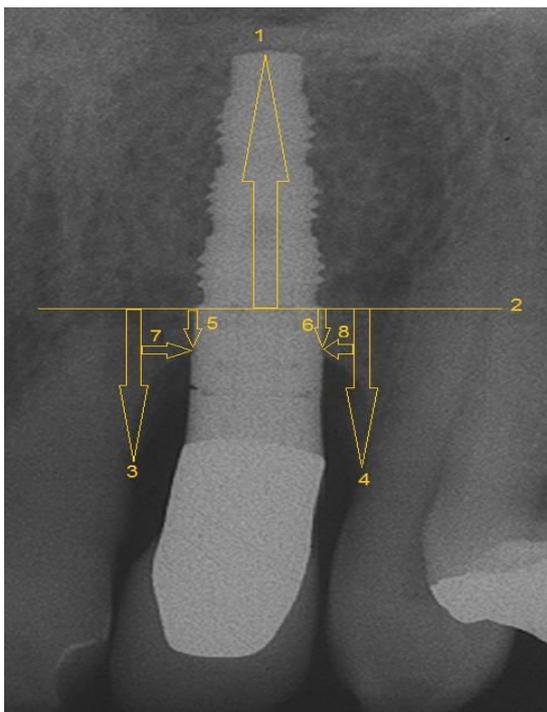


Abbildung 13: Messvorschrift am Röntgenbild: Gewindelänge (1), Referenzlinie (2), Knocheniveau (3,4), Defekttiefe (5,6) und Defektbreite (7,8)

Der Abstand des Implantats zum jeweiligen Nachbarzahn oder –implantat wird ermittelt, indem man ausgehend vom Referenzpunkt der Referenzlinie folgend die Strecke bis zur Nachbarstruktur misst.

Konnte wegen Unschärfe der Röntgenaufnahme, Überlagerung der Implantat- oder Knochenstrukturen oder aus einem ähnlichen Grund ein Messwert nicht erhoben werden, so wurde dies auf den Messbögen mit einem „X“ gekennzeichnet.

2.5. Daten

2.5.1. Ablauf der Auswertung der Frialit-2 Implantate

Abbildung 14 (S. 24) soll das Vorgehen bei der Datenerfassung und -bearbeitung zusammenfassend darstellen:

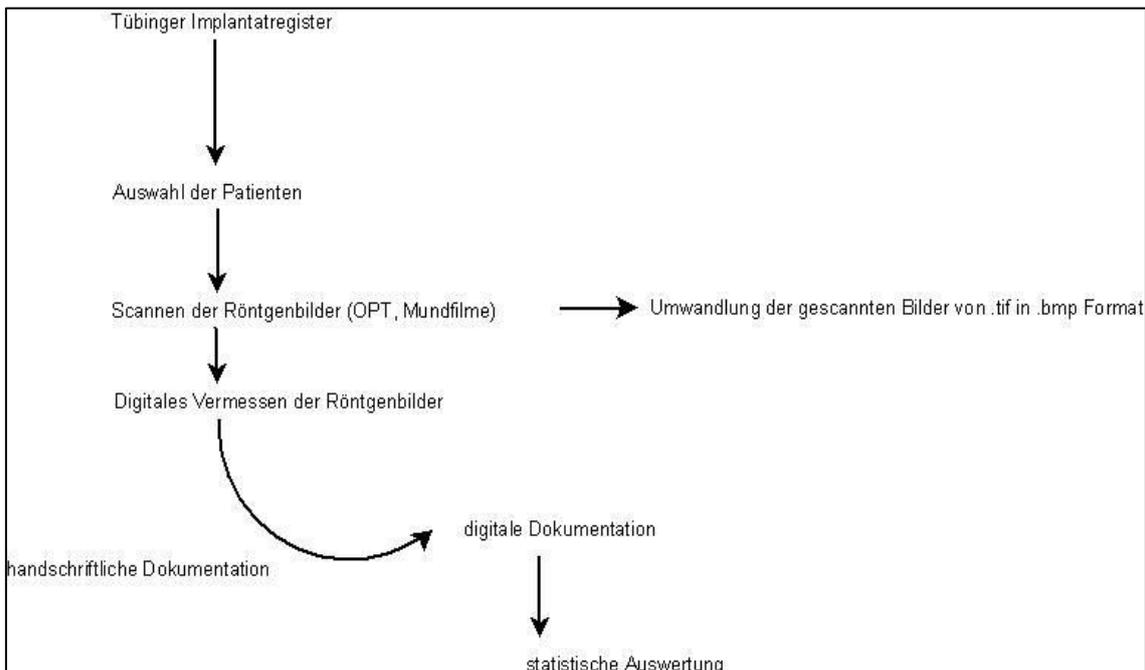


Abbildung 14: Flussdiagramm zur Datenerfassung

2.5.2. Datenerhebung

Es wurden Erhebungsbögen für die Zeitpunkte OP, Prothetische Versorgung und nachfolgende Röntgenkontrolle verwendet, die jeweils nochmals in Ober- und Unterkiefer unterschieden wurden (siehe Kapitel 8.5 S. 92 ff).

In die Bögen wurden die patientenspezifischen Angaben sowie die erhobenen Messwerte nach durchgeführter Messung eingetragen. Weitere Messwerte wie die Gesamthöhe oder die Distanz zu Nachbarzähnen oder –implantaten wurden ebenfalls festgehalten, flossen aber nicht in die Auswertung ein.

Die Vermessung der Bilder erfolgte in chronologischer Reihenfolge, ausgehend von der postoperativen Röntgenaufnahme.

Zur Verbesserung der Bildqualität wurden die Röntgenaufnahmen in SIDEXIS, sofern nötig, wie beschrieben mit Helligkeits- und Kontrastfiltern bearbeitet. Der Raum, in dem die digitale Vermessung durchgeführt wurde, wurde überdies abgedunkelt, um alle relevanten Strukturen optimal erkennen zu können.

2.5.3. Datenerfassung

Die erhobenen Messwerte wurden von den Bögen in eine Tabelle (JMP 9, SAS Institute, Cary, USA) übertragen. Unmittelbar auf die Eingabe erfolgte die Überprüfung auf Übertragungsfehler sowie deren Korrektur. Zusätzlich wurden die Daten jedes Patienten individuell auf Ausreißer kontrolliert und im Zweifelsfall erneut am Röntgenbild vermessen und korrigiert.

2.5.4. Datenverarbeitung

2.5.4.1. Entzerrungsfaktor

Da Objekte durch Röntgenstrahlen auf Röntgenaufnahmen verzerrt dargestellt werden, erfolgte die Berechnung eines horizontalen sowie vertikalen Entzerrungsfaktors, um die in JMP erfassten Messwerte vergleichbar zu machen. Da sowohl die Implantatbreite als auch die Länge der Strecke vom Implantatapex zum Referenzpunkt bekannt ist (siehe Kapitel 8.1. S. 78 Tabelle 1), können die Entzerrungsfaktoren wie folgt berechnet werden:

$$\text{Entzerrungsfaktor(horizontal)} = \frac{\text{Breite am Referenzpunkt(bekannt)}}{\text{Breite am Referenzpunkt(gemessen)}}$$

$$\text{Entzerrungsfaktor(vertikal)} = \frac{\text{Apex} - \text{Referenzpunkt(bekannt)}}{\text{Apex} - \text{Referenzpunkt(gemessen)}}$$

Anschließend wurden die vertikalen Messstrecken „mesialer Knochendefekt“ und „distaler Knochendefekt“ mit dem individuell berechneten vertikalen Entzerrungsfaktor multipliziert. Entsprechend wurden die horizontalen Messstrecken „Breite Knochendefekt mesial“ und „Breite Knochendefekt distal“ mit dem individuell berechneten horizontalen Entzerrungsfaktor multipliziert.

2.5.4.2. Berechnung der Knochenveränderung im zeitlichen Verlauf

Als Ausgangswert für die Berechnung der Knochenveränderungen wurde die Knochensituation zum Zeitpunkt OP nach oben genannter Messvorschrift genommen. Durch Bildung der Differenz zwischen der Knochensituation zum jeweiligen Zeitpunkt und dem Ausgangswert nach OP wurde die Knochenveränderung errechnet.

2.5.5. Datenauswertung

Der Fokus der Datenauswertung lag auf der Quantifizierung der Knochenveränderungen. Die deskriptive Datenauswertung erfolgte mittels Boxplots und Histogrammen. Vor der Auswertung wurden mesiale und distale Messwerte nach statistischer Prüfung zu einem Mittelwert zusammengefasst. Um Aussagen über beobachtete Unterschiede und ihr Zustandekommen zu treffen, kamen der t-Test und der Wilcoxon´s signed rank-Test zur Anwendung. Jedes Implantat wurde als einzelne Einheit gewertet, da anzunehmen ist, dass für jedes Implantat eigene Voraussetzungen hinsichtlich Implantatlänge und -breite, Knochenqualität und -quantität in Höhe und Breite sowie unterschiedlicher okklusaler Belastung gelten.

2.5.5.1. Boxplot

Die erhobenen Messwerte wurden graphisch unter anderem mittels Boxplots nach Tukey dargestellt (siehe Abbildung 15 S. 28).

Die Stichprobe wurde hierbei in vier gleich große Teile, Quartile genannt, eingeteilt. Das 2. und 3. Quartil bilden eine Box, die von den Werten des 1. und 4. Quartils nach oben beziehungsweise unten hin begrenzt wird.

Der Median wird innerhalb der Box angegeben.

Durch Sortierung der Messwerte aufsteigend nach ihrer Größe wird eine Rangliste erstellt. Der Median bezeichnet deren Mitte (Krummenauer et al. 2007).

Zusätzlich wird das arithmetische Mittel, auch Mittelwert genannt, eingezeichnet. Es muss sich nicht zwangsläufig innerhalb der Box befinden.

Das Konfidenzintervall des Mittelwerts wird mittels einer Raute dargestellt.

Vertikal von der Box gehen die sogenannten „whisker“ ab. Die untere Spitze wird durch Subtraktion der 1,5fachen Boxlänge, auch Interquartilabstand (IQR) genannt, vom 25%-Quartil, die obere durch Addition der 1,5fachen Boxlänge zum 75%-Quartil berechnet.

Innerhalb dieser berechneten Grenzen liegen das Minimum und das Maximum, die den jeweils kleinsten und größten Messwert darstellen.

Außerhalb der berechneten Grenzen liegen Ausreißer, die in Form von Punkten eingezeichnet werden.

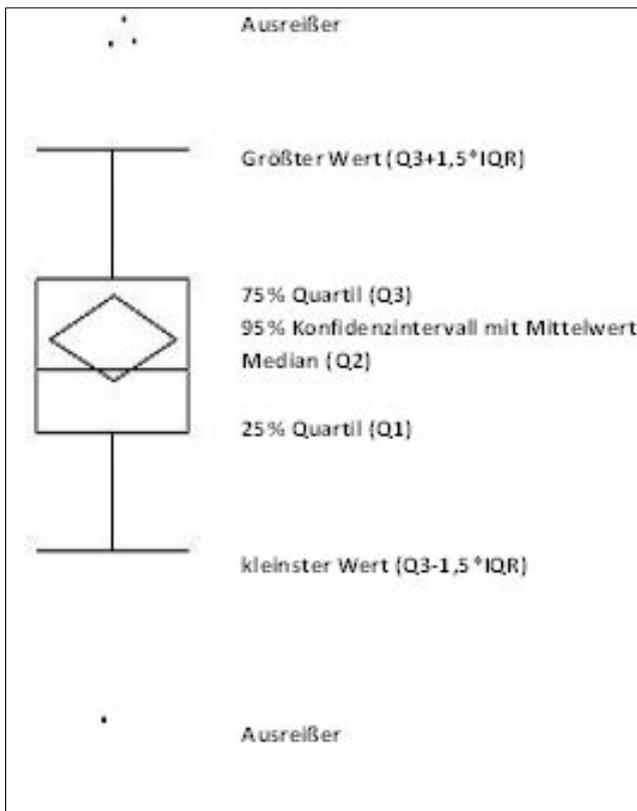


Abbildung 15: Boxplot nach Tukey

2.5.5.2. Konfidenzintervall

Das Konfidenzintervall gibt einen Bereich an, der mit hoher Wahrscheinlichkeit einen geschätzten Wert einschließt. Die Wahrscheinlichkeit, mit der der geschätzte Wert nicht im Konfidenzintervall liegt, wird mit α bezeichnet und üblicherweise mit 5% angegeben. Die Wahrscheinlichkeit, dass das Konfidenzintervall den Schätzwert enthält, ist demzufolge $1-\alpha=95\%$.

Das 95%-Konfidenzintervall für eine Stichprobe wird folgendermaßen berechnet: arithmetisches Mittel \pm (1,96* Standardfehler).

Werden zwei Stichproben miteinander über deren Mittelwerte verglichen, so wird das Konfidenzintervall für die Differenz der beiden Mittelwerte der Stichproben berechnet.

Liegt Null außerhalb dieses Konfidenzintervalls, wird von einem statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Stichproben und damit auch ihren Grundgesamtheiten gesprochen, andernfalls nicht. Diese Aussage bezieht sich auf das 95%-Konfidenzintervall.

2.5.5.3. Histogramm

Histogramme stellen Daten, in diesem Fall Messwerte, graphisch dar. Die Verteilung von Häufigkeiten, die Stärke der Streuung der Daten und die Symmetrie der Verteilung können abgelesen werden.

Die Daten werden dazu in Klassen eingeteilt. Jede Klasse wird auf der X-Achse durch eine Säule repräsentiert, deren Höhe die Häufigkeit der innerhalb der Intervallgrenzen der Klasse befindlichen Daten darstellt.

Um die Messwerte hinsichtlich einer möglichen Normalverteilung zu beurteilen, kann eine Gauß'sche Normalverteilung in das Histogramm eingeblendet werden.

2.5.5.4. Statistische Testverfahren

Statistische Testverfahren ermöglichen es formal, berechnete oder beobachtete Unterschiede oder Gemeinsamkeiten bei Stichproben zu untersuchen und eine Aussage darüber zu treffen, ob sie rein zufällig oder ausgeprägt sind.

Dazu wird eine Null- und eine Alternativhypothese formuliert und das Ergebnis des Tests, der p-Wert, entscheidet formal, welche Hypothese bevorzugt wird, je nachdem, ob der p-Wert das Signifikanzniveau über- oder unterschreitet.

Üblicherweise wird als Signifikanzniveau 5% genommen.

Die Nullhypothese (H_0) sagt aus, dass in der Grundgesamtheit kein Unterschied herrscht, Stichprobendifferenzen also zufällig sind.

Überschreitet der p-Wert das Signifikanzniveau von 5%, wird die Nullhypothese nicht abgelehnt. Diese Entscheidung wird als statistisch nicht signifikant auf 5% Signifikanzniveau bezeichnet.

Unterschreitet der p-Wert das Signifikanzniveau, wird die Nullhypothese

verworfen und die Alternativhypothese angenommen. Diese Entscheidung wird als statistisch signifikant auf 5% Signifikanzniveau bezeichnet.

Folglich wurden in der vorliegenden Studie Ergebnisse als statistisch signifikant gewertet, wenn der p-Wert unterhalb von 5% lag.

Zwei unterschiedliche Testverfahren wurden angewendet. Waren die Daten normal verteilt, so kam mit dem Student-t-Test ein parametrischer Test zur Anwendung. In allen anderen Fällen wurde mit dem Wilcoxon´s signed rank-test ein nichtparametrisches Testverfahren verwendet.

2.5.5.5. Vorauswertung

Je Implantat wurden 3 mesiale und 3 distale Messstrecken erfasst. Es sollte vor der Hauptuntersuchung geklärt werden, ob es möglich wäre, mesiale und distale Messstrecken eines Implantats zu einem die Knochenveränderung exakt darstellenden Mittelwert zusammenzufassen. Falls sich dies aus statistischer Sicht als nicht möglich erweisen sollte, so sollte derjenige der beiden Werte weiterverwendet werden, der den größeren Knochenverlust widerspiegelt. Es galt die Annahme, dass sich mesiale und distale Messstrecken nicht voneinander unterscheiden. Dementsprechend wurde die Nullhypothese formuliert.

Da nach entsprechender Literatur (Ahlqvist et al. 1990; Cochran et al. 2009) im Zeitraum OP-Prothetik mit den größten Knochenveränderungen zu rechnen war, wurden hier je Implantat für „Knochenniveau“, „koronaler Knochendefekt“ sowie „Knochendefektbreite“ die distalen Messstrecken von den mesialen abgezogen und formal statistisch untersucht.

3. Ergebnisse

3.1. Vorauswertung

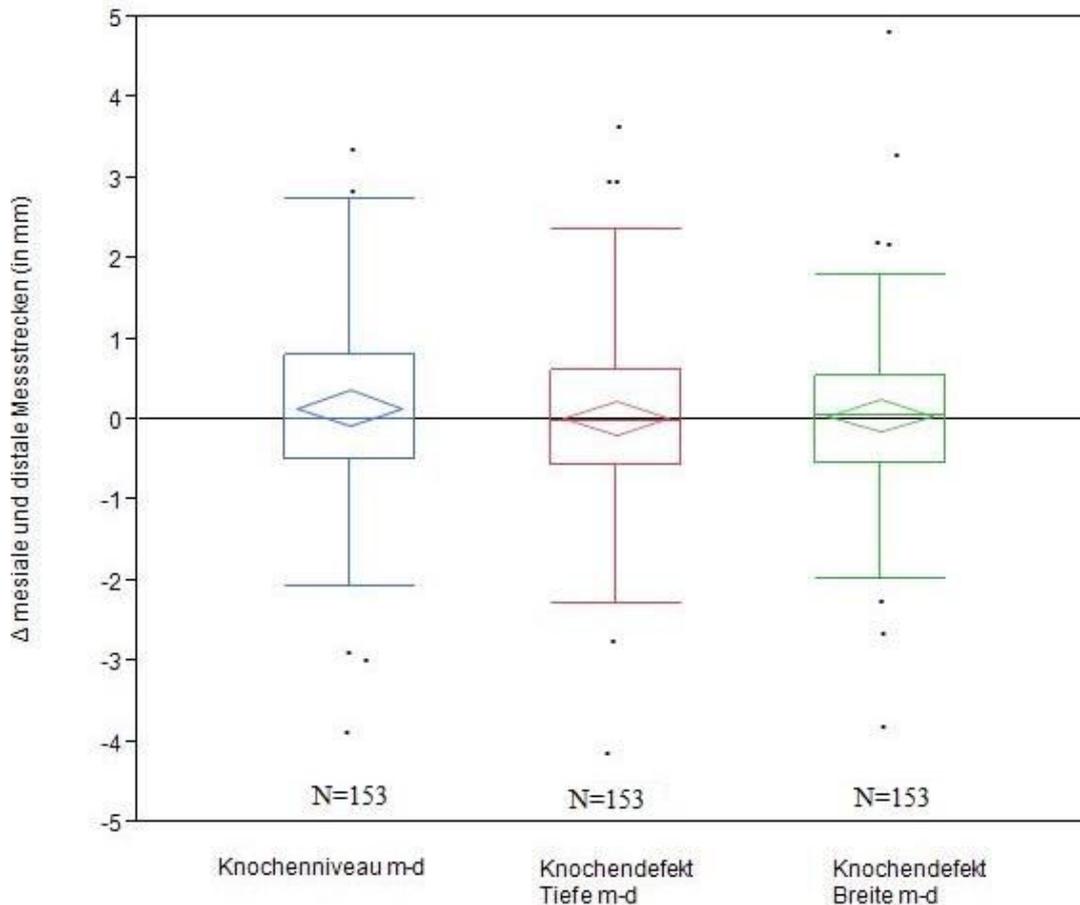


Abbildung 16: Verteilung der Differenzen der mesialen und distalen Messstrecken (Mittelwert in mm) im Untersuchungszeitraum OP-Prothetik. Basal Anzahl n der untersuchten Implantate

Es wurde zuerst geprüft, ob für jedes Implantat die mesialen und distalen Messstrecken zu einem gemeinsamen aussagekräftigen Mittelwert zusammengefasst werden konnten (siehe 2.5.5.5, S.30).

Die Verteilungen wurden als Boxplot in Abbildung 16 (S. 31) dargestellt. Die Differenzen wiesen für alle 3 Messstrecken eine Normalverteilung auf; Mediane und Mittelwerte waren nahezu identisch. Null lag für alle Messstrecken innerhalb des 95%-Konfidenzintervalls. So konnte die Nullhypothese, deren Formulierung besagte, dass zwischen den Messstrecken kein statistisch relevanter Unterschied besteht, nicht abgelehnt werden.

Da eine Normalverteilung der Daten bestand, wurden die Messstrecken mittels t-Test auf statistische Signifikanz geprüft. Auf dem 5% Signifikanzniveau konnte kein Unterschied für die Differenzen der mesialen und distalen Messstrecken nachgewiesen werden ($p=0,57$ bis $0,90$; siehe Kapitel 8.3. Tabelle 2, S. 79). Deshalb wurden im Folgenden die mesialen und distalen Messstrecken für jedes Implantat zu einem gemeinsamen Mittelwert zusammengefasst.

3.2. Gesamtergebnis

Die Kapitel 3.2.1 bis 3.2.3 S. 33 ff zeigen zusammengefasst die Knochenveränderungen in Horizontale und Vertikale aller untersuchter Implantate.

Wie in Kapitel 2.4. (S. 22 ff) festgelegt, bezeichnen negative Werte hierbei Knochengewinn, positive Werte hingegen einen Knochenverlust.

Die korrespondierenden Daten sind im Kapitel 8.4. (S. 80 ff) in den Tabellen 3 und 4 zu finden. Für die Auswertung der horizontalen und vertikalen Knochenveränderungen wurden die jeweiligen mesialen und distalen Werte jedes Implantats addiert und deren Mittelwert gebildet.

In den Histogrammen der Kapitel 3.2.1. bis 3.5. (S. 33 ff) wurde jeweils das arithmetische Mittel verwendet.

Das erste Untersuchungsintervall ist der Bereich von der OP bis zur prothetischen Versorgung. Der Wert Null auf der X-Achse entspricht damit dem Zeitpunkt „OP“. Zugunsten der besseren Visualisierung variiert die Skalierung der nachfolgenden Histogramme und Boxplots. So sind die dargestellten Defektbreiten durchgängig feiner skaliert. Wie in Kapitel 2.3.1 (S. 19) bereits erwähnt, variiert die Anzahl der Messstrecken zu den Untersuchungszeitpunkten. Diese Aussagen gelten entsprechend für die Auswertungen in den Kapiteln 3.3 bis 3.5 auf S. 36 ff.

3.2.1. Koronaler Knochendefekt

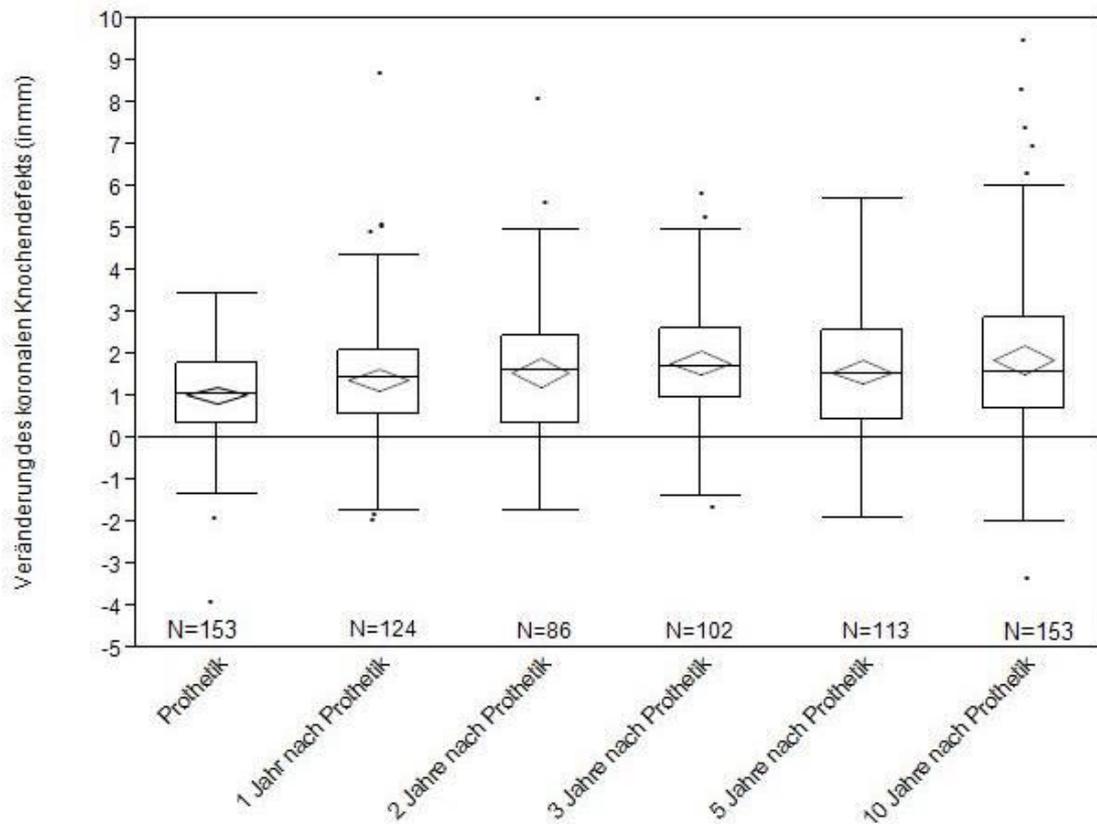


Abbildung 17: Gesamtergebnis Veränderung des koronalen Knochendefekts (Mittelwert in mm) im zeitlichen Verlauf. Basal Anzahl n der untersuchten Implantate

In Abbildung 17 (S. 33) ist zu erkennen, dass bei Betrachtung aller untersuchter Implantate im zeitlichen Verlauf ein kontinuierlicher koronaler Knochendefekt auftrat. Dieser war initial von der OP bis zur prothetischen Versorgung am größten ($\bar{x} = 1,02$ mm). Nach der prothetischen Versorgung bis zum 1. Jahr erfolgte ein zusätzlicher Knochenabbau in Höhe von $\bar{x} = 0,37$ mm. 2 Jahre nach Versorgung summierte sich der Knochenabbau auf $\bar{x} = 1,57$ mm und stieg nach dem 3. Jahr erneut an auf $\bar{x} = 1,79$ mm. Zwischen dem 3. und 5. Jahr ergab sich ein leichter Knochenzuwachs in Höhe von $\bar{x} = 0,19$ mm. Der größte Knochenabbau fand sich nach 10 Jahren mit $\bar{x} = 1,85$ mm. Der Median zu diesem Messzeitpunkt betrug 1,57 mm.

Starke Ausreißer zeigten sich vor allem zum Messzeitpunkt nach 10 Jahren. Die Anzahl der pro Untersuchungszeitraum untersuchten Implantate war unterschiedlich groß und reichte von $n = 86$ zum Zeitpunkt 2 Jahre nach

Prothetik bis n = 153 zum Untersuchungszeitpunkt nach 10 Jahren (siehe Kapitel 8.4. Tabelle 3 S. 80).

3.2.2. Veränderung der Knochendefektbreite

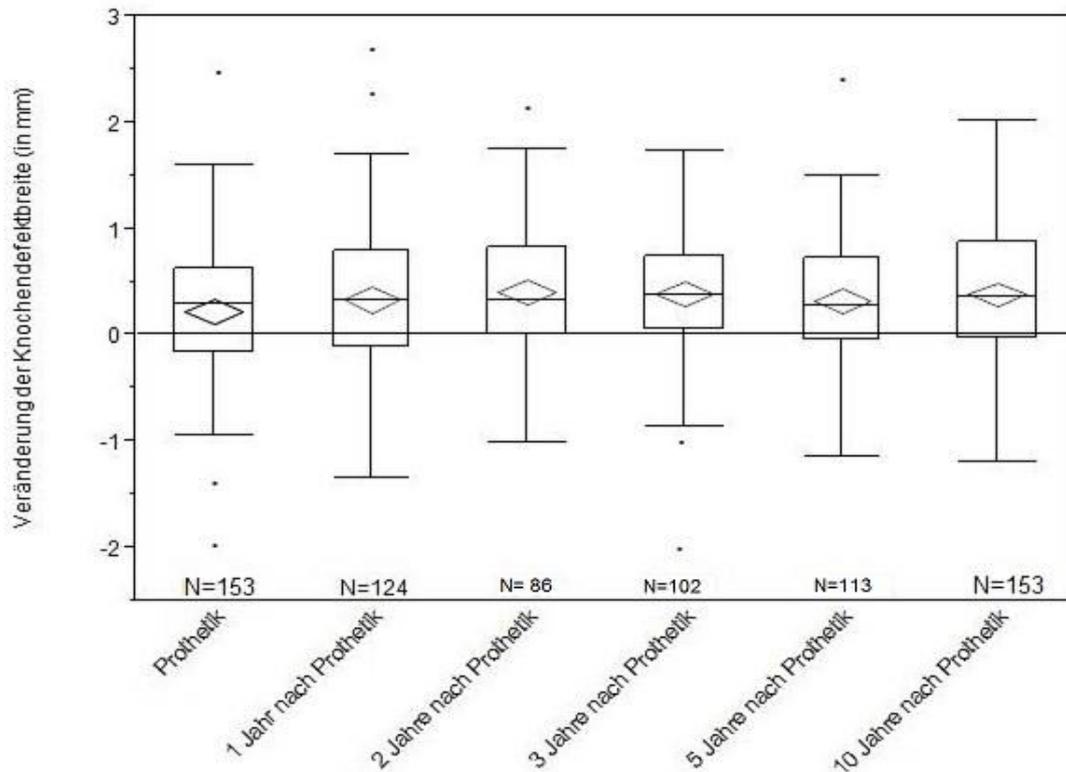


Abbildung 18: Gesamtergebnis Veränderung der Knochendefektbreite (Mittelwert in mm) im zeitlichen Verlauf. Basal Anzahl n der untersuchten Implantate

Auch die Breite des Knochendefekts nahm im Zeitraum von der OP bis zur Versorgung der Implantate mit Zahnersatz am meisten zu ($\bar{x} = 0,23$ mm). Der Knochendefekt stieg bis zum 2. Jahr auf $\bar{x} = 0,41$ mm und blieb im 3. Jahr nach Versorgung nahezu konstant. Im 5. Jahr reduzierte sich die Defektbreite auf $\bar{x} = 0,33$ mm, um in der Folge bis zum Untersuchungszeitpunkt nach 10 Jahren erneut anzusteigen ($\bar{x} = 0,39$ mm).

3.2.3. Veränderung des Knochenniveaus

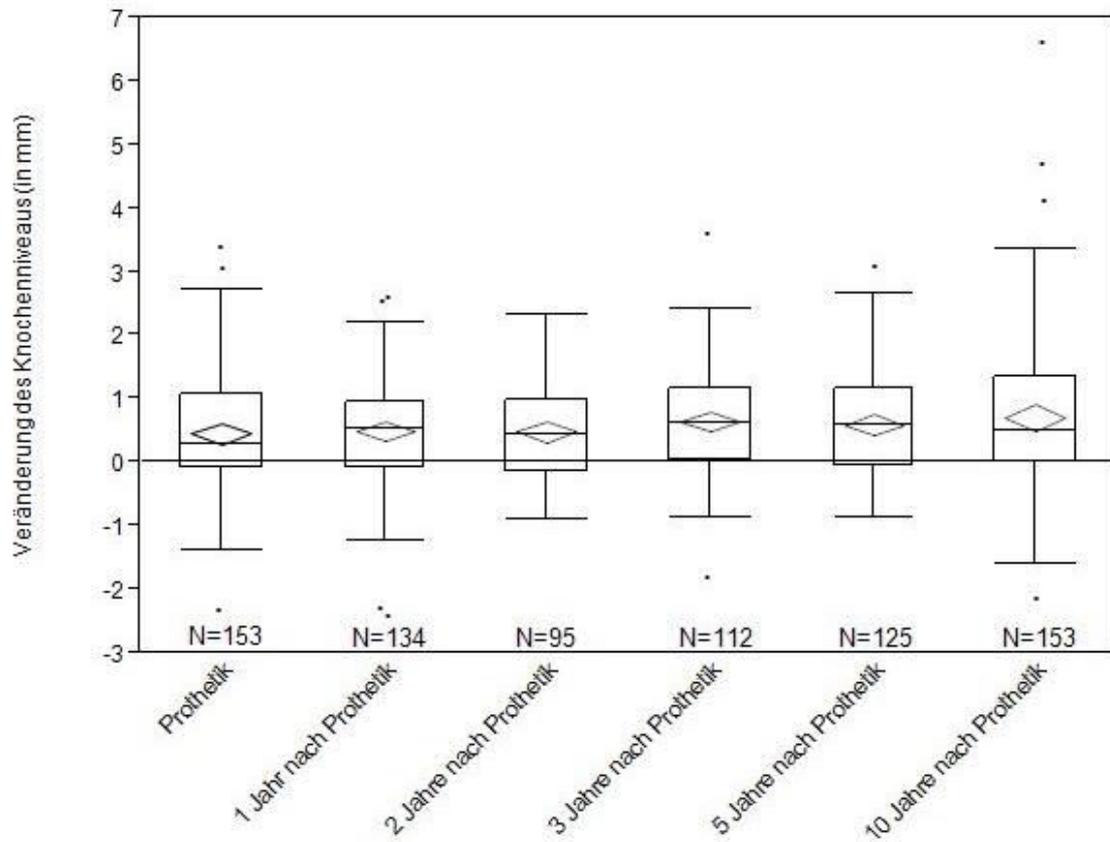


Abbildung 19: Gesamtergebnis der Veränderung des Knochenniveaus (Mittelwert in mm) im zeitlichen Verlauf. Basal Anzahl n der untersuchten Implantate

Abbildung 19 (S. 35) veranschaulicht die Veränderung des Knochenniveaus.

Dieses verringerte sich im ersten Zeitfenster bis zur Versorgung am meisten (\bar{x} = 0,45 mm), blieb im 1. und 2. Jahr mit \bar{x} = 0,49 mm nahezu konstant, um bis zum 10. Jahr nach Versorgung auf \bar{x} = 0,71 mm anzusteigen. Ausreißer im Sinne von starkem Knochenaufbau traten besonders nach dem 10.

Beobachtungsjahr nach Prothetik auf.

Insgesamt blieb der Knochenverlust des Knochenniveaus deutlich unter dem koronalen Knochenverlust der Implantate.

Bei den weiteren Untersuchungen wurde auf die Auswertung des Knochenniveaus verzichtet, da aufgrund der Praxisrelevanz nur der mittelbare horizontale und vertikale periimplantäre Knochenverlust im Fokus stand.

3.3. Vergleich der Knochenveränderung nach Versorgungsart

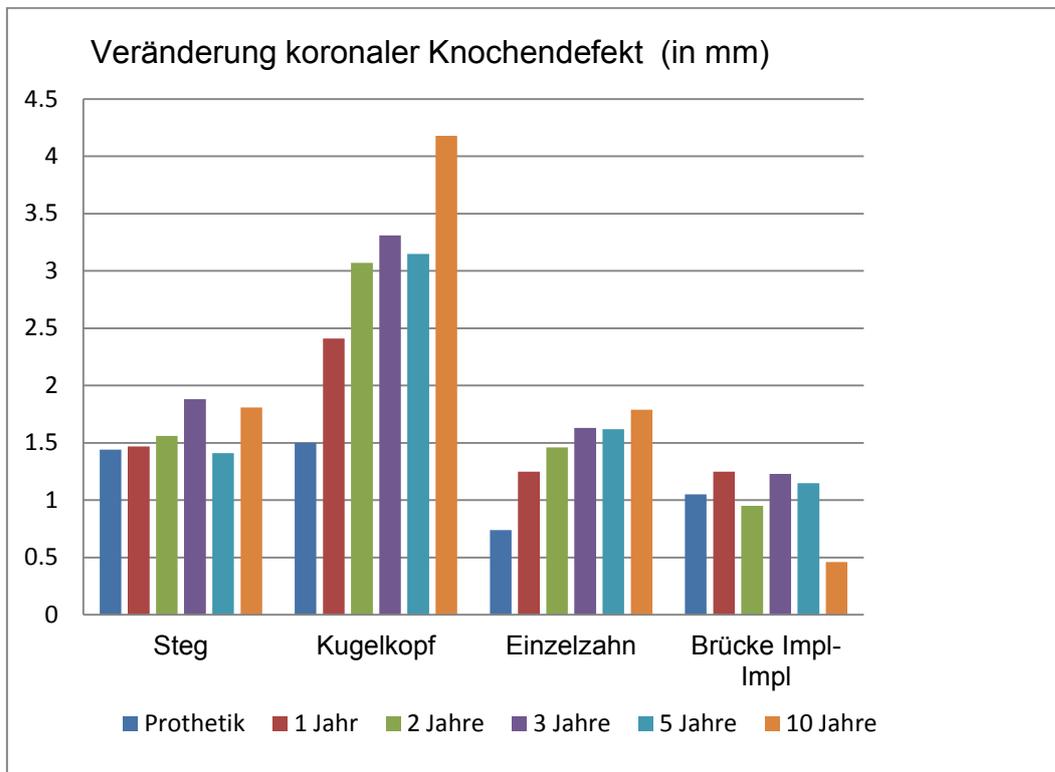


Abbildung 20: Koronale Knochenveränderung (Mittelwert in mm) im zeitlichen Verlauf, unterteilt nach Versorgungsart

Auf eine Darstellung der Implantate „Brücke Hybrid“ wurde aufgrund großer Streuung der Messstrecken und kleiner Fallzahl n verzichtet. Bei der Betrachtung des koronalen Knochendefekts in Abbildung 20 (S. 36) fiel der im Vergleich zu den anderen Versorgungsarten deutlich höher ausfallende Defekt bei Kugelkopfversorgungen auf. Von $\bar{x} = 1,5$ mm Defekttiefe nach erfolgter prothetischer Versorgung stieg der Knochenabbau auf $\bar{x} = 4,18$ mm nach 10 Jahren. Der Median nach 10 Jahren bei dieser mit $n = 8$ vertretenen Versorgungsart betrug $\bar{x} = 4,33$ mm. Die geringste Knochendefekttiefe war bei der Versorgungsart „Brücke Imp-Impl“ zu finden. Der Ausgangswert nach prothetischer Versorgung betrug hier $\bar{x} = 1,06$ mm. Nach 10 Jahren sank er leicht auf $\bar{x} = 0,96$ mm. Die entsprechenden Mediane lagen hier nach prothetischer Versorgung bei $m = 1,16$ mm und bei $m = 1,10$ mm zum Untersuchungszeitpunkt nach 10 Jahren.

Implantate mit Einzelzahnversorgung wiesen initial den geringsten vertikalen Knochenverlust mit $\bar{x} = 0,74$ mm auf. Im zeitlichen Verlauf stieg dieser auf $\bar{x} = 1,80$ mm nach 10 Jahren. In Abbildung 21 (S. 37) sind analog zum Säulendiagramm die Werte als Boxplots dargestellt. Auffällig waren die eng beieinander liegenden Minima und Maxima bei rein implantatgetragenen Brücken sowie bei Kugelkopfversorgungen.

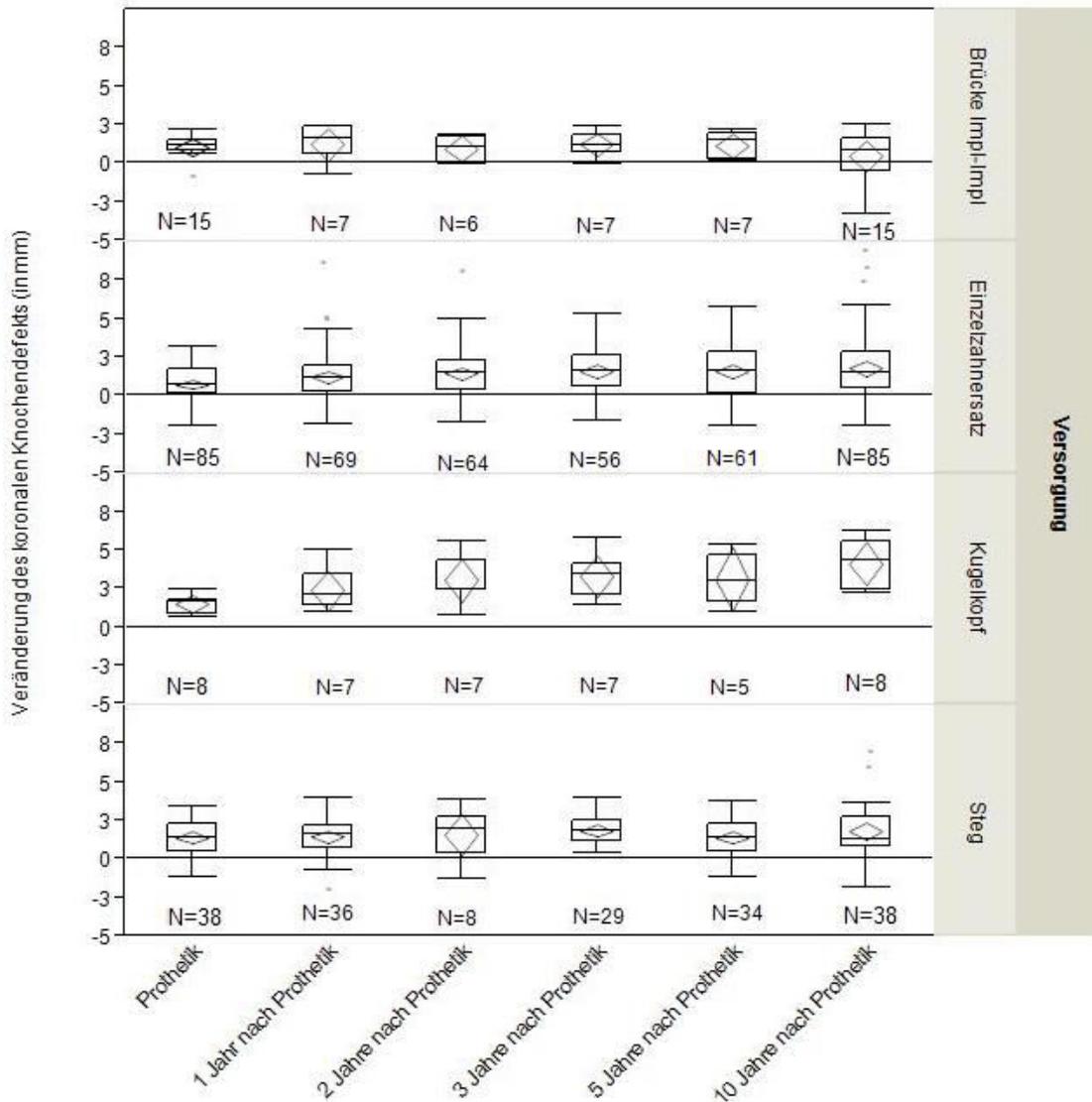


Abbildung 21: Koronale Knochenveränderung (Mittelwert in mm) im zeitlichen Verlauf, unterteilt nach Versorgungsart. Basal Anzahl n der untersuchten Implantate

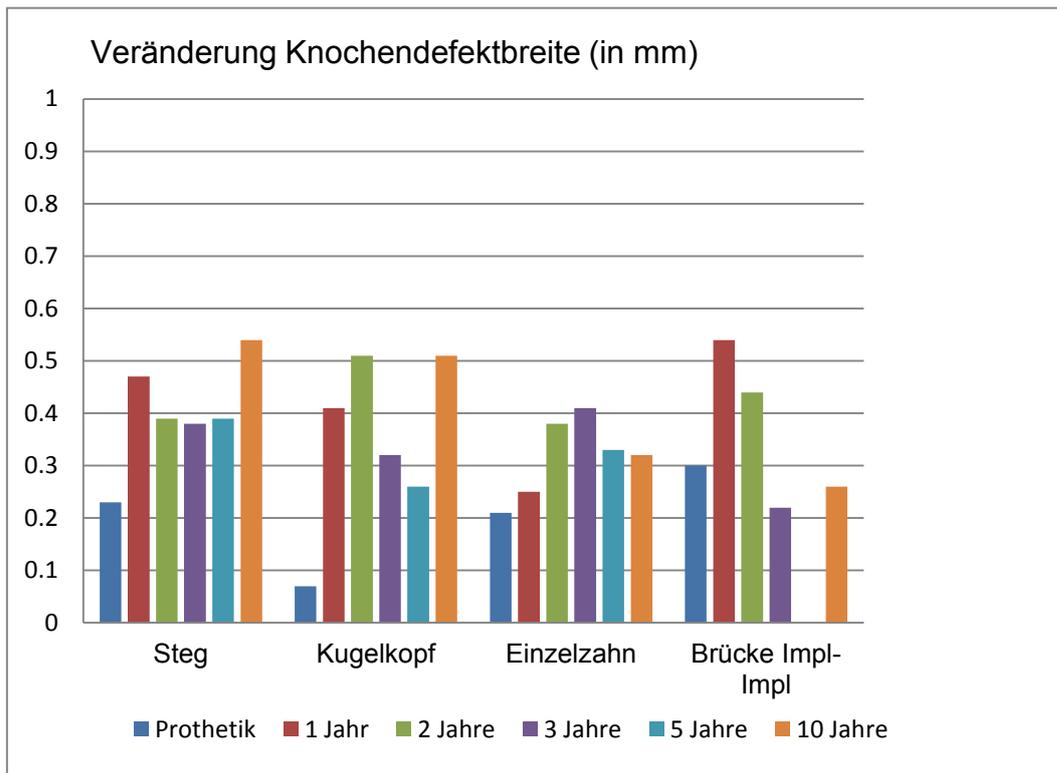


Abbildung 22: Veränderung der Knochendefektbreite (Mittelwert in mm) im zeitlichen Verlauf, unterteilt nach Versorgungsart

In den Abbildungen 22 (S. 38) und 23 (S. 39) wurden die Mittelwerte der horizontalen Knochenveränderungen um die untersuchten Implantate dargestellt und nach prothetischer Versorgungsart aufgeschlüsselt.

Aus dem Säulendiagramm in Abbildung 22 ist ersichtlich, dass bei den Versorgungsarten „Steg“ und „Kugelpfopf“ im Vergleich zu „Einzelzahnersatz“ und „Brücke Impl-Impl“ nach 10 Jahren ein erhöhter horizontaler Knochenabbau vorlag. Dieser betrug bei keiner Versorgungsart mehr als $\bar{x} > 0,6$ mm. Die Versorgungsart „Brücke Hybrid“ wurde wegen der geringen Fallzahl bei der grafischen Darstellung nicht berücksichtigt.

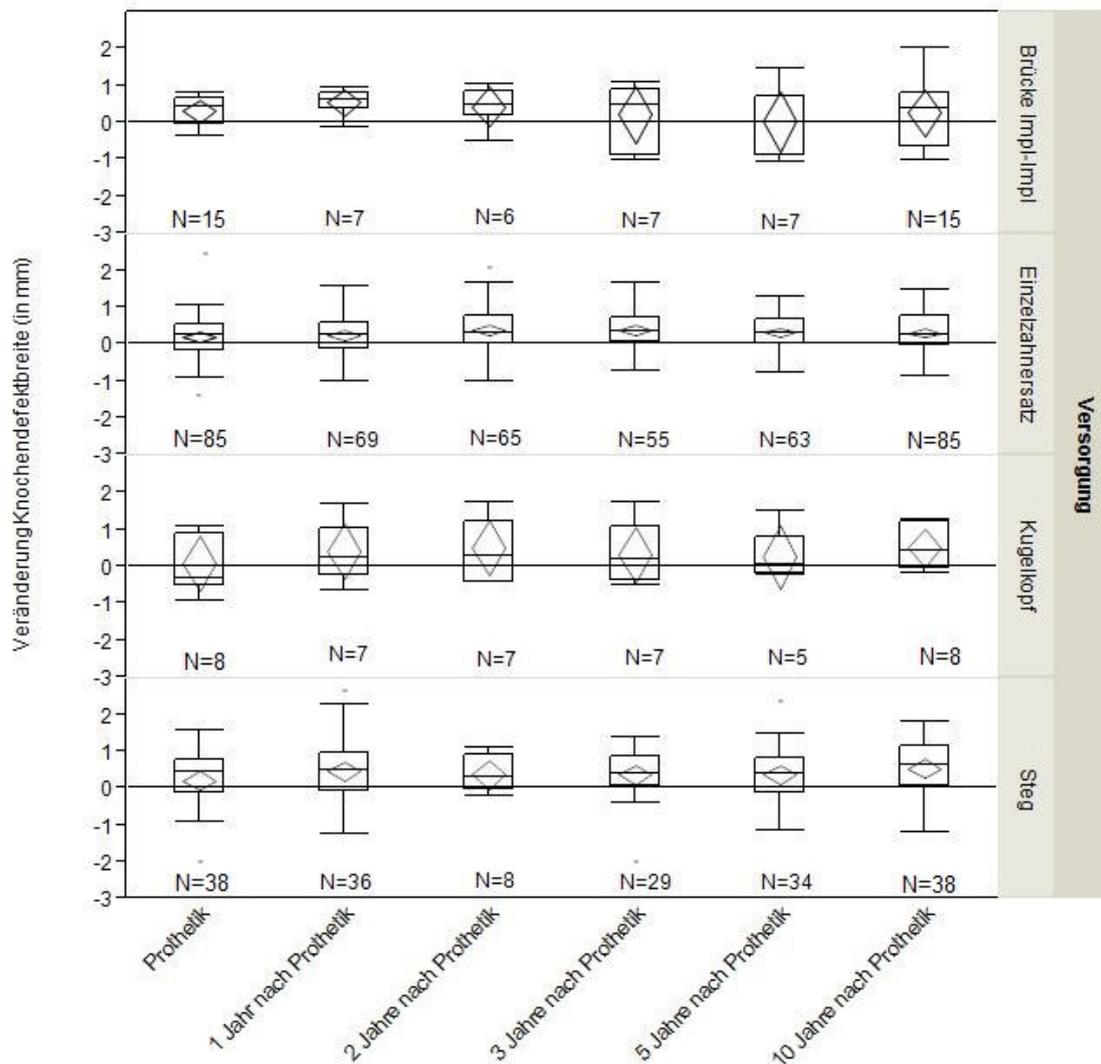


Abbildung 23: Veränderung der Knochendefektbreite (Mittelwert in mm) im zeitlichen Verlauf, unterteilt nach Versorgungsart. Basal Anzahl n der untersuchten Implantate

Die Abbildung 23 (S. 39) zeigt die Werte der Defektbreite anhand eines Boxplot-Histogramms. Kleine Konfidenzintervalle und Boxen fallen bei den Implantaten mit Einzelzahnversorgung auf und lassen auf eine homogene Verteilung der Daten schließen. Bei den Implantaten mit Kugelkopfversorgung fällt eine große Diskrepanz zwischen Mittelwert und Median auf.

3.4. Vergleich der Knochenveränderung nach Kiefer im Frontzahnggebiet

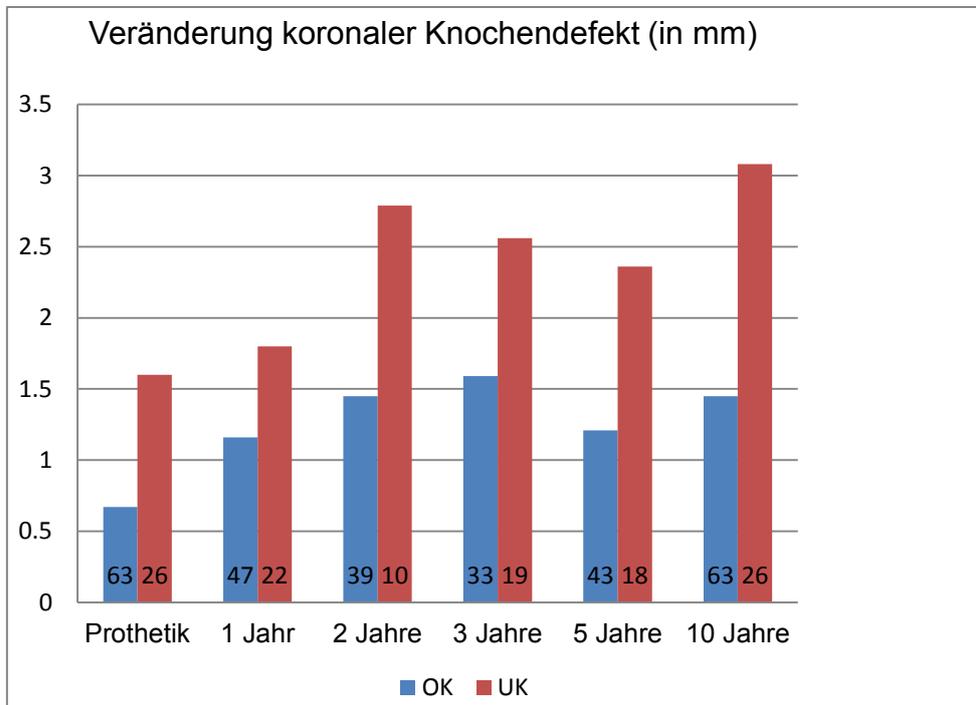


Abbildung 24: Koronale Knochenveränderung im Frontzahnggebiet (Mittelwert in mm) im zeitlichen Verlauf, Oberkiefer und Unterkiefer im Vergleich. Basal Anzahl n der untersuchten Implantate

Als Frontzahnbereich wurden die Regionen 13-23 sowie 33-43 nach FDI definiert. Wie in den Abbildungen 24 (S. 40) und 25 (S. 41) veranschaulicht, wiesen die Implantate im Unterkieferfrontzahnbereich über alle Untersuchungszeitpunkte gesehen einen höheren koronalen Knochenabbau auf als entsprechende Implantate im Oberkiefer. Zu beachten ist die unterschiedliche Fallzahl innerhalb der untersuchten Populationen zu den Untersuchungszeitpunkten.

Zum Zeitpunkt Prothetik belief sich der koronale Knochendefekt im Oberkiefer im Mittel auf 0,67 mm. Im Gegensatz dazu betrug das Mittel im Unterkiefer hier bereits 1,6 mm. In beiden Regionen stieg der Knochenverlust unter Belastung und betrug nach 5 Jahren im Oberkiefer 1,21 mm sowie im Unterkiefer 2,36 mm. Beide Werte steigerten sich auf 1,45 mm im Ober- beziehungsweise 3,08 mm im Unterkiefer nach 10 Jahren.

Im Oberkiefer belief sich der Knochenverlust vom Zeitpunkt Prothetik bis zur Kontrolle nach 10 Jahren auf $\Delta\bar{x} = 0,78$ mm, im Unterkiefer $\Delta\bar{x} = 1,48$ mm.

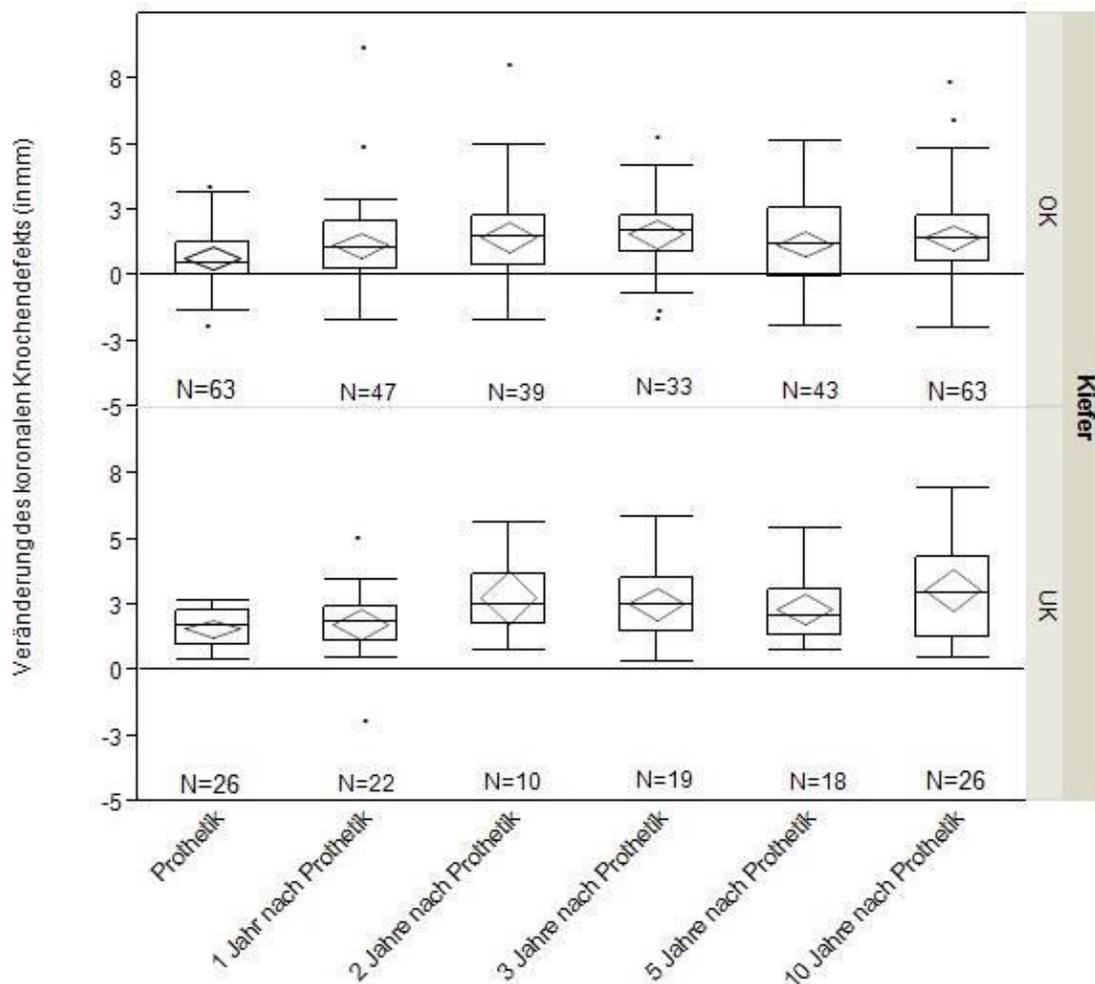


Abbildung 25: Koronale Knochenveränderung im Frontzahnggebiet (Mittelwert in mm) im zeitlichen Verlauf, Oberkiefer und Unterkiefer im Vergleich. Basal Anzahl n der untersuchten Implantate

Aufgrund der Differenzen im Histogramm der Abbildung 24 (S. 40) wurde die Alternativhypothese aufgestellt, dass sich der koronale Knochenabbau in der Ober- und Unterkieferfront unterschiedlich verhält. Da die Daten aufgrund nicht übereinstimmender Mittelwerte und Mediane als nicht normalverteilt angesehen wurden, wurde sowohl mittels t-Test als auch Wilcoxon's signed rank-Test für alle Untersuchungszeiträume geprüft. Auf 5% Signifikanzniveau konnte die Alternativhypothese nicht verworfen werden (vgl. Kapitel 8.4. S. 90 Tabellen 13

und 14).

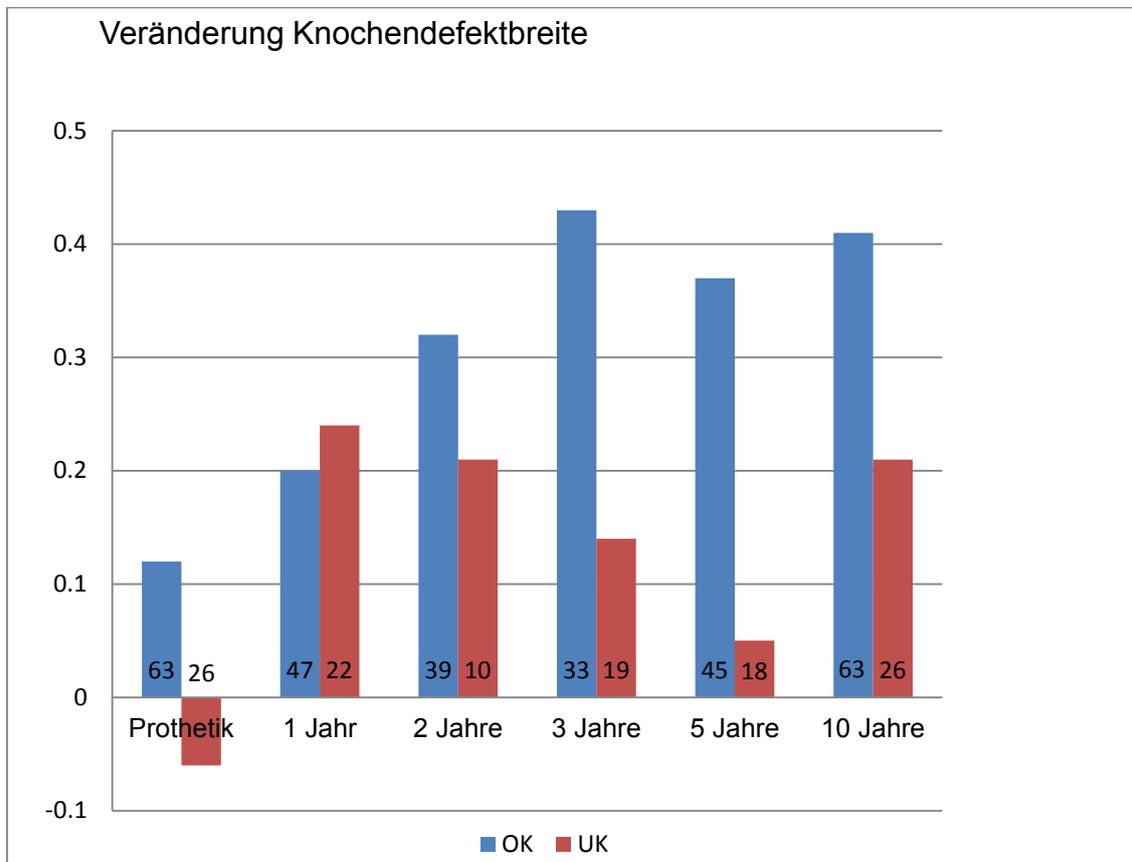


Abbildung 26: Veränderung der Knochendefektbreite im Frontzahnggebiet (Mittelwert in mm) im zeitlichen Verlauf, Oberkiefer und Unterkiefer im Vergleich. Basal Anzahl n der untersuchten Implantate

Die Knochendefektbreiten unterschieden sich ebenfalls für Ober- und Unterkiefer (siehe Abbildungen 26 S. 42 und 27 S. 43). Die Werte für den Unterkiefer schwankten recht stark. So fand bis zum Zeitpunkt Prothetik ein Knochenzuwachs von durchschnittlich 0,06 mm statt, der sich nach einem Jahr umkehrte und in einem Knochenverlust in Höhe von 0,24 mm mündete. Es folgten ein Rückgang auf 0,05 mm nach 5 Jahren und ein erneuter Anstieg nach 10 Jahren auf 0,21mm.

Im Oberkiefer lag anfangs eine Knochendefektbreite in Höhe von 0,12 mm vor, die ihr Maximum mit 0,43 mm nach 3 Jahren erreichte. Nach 10 Jahren betrug die Defektbreite nunmehr 0,41 mm.

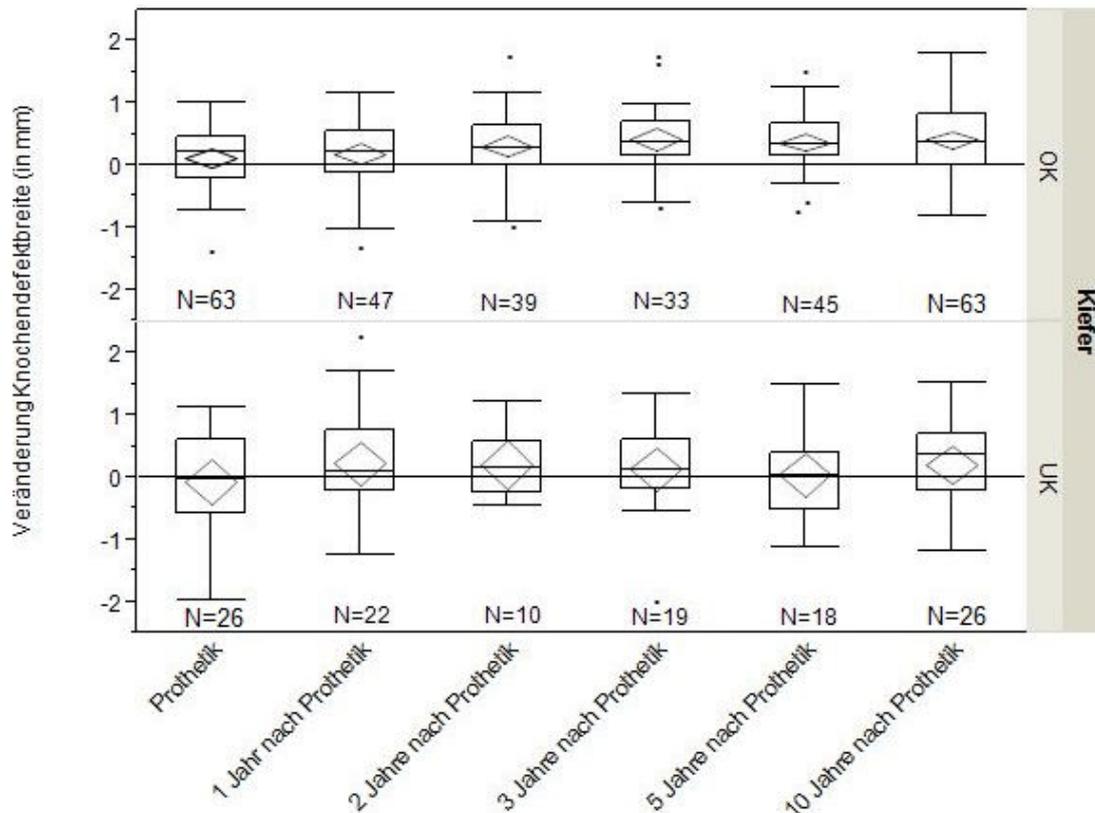


Abbildung 27: Veränderung der Knochendefektbreite im Frontzahnggebiet (Mittelwert in mm) im zeitlichen Verlauf, Oberkiefer und Unterkiefer im Vergleich. Basal Anzahl n der untersuchten Implantate

Sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer traten Ausreißer auf, wie in Abbildung 27 (S. 43) deutlich zu sehen ist. Minima und Maxima lagen in beiden Kiefern nach 10 Jahren vergleichsweise weit auseinander.

Es wurde für den Vergleich der Knochendefektbreite die Nullhypothese formuliert, dass sich die Messstrecken in der Ober-und Unterkieferfront voneinander unterscheiden. Aufgrund normalverteilter Daten wurde der t-Test angewandt. Die Nullhypothese konnte auf 5%-Signifikanzniveau für alle Untersuchungszeitpunkte verworfen ($p=0,08$ bis $p=0,83$; siehe Kapitel 8.4. S. 90, Tabelle 14) und die Alternativhypothese angenommen werden.

3.5. Vergleich der Knochenveränderung nach Kiefer im Seitenzahnggebiet

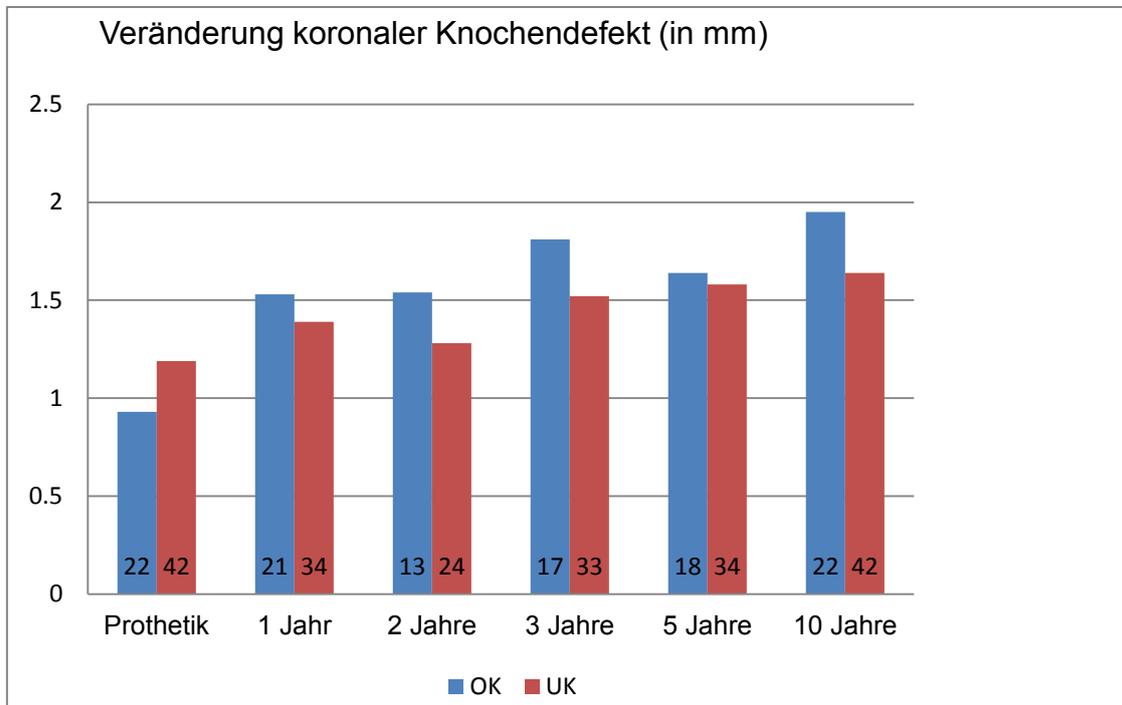


Abbildung 28: Koronale Knochenveränderung im Seitenzahnggebiet (Mittelwert in mm) im zeitlichen Verlauf, Oberkiefer und Unterkiefer im Vergleich. Basal Anzahl n der untersuchten Implantate

In Abbildung 28 (S. 44) werden die koronalen Knochenveränderungen im Seitenzahnbereich (FDI 14-18, 24-28, 34-38, 44-48) von Ober- und Unterkiefer einander gegenübergestellt.

Zum Zeitpunkt Prothetik lag im Oberkiefer ein Defekt in Höhe von 0,93 mm vor; im Unterkiefer waren es bereits 1,19 mm. Nach einem Jahr überstieg der Verlust im Oberkiefer ($\bar{x} = 1,53$ mm) den des Unterkiefers ($\bar{x} = 1,39$ mm). Nach 10 Jahren war im Oberkieferseitenzahnggebiet im Mittel 1,95mm, im Unterkiefer 1,64 mm Knochen verloren gegangen.

Vom Zeitpunkt Prothetik bis zum Zeitpunkt 10 Jahre waren das im Oberkiefer $\Delta\bar{x} = 1,02$ mm, im Unterkiefer $\Delta\bar{x} = 0,45$ mm.

So wurde wie im Frontzahnbereich auch hier die Alternativhypothese formuliert, dass sich die koronalen Knochenveränderungen in beiden Kiefern voneinander unterscheiden. Getestet wurde ebenfalls mit t-Test und Wilcoxon's signed rank-Test, wobei letzterem aufgrund der meist nicht normalverteilten Daten der

Vorzug gegeben werden sollte.

Zu allen Beobachtungszeitpunkten konnte die Alternativhypothese verworfen werden, sodass auf 5% Signifikanzniveau die Aussage getroffen werden konnte, dass sich im Ober- und Unterkieferseitenzahnggebiet die koronalen Knochenverluste nicht voneinander unterscheiden (vgl. Kapitel 8.4. S. 91, Tabelle 15).

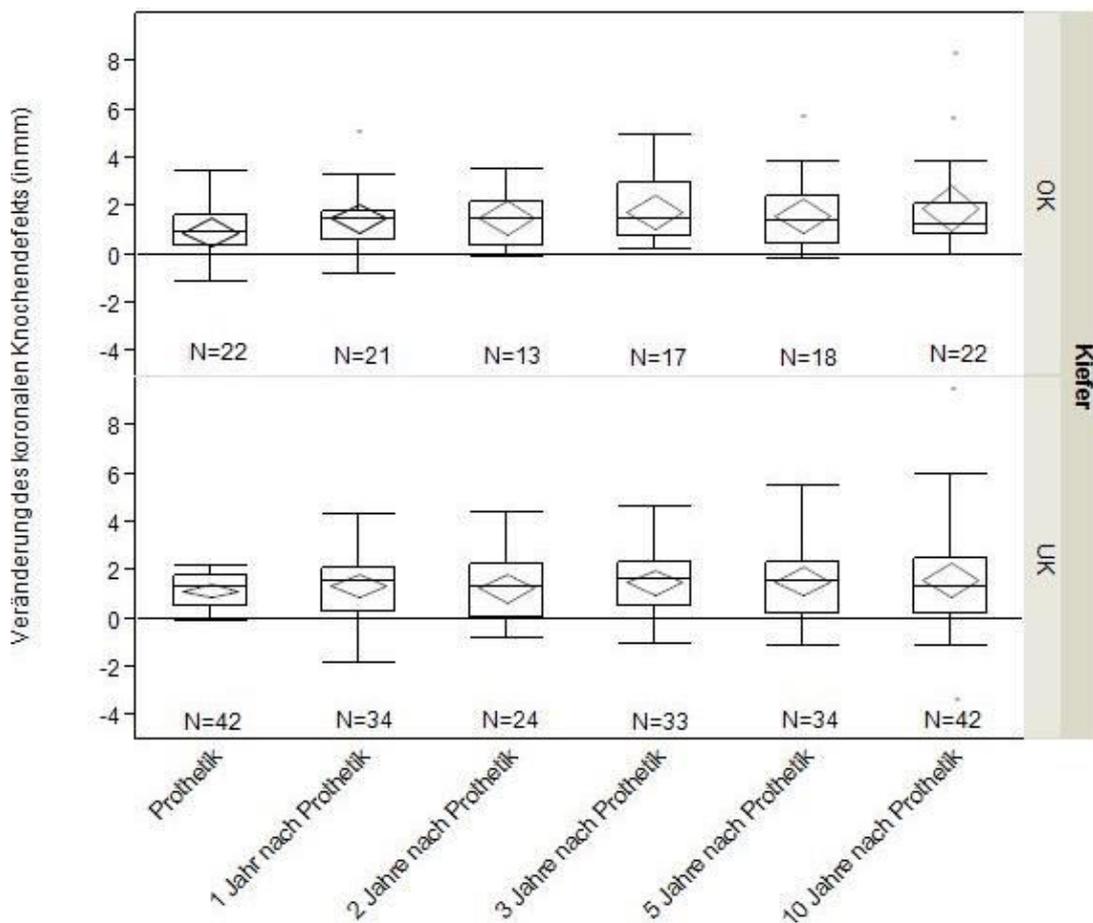


Abbildung 29: Koronale Knochenveränderung im Seitenzahnggebiet (Mittelwert in mm) im zeitlichen Verlauf, Oberkiefer und Unterkiefer im Vergleich. Basal Anzahl n der untersuchten Implantate

In Abbildung 29 (S. 45) sind die Unterschiede des koronalen Knochenumbaus als Boxplots visualisiert. Zu beachten sind die Ausreißer in beiden Kiefern nach 10 Jahren, die in diesem Ausmaß ebenfalls bei Betrachtung der Gesamtergebnisse für alle Implantate auftraten (vgl. Kapitel 3.2.1. S. 33, Abbildung 17).

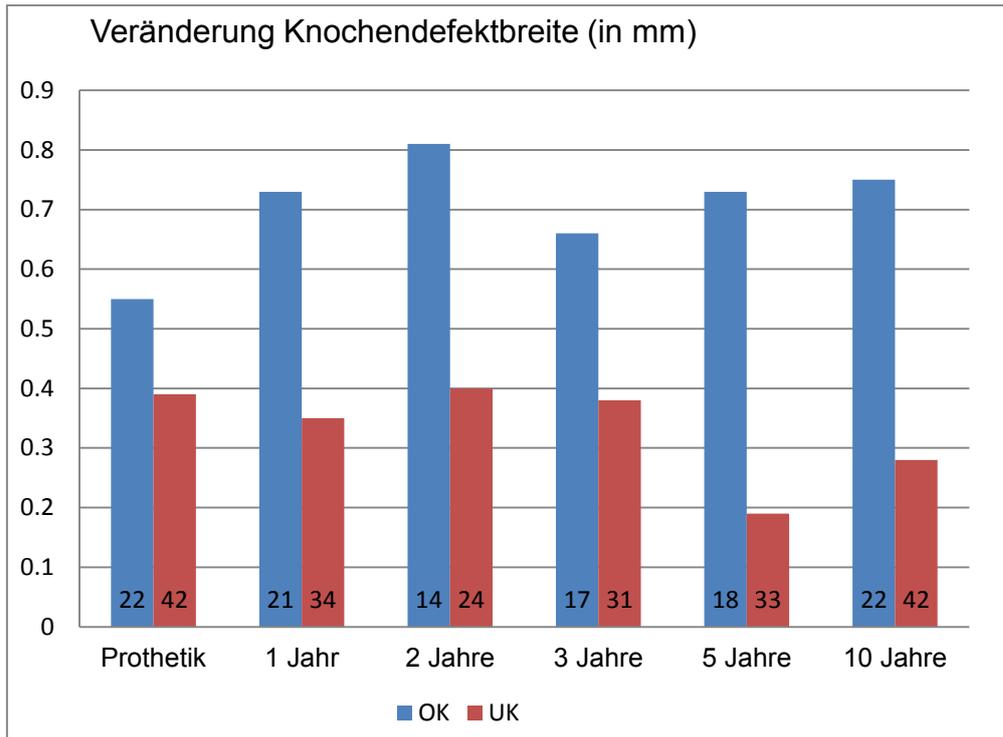


Abbildung 30: Veränderung der Knochendefektbreite im Seitenzahnggebiet (Mittelwert in mm) im zeitlichen Verlauf, Oberkiefer und Unterkiefer im Vergleich. Basal Anzahl n der untersuchten Implantate

Im Histogramm Abbildung 30 (S. 46) dargestellt ist die Knochendefektbreite im Seitenzahnbereich in Ober- und Unterkiefer.

Sie betrug zum Zeitpunkt Prothetik im Oberkiefer 0,55 mm, im Unterkiefer 0,39 mm. Der maximale horizontale Knochenverlust fand sich nach 2 Jahren im Oberkiefer; hier fehlten im Mittel 0,81 mm. Im Unterkiefer waren es zum selben Untersuchungszeitpunkt lediglich 0,4 mm.

Nach 10 Jahren belief sich die Knochendefektbreite im Oberkiefer auf 0,75 mm und blieb damit nach dem 1. Jahr relativ konstant. Im Unterkiefer sank die Defektbreite auf 0,28 mm nach 10 Jahren.

Auch hier sind die unterschiedlichen Populationsgrößen zu beachten.

In Abbildung 31 (S. 47) sind die Messwerte in einem Boxplot-Histogramm dargestellt.

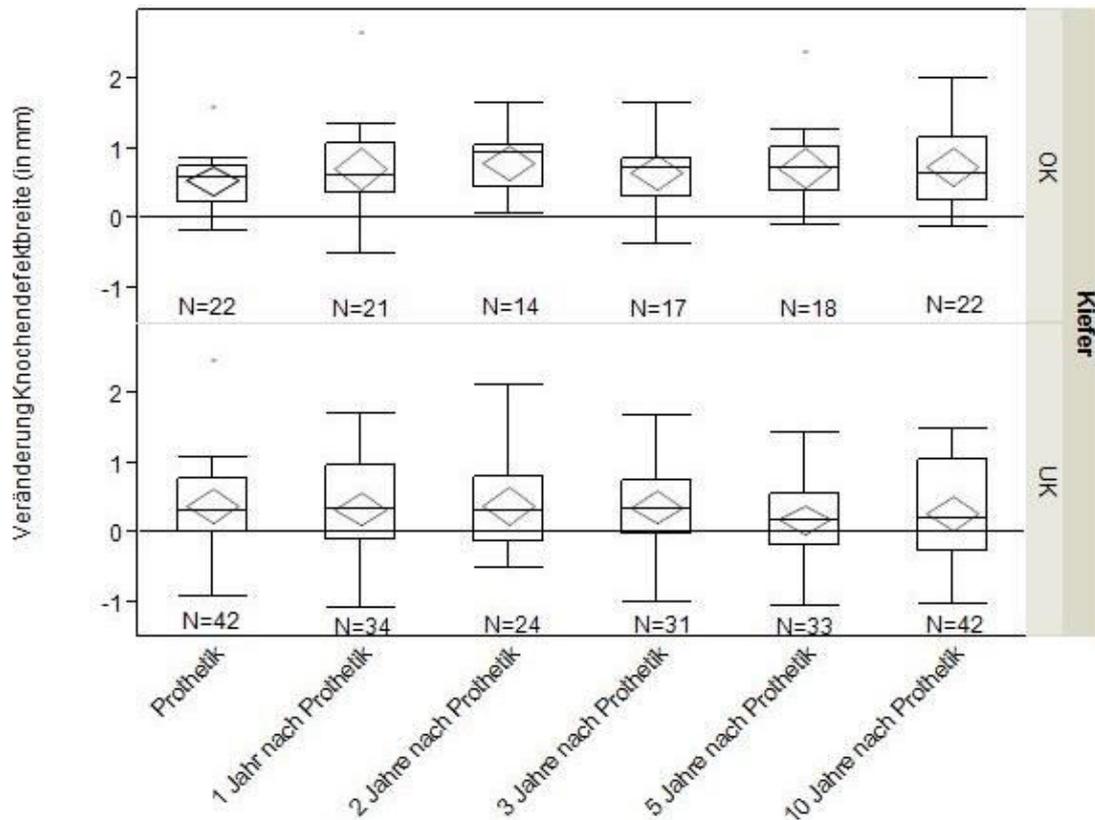


Abbildung 31: Veränderung der Knochendefektbreite im Seitenzahnggebiet (Mittelwert in mm) im zeitlichen Verlauf, Oberkiefer und Unterkiefer im Vergleich. Basal Anzahl n der untersuchten Implantate

Für den statistischen Vergleich der Knochendefektbreiten im Ober- und Unterkieferseitenzahnggebiet wurde die Nullhypothese formuliert, dass sich die Daten statistisch formal voneinander unterscheiden. Ein t-Test wurde angewandt. Für die Untersuchungszeitpunkte 2, 5, und 10 Jahre nach Prothetik konnte die Nullhypothese angenommen werden ($p = 0,01$ bis $p = 0,03$, siehe Kapitel 8.4. S. 91, Tabelle 16), wohingegen für die Untersuchungszeitpunkte Prothetik, 1 Jahr und 3 Jahre nach Prothetik die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen werden konnte.

4. Diskussion

4.1. Diskussion des Studienziels

Ziel dieser Studie war es, das quantitative Ausmaß der periimplantären vertikalen und horizontalen Knochenveränderung unter besonderer Berücksichtigung der unterschiedlichen Lokalisationen und prothetischen Versorgungen von Frialit-2 Implantaten über einen Zeitraum von 10 Jahren zu untersuchen.

Der Erfolg einer Versorgung mit Implantaten lässt sich leicht anhand der Überlebensrate, die den Implantaterfolg über die Zeit dokumentiert, erfassen. Diese lässt allerdings keine Aussage hinsichtlich der Implantatumgebung zu. Durch verschiedene Ursachen ausgelöster Schwund des knöchernen Implantatbetts ist einer der Hauptgründe für Implantatverlust. Ihn zu quantifizieren und abschätzbar machen zu können ist deswegen ein wichtiges Anliegen.

Ein einfaches und reliables Verfahren, Knochenveränderungen zu erkennen und zu dokumentieren, ist die Vermessung von Röntgenaufnahmen. Klinische Messverfahren (Elkhoury et al. 2005) haben sich dabei nicht bewährt (Verhoeven et al. 2000).

4.2. Diskussion der Methode

4.2.1. Studienbedingungen und Patientenselektion

Der Ablauf dieser Studie wurde vor Beginn in einem Studienplan definiert und die Studie in ihrem Ablauf entsprechend durchgeführt. Es wurden Röntgenaufnahmen von Patienten untersucht, die im Rahmen regelmäßiger Nachkontrollen im Studienzentrum der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Universität Tübingen erschienen.

Die Patientenselektion erfolgte auf Basis bereits durchgeführter Behandlungen. Der Nachuntersucher konnte das Ergebnis also nicht nachträglich beeinflussen. Bei der Nachkontrolle wurden bei den Patienten klinisch allgemeinmedizinische und zahnärztliche Befunde erhoben. Zusätzlich wurden Röntgenaufnahmen in

Form von Mundfilmen und Panoramaschichtaufnahmen angefertigt, die eine Begutachtung der Implantate und der assoziierten knöchernen Strukturen ermöglichen. Beide bildgebende Verfahren setzen nur geringe Röntgenstrahlung frei und sind günstig und schnell in der Durchführung. Da nicht alle Patienten jährlich röntgenologisch untersucht wurden, resultierten zu den unterschiedlichen Beobachtungszeitpunkten unterschiedlich hohe Fallzahlen.

4.2.2. Vermessung periimplantärer Transluzenzen

4.2.2.1. Alternative Methoden

Diverse Forschungsgruppen haben sich mit der Vermessung periimplantärer Knochenveränderungen auseinandergesetzt und dabei unterschiedliche Messmethoden angewandt.

Die Qualität der Verfahren lässt sich an der Reliabilität der jeweils angewandten Verfahren ermesen; das heißt, unterschiedliche Anwender der Methode sollten bei gleicher Situation zu einem möglichst identischen Ergebnis gelangen. Die Messmethoden wurden in der Regel individuell für einen bestimmten Implantattypus festgelegt, wobei charakteristische Implantatstrukturen als Referenzpunkte dienen.

So wurden beispielsweise bei Brånemark-Implantaten freiliegende Implantatwindungen gezählt. Aufgetretene Knochendefekte wurden außerdem nach Form (Richter 1989) oder Öffnungswinkel (Dietrich et al. 1991) diversifiziert.

Der Zeitpunkt, ab dem Knochenveränderungen gemessen wurden, wurde von einigen Autoren erst mit der prothetischen Versorgung der Implantate angegeben. Dies wurde vor dem Hintergrund eines möglicherweise negativen Einflusses der Röntgenstrahlen auf den Einheilungsprozess der Implantate begründet, weswegen zum Zeitpunkt der Implantatinsertion auf ein Kontrollröntgenbild verzichtet wurde. Im Gegensatz dazu wurden für die vorliegende Studie zum Zeitpunkt der Insertion Röntgenaufnahmen angefertigt, um initiale Knochenabbauvorgänge dokumentieren zu können. Gleichzeitig

diente die Röntgenaufnahme post OP als Referenzbild zur Bestimmung der Knochenveränderungen zu den späteren Untersuchungszeitpunkten.

4.2.2.2. Angewendete Methode

Die in dieser Studie angewendete Messmethode wurde 1995 von Gómez-Román et al. entwickelt und 1996 in einer Reliabilitätsstudie auf ihre Aussagekraft untersucht.

Diese Reliabilitätsstudie ergab eine sichere Reproduzierbarkeit der Messergebnisse. Gómez-Román et al. konnten 1999 nachweisen, dass die Methode auch auf digitalisierte Röntgenbilder anwendbar ist, bei gleichzeitiger Erhöhung der Messgenauigkeit gegenüber analogen Röntgenaufnahmen. In Abbildung 32 (S. 50) ist eine entsprechende Beispielmessung dargestellt.



Abbildung 32: Beispielmessung vertikaler Strecken mit SIDEXIS

Dank klarer Aussagen bezüglich der Messpunkte und –strecken durch die Messmethode traten in der vorliegenden Untersuchung nur durch die Aufnahmequalität einiger Röntgenaufnahmen Schwierigkeiten auf.

Diese offenbarten sich durch Über- und Unterbelichtung, übermäßige Biegung der Mundfilme mit entsprechend erhöhtem Verzerrungsfaktor in Horizontale und

Vertikale oder durch gegenüber dem Aufnahmeprotokoll veränderter Projektionsrichtung der Implantate.

Aufgrund der Möglichkeit der digitalen Nachbearbeitung bezüglich Kontrast und Helligkeit der Röntgenaufnahmen konnten einige dieser zuerst nicht verwendbaren Aufnahmen trotzdem ausgewertet werden. War ein Referenzpunkt nicht genau zuordenbar oder konnte die Implantatlänge röntgenologisch nicht exakt bestimmt werden, so erfolgte bei diesem Implantat keine Auswertung zum betreffenden Zeitpunkt.

4.2.3. Validität von Röntgenaufnahmen zur Messung von Knochenabbauvorgängen

Röntgenaufnahmen eignen sich prinzipiell sehr gut zur Darstellung des knöchernen Implantatbetts (Chaytor 1993; Verhoeven et al. 2000).

Wie genau jedoch eine Röntgenaufnahme die reale Knochensituation darstellt, lässt sich nur anhand des Vergleichs mit dem Operations-Situs aufzeigen (Pepelassi und Diamanti-Kipiotti 1997). Eine Studie, die den intraoperativen Situs mit Panoramaschichtaufnahmen verglich, konnte aufzeigen, dass 50-60% der Messungen nicht mehr als ± 1 mm voneinander abwichen.

Messungengenauigkeiten traten demnach bei sehr schmalen Knochendefekten sowie bei Messungen im Frontzahnggebiet auf (Jansen et al. 1993).

Will man eine Knochensituation durch röntgenologische Nachkontrollen untersuchen, besteht die Schwierigkeit in der exakten Reproduktion der Projektionsachse.

Die Position der Strahlenquelle, des Films und des zu kontrollierenden Objekts haben dabei Einfluss auf die resultierende Röntgenaufnahme. Folgen Vergrößerung und Verzerrung des Objekts bei Mundfilmen noch einfachen Gesetzmäßigkeiten, sind sie bei Panoramaschichtaufnahmen durch die Rotation von Film und Strahlenquelle um das Objekt umso komplizierter, weswegen eine Korrektur der Messstrecken hierbei nicht mehr ohne weiteres möglich ist (Zach et al. 1969).

Röntgenaufnahmen bilden dreidimensionale Objekte zweidimensional ab, wobei sich alle im Strahlengang hintereinander befindlichen Strukturen aufsummieren. Weniger röntgendichte oder grazile Strukturen werden dabei von dichteren überlagert. Dies hat bei Messungen zur Konsequenz, dass Strukturen meist nur mesial und distal eines Zahns oder Implantats beurteilbar dargestellt werden (Rees et al. 1971). Auf der Röntgenaufnahme stellen sich nur Strukturen dar, die entsprechend röntgendicht sind. Dünne Lamellen und demineralisierte Strukturen bieten den Röntgenstrahlen kein ausreichendes Hindernis zur Abschwächung und sind oft nicht abgebildet.

Wichtig für die genaue Messung periimplantärer Knochenverhältnisse ist die Erzeugung des Mundfilms in Paralleltechnik, bei der die Implantatachse im rechten Winkel getroffen werden sollte.

Ist der Winkel verschoben, so verändern sich vestibulär und lingual gelegene Alveolarfortsatzkonturen, was entsprechende Messfehler mit sich zieht. Analog dazu ist auf die exakte Positionierung der Patienten bei der Anfertigung von Panoramaschichtaufnahmen zu achten.

4.2.3.1. Unterschiede zwischen Panoramaschichtaufnahmen und Mundfilmen

Werden bei einem Patienten mehrere auf unterschiedliche Regionen verteilte Implantate röntgenologisch nachkontrolliert, so ist aufgrund der insgesamt geringeren Röntgenbelastung der Panoramaschichtaufnahme der Vorzug zu geben. Wie in Kapitel 4.2.3. auf Seite 51 sehen einige Autoren jedoch bei Mundfilmen eine bessere Beurteilung von Knochenveränderungen durch exaktere Reproduktion der Aufnahmen. Insbesondere im Frontzahnbereich treten Überlagerungen durch Weich- (Zunge) oder Hartgewebe (Wirbelsäule) auf, die eine exakte Auswertung des periimplantären Knochens erschweren.

4.2.3.2. Vorteile digitaler Vermessung von Röntgenaufnahmen

Vorteilhaft bei der digitalen Vermessung von Röntgenaufnahmen sind die Hilfsfunktionen der Betrachtungsprogramme wie SIDEXIS (Sirona Dental Systems GmbH, Wals, Österreich). Zu helle oder zu dunkle Aufnahmen können beliebig nachkorrigiert und dadurch in manchen Fällen überhaupt erst auswertbar gemacht werden.

Mithilfe von Kontrasterhöhungs- und Vergrößerungsfunktionen können zuvor schlecht beurteilbare Bereiche ebenfalls besser sichtbar gemacht und dementsprechend genauer vermessen werden. Zusätzlich können Hilfslinien eingefügt werden, die zu einer erhöhten Reproduzierbarkeit der Messwerte gegenüber Schablonen bei der analogen Vermessung führen.

Die Strecken werden dabei auf 1/100 mm genau von der Software erfasst.

4.2.3.3. Nachteile digitaler Vermessung von Röntgenaufnahmen

Durch die mittlerweile ermöglichte digitale Erzeugung von Röntgenaufnahmen erlischt der Nachteil des zeitaufwendigen Digitalisierens analoger Röntgenaufnahmen. So bleibt lediglich der hohe Preis der Bearbeitungssoftware zu nennen.

4.2.4. Datenerfassung und –bearbeitung

4.2.4.1. Dateneingabe

Nach erfolgter zweifacher Eingabe der Daten sollte ein erneuter Abgleich der Daten auf den Messbögen mit den eingegebenen Daten erfolgen, da nach eigenen Erfahrungen bei etwa 20% der Daten falsche Einträge durch Übertragungsfehler entstehen.

4.2.4.2. Plausibilitätskontrolle

Alle erhobenen Daten wurden nach Abschluss der Eingabe auf Ausreißer kontrolliert. Neben Übertragungsfehlern vom Erhebungsbogen auf den Monitor

traten häufig Zahlen- und Vorzeichendreher bei der Eingabe der Daten auf, die umgehend korrigiert wurden.

Etliche Ausreißer basieren auf teilweise weit fortgeschrittener Periimplantitis, siehe Abbildungen 33 (S. 54) und 34 (S. 54), jedoch auch, wenn auch seltener, durch periimplantäre Knochenapposition, siehe Abbildung 35 (S. 55).



Abbildung 33: Beispiel für starken vertikalen Knochenabbau Zahn 14

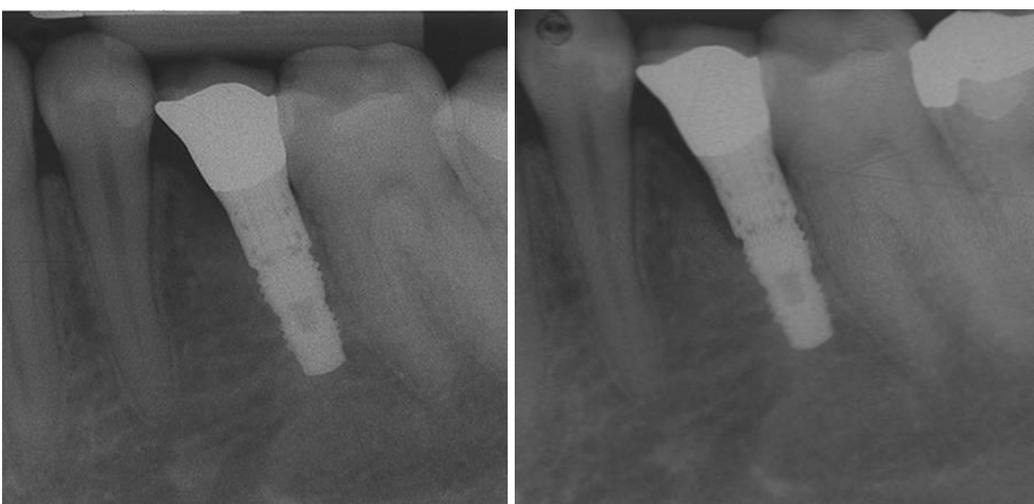


Abbildung 34: Beispiel für starken vertikalen Knochenabbau mesial 35; linke Aufnahme nach 5 Jahren, rechte Aufnahme nach 10 Jahren

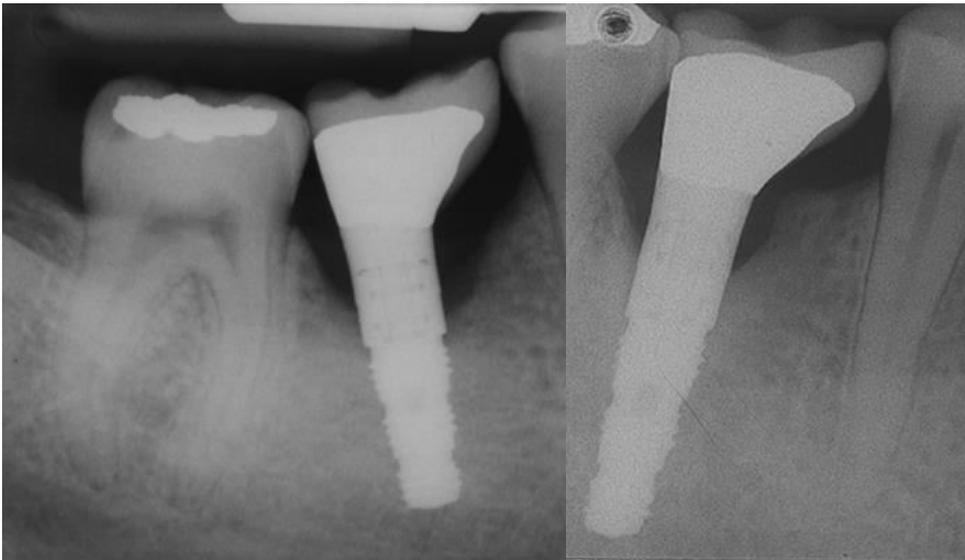


Abbildung 35: Beispiel für Knochenapposition mesial und distal 46;
links Aufnahme nach Prothetik, rechts Zustand nach 10 Jahren

4.2.5. Statistische Auswertung

Die Zusammenfassung mesialer und distaler Messstrecken zu einem gemeinsamen Mittelwert ermöglichte eine vereinfachte Darstellung der Ergebnisse bei gleichzeitig präziser Aussagekraft über die periimplantären Knochenverhältnisse.

Jedes Implantat ging einzeln in die statistische Auswertung ein, auch wenn ein Patient mit mehreren Implantaten versorgt worden war, da jede periimplantäre Situation individuell bewertet werden sollte.

Die grafische Darstellung der Auswertungen erfolgte mit Boxplots, die viele statistische Daten und Kenngrößen einfach beurteilbar darzustellen vermögen. Bei der Auswertung lag das Hauptaugenmerk auf den Mittelwerten, da die Populationen durch entsprechende Größe hinreichend vor Ausreißern geschützt waren. Darüber hinaus ermöglicht der Mittelwert einen besseren Vergleich mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen.

4.3. Diskussion der Ergebnisse

Es sei vorangestellt, dass Vergleiche mit ähnlichen Studien aufgrund unterschiedlicher Messmethoden, Verwendung von Implantaten unterschiedlicher Designs und Suprakonstruktionen sowie differierender Implantatanzahlen einen großen Spielraum für Interpretationen gewähren.

4.3.1. Auswertung

4.3.1.1. Vorauswertung

In einer Vorauswertung wurde für die mesialen und distalen Messstrecken der Knochendefekttiefe, -breite und des Knochenniveaus geprüft, ob sie sich zum Zeitpunkt Prothetik voneinander unterscheiden. Die Unterschiede waren statistisch nicht signifikant, weshalb die mesialen und distalen Messstrecken jeweils zu einem gemeinsamen Mittelwert zusammengefasst und nicht getrennt ausgewertet wurden.

4.3.1.2. Gesamtergebnis

4.3.1.2.1. Koronaler Knochendefekt

Bei der vorliegenden Population wurde im Zeitraum von der Insertion der Implantate bis zu ihrer Versorgung der größte koronale Knochenverlust vorgefunden ($\bar{x} = 1,03$ mm).

In den nachfolgenden Untersuchungszeiträumen betrug der größte zusätzliche Knochenabbau zwischen den Intervallen dagegen nur noch 0,38 mm.

Adell et al. (1986) stellten einen koronalen Knochenabbau bei Titanimplantaten fest, der im ersten Jahr 0,9 mm betrug. Auch hier ging der Knochen in den weiteren Untersuchungsintervallen um 0,05 mm pro Jahr zurück.

Radiologisch konnte dort eine erhöhte Radioopazität der Kompakta festgestellt werden, die auf ein Remodeling des periimplantären Knochens schließen lässt.

Cochran et al. (2009) maßen bei einer Untersuchung an Frialit-2 Implantaten einen durchschnittlichen Knochenverlust von 2,44 mm in den ersten 6 Monaten

nach Insertion. Bei dieser Studie wurden Patienten aus 5 Operationszentren untersucht, die in der Oberkiefer- oder Unterkieferfrontzahnregion implantiert worden waren. Die Implantate heilten dabei offen ein.

Im Vergleich dazu belief sich in der vorliegenden Studie der durchschnittliche Knochenabbau in der Oberkieferfront zum Zeitpunkt Prothetik auf lediglich 0,67 mm und in der Unterkieferfront auf 1,60 mm. Cecchinato et al. (2004) verglichen in einer Studie Knochenveränderungen offen und geschlossen eingeeilter Implantate. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass das unterschiedliche Einheilungsprotokoll keinen Einfluss auf spätere Veränderungen des periimplantären Knochens habe. Möglicherweise sind das unterschiedliche Implantatdesign und die unterschiedliche Oberfläche mitverantwortlich für den initial geringeren Knochenverlust in der vorliegenden Studie.

Es scheint also ein großer Knochenabbau in der Einheilphase von Implantaten stattzufinden, der auf Umbauvorgänge im Knochen zurückzuführen ist. Dieser verringert sich ab der prothetischen Versorgung und bleibt in den Folgejahren relativ konstant.

Albrektsson et al. (1986) definierten als eine wesentliche Komponente des Implantaterfolgs einen geringeren jährlichen koronalen Knochenverlust als 0,2 mm pro Jahr nach dem ersten Jahr unter Funktion. Diese Anforderung wurde von den Implantaten in der vorliegenden Studie bei Betrachtung der Gesamtpopulation erfüllt.

4.3.1.2.2. Knochendefektbreite

Die Knochendefektbreite des periimplantären Knochens bewegte sich zwischen 0,23 mm zum Untersuchungszeitraum nach Prothetik und 0,40 mm nach 2 Jahren. Viele Implantate wiesen einen geringen Knochenzuwachs in der Horizontalen im Bereich der Zeitpunkte OP sowie 1 Jahr unter Risiko auf. Dies ist sicherlich unter dem Aspekt des Remodelings der knöchernen Kompakta nach erfolgreicher Osseointegration der Implantate zu sehen. Dazwischen gibt es nur kleine Schwankungen. Nach 10 Jahren betrug das

Mittel 0,39 mm.

Erhöhte Knochendefektbreiten nach Implantation können durch Remodeling-Prozesse ausgeglichen werden und gehen mit einer Abflachung des Defektwinkels einher. Eine stattfindende Knochenapposition am Implantat hat den gleichen Effekt.

4.3.1.2.3. Veränderung des Knochenniveaus

Das Knochenniveau zeigte vom Zeitpunkt der prothetischen Versorgung bis hin zur Untersuchung nach 10 Jahren einen leichten Knochenrückgang, der nach 10 Jahren 0,71 mm betrug.

Das Knochenniveau selbst zeigt Umbauvorgänge im peripheren Knochen an, ist für die Implantatprognose selbst aber nicht relevant.

4.3.1.3. Vergleich der Knochenveränderung nach Versorgungsart

Im Folgenden sollen die Knochenveränderungen an den untersuchten Implantaten aufgeschlüsselt nach Versorgungsart betrachtet und diskutiert werden.

Einzelzahnersatz

Gómez-Román et al. (1997) konnten an Frialit-2 Stufenschrauben in einem Untersuchungszeitraum von 5 Jahren an Einzelzahnimplantaten einen jährlichen durchschnittlichen Knochenabbau von initial 0,5 mm (Median) feststellen, der nach einem Jahr auf 1,0 mm anstieg und im weiteren Untersuchungszeitraum konstant blieb. Bei dieser Untersuchung waren neben Einzelzahnversorgungen auch Versorgungen zahnloser Kiefer inkludiert. Bezüglich des initialen Knochenverlusts besteht zur vorliegenden Studie nur ein geringer Unterschied. Im hier untersuchten Patientenkollektiv betrug der initiale Knochenverlust bei mit Einzelkronen versorgten Implantaten 0,68 mm im Median sowie 1,18 mm nach einem Jahr Belastung.

Krennmair et al. (2002) stellten nach 5 Jahren Untersuchungszeitraum an 146 Frialit-2 Implantaten mit Einzelzahnersatz in Ober- und Unterkiefer einen

durchschnittlichen Knochenverlust in Höhe von $1,3 \pm 0,8$ mm fest. Im Vergleich dazu maßen Ricci et al. (2004) bei der Nachuntersuchung von 112 Frialit-2 Implantaten mit Einzelzahnersatz in Ober- und Unterkiefer einen durchschnittlichen krestalen Knochenverlust von $2,16 \pm 1,6$ mm nach 5 Jahren. Dieser, mit Krennmair verglichen, hohe Wert wurde von den Autoren mit der Notwendigkeit, in Frontzahnregionen aus ästhetischen Gründen die Implantate subkrestal setzen zu müssen, begründet, was in einem erhöhten Knochenverlust resultiere. Als weiteren Grund für erhöhten Knochenverlust konnten sie mangelhaft sitzende Restaurationen identifizieren. Bei Durchsicht vergleichbarer Studien an Implantaten unterschiedlicher Hersteller ergeben sich Unterschiede im koronalen Knochenverlauf. So untersuchten Prosper et al. (2010) Knochenveränderungen an Implantaten mit 6,5 mm und 7,5 mm Durchmesser, die in frische Unterkiefermolaren-Extraktionsalveolen gesetzt wurden und nach 3 Monaten Einheitszeit mit Einzelkronen versorgt wurden. Sie konnten dabei einen durchschnittlichen krestalen Knochenverlust in Höhe von $0,17 \pm 0,11$ mm nach einem Jahr sowie $1,01 \pm 0,59$ mm nach 5 Jahren nachweisen. Dieser initiale Knochenverlust fällt im Vergleich zu den anderen Untersuchungen recht gering aus. Gómez-Román et al. (1997) weisen in ihrer Untersuchung auf einen regelmäßig stattfindenden Knochenzuwachs nach Sofortimplantation hin, der den insgesamt sehr geringen Knochenverlust erklären würde. Henry et al. (1996) stellten in einer Studie über 107 mit Einzelkronen versorgten Bränemark-Implantaten einen durchschnittlichen Knochenverlust im Untersuchungsintervall vom 3. bis 5. Jahr in Höhe von $0,18 \pm 0,75$ mm im Oberkiefer und $0,31 \pm 0,60$ mm im Unterkiefer fest. In der vorliegenden Studie wurde im gleichen Zeitraum eine Knochenapposition von 0,01 mm registriert. Blanes et al. (2007) untersuchten den jährlichen Knochenabbau nach klinischen und radiologischen Parametern an ITI-Implantaten im Ober- und Unterkieferseitenzahnbereich, die mit Einzelzahn- oder Brückenversorgungen versehen wurden. Dabei wurde an den Standard-Schraubenimplantaten ein jährlicher durchschnittlicher krestaler Knochenverlust von $0,14 \pm 0,17$ mm gemessen. Der Nachuntersuchungszeitraum betrug dabei mindestens 5 Jahre.

Dieses Ergebnis sollte jedoch vorsichtig interpretiert werden, da lediglich 9 Standard-Schraubenimplantate nachuntersucht wurden.

Insgesamt ist der jährliche koronale Knochenverlust der in der vorliegenden Studie untersuchten Implantate moderat und beträgt nach 10 Jahren Belastung im Mittel 1,80 mm. Damit erfüllen die Implantate die Erfolgskriterien von Albrektsson et al. (1986).

Brücken

Ozkan et al. (2011) maßen Knochenveränderungen an 33 Frialit-2 Implantaten mit Einzelzahn- und Brückenversorgungen.

Der durchschnittliche Knochenverlust betrug nach einem Jahr 0,14 mm und stieg nur leicht auf 0,24 mm zum Untersuchungszeitpunkt nach 5 Jahren.

Diese sehr geringen Werte werden von den Autoren mit weiterentwickelten Implantatoberflächen und optimaler Mundhygiene seitens der Patienten sowie ideal eingestellter Okklusion der Versorgungen begründet.

Schäfer (2002) stellte bei Verbund-Brückenversorgungen mit Pfeilerzähnen und 225 Bonelit-, Frialit-2 sowie IMZ- Implantaten einen durchschnittlichen koronalen Knochenabbau in Höhe von 1,45 mm nach 5 Jahren fest, wobei im Oberkiefer zum Zeitpunkt der prothetischen Versorgung ein geringerer vertikaler Knochenabbau zu finden war.

Dies deckt sich mit den in der vorliegenden Studie ermittelten Werten, die nach 5 Jahren einen Knochenabbau von im Mittel 1,16 mm beziehungsweise einen Median von 1,53 mm aufzeigt. Allerdings sind diese Werte, insbesondere der Mittelwert, mit Vorsicht zu betrachten, da zu diesem Untersuchungszeitpunkt lediglich für 7 Implantate Messwerte vorlagen.

Östman et al. (2008) untersuchten sofortbelastete Brückenversorgungen im Unterkiefer mit 257 Brånemark-Implantaten in einem Untersuchungszeitraum von 4 Jahren. Nach einem Jahr Belastung betrug der durchschnittliche Knochenverlust 0,7 mm. 71 der untersuchten Implantate wiesen dabei einen Knochenverlust von mehr als 1,0 mm auf. Sie konnten damit nachweisen, dass eine Sofortbelastung von implantatgetragenen Brücken mit einem moderaten koronalen Knochenverlust einhergeht.

Steg und Kugelkopf

Konstruktionsbedingt unterliegen Implantate mit Steg- und Kugelkopfversorgungen unterschiedlich hohen Belastungen beim Kauakt. Menicucci et al. (1998) betrachteten in einer Finite Elemente Analyse den Einfluss von Belastungen auf steg- und kugelversorgte Implantate. Sie stellten fest, dass stegversorgte Implantate einem deutlich höheren Stress ausgesetzt sind. Vor allem die Dimensionierung von implantatretinierten Stegversorgungen am zahnlosen Patienten scheint nach Hertel und Kalk (1993) einen Einfluss auf die so versorgten Implantate und deren periimplantären Knochen zu haben. Der Mundhygiene kommt bei implantatretiniertem Zahnersatz durch Biofilmbildung auf den retentiven Elementen eine besondere Rolle zu. Lachmann et al. (2009) konnten zeigen, dass trotz unterschiedlicher Hohlraumgestaltung der retentiven Elemente im Kugelkopf- und Dolderstegretinierten Zahnersatz bezüglich des periimplantären Weichgewebes weder klinisch noch mikrobiologisch oder immunologisch signifikante Unterschiede bestanden. Die Autoren verweisen allerdings auf die geringe Anzahl der Patienten, die alle eine gute Mundhygiene hatten.

Die Studienlage zu radiologischen Nachuntersuchungen von implantatunterstütztem kugel- und stegretiniertem Zahnersatz ist spärlich. Roynesdal et al. (1998) untersuchten Knochenveränderungen an 15 Patienten, deren zahnlose Unterkiefer mit jeweils 3 Implantaten und Kugelköpfen versorgt wurden. Dabei wurden 3 unterschiedliche Implantattypen eingesetzt. Nach 3 Jahren Untersuchungszeitraum betrug der durchschnittliche marginale Knochenverlust für schraubenförmige Implantate 0,73mm, für hydroxylapatit-beschichtete Implantate 1,2 mm sowie für Titan-Plasma-beschichtete Zylinderimplantate 2,46 mm. Spiekermann et al. (1995) untersuchten Patienten, deren zahnlose Unterkiefer mit Implantaten und stegverankerten Prothesen versorgt wurden. 3 verschiedene Implantatsysteme kamen hierbei zum Einsatz. Der durchschnittliche jährliche krestale Knochenverlust betrug gemittelt über alle 3 Systeme $0,32 \pm 0,44$ mm über einen durchschnittlichen Untersuchungszeitraum

von 5,7 Jahren. Verglichen mit Roynesdal et al. liegt damit der krestale Knochenverlust der stegversorgten Implantate unter dem der Kugelköpfe. Die in dieser Studie vermessenen Implantate wiesen nach 5 Jahren im Mittel 1,41 mm Knochenverlust auf, was sich in etwa mit der oben genannten Untersuchung von Spiekermann et al. deckt. In den darauffolgenden 5 Jahren vergrößerte sich der Knochenverlust auf 1,81 mm, was einen jährlichen Anstieg von lediglich 0,08 mm bedeutet.

Bei den in der vorliegenden Studie untersuchten Implantaten mit Kugelkopfversorgung fällt ein von Beginn an hohes Knochendefizit auf, das bei der prothetischen Versorgung bereits im Median 1,65 mm beträgt. Nach 5 Jahren steigt der Wert auf 3,52 mm, um nach 10 Jahren auf 4,33 mm anzuwachsen. Da die untersuchte Population sehr klein war und hier nur 5 beziehungsweise 7 Werte gemessen werden konnten, sollte man diese Werte nicht überinterpretieren. Die Implantate wurden in der Regel anhand von Panoramaschichtaufnahmen nachuntersucht und lagen oft in der Überlagerungszone der Wirbelsäule, sodass hier sicherlich Spielraum für Fehlinterpretationen des Knochendefekts vorhanden war.

4.3.1.4. Vergleich der Knochenveränderung im Frontzahnggebiet

Besonders im Frontzahnggebiet der Kiefer ist eine stabile Knochensituation unter anderem aus ästhetischen Gründen von großer Wichtigkeit.

Durch den Verlust der bukkalen Knochenlamelle nach Zahnverlust entsteht meist ein horizontaler und vertikaler Knochendefekt, der durch augmentative Verfahren aufgefüllt werden muss. Um den Verlust der bukkalen Lamelle möglichst gering zu halten, kann versucht werden, Implantate direkt nach Zahnverlust oder schonender Zahntfernung in die Extraktionsalveole zu setzen. 2008 stellten De Rouck et al. in einem Review eine Zusammenfassung von 11 Studien vor, die sich mit der Untersuchung von Knochenveränderungen nach Sofortimplantation im Oberkiefer befassten. In einer Studie trat dabei kein offensichtlicher Knochenabbau zu Tage; in den anderen 10 Studien konnte ein Knochenverlust in Höhe von 0,22-2 mm festgestellt werden, wobei der

geringste Untersuchungszeitraum 12, der größte 52 Monate lang war. Ein schneller Schluss der Zahnlücke durch Zahnersatz kann durch Sofortbelastung der Implantate mit Zahnersatz ermöglicht werden. Dass sofortbelastete Implantate keinen höheren Knochenverlust aufweisen, konnten Crespi et al. (2008) zeigen. Sofortbelastete Implantate im Oberkiefer wiesen nach 2 Jahren einen durchschnittlichen Knochenverlust in Höhe von $1,02 \pm 0,53$ mm, Implantate mit verzögerter Belastung dagegen $1,16 \pm 0,51$ mm auf. Oftmals können im Frontzahnggebiet aus ästhetischen und funktionellen Gründen keine Implantate mit Standarddurchmesser verwendet werden, sodass auf Implantate mit reduziertem Durchmesser zurückgegriffen werden muss. Andersen et al. konnten 2001 feststellen, dass Implantate mit 3,75 mm Durchmesser im Oberkieferfrontzahnggebiet zum Zeitpunkt der prothetischen Versorgung einen koronalen Knochenverlust von $1,1 \pm 0,4$ mm und nach 3 Jahren $1,50 \pm 0,56$ mm aufwiesen. Die Werte für durchmesserreduzierte Implantate (3,25 mm) lagen zu diesen Untersuchungszeitpunkten bei $0,89 \pm 0,55$ mm beziehungsweise $1,41 \pm 0,54$ mm. Krennmair et al. (2002) stellten in einer allgemeinen Untersuchung über die Einzelzahnversorgung von 146 Frialit-2 Implantaten im Ober- und Unterkiefer in Front- und Seitenzahnggebiet nach durchschnittlich 3 Jahren Belastung einen koronalen Knochenverlust in Höhe von $1,3 \pm 0,8$ mm fest. 38 der 146 untersuchten Implantate waren Oberkiefer-, 5 Unterkieferfrontzahnimplantate.

In der vorliegenden Studie wurden 63 Ober- und 26 Unterkieferfrontzahnimplantate untersucht. Die Werte der Implantate im Oberkieferfrontzahnggebiet liegen dabei im Bereich der genannten Studien. Im Unterkiefer dagegen war ein deutlich erhöhter koronaler Knochenverlust sichtbar. Ein großer Teil der dort inserierten Implantate war mit Kugelkopf-Abutments versorgt, die allesamt einen erhöhten Knochenverlust aufwiesen (vgl. Kapitel 3.3 S. 36 f) und einen entsprechenden Einfluss auf die Mittelwerte der untersuchten Unterkieferpopulation ausüben.

4.3.1.5. Vergleich der Knochenveränderung im Seitenzahnggebiet

Becker et al. stellten 1999 eine Untersuchung zum Molarenersatz durch Implantate in Ober- und Unterkiefer vor, wobei der Erfassung der Knochenqualität hohe Aufmerksamkeit zukam. Radiologisch konnten sie an den Implantaten im Oberkiefer nach 3,9 Jahren einen Knochenverlust in Höhe von 0,31 mm nachweisen. Im Unterkiefer wurde ein statistisch nicht signifikanter Knochenzuwachs von 0,09 mm gemessen.

Henry et al. (1996) konnten ebenfalls feststellen, dass Implantate im Molarenbereich im Oberkiefer im Vergleich zum Unterkiefer einen höheren vertikalen Knochenabbau nach 5 Jahren Belastung aufweisen.

Auch in der vorliegenden Studie konnte für den Oberkieferseitenzahnbereich ein größerer Knochenabbau im Vergleich zum Unterkiefer gemessen werden. Die Werte betragen hier nach 5 Jahren im Durchschnitt für den Oberkiefer 1,63 mm sowie für den Unterkiefer 1,58 mm. Nach 10 Jahren ist das Bild deutlicher. So gingen hier im Oberkiefer durchschnittlich 1,95 mm und im Unterkiefer 1,64 mm verloren. Im statistischen Vergleich konnte jedoch keine Signifikanz auf 5%-Niveau festgestellt werden.

Ähnliche Werte wiesen mit Einzelkronen versorgte Frialit-2 Implantate in einer Untersuchung von Krennmair et al. (2002) auf, die unter anderem im Ober- und Unterkieferseitenzahnggebiet inseriert wurden. Nach 5 Jahren betrug der durchschnittliche koronale Knochenabbau $1,3 \pm 0,8$ mm. 2004 untersuchten sie erneut Frialit-2 Implantate mit 5,5 mm Durchmesser, von denen der Großteil im Molarenbereich zum Einsatz kam. Nach durchschnittlich 41 Monaten Nachuntersuchungszeit wiesen die Implantate einen Knochenverlust in Höhe von $1,4 \pm 1,2$ mm auf. In beiden Studien waren allerdings, wenn auch wenige, Implantate im Frontzahnggebiet vertreten. Wie schon gezeigt, maßen Prosper et al. (2010) bei Implantaten mit 6,5 mm und 7,5 mm großem Durchmesser im Unterkiefermolarengebiet bei verzögerter Belastung nach 5 Jahren $1,01 \pm 0,59$ mm Knochenrückgang, was durch die Sofortimplantation erklärt werden könnte. Leider lag keine Studie mit ähnlich langem Untersuchungszeitraum zum Vergleich vor.

4.4. Schlussfolgerung

Folgende Schlussfolgerungen können den Untersuchungen dieser Studie entnommen werden:

1. Periimplantärer Knochen verändert sich über eine Belastungsdauer von 10 Jahren in seiner horizontalen und vertikalen Dimension.
2. Der Alveolarknochen in der Regio der Implantate nimmt im zeitlichen Verlauf in koronaler Dimension ab.
3. Der koronale Knochenverlust im Oberseitenzahnggebiet unterscheidet sich statistisch nicht signifikant vom Unterkieferseitenzahnggebiet.
4. Die Knochendefektbreiten im Ober- und Unterkieferseitenzahnggebiet unterscheiden sich statistisch formal nicht voneinander.
5. Im Unterkieferfrontzahnggebiet tritt im Vergleich zum Oberkiefer ein signifikant höherer koronaler Knochenverlust auf.
6. Die Knochendefektbreiten in der Ober- und Unterkieferfront unterscheiden sich teilweise signifikant.

Es konnte außerdem analog zu Untersuchungen anderer Autoren dargestellt werden, dass Frialit-2 Implantate für eine erfolgreiche Rehabilitation durch festsitzende als auch herausnehmbare Prothetik gut geeignet sind. Dies wird durch langzeitstabile periimplantäre Knochenverhältnisse ermöglicht.

5. Zusammenfassung

Implantate werden vermehrt zur prothetischen Rehabilitation für unterschiedlichste Situationen eingesetzt.

Ziel dieser Studie war es, periimplantäre Knochenlager von Frialit-2 Implantaten im zeitlichen Verlauf röntgenologisch auf auftretende Veränderungen hin zu untersuchen. Es wurden hierfür insgesamt 93 Patienten mit 153 Frialit-2 Implantaten in die Untersuchung eingeschlossen, wobei das Implantat als zu untersuchende Einheit galt. Im Vorfeld wurden alle vorhandenen Röntgenaufnahmen durch Einscannen digitalisiert.

Die über einen Zeitraum von 10 Jahren untersuchten Implantate wurden vom Zeitpunkt ihrer Insertion ausgehend röntgenologisch auf Knochenveränderungen kontrolliert. Hierbei kam eine auf ihre Reliabilität untersuchte Messmethode zum Einsatz. Alle Messstrecken wurden am PC zweifach erhoben und nach ihrer Eingabe auf Übertragungsfehler überprüft. Anschließend wurden die Ausreißer nochmals kontrolliert. Für die statistische Auswertung wurde, so die Daten normalverteilt waren, der Student-t-Test und alternativ der Wilcoxon's signed rank-Test angewendet.

Für die Gesamtheit der untersuchten Implantate konnte ein initialer koronaler Knochenverlust in Höhe von 1,02 mm bis zur prothetischen Versorgung festgestellt werden, der sich im darauffolgenden Jahr auf 1,40 mm vergrößerte. Nach geringen Schwankungen zu den Untersuchungszeitpunkten im 3. und 5. Jahr stieg der Knochenverlust im Mittel auf 1,85 mm nach 10 Jahren.

Im Seitenzahnggebiet unterschied sich der koronale Knochenverlust in Ober- und Unterkiefer dabei nicht signifikant; im Unterkieferfrontzahnggebiet konnte dagegen ein statistisch signifikant höherer Knochenverlust als in der Oberkieferfront nachgewiesen werden.

Die Knochendefektbreite blieb mit Werten zwischen 0,23 mm zum Zeitpunkt der prothetischen Versorgung und 0,39 mm nach 10 Jahren nahezu unverändert, ebenso wie der umgebende Alveolarknochen. Der periimplantäre Knochen verändert sich also primär in seiner koronalen Dimension ab dem Zeitpunkt der Implantatinsertion bis zum Ende des Untersuchungszeitraums nach 10 Jahren.

6. Bibliographie

1. Aalam, A.A., Nowzari, H. (2005)
Clinical evaluation of dental implants with surfaces roughened by anodic oxidation, dual acid-etched implants, and machined implants.
Int J Oral Maxillofac Implants 20: 793-798.
2. Adell, R., Lekholm, U., Rockler, B., Brånemark, P.I., Lindhe, J., Eriksson, B., Sbordone, L. (1986)
Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures (I). A 3-year longitudinal prospective study.
Int J Oral Maxillofac Surg 15: 39-52.
3. Ahlqvist, J., Borg, K., Gunne, J., Nilson, H., Olsson, M., Astrand, P. (1990)
Osseointegrated implants in edentulous jaws: a 2-year longitudinal study.
Int J Oral Maxillofac Implants 5: 155-163.
4. Albrektsson, T., Zarb, G., Worthington, P., Eriksson, A.R. (1986)
The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success.
Int J Oral Maxillofac Implants 1: 11-25.
5. Alsaadi, G., Quirynen, M., van Steenberghe, D. (2006)
The importance of implant surface characteristics in the replacement of failed implants.
Int J Oral Maxillofac Implants 21: 270-274.
6. Andersen, E., Saxegaard, E., Knutsen, B.M., Haanaes, H.R. (2001)
A prospective clinical study evaluating the safety and effectiveness of narrow-diameter threaded implants in the anterior region of the maxilla.
Int J Oral Maxillofac Implants 16: 217-224.
7. Balshe, A.A., Eckert, S.E., Koka, S., Assad, D.A., Weaver, A.L. (2008)
The effects of smoking on the survival of smooth- and rough-surface dental implants.
Int J Oral Maxillofac Implants 23: 1117-1122.
8. Balshe, A.A., Assad, D.A., Eckert, S.E., Koka, S., Weaver, A.L. (2009)
A retrospective study of the survival of smooth- and rough-surface dental implants.
Int J Oral Maxillofac Implants 24: 1113-1118.
9. Baron, M., Haas, R., Baron, W., Mailath-Pokorny, G. (2005)
Peri-implant bone loss as a function of tooth-implant distance.
Int J Prosthodont 18: 427-433.

10. Baschong, W., Lambrecht, J.T. (2004)
Influence of the implant surface on the early phase of osteogenesis in vitro.
Schweiz Monatsschr Zahnmed 114: 792-799.
11. Becker, W., Becker, B.E., Alsuwyed, A., Al-Mubarak, S. (1999)
Long-term evaluation of 282 implants in maxillary and mandibular molar positions: a prospective study.
J Periodontol 70: 896-901.
12. Blanes, R.J., Bernard, J.P., Blanes, Z.M., Belser, U.C. (2007)
A 10-year prospective study of ITI dental implants placed in the posterior region.
I: Clinical and radiographic results.
Clin Oral Implants Res 18: 699-706.
13. Blanes, R.J., Bernard, J.P., Blanes, Z.M., Belser, U.C. (2007)
A 10-year prospective study of ITI dental implants placed in the posterior region.
II: Influence of the crown-to-implant ratio and different prosthetic treatment modalities on crestal bone loss.
Clin Oral Implants Res 18: 707-714.
14. Callan, D.P. (1997)
Dental implants and coronal bone loss: an evaluation of 350 implants.
Dent Today 16: 54-59.
15. Cecchinato, D., Olsson, C., Lindhe, J. (2004)
Submerged or non-submerged healing of endosseous implants to be used in the rehabilitation of partially dentate patients.
J Clin Periodontol 31: 299-308.
16. Chaytor, D.V. (1993)
Clinical criteria for determining implant success: bone.
Int J Prosthodont 6: 145-152.
17. Chung, D.M., Oh, T.J., Lee, J., Misch, C.E., Wang, H.L. (2007)
Factors affecting late implant bone loss: a retrospective analysis.
Int J Oral Maxillofac Implants 22: 117-126.
18. Cochran, D.L., Nummikoski, P.V., Schoolfield, J.D., Jones, A.A., Oates, T.W. (2009)
A prospective multicenter 5-year radiographic evaluation of crestal bone levels over time in 596 dental implants placed in 192 patients.
J Periodontol 5: 725-733.
19. Covani, U., Marconcini, S., Crespi, R., Barone, A. (2006)
Bacterial plaque colonization around dental implant surfaces.
Implant Dent 15: 298-304.

20. Crespi, R., Cappare, P., Gherlone, E., Romanos, G.E. (2008)
Immediate versus delayed loading of dental implants placed in fresh extraction sockets in the maxillary esthetic zone: a clinical comparative study.
Int J Oral Maxillofac Implants 23: 753-758.
21. d'Hoedt, B., Lukas, D. (1987)
Verlaufsmessungen parodontaler Indizes beim Tübinger Implantat aus Frialit.
Z Zahnärztl Implantol 3: 6-14.
22. da Silva, M.A.B. (2002)
Osseointegration bei dentalen Implantaten - eine Literaturübersicht und -auswertung.
Medizinische Dissertationsschrift, Universität Frankfurt.
23. Davies, J.E. (1998)
Mechanisms of endosseous integration.
Int J Prosthodont 11: 391-401.
24. de Almeida, F.D., Carvalho, A.C., Fontes, M., Pedrosa, A., Costa, R., Noleto, J.W., Mourao, C.F. (2011)
Radiographic evaluation of marginal bone level around internal-hex implants with switched platform: a clinical case report series.
Int J Oral Maxillofac Implants 26: 587-592.
25. De Rouck, T., Collys, K., Cosyn, J. (2008)
Single-tooth replacement in the anterior maxilla by means of immediate implantation and provisionalization: a review.
Int J Oral Maxillofac Implants 23: 897-904.
26. De Smet, E., van Steenberghe, D., Quirynen, M., Naert, I. (2001)
The influence of plaque and/or excessive loading on marginal soft and hard tissue reactions around Branemark implants: a review of literature and experience.
Int J Periodontics Restorative Dent 21: 381-393.
27. DeLuca, S., Zarb, G. (2006)
The effect of smoking on osseointegrated dental implants. Part II: Peri-implant bone loss.
Int J Prosthodont 19: 560-566.
28. Dietrich, U., Wellmann, O., Wagner, W. (1991)
Nachuntersuchungen von IMZ-Implantaten Typ I und Typ II.
Z Zahnärztl Implantol 7: 221-224.

29. Duyck, J., Slaets, E., Sasaguri, K., Vandamme, K., Naert, I. (2007)
Effect of intermittent loading and surface roughness on peri-implant bone formation in a bone chamber model.
J Clin Periodontol 34: 998-1006.
30. Eckert, S.E., Choi, Y.G., Sanchez, A.R., Koka, S. (2005)
Comparison of dental implant systems: quality of clinical evidence and prediction of 5-year survival.
Int J Oral Maxillofac Implants 20: 406-415.
31. Elkhoury, J.S., McGlumphy, E.A., Tatakis, D.N., Beck, F.M. (2005)
Clinical parameters associated with success and failure of single-tooth titanium plasma-sprayed cylindrical implants under stricter criteria: a 5-year retrospective study.
Int J Oral Maxillofac Implants 20: 687-694.
32. Fickl, S., Zuhr, O., Stein, J.M., Hurzeler, M.B. (2010)
Peri-implant bone level around implants with platform-switched abutments.
Int J Oral Maxillofac Implants 25: 577-581.
33. Foet, J.H. (2007)
Vergleich verschiedener diagnostischer Verfahren zur Schonung des Nervus alveolaris inferior bei der enossalen Implantation im Unterkieferseitenzahnggebiet.
Medizinische Dissertationsschrift, Universität des Saarlands.
34. Gómez-Román, G., Axmann, D., d'Hoedt, B., Schulte, W. (1995)
Eine Methode zur quantitativen Erfassung und statistischen Auswertung des periimplantären Knochenabbaus.
Österr Z Stomatol 92: 463-471.
35. Gómez-Román, G., d'Hoedt, B., Axmann-Krcmar, D., Schulte, W. (1996)
Die visuell-metrische Vermessung von Röntgenaufnahmen dentaler Implantate. Eine Reliabilitätsstudie.
Z Zahnärztl Implantol 12: 104-109.
36. Gómez-Román, G., Schulte, W., d'Hoedt, B., Axmann-Krcmar, D. (1997)
The Frialit-2 implant system: five-year clinical experience in single-tooth and immediately postextraction applications.
Int J Oral Maxillofac Implants 12: 299-309.
37. Gómez-Román, G., Schröer, A., Schäfer, I., Möws, K., Hilliges, A. (1999)
Die Vermessung periimplantärer Knochendefekte auf Röntgenaufnahmen mit Hilfe der digitalen Bildbearbeitung.
Z Zahnärztl Implantol 15: 133-138.

38. Gómez-Román, G., Maier, E.L., Lukas, D. (2003)
Einfluß des Rauchens auf die Verweildauerwahrscheinlichkeit dentaler Implantate unterschiedlicher Systeme unter Berücksichtigung der Dosisabhängigkeit.
Medizinische Publikationsschrift, Universität Tübingen.
39. Gómez-Román, G., Jäger, B., Axmann, D., Weber, H. (2004)
Einfluss des Implantatabstandes bei implantatretinierten Unterkiefer-Totalprothesen auf das periimplantäre Gewebe.
Z Zahnärztl Implantol 1: 14-18.
40. Hatley, C.L., Cameron, S.M., Cuenin, M.F., Parker, M.H., Thompson, S.H., Harvey, S.B. (2001)
The effect of dental implant spacing on peri-implant bone using the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) tibia model.
J Prosthodont 10: 154-159.
41. Henry, P.J., Laney, W.R., Jemt, T., Harris, D., Krogh, P.H., Polizzi, G., Zarb, G.A., Herrmann, I. (1996)
Osseointegrated implants for single-tooth replacement: a prospective 5-year multicenter study.
Int J Oral Maxillofac Implants 11: 450-455.
42. Hermann, J.S., Cochran, D.L., Nummikoski, P.V., Buser, D. (1997)
Crestal bone changes around titanium implants. A radiographic evaluation of unloaded nonsubmerged and submerged implants in the canine mandible.
J Periodontol 68: 1117-1130.
43. Hermann, J.S., Schoolfield, J.D., Schenk, R.K., Buser, D., Cochran, D.L. (2001)
Influence of the size of the microgap on crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non-submerged implants in the canine mandible.
J Periodontol 72: 1372-1383.
44. Hertel, R.C., Kalk, W. (1993)
Influence of the dimensions of implant superstructure on peri-implant bone loss.
Int J Prosthodont 6: 18-24
45. Hilbig, H., Wiener, T., Armbruster, F.P., Bekele, A., Kirsten, M., Graf, H.L. (2005)
Effects of dental implant surfaces on the expression of bone sialoprotein in cells derived from human mandibular bone.
Med Sci Monit 11: 111-115.

46. Hopp, M., Jepp, R., Lange, K.P. (2000)
Vergleichsanalyse der Passgenauigkeit von Implantaten und Sekundärteilen verschiedener Systeme. Vortrag Herbsttagung DGI 25.-27.11.1999.
Z Zahnärztl Implantol 16: 51.
47. Jansen, V.K., Augthun, M., Richter, E.J., Spiekermann, H. (1993)
Zur Genauigkeit des Orthopantomogramms bei der Bestimmung des Knochenabbaus an IMZ-Implantaten.
Z Zahnärztl Implantol 9: 200-204.
48. Jansen, V.K., Conrads, G., Richter, E.J. (1997)
Microbial leakage and marginal fit of the implant-abutment interface.
Int J Oral Maxillofac Implants 12: 527-540.
49. Juodzbaly, G., Sapragnoniene, M., Wennerberg, A., Baltrukonis, T. (2007)
Titanium dental implant surface micromorphology optimization.
J Oral Implantol 33: 177-185.
50. Kaeppler, G. (1996)
Verbesserung der diagnostischen Aussagekraft transversaler Schichtaufnahmen durch digitale Bildnachbearbeitung.
Quintessenz 47: 821-834.
51. Kern, R., Krämer, J., Micheelis, W. (2006)
Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (IV DMS) Kurzfassung.
Zahnverlust und Zahnersatz: 14-15. Institut der Deutschen Zahnärzte, Köln.
52. Kieswetter, K., Schwartz, Z., Dean, D.D., Boyan, B.D. (1996)
The role of implant surface characteristics in the healing of bone.
Crit Rev Oral Biol Med 7: 329-345.
53. Krennmair, G., Schmidinger, S., Waldenberger, O. (2002)
Single-tooth replacement with the Frialit-2 system: a retrospective clinical analysis of 146 implants.
Int J Oral Maxillofac Implants 17: 78-85.
54. Krennmair, G., Waldenberger, O. (2004)
Clinical analysis of wide-diameter frialit-2 implants.
Int J Oral Maxillofac Implants 19: 710-715.
55. Krummenauer, F., Wojciechowski, C., Baulig, C., Al-Nawas, B. (2007)
Boxplots - die flexible Alternative zum "Antennen-Bildchen".
Z Zahnärztl Implantol 23: 308-311.

56. Kupershmidt, I., Levin, L., Schwartz-Arad, D. (2007)
Inter-implant bone height changes in anterior maxillary immediate and non-immediate adjacent dental implants.
J Periodontol 78: 991-996.
57. Lachmann, S., Kimmerle-Müller, E., Gehring, K., Axmann, D., Higuchi, D., Haas, R., Weber, H. (2009)
Vergleich der periimplantären Situation zwischen Steg-und Kugelkopf-retinierten Totalprothesen.
Int Poster J Dent Oral Med 11: Nr.4, Poster 468.
58. Lindhe, J., Meyle, J. (2008)
Peri-implant diseases: Consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology.
J Clin Periodontol 35: 282-285.
59. Linkevicius, T., Apse, P., Grybauskas, S., Puisys, A. (2009)
The influence of soft tissue thickness on crestal bone changes around implants: a 1-year prospective controlled clinical trial.
Int J Oral Maxillofac Implants 24: 712-719.
60. Linkevicius, T., Apse, P., Grybauskas, S., Puisys, A. (2009)
Reaction of crestal bone around implants depending on mucosal tissue thickness. A 1-year prospective clinical study.
Stomatologija 11: 83-91.
61. Lukas, D., d'Hoedt, B., Schulte, W. (1983)
Das Tübinger Implantat - statistische Ergebnisse nach 7jähriger Beobachtung (Kurzfassung).
Dtsch Zahnärztl Z 38: 88.
62. Menicucci, G., Lorenzetti, M., Pera, P., Preti, G. (1998)
Mandibular implant-retained overdenture: finite element analysis of two anchorage systems.
Int J Oral Maxillofac Implants 13: 369-376.
63. Moy, P.K., Medina, D., Shetty, V., Aghaloo, T.L. (2005)
Dental implant failure rates and associated risk factors.
Int J Oral Maxillofac Implants 20: 569-577.
64. Oh, T.J., Yoon, J., Misch, C.E., Wang, H.L. (2002)
The causes of early implant bone loss: myth or science?
J Periodontol 73: 322-333.

65. Östmann, P.O., Hellman, M., Sennerby, L. (2008)
Immediate occlusal loading of implants in the partially edentate mandible: a prospective 1-year radiographic and 4-year clinical study.
Int J Oral Maxillofac Implants 23: 315-322.
66. Ozkan, Y., Akoglu, B., Kulak-Ozkan, Y. (2011)
Five-year treatment outcomes with four types of implants in the posterior maxilla and mandible in partially edentulous patients: a retrospective study.
Int J Oral Maxillofac Implants 26: 639-647.
67. Pepelassi, E.A., Diamanti-Kipioti, A. (1997)
Selection of the most accurate method of conventional radiography for the assessment of periodontal osseous destruction.
J Clin Periodontol 24: 557-567.
68. Prosper, L., Crespi, R., Valenti, E., Cappare, P., Gherlone, E. (2010)
Five-year follow-up of wide-diameter implants placed in fresh molar extraction sockets in the mandible: immediate versus delayed loading.
Int J Oral Maxillofac Implants 25: 607-612.
69. Quirynen, M., De Soete, M., van Steenberghe, D. (2002)
Infectious risks for oral implants: a review of the literature.
Clin Oral Implants Res 13: 1-19.
70. Rees, T.D., Biggs, N.L., Collings, C.K. (1971)
Radiographic interpretation of periodontal osseous lesions.
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 32: 141-153.
71. Ricci, G., Aimetti, M., Stablum, W., Guasti, A. (2004)
Crestal bone resorption 5 years after implant loading: clinical and radiologic results with a 2-stage implant system.
Int J Oral Maxillofac Implants 19: 597-602.
72. Richter, E.J. (1989)
Basic biomechanics of dental implants in prosthetic dentistry.
J Prosthet Dent 61: 602-609.
73. Roynesdal, A.K., Ambjornsen, E., Stovne, S., Haanaes, H.R. (1998)
A comparative clinical study of three different endosseous implants in edentulous mandibles.
Int J Oral Maxillofac Implants 13: 500-505.

74. Sammons, R.L., Lumbikanonda, N., Gross, M., Cantzler, P. (2005)
Comparison of osteoblast spreading on microstructured dental implant surfaces and cell behaviour in an explant model of osseointegration. A scanning electron microscopic study.
Clin Oral Implants Res 16: 657-666.
75. Schäfer, I.M. (2002)
Periimplantäre und parodontale Knochenveränderungen bei der Freiland-Verbundbrücke in der Funktionsphase.
Medizinische Dissertationsschrift, Universität Tübingen.
76. Schicho, K., Kastner, J., Klingesberger, R., Seemann, R., Enislidis, G., Undt, G., Wanschitz, F., Figl, M., Wagner, A., Ewers, R. (2007)
Surface area analysis of dental implants using micro-computed tomography.
Clin Oral Implants Res 18: 459-464.
77. Schmage, P., Abou-Tara, M., Nergiz, I., Schroeder, T., Fuhrmann, A., Platzer, U. (2003)
Detailerkennbarkeit digitaler und digitalisierter Panoramaschichtaufnahmen.
Z Zahnärztl Implantol 19: 24-29.
78. Schulte, W., Heimke, G. (1976)
Das Tübinger Sofortimplantat.
Quintessenz 6: 17-23.
79. Schwarz, F., Hertel, M., Sager, M., Bieling, K., Sculean, A., Becker, J. (2007)
Comparison of naturally occurring and ligature-induced peri-implantitis bone defects in humans and dogs.
Clin Oral Implants Res 18: 161-170.
80. Schwarz, F., Hegewald, A., Becker, J. (2013)
Impact of implant-abutment connection and positioning of the machined collar/microgap on crestal bone level changes: a systematic review.
Clin Oral Implants Res 25: 417-425.
81. Schwenzler, N., Ehrenfeld, M. (2000)
Zahnärztliche Chirurgie (3. überarbeitete Auflage) Kpt. 7: Zahnärztliche Implantate. 127-128
Thieme Verlag, Stuttgart.
82. Spiekermann, H., Jansen, V.K., Richter, E.J. (1995)
A 10-year follow-up study of IMZ and TPS implants in the edentulous mandible using bar-retained overdentures.
Int J Oral Maxillofac Implants 10: 231-243.

83. Stein, A.E., McGlimphy, E.A., Johnston, W.M., Larsen, P.E. (2009)
Effects of implant design and surface roughness on crestal bone and soft tissue levels in the esthetic zone.
Int J Oral Maxillofac Implants 24: 910-919.
84. Strietzel, F.P., Lange, K.P., Svegar, M., Hartmann, H.J., Kuchler, I. (2004)
Retrospective evaluation of the success of oral rehabilitation using the Frialit-2 implant system. Part 1: Influence of topographic and surgical parameters.
Int J Prosthodont 17: 187-194.
85. Strunz, V., Bürkel, M., Schlegel, D. (1991)
Implantologie - Deutsches Konsensuspapier [Frankfurter Konsensuskonferenz Implantologie 23.01.91].
Zahnärztl Mitt 5: 454-457.
86. Sykaras, N., Iacopino, A.M., Marker, V.A., Triplett, R.G., Woody, R.D. (2000)
Implant materials, designs, and surface topographies: their effect on osseointegration. A literature review.
Int J Oral Maxillofac Implants 15: 675-690.
87. Tabassum, A., Walboomers, F., Wolke, J.G., Meijer, G.J., Jansen, J.A. (2009)
The Influence of Surface Roughness on the Displacement of Osteogenic Bone Particles during Placement of Titanium Screw-Type Implants.
Clin Implant Dent Relat Res 13: 269-278.
88. Tang, Z., Sha, Y., Lin, Y., Zhang, G., Wang, X., Cao, C. (2000)
Peri-implant mucosal inflammation and bone loss: clinical and radiographic evaluation of 108 dental implants after 1-year loading.
Chin J Dent Res 3: 15-20.
89. Triplett, R.G., Froberg, U., Sykaras, N., Woody, R.D. (2003)
Implant materials, design, and surface topographies: their influence on osseointegration of dental implants.
J Long Term Eff Med Implants 13: 485-501.
90. Verhoeven, J.W., Cune, M.S., de Putter, C. (2000)
Reliability of some clinical parameters of evaluation in implant dentistry.
J Oral Rehabil 27: 211-216.
91. Warren, P., Chaffee, N., Felton, D.A., Cooper, L.F. (2002)
A retrospective radiographic analysis of bone loss following placement of TiO₂ grit-blasted implants in the posterior maxilla and mandible.
Int J Oral Maxillofac Implants 17: 399-404.

92. Weng, D., Nagata, M. J., Bell, M., de Melo, L.G., Bosco, A.F. (2010)
Influence of microgap location and configuration on peri-implant bone morphology in nonsubmerged implants: an experimental study in dogs. *Int J Oral Maxillofac Implants* 25: 540-547.
93. Weng, D., Nagata, M.J., Leite, C.M., de Melo, L.G., Bosco, A.F. (2011)
Influence of microgap location and configuration on radiographic bone loss in nonsubmerged implants: an experimental study in dogs. *Int J Prosthodont* 24: 445-452.
94. Wennerberg, A., Albrektsson, T., Andersson, B. (1993)
Design and surface characteristics of 13 commercially available oral implant systems. *Int J Oral Maxillofac Implants* 8: 622-633.
95. Wennerberg, A. (2003)
Implant design and surface factors. *Int J Prosthodont* 16: 45-47.
96. Wennerberg, A., Albrektsson, T. (2009)
Effects of titanium surface topography on bone integration: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 20: 172-184.
97. Zach, G.A., Långland, O.E., Sippy, F.H. (1969)
The use of orthopantomograph in longitudinal studies. *Angle Orthod* 39: 42-50.

7. Erklärung zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde am ZZMK Tübingen durchgeführt. Professor Gómez-Román war an der Idee zur und Konzeption der Studie beteiligt, hat die Röntgenaufnahmen und notwendigen Geräte zur Verfügung gestellt, diese Arbeit betreut sowie das Manuskript korrigiert. Die statistische Betreuung fand durch Dr. Axmann statt.

Ich war an der Konzeption der Studie beteiligt und habe alle in dieser Studie ausgewerteten Röntgenaufnahmen eigenständig digitalisiert, vermessen und statistisch ausgewertet.

Ich versichere, das Manuskript selbstständig verfasst und keine weiteren als die von mir genannten Quellen verwendet zu haben.

Stuttgart, den 08.11.2015

8. Anhang

8.1. Implantatabmessungen zur Berechnung des Entzerrungsfaktors

Tabelle 1: Abmessung der Frialit-2 Implantate

| Implantattyp (Hersteller- angaben) Frialit-2 | Länge Apex bis Referenzpunkt in mm (laut Messvorschrift) | Breite am Referenzpunkt in mm |
|---|---|----------------------------------|
| 3,8 x 11 | 7,2 | 3,8 |
| 3,8 x 13 | 7,2 | 3,8 |
| 3,8 x 15 | 7,2 | 3,8 |
| 4,5 x 10 | 6 | 4,5 |
| 4,5 x 13 | 9 | 4,5 |
| 4,5 x 15 | 11 | 4,5 |
| 5,5 x 10 | 6 | 5,4 |
| 5,5 x 13 | 9 | 5,4 |
| 5,5 x 15 | 11 | 5,4 |
| 6,5 x 13 | 9 | 6,4 |
| 6,5 x 15 | 11 | 6,4 |

8.2. Tabellarischer Anhang zum Ergebnisteil

Legende der verwendeten Abkürzungen

| | |
|--------------|--|
| Prothetik | Untersuchungszeitraum OP bis Prothetik |
| 1J, 2J, etc. | Untersuchungszeitraum OP bis 1., 2., Jahr nach Prothetik |
| KI | Konfidenzintervall |
| T | Testwert des t-Tests |
| p | p-Wert des t-Tests |
| N | Anzahl Patienten zum Untersuchungszeitpunkt |
| Δ | Differenz der Werte |
| - | Zunahme der Knochenhöhe |
| + | Abnahme der Knochenhöhe |

8.3. Vorauswertung Messstrecken

Tabelle 2: Vorauswertung der mesialen und distalen Messstrecken im Untersuchungszeitraum OP-Prothetik. Siehe Kapitel 3.1. S. 31 f. Abbildung 16

Vorauswertung

| Box-Plot | Knochenniveau (m-d) | Koronaler Knochendefekt (m-d) | Knochendefektbreite (m-d) |
|-------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 100% | 3,36 | 3,63 | 4,81 |
| 99,5% | 3,36 | 3,63 | 4,81 |
| 97,5% | 2,75 | 2,94 | 2,43 |
| 90% | 1,61 | 1,51 | 1,23 |
| 75% | 0,81 | 0,61 | 0,53 |
| Median 50% | 0,00 | -0,03 | 0,05 |
| 25% | -0,49 | -0,56 | -0,55 |
| 10% | -1,22 | -1,21 | -0,98 |
| 2,5% | -2,91 | -2,40 | -2,36 |
| 0,5% | -3,88 | -4,14 | -3,82 |
| 0% | -3,88 | -4,14 | -3,82 |
| Mittelwert | 0,14 | 0,01 | 0,05 |
| Standardabweichung | 1,18 | 1,15 | 1,07 |
| Standardfehler | 0,11 | 0,11 | 0,10 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 0,37 | 0,23 | 0,25 |
| Untere 95%-KI-Grenze | -0,07 | -0,19 | -0,15 |
| t-Test (2-seitig) | T | 1,30 | 0,17 |
| | p | 0,90 | 0,57 |
| Anzahl der Implantate N | 153 | 153 | 153 |

8.4. Hauptauswertung Messstrecken

Tabelle 3: Auswertung der Veränderungen des periimplantären Knochens zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten für alle Implantate; siehe Kapitel 3.2.1. S. 33 Abbildung 17 und Kapitel 3.2.2. S. 34 Abbildung 18

Koronaler Knochendefekt (in mm)

Knochendefektbreite (in mm)

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100% | 3,44 | 8,70 | 8,07 | 5,84 | 5,71 | 9,50 |
| 99,5% | 3,44 | 8,70 | 8,07 | 5,84 | 5,71 | 9,50 |
| 97,5% | 3,24 | 5,02 | 5,49 | 5,10 | 5,40 | 7,20 |
| 90% | 2,46 | 2,82 | 3,51 | 3,69 | 3,44 | 4,54 |
| 75% | 1,79 | 2,07 | 2,42 | 2,63 | 2,55 | 2,88 |
| Median 50% | 1,03 | 1,45 | 1,59 | 1,72 | 1,53 | 1,57 |
| 25% | 0,35 | 0,54 | 0,36 | 0,95 | 0,45 | 0,68 |
| 10% | -0,10 | -0,32 | -0,17 | -0,14 | -0,28 | -0,41 |
| 2,5% | -1,49 | -1,73 | -1,53 | -1,20 | -1,21 | -1,90 |
| 0,5% | -3,91 | -1,97 | -1,76 | -1,65 | -1,93 | -3,37 |
| 0% | -3,91 | -1,97 | -1,76 | -1,65 | -1,93 | -3,37 |
| Mittelwert | 1,02 | 1,40 | 1,57 | 1,79 | 1,57 | 1,85 |
| Standardabweichung | 1,13 | 1,46 | 1,59 | 1,45 | 1,54 | 2,06 |
| Standardfehler | 0,11 | 0,13 | 0,17 | 0,14 | 0,14 | 0,18 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 1,24 | 1,66 | 1,91 | 2,07 | 1,86 | 2,20 |
| Untere 95%-KI-Grenze | 0,81 | 1,14 | 1,23 | 1,50 | 1,29 | 1,50 |
| t-Test (2-seitig) T | 9,47 | 10,64 | 9,17 | 12,46 | 10,87 | 10,49 |
| p | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Anzahl der Implantate N | 153 | 124 | 86 | 102 | 113 | 153 |

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100% | 2,47 | 2,68 | 2,13 | 1,73 | 2,40 | 2,02 |
| 99,5% | 2,47 | 2,68 | 2,13 | 1,73 | 2,40 | 2,02 |
| 97,5% | 1,24 | 1,70 | 1,73 | 1,67 | 1,48 | 1,64 |
| 90% | 0,91 | 1,12 | 1,11 | 1,10 | 1,08 | 1,23 |
| 75% | 0,62 | 0,80 | 0,82 | 0,74 | 0,73 | 0,87 |
| Median 50% | 0,29 | 0,33 | 0,33 | 0,38 | 0,28 | 0,37 |
| 25% | -0,17 | -0,11 | 0,01 | 0,06 | -0,04 | -0,03 |
| 10% | -0,54 | -0,52 | -0,25 | -0,37 | -0,47 | -0,51 |
| 2,5% | -1,05 | -1,09 | -0,82 | -0,94 | -0,89 | -0,93 |
| 0,5% | -1,99 | -1,35 | -1,01 | -2,02 | -1,14 | -1,20 |
| 0% | -1,99 | -1,35 | -1,01 | -2,02 | -1,14 | -1,20 |
| Mittelwert | 0,23 | 0,34 | 0,41 | 0,40 | 0,33 | 0,39 |
| Standardabweichung | 0,63 | 0,69 | 0,58 | 0,60 | 0,59 | 0,65 |
| Standardfehler | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 0,35 | 0,46 | 0,53 | 0,52 | 0,44 | 0,50 |
| Untere 95%-KI-Grenze | 0,11 | 0,21 | 0,28 | 0,28 | 0,22 | 0,28 |
| t-Test (2-seitig)T | 3,80 | 5,47 | 6,57 | 6,57 | 5,87 | 7,08 |
| p | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Anzahl der Implantate N | 153 | 124 | 86 | 102 | 113 | 153 |

Tabelle 4: Auswertung der Veränderung des umliegenden Knochenniveaus zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten für alle Implantate; siehe Kapitel 3.2.3. S. 35 Abbildung 19

Knochenniveau (in mm)

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100% | 3,40 | 2,60 | 2,33 | 3,61 | 3,09 | 6,60 |
| 99,5% | 3,40 | 2,60 | 2,33 | 3,61 | 3,09 | 6,60 |
| 97,5% | 2,81 | 2,20 | 2,17 | 2,28 | 2,44 | 3,80 |
| 90% | 1,61 | 1,59 | 1,59 | 1,60 | 1,70 | 1,92 |
| 75% | 1,06 | 0,96 | 0,99 | 1,16 | 1,16 | 1,35 |
| Median 50% | 0,30 | 0,53 | 0,44 | 0,62 | 0,58 | 0,51 |
| 25% | -0,07 | -0,09 | -0,15 | 0,03 | -0,04 | 0,00 |
| 10% | -0,45 | -0,52 | -0,49 | -0,32 | -0,54 | -0,55 |
| 2,5% | -1,33 | -1,19 | -0,79 | -0,77 | -0,79 | -1,32 |
| 0,5% | -2,33 | -2,44 | -0,89 | -1,81 | -0,88 | -2,16 |
| 0% | -2,33 | -2,44 | -0,89 | -1,81 | -0,88 | -2,16 |
| Mittelwert | 0,45 | 0,49 | 0,48 | 0,64 | 0,60 | 0,71 |
| Standardabweichung | 0,90 | 0,86 | 0,77 | 0,81 | 0,85 | 1,19 |
| Standardfehler | 0,09 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,10 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 0,62 | 0,64 | 0,65 | 0,80 | 0,75 | 0,91 |
| Untere 95%-KI-Grenze | 0,28 | 0,34 | 0,32 | 0,48 | 0,44 | 0,51 |
| t-Test (2-seitig)T | 5,22 | 6,33 | 5,79 | 8,01 | 7,42 | 6,95 |
| p | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Anzahl der Implantate N | 153 | 134 | 95 | 112 | 125 | 153 |

Tabelle 5: Auswertung des periimplantären Knochens zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten der Implantate mit Einzelzahnersatz; siehe Kapitel 3.3. S. 36 Abbildung 20, S. 37 Abbildung 21, S. 38 Abbildung 22 und S. 39 Abbildung 23

Einzelzahnersatz

Koronaler Knochendefekt (in mm)

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100% | 3,19 | 8,70 | 8,07 | 5,28 | 5,71 | 9,50 |
| 99,5% | 3,19 | 8,70 | 8,07 | 5,28 | 5,71 | 9,50 |
| 97,5% | 3,17 | 5,99 | 6,13 | 5,14 | 5,60 | 8,46 |
| 90% | 1,93 | 3,00 | 3,26 | 3,91 | 3,86 | 4,36 |
| 75% | 1,68 | 1,97 | 2,31 | 2,59 | 2,79 | 2,87 |
| Median 50% | 0,68 | 1,18 | 1,44 | 1,61 | 1,60 | 1,47 |
| 25% | 0,18 | 0,25 | 0,32 | 0,58 | 0,17 | 0,52 |
| 10% | -0,45 | -0,38 | -0,25 | -0,48 | -0,51 | -0,37 |
| 2,5% | -2,87 | -1,76 | -1,64 | -1,54 | -1,69 | -1,92 |
| 0,5% | -3,91 | -1,81 | -1,76 | -1,65 | -1,93 | -1,99 |
| 0% | -3,91 | -1,81 | -1,76 | -1,65 | -1,93 | -1,99 |
| Mittelwert | 0,74 | 1,26 | 1,47 | 1,63 | 1,62 | 1,80 |
| Standardabweichung | 1,17 | 1,66 | 1,59 | 1,58 | 1,73 | 2,11 |
| Standardfehler | 0,15 | 0,20 | 0,20 | 0,21 | 0,22 | 0,25 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 1,04 | 1,66 | 1,86 | 2,06 | 2,07 | 2,29 |
| Untere 95%-KI-Grenze | 0,44 | 0,86 | 1,07 | 1,21 | 1,18 | 1,31 |
| t-Test (2-seitig) T | 4,9 | 6,28 | 7,35 | 7,72 | 7,3 | 7,33 |
| p | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Anzahl der Implantate N | 85 | 69 | 64 | 56 | 61 | 85 |

Knochendefektbreite (in mm)

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100% | 2,47 | 1,57 | 2,13 | 1,68 | 1,31 | 1,49 |
| 99,5% | 2,47 | 1,57 | 2,13 | 1,68 | 1,31 | 1,49 |
| 97,5% | 1,71 | 1,41 | 1,82 | 1,67 | 1,29 | 1,40 |
| 90% | 0,82 | 1,06 | 1,08 | 0,98 | 0,96 | 1,10 |
| 75% | 0,55 | 0,57 | 0,79 | 0,72 | 0,70 | 0,76 |
| Median 50% | 0,24 | 0,24 | 0,32 | 0,34 | 0,30 | 0,26 |
| 25% | -0,16 | -0,12 | 0,01 | 0,08 | 0,02 | -0,03 |
| 10% | -0,54 | -0,44 | -0,22 | -0,12 | -0,24 | -0,36 |
| 2,5% | -1,13 | -1,02 | -0,94 | -0,68 | -0,63 | -0,81 |
| 0,5% | -1,40 | -1,03 | -1,01 | -0,72 | -0,77 | -0,89 |
| 0% | -1,40 | -1,03 | -1,01 | -0,72 | -0,77 | -0,89 |
| Mittelwert | 0,22 | 0,25 | 0,39 | 0,42 | 0,34 | 0,32 |
| Standardabweichung | 0,58 | 0,58 | 0,58 | 0,51 | 0,45 | 0,54 |
| Standardfehler | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,06 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 0,37 | 0,39 | 0,53 | 0,55 | 0,45 | 0,44 |
| Untere 95%-KI-Grenze | 0,07 | 0,11 | 0,25 | 0,28 | 0,23 | 0,20 |
| t-Test (2-seitig) T | 2,9 | 3,61 | 5,43 | 6,09 | 6 | 5,25 |
| p | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Anzahl der Implantate N | 85 | 69 | 65 | 55 | 63 | 85 |

Tabelle 6: Auswertung des periimplantären Knochens zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten der Implantate mit rein implantatgetragenen Brücken; siehe Kapitel 3.3. S. 36 Abbildung 20, S. 37 Abbildung 21, S. 38 Abbildung 22 und S. 39 Abbildung 23

Brücke Impl-Impl

Koronaler Knochendefekt (in mm)

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|------|-------|
| 100% | 2,13 | 2,42 | 1,82 | 2,35 | 2,19 | 1,88 |
| 99,5% | 2,13 | 2,42 | 1,82 | 2,35 | 2,19 | 1,88 |
| 97,5% | 2,13 | 2,42 | 1,82 | 2,35 | 2,19 | 1,88 |
| 90% | 2,07 | 2,42 | 1,82 | 2,35 | 2,19 | 1,88 |
| 75% | 1,50 | 2,36 | 1,74 | 1,82 | 1,97 | 1,76 |
| Median 50% | 1,16 | 1,57 | 1,08 | 1,19 | 1,53 | 1,10 |
| 25% | 0,85 | 0,62 | 0,07 | 0,66 | 0,30 | 0,35 |
| 10% | -0,75 | -0,80 | -0,11 | -0,07 | 0,12 | -0,43 |
| 2,5% | -0,90 | -0,80 | -0,11 | -0,07 | 0,12 | -0,64 |
| 0,5% | -0,90 | -0,80 | -0,11 | -0,07 | 0,12 | -0,64 |
| 0% | -0,90 | -0,80 | -0,11 | -0,07 | 0,12 | -0,64 |
| Mittelwert | 1,06 | 1,25 | 0,95 | 1,24 | 1,16 | 0,96 |
| Standardabweichung | 0,81 | 1,15 | 0,81 | 0,79 | 0,86 | 0,82 |
| Standardfehler | 0,26 | 0,43 | 0,33 | 0,30 | 0,32 | 0,21 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 1,63 | 2,31 | 1,80 | 1,97 | 1,95 | 1,43 |
| Untere 95%-KI-Grenze | 0,48 | 0,19 | 0,10 | 0,50 | 0,37 | 0,49 |
| t-Test (2-seitig) T | 4,13 | 2,88 | 2,88 | 4,11 | 3,58 | 4,38 |
| p | 0 | 0,01 | 0,01 | 0 | 0 | 0 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0 | 0 |
| Anzahl der Implantate N | 15 | 7 | 6 | 7 | 7 | 15 |

Knochendefektbreite (in mm)

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100% | 0,79 | 0,95 | 1,05 | 1,10 | 1,45 | 2,02 |
| 99,5% | 0,79 | 0,95 | 1,05 | 1,10 | 1,45 | 2,02 |
| 97,5% | 0,79 | 0,95 | 1,05 | 1,10 | 1,45 | 2,02 |
| 90% | 0,78 | 0,95 | 1,05 | 1,10 | 1,45 | 1,88 |
| 75% | 0,67 | 0,78 | 0,84 | 0,87 | 0,71 | 0,82 |
| Median 50% | 0,42 | 0,62 | 0,47 | 0,49 | -0,02 | 0,38 |
| 25% | -0,05 | 0,36 | 0,20 | -0,87 | -0,87 | -0,65 |
| 10% | -0,34 | -0,16 | -0,52 | -1,02 | -1,06 | -1,00 |
| 2,5% | -0,36 | -0,16 | -0,52 | -1,02 | -1,06 | -1,04 |
| 0,5% | -0,36 | -0,16 | -0,52 | -1,02 | -1,06 | -1,04 |
| 0% | -0,36 | -0,16 | -0,52 | -1,02 | -1,06 | -1,04 |
| Mittelwert | 0,31 | 0,54 | 0,45 | 0,23 | 0,03 | 0,26 |
| Standardabweichung | 0,41 | 0,36 | 0,53 | 0,84 | 0,88 | 0,96 |
| Standardfehler | 0,13 | 0,14 | 0,21 | 0,32 | 0,33 | 0,29 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 0,60 | 0,87 | 1,00 | 1,01 | 0,84 | 0,91 |
| Untere 95%-KI-Grenze | 0,01 | 0,21 | -0,11 | -0,55 | -0,78 | -0,38 |
| t-Test (2-seitig) T | 2,35 | 3,99 | 2 | 0,72 | 0,088 | 0,9 |
| p | 0,02 | 0 | 0,04 | 0,24 | 0,46 | 0,19 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0,03 | 0,01 | 0,1 | 0,3 | 0,53 | 0,25 |
| Anzahl der Implantate N | 15 | 7 | 6 | 7 | 7 | 15 |

Tabelle 7: Auswertung des periimplantären Knochens zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten der Implantate mit Stegversorgung; siehe Kapitel 3.3. S. 36 Abbildung 20, S. 37 Abbildung 21, S. 38 Abbildung 22 und S. 39 Abbildung 23

Steg

Koronaler Knochendefekt (in mm)

Knochendefektbreite (in mm)

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100% | 3,44 | 3,93 | 3,86 | 3,93 | 3,78 | 6,94 |
| 99,5% | 3,44 | 3,93 | 3,86 | 3,93 | 3,78 | 6,94 |
| 97,5% | 3,44 | 3,93 | 3,86 | 3,93 | 3,78 | 6,94 |
| 90% | 2,89 | 2,53 | 3,86 | 3,31 | 3,00 | 3,60 |
| 75% | 2,31 | 2,22 | 2,75 | 2,50 | 2,23 | 2,70 |
| Median 50% | 1,33 | 1,64 | 1,97 | 1,84 | 1,40 | 1,29 |
| 25% | 0,46 | 0,66 | 0,41 | 1,21 | 0,48 | 0,83 |
| 10% | -0,03 | -0,06 | -1,30 | 0,48 | -0,11 | 0,08 |
| 2,5% | -1,17 | -1,97 | -1,30 | 0,33 | -1,14 | -1,89 |
| 0,5% | -1,17 | -1,97 | -1,30 | 0,33 | -1,14 | -1,89 |
| 0% | -1,17 | -1,97 | -1,30 | 0,33 | -1,14 | -1,89 |
| Mittelwert | 1,42 | 1,47 | 1,57 | 1,88 | 1,41 | 1,81 |
| Standardabweichung | 1,10 | 1,14 | 1,63 | 0,99 | 1,15 | 1,69 |
| Standardfehler | 0,20 | 0,19 | 0,58 | 0,18 | 0,20 | 0,28 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 1,83 | 1,86 | 2,93 | 2,26 | 1,81 | 2,38 |
| Untere 95%-KI-Grenze | 1,02 | 1,09 | 0,21 | 1,51 | 1,01 | 1,24 |
| t-Test (2-seitig) T | 7,17 | 7,72 | 2,72 | 10,26 | 7,18 | 6,42 |
| p | 0 | 0 | 0,01 | 0 | 0 | 0 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0 | 0 | 0,01 | 0 | 0 | 0 |
| Anzahl der Implantate N | 38 | 36 | 8 | 29 | 34 | 38 |

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100% | 1,60 | 2,68 | 1,13 | 1,38 | 2,40 | 1,80 |
| 99,5% | 1,60 | 2,68 | 1,13 | 1,38 | 2,40 | 1,80 |
| 97,5% | 1,60 | 2,68 | 1,13 | 1,38 | 2,40 | 1,80 |
| 90% | 1,01 | 1,32 | 1,13 | 1,28 | 1,26 | 1,43 |
| 75% | 0,76 | 0,98 | 0,90 | 0,86 | 0,85 | 1,16 |
| Median 50% | 0,43 | 0,47 | 0,33 | 0,43 | 0,42 | 0,63 |
| 25% | -0,13 | -0,07 | -0,04 | 0,08 | -0,13 | 0,08 |
| 10% | -0,87 | -0,69 | -0,20 | -0,39 | -0,63 | -0,71 |
| 2,5% | -1,99 | -1,24 | -0,20 | -2,02 | -1,14 | -1,20 |
| 0,5% | -1,99 | -1,24 | -0,20 | -2,02 | -1,14 | -1,20 |
| 0% | -1,99 | -1,24 | -0,20 | -2,02 | -1,14 | -1,20 |
| Mittelwert | 0,23 | 0,47 | 0,39 | 0,39 | 0,40 | 0,55 |
| Standardabweichung | 0,74 | 0,82 | 0,49 | 0,69 | 0,75 | 0,78 |
| Standardfehler | 0,13 | 0,14 | 0,17 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 0,51 | 0,75 | 0,80 | 0,65 | 0,66 | 0,81 |
| Untere 95%-KI-Grenze | -0,04 | 0,20 | -0,01 | 0,13 | 0,14 | 0,29 |
| t-Test (2-seitig) T | 1,76 | 3,47 | 2,28 | 3,03 | 3,09 | 4,29 |
| p | 0,04 | 0 | 0,02 | 0 | 0 | 0 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0,02 | 0 | 0,02 | 0 | 0 | 0 |
| Anzahl der Implantate N | 38 | 36 | 8 | 29 | 34 | 38 |

Tabelle 8: Auswertung des periimplantären Knochens zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten der Implantate mit Kugelkopfversorgung; siehe Kapitel 3.3. S. 36 Abbildung 20, S. 37 Abbildung 21, S. 38 Abbildung 22 und S. 39 Abbildung 23

Kugelkopf

Koronaler Knochendefekt (in mm)

Knochendefektbreite (in mm)

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|------|------|------|------|------|
| 100% | 2,46 | 5,04 | 5,60 | 5,84 | 5,39 | 6,32 |
| 99,5% | 2,46 | 5,04 | 5,60 | 5,84 | 5,39 | 6,32 |
| 97,5% | 2,46 | 5,04 | 5,60 | 5,84 | 5,39 | 6,32 |
| 90% | 2,46 | 5,04 | 5,60 | 5,84 | 5,39 | 6,32 |
| 75% | 1,81 | 3,47 | 4,32 | 4,10 | 4,67 | 5,56 |
| Median 50% | 1,61 | 2,07 | 2,50 | 3,52 | 3,05 | 4,33 |
| 25% | 0,92 | 1,44 | 2,45 | 2,12 | 1,70 | 2,42 |
| 10% | 0,63 | 1,02 | 0,79 | 1,38 | 0,94 | 2,21 |
| 2,5% | 0,63 | 1,02 | 0,79 | 1,38 | 0,94 | 2,21 |
| 0,5% | 0,63 | 1,02 | 0,79 | 1,38 | 0,94 | 2,21 |
| 0% | 0,63 | 1,02 | 0,79 | 1,38 | 0,94 | 2,21 |
| Mittelwert | 1,50 | 2,42 | 3,07 | 3,32 | 3,16 | 4,18 |
| Standardabweichung | 0,60 | 1,40 | 1,55 | 1,46 | 1,66 | 1,52 |
| Standardfehler | 0,23 | 0,53 | 0,58 | 0,55 | 0,74 | 0,57 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 2,05 | 3,71 | 4,50 | 4,67 | 5,22 | 5,58 |
| Untere 95%-KI-Grenze | 0,95 | 1,13 | 1,64 | 1,97 | 1,09 | 2,78 |
| t-Test (2-seitig) T | 6,67 | 4,58 | 5,25 | 6,00 | 4,24 | 7,28 |
| p | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,03 | 0 |
| Anzahl der Implantate N | 8 | 7 | 7 | 7 | 5 | 8 |

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100% | 1,09 | 1,70 | 1,75 | 1,73 | 1,48 | 1,28 |
| 99,5% | 1,09 | 1,70 | 1,75 | 1,73 | 1,48 | 1,28 |
| 97,5% | 1,09 | 1,70 | 1,75 | 1,73 | 1,48 | 1,28 |
| 90% | 1,09 | 1,70 | 1,75 | 1,73 | 1,48 | 1,28 |
| 75% | 0,90 | 1,04 | 1,21 | 1,06 | 0,80 | 1,23 |
| Median 50% | -0,35 | 0,26 | 0,27 | 0,19 | 0,07 | 0,42 |
| 25% | -0,52 | -0,26 | -0,41 | -0,40 | -0,18 | -0,04 |
| 10% | -0,95 | -0,68 | -0,45 | -0,54 | -0,23 | -0,21 |
| 2,5% | -0,95 | -0,68 | -0,45 | -0,54 | -0,23 | -0,21 |
| 0,5% | -0,95 | -0,68 | -0,45 | -0,54 | -0,23 | -0,21 |
| 0% | -0,95 | -0,68 | -0,45 | -0,54 | -0,23 | -0,21 |
| Mittelwert | 0,08 | 0,41 | 0,51 | 0,33 | 0,27 | 0,52 |
| Standardabweichung | 0,82 | 0,82 | 0,83 | 0,80 | 0,69 | 0,57 |
| Standardfehler | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,30 | 0,31 | 0,22 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 0,83 | 1,17 | 1,28 | 1,07 | 1,13 | 1,04 |
| Untere 95%-KI-Grenze | -0,68 | -0,34 | -0,25 | -0,41 | -0,60 | -0,01 |
| t-Test (2-seitig) T | 0,24 | 1,33 | 1,63 | 1,08 | 0,85 | 2,39 |
| p | 0,4 | 0,11 | 0,07 | 0,16 | 0,22 | 0,02 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0,4 | 0,11 | 0,14 | 0,23 | 0,4 | 0,03 |
| Anzahl der Implantate N | 8 | 7 | 7 | 7 | 5 | 8 |

Tabelle 9: Auswertung der Veränderungen des periimplantären Knochens zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten im Oberkieferfrontzahngebiet; siehe Kapitel 3.4. S. 40 Abbildung 24, S. 41 Abbildung 25, S. 42 Abbildung 26 und S. 43 Abbildung 27

OK Front

Koronaler Knochendefekt (in mm)

Knochendefektbreite (in mm)

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100% | 3,40 | 8,70 | 8,07 | 5,28 | 5,12 | 7,40 |
| 99,5% | 3,40 | 8,70 | 8,07 | 5,28 | 5,12 | 7,40 |
| 97,5% | 3,38 | 7,94 | 8,07 | 5,28 | 4,95 | 6,79 |
| 90% | 2,84 | 2,48 | 2,96 | 3,20 | 2,98 | 3,32 |
| 75% | 1,29 | 2,06 | 2,32 | 2,27 | 2,55 | 2,30 |
| Median 50% | 0,44 | 1,05 | 1,45 | 1,68 | 1,20 | 1,38 |
| 25% | 0,01 | 0,26 | 0,37 | 0,89 | -0,04 | 0,53 |
| 10% | -0,87 | -0,87 | -0,95 | -0,60 | -0,77 | -1,09 |
| 2,5% | -3,76 | -1,73 | -1,76 | -1,65 | -1,89 | -1,96 |
| 0,5% | -3,91 | -1,74 | -1,76 | -1,65 | -1,93 | -1,99 |
| 0% | -3,91 | -1,74 | -1,76 | -1,65 | -1,93 | -1,99 |
| Mittelwert | 0,67 | 1,16 | 1,45 | 1,59 | 1,21 | 1,45 |
| Standardabweichung | 1,40 | 1,71 | 1,78 | 1,50 | 1,51 | 1,82 |
| Standardfehler | 0,22 | 0,25 | 0,28 | 0,26 | 0,23 | 0,25 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 1,10 | 1,66 | 2,03 | 2,12 | 1,68 | 1,94 |
| Untere 95%-KI-Grenze | 0,23 | 0,65 | 0,88 | 1,06 | 0,75 | 0,96 |
| t-Test (2-seitig) T | 3,07 | 4,63 | 5,10 | 6,11 | 5,26 | 5,91 |
| p | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Anzahl der Implantate N | 63 | 47 | 39 | 33 | 43 | 63 |

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100% | 1,02 | 1,16 | 1,75 | 1,73 | 1,48 | 1,80 |
| 99,5% | 1,02 | 1,16 | 1,75 | 1,73 | 1,48 | 1,80 |
| 97,5% | 1,01 | 1,15 | 1,75 | 1,73 | 1,45 | 1,61 |
| 90% | 0,73 | 1,00 | 1,06 | 0,98 | 0,96 | 1,14 |
| 75% | 0,47 | 0,55 | 0,66 | 0,70 | 0,67 | 0,82 |
| Median 50% | 0,22 | 0,22 | 0,27 | 0,38 | 0,35 | 0,36 |
| 25% | -0,22 | -0,12 | 0,01 | 0,15 | 0,16 | 0,01 |
| 10% | -0,54 | -0,69 | -0,37 | -0,14 | -0,27 | -0,36 |
| 2,5% | -1,35 | -1,28 | -1,01 | -0,72 | -0,75 | -0,70 |
| 0,5% | -1,40 | -1,35 | -1,01 | -0,72 | -0,77 | -0,81 |
| 0% | -1,40 | -1,35 | -1,01 | -0,72 | -0,77 | -0,81 |
| Mittelwert | 0,12 | 0,20 | 0,32 | 0,43 | 0,37 | 0,41 |
| Standardabweichung | 0,50 | 0,58 | 0,54 | 0,50 | 0,46 | 0,55 |
| Standardfehler | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,07 | 0,07 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 0,27 | 0,37 | 0,49 | 0,61 | 0,51 | 0,56 |
| Untere 95%-KI-Grenze | -0,04 | 0,03 | 0,14 | 0,25 | 0,23 | 0,26 |
| t-Test (2-seitig) T | 1,49 | 2,34 | 3,63 | 4,86 | 5,41 | 5,57 |
| p | 0,14 | 0,02 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0,07 | 0,008 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Anzahl der Implantate N | 63 | 47 | 39 | 33 | 45 | 63 |

Tabelle 10: Auswertung des periimplantären Knochens zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten im Oberkieferseitenzahnggebiet: siehe Kapitel 3.5. S. 44 Abbildung 28, S. 45 Abbildung 29, S. 46 Abbildung 30 und S. 47 Abbildung 31

OK Seite

Koronaler Knochendefekt (in mm)

Knochendefektbreite (in mm)

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|-------|-------|------|-------|-------|
| 100% | 3,44 | 5,08 | 3,52 | 4,97 | 5,71 | 8,32 |
| 99,5% | 3,44 | 5,08 | 3,52 | 4,97 | 5,71 | 8,32 |
| 97,5% | 3,44 | 5,08 | 3,52 | 4,97 | 5,71 | 8,32 |
| 90% | 2,65 | 3,22 | 3,51 | 3,95 | 4,06 | 5,67 |
| 75% | 1,67 | 1,82 | 2,21 | 2,95 | 2,40 | 2,14 |
| Median 50% | 0,92 | 1,46 | 1,44 | 1,48 | 1,37 | 1,27 |
| 25% | 0,35 | 0,61 | 0,37 | 0,74 | 0,48 | 0,81 |
| 10% | -0,95 | 0,12 | 0,00 | 0,28 | 0,08 | 0,40 |
| 2,5% | -1,17 | -0,80 | -0,11 | 0,21 | -0,15 | -0,01 |
| 0,5% | -1,17 | -0,80 | -0,11 | 0,21 | -0,15 | -0,01 |
| 0% | -1,17 | -0,80 | -0,11 | 0,21 | -0,15 | -0,01 |
| Mittelwert | 0,93 | 1,53 | 1,54 | 1,81 | 1,64 | 1,95 |
| Standardabweichung | 1,15 | 1,25 | 1,16 | 1,36 | 1,48 | 2,02 |
| Standardfehler | 0,28 | 0,27 | 0,32 | 0,33 | 0,35 | 0,46 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 1,52 | 2,10 | 2,24 | 2,51 | 2,38 | 2,93 |
| Untere 95%-KI-Grenze | 0,34 | 0,96 | 0,83 | 1,11 | 0,90 | 0,98 |
| t-Test (2-seitig) T | 3,34 | 5,58 | 4,76 | 5,46 | 4,68 | 4,20 |
| p | 0,004 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0,003 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Anzahl der Implantate N | 22 | 21 | 13 | 17 | 18 | 22 |

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|-------|------|-------|-------|-------|
| 100% | 1,60 | 2,68 | 1,66 | 1,66 | 2,40 | 2,02 |
| 99,5% | 1,60 | 2,68 | 1,66 | 1,66 | 2,40 | 2,02 |
| 97,5% | 1,60 | 2,68 | 1,66 | 1,66 | 2,40 | 2,02 |
| 90% | 0,94 | 1,36 | 1,41 | 1,36 | 1,38 | 1,72 |
| 75% | 0,74 | 1,07 | 1,06 | 0,87 | 1,02 | 1,17 |
| Median 50% | 0,58 | 0,61 | 0,95 | 0,72 | 0,72 | 0,65 |
| 25% | 0,24 | 0,38 | 0,44 | 0,32 | 0,39 | 0,25 |
| 10% | 0,02 | -0,21 | 0,16 | -0,01 | -0,10 | 0,06 |
| 2,5% | -0,18 | -0,51 | 0,08 | -0,37 | -0,11 | -0,14 |
| 0,5% | -0,18 | -0,51 | 0,08 | -0,37 | -0,11 | -0,14 |
| 0% | -0,18 | -0,51 | 0,08 | -0,37 | -0,11 | -0,14 |
| Mittelwert | 0,55 | 0,73 | 0,81 | 0,66 | 0,73 | 0,75 |
| Standardabweichung | 0,40 | 0,67 | 0,42 | 0,47 | 0,58 | 0,58 |
| Standardfehler | 0,09 | 0,15 | 0,11 | 0,11 | 0,14 | 0,13 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 0,74 | 1,04 | 1,06 | 0,91 | 1,02 | 1,02 |
| Untere 95%-KI-Grenze | 0,35 | 0,42 | 0,57 | 0,42 | 0,44 | 0,48 |
| t-Test (2-seitig) T | 5,81 | 4,98 | 7,2 | 5,75 | 5,34 | 5,78 |
| p | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Anzahl der Implantate N | 22 | 21 | 14 | 17 | 18 | 22 |

Tabelle 11: Auswertung des periimplantären Knochens zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten im Unterkieferfrontzahngebiet; siehe Kapitel 3.4. S. 40 Abbildung 24, S. 41 Abbildung 25, S. 42 Abbildung 26 und S. 43 Abbildung 27

UK-Front

Koronaler Knochendefekt (in mm)

Knochendefektbreite (in mm)

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|-------|------|------|------|------|
| 100% | 2,68 | 5,04 | 5,60 | 5,84 | 5,39 | 6,94 |
| 99,5% | 2,68 | 5,04 | 5,60 | 5,84 | 5,39 | 6,94 |
| 97,5% | 2,68 | 5,04 | 5,60 | 5,84 | 5,39 | 6,94 |
| 90% | 2,52 | 3,42 | 5,47 | 4,10 | 4,10 | 6,19 |
| 75% | 2,31 | 2,41 | 3,64 | 3,52 | 3,09 | 4,33 |
| Median 50% | 1,69 | 1,83 | 2,47 | 2,52 | 2,10 | 2,93 |
| 25% | 0,98 | 1,15 | 1,78 | 1,46 | 1,33 | 1,27 |
| 10% | 0,56 | 0,56 | 0,87 | 1,16 | 0,92 | 0,66 |
| 2,5% | 0,37 | -1,97 | 0,79 | 0,33 | 0,74 | 0,49 |
| 0,5% | 0,37 | -1,97 | 0,79 | 0,33 | 0,74 | 0,49 |
| 0% | 0,37 | -1,97 | 0,79 | 0,33 | 0,74 | 0,49 |
| Mittelwert | 1,60 | 1,80 | 2,79 | 2,56 | 2,36 | 3,08 |
| Standardabweichung | 0,71 | 1,32 | 1,38 | 1,29 | 1,19 | 1,90 |
| Standardfehler | 0,16 | 0,28 | 0,44 | 0,29 | 0,28 | 0,40 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 1,94 | 2,39 | 3,78 | 3,18 | 2,95 | 3,90 |
| Untere 95%-KI-Grenze | 1,27 | 1,22 | 1,80 | 1,94 | 1,77 | 2,25 |
| t-Test (2-seitig) T | 10,08 | 6,43 | 6,39 | 8,68 | 8,43 | 7,74 |
| p | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Anzahl der Implantate N | 26 | 22 | 10 | 19 | 18 | 26 |

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100% | 1,13 | 2,27 | 1,21 | 1,35 | 1,50 | 1,53 |
| 99,5% | 1,13 | 2,27 | 1,21 | 1,35 | 1,50 | 1,53 |
| 97,5% | 1,13 | 2,27 | 1,21 | 1,35 | 1,50 | 1,53 |
| 90% | 1,07 | 1,54 | 1,19 | 1,06 | 1,18 | 1,14 |
| 75% | 0,61 | 0,78 | 0,58 | 0,61 | 0,38 | 0,70 |
| Median 50% | -0,04 | 0,09 | 0,14 | 0,12 | 0,04 | 0,36 |
| 25% | -0,57 | -0,21 | -0,24 | -0,20 | -0,52 | -0,21 |
| 10% | -0,95 | -0,66 | -0,44 | -0,54 | -0,88 | -0,80 |
| 2,5% | -1,99 | -1,24 | -0,45 | -2,02 | -1,14 | -1,20 |
| 0,5% | -1,99 | -1,24 | -0,45 | -2,02 | -1,14 | -1,20 |
| 0% | -1,99 | -1,24 | -0,45 | -2,02 | -1,14 | -1,20 |
| Mittelwert | -0,06 | 0,24 | 0,21 | 0,14 | 0,05 | 0,21 |
| Standardabweichung | 0,80 | 0,81 | 0,55 | 0,76 | 0,71 | 0,69 |
| Standardfehler | 0,18 | 0,17 | 0,18 | 0,17 | 0,17 | 0,14 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 0,31 | 0,59 | 0,60 | 0,50 | 0,40 | 0,51 |
| Untere 95%-KI-Grenze | -0,44 | -0,12 | -0,19 | -0,23 | -0,30 | -0,08 |
| t-Test (2-seitig) T | -0,34 | 1,37 | 1,17 | 0,79 | 0,3 | 1,49 |
| p | 0,73 | 0,18 | 0,27 | 0,43 | 0,76 | 0,14 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0,84 | 0,26 | 0,43 | 0,32 | 0,89 | 0,14 |
| Anzahl der Implantate N | 26 | 22 | 10 | 19 | 18 | 26 |

Tabelle 12: Auswertung des periimplantären Knochens zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten im Unterkieferseitenzahngebiet; siehe Kapitel 3.5. S. 44 Abbildung 28, S. 45 Abbildung 29, S. 46 Abbildung 30 und S. 47 Abbildung 31

UK Seite

Koronaler Knochendefekt (in mm)

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100% | 2,18 | 4,33 | 4,43 | 4,67 | 5,52 | 9,50 |
| 99,5% | 2,18 | 4,33 | 4,43 | 4,67 | 5,52 | 9,50 |
| 97,5% | 2,18 | 4,33 | 4,43 | 4,67 | 5,52 | 9,50 |
| 90% | 1,92 | 2,89 | 3,44 | 3,88 | 4,15 | 4,21 |
| 75% | 1,79 | 2,12 | 2,23 | 2,35 | 2,36 | 2,54 |
| Median 50% | 1,31 | 1,57 | 1,32 | 1,63 | 1,56 | 1,29 |
| 25% | 0,53 | 0,29 | 0,09 | 0,49 | 0,21 | 0,24 |
| 10% | 0,18 | -0,32 | -0,25 | -0,39 | -0,42 | -0,66 |
| 2,5% | -0,10 | -1,81 | -0,84 | -1,07 | -1,16 | -3,37 |
| 0,5% | -0,10 | -1,81 | -0,84 | -1,07 | -1,16 | -3,37 |
| 0% | -0,10 | -1,81 | -0,84 | -1,07 | -1,16 | -3,37 |
| Mittelwert | 1,19 | 1,39 | 1,28 | 1,52 | 1,58 | 1,64 |
| Standardabweichung | 0,67 | 1,28 | 1,38 | 1,43 | 1,66 | 2,26 |
| Standardfehler | 0,12 | 0,22 | 0,28 | 0,25 | 0,29 | 0,36 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 1,44 | 1,84 | 1,86 | 2,02 | 2,16 | 2,38 |
| Untere 95%-KI-Grenze | 0,94 | 0,95 | 0,70 | 1,01 | 1,00 | 0,91 |
| t-Test (2-seitig) T | 9,73 | 6,35 | 4,53 | 6,11 | 5,54 | 4,54 |
| p | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Anzahl der Implantate N | 42 | 34 | 24 | 33 | 34 | 42 |

Knochendefektbreite (in mm)

| Box-Plot | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J |
|-------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 100% | 2,47 | 1,70 | 2,13 | 1,68 | 1,45 | 1,49 |
| 99,5% | 2,47 | 1,70 | 2,13 | 1,68 | 1,45 | 1,49 |
| 97,5% | 2,47 | 1,70 | 2,13 | 1,68 | 1,45 | 1,49 |
| 90% | 1,04 | 1,25 | 1,31 | 1,32 | 1,04 | 1,35 |
| 75% | 0,77 | 0,96 | 0,81 | 0,74 | 0,55 | 1,05 |
| Median 50% | 0,32 | 0,33 | 0,32 | 0,33 | 0,17 | 0,19 |
| 25% | 0,01 | -0,11 | -0,12 | -0,01 | -0,19 | -0,25 |
| 10% | -0,36 | -0,62 | -0,32 | -0,38 | -0,52 | -0,85 |
| 2,5% | -0,92 | -1,10 | -0,52 | -1,02 | -1,06 | -1,03 |
| 0,5% | -0,92 | -1,10 | -0,52 | -1,02 | -1,06 | -1,04 |
| 0% | -0,92 | -1,10 | -0,52 | -1,02 | -1,06 | -1,04 |
| Mittelwert | 0,39 | 0,35 | 0,40 | 0,38 | 0,19 | 0,28 |
| Standardabweichung | 0,67 | 0,69 | 0,64 | 0,62 | 0,59 | 0,73 |
| Standardfehler | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,11 | 0,10 | 0,12 |
| Obere 95%-KI-Grenze | 0,63 | 0,59 | 0,67 | 0,60 | 0,40 | 0,52 |
| Untere 95%-KI-Grenze | 0,14 | 0,11 | 0,13 | 0,15 | -0,02 | 0,05 |
| t-Test (2-seitig) T | 3,17 | 2,92 | 3,08 | 3,38 | 1,877 | 2,45 |
| p | 0,003 | 0,006 | 0,005 | 0,002 | 0,069 | 0,018 |
| Wilcoxon Signed-Rank | 0,002 | 0,008 | 0,004 | 0 | 0,08 | 0,002 |
| Anzahl der Implantate N | 42 | 34 | 24 | 31 | 33 | 42 |

Tabelle 13: Auswertung des Vergleichs des koronalen Knochendefekts im Ober- und Unterkieferfrontzahnggebiet; siehe Kapitel 3.4. S. 40 ff

Vergleich Frontzahnggebiet Ober- und Unterkiefer

| Koronaler Knochendefekt | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J | |
|-----------------------------------|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Obere 95%-KI-Grenze | 1,47 | 1,40 | 2,43 | 1,76 | 1,87 | 2,57 | |
| Untere 95%-KI-Grenze | 0,40 | -0,10 | 0,24 | 0,17 | 0,41 | 0,68 | |
| Δ der Mittelwerte (OK-UK) | -0,93 | -0,64 | -1,34 | -0,93 | -1,15 | -1,60 | |
| Δ der Mediane (OK-UK) | -1,25 | 0,79 | -1,02 | -1,83 | -0,80 | -1,65 | |
| t-Test (2-seitig) | T | 3,49 | 1,72 | 2,56 | 2,46 | 3,16 | 3,48 |
| | p | 0,00009 | 0,09 | 0,01 | 0,01 | 0,003 | 0,001 |
| Wilcoxon/Kruskall Wallis 2-seitig | p | 0,002 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,008 | 0,001 |
| Chi-Quadrat-Test | p | 0,002 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,007 | 0,001 |

Tabelle 14: Auswertung des Vergleichs der Knochendefektbreite im Ober- und Unterkieferfrontzahnggebiet; siehe Kapitel 3.4. S. 40 ff

Vergleich Frontzahnggebiet Ober- und Unterkiefer

| Knochendefektbreite | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J | |
|-----------------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Obere 95%-KI-Grenze | -0,22 | -0,42 | -0,31 | -0,11 | -0,05 | -0,13 | |
| Untere 95%-KI-Grenze | 0,57 | 0,35 | 0,53 | 0,68 | 0,69 | 0,52 | |
| Δ der Mittelwerte (OK-UK) | 0,17 | -0,04 | 0,11 | 0,29 | 0,32 | 0,20 | |
| Δ der Mediane (OK-UK) | 0,25 | 0,13 | 0,13 | 0,26 | 0,31 | 0,05 | |
| t-Test (2-seitig) | T | -0,91 | 0,20 | -0,56 | -1,48 | -1,78 | -1,22 |
| | p | 0,37 | 0,83 | 0,58 | 0,14 | 0,08 | 0,23 |
| Wilcoxon/Kruskall Wallis 2-seitig | p | 0,38 | 0,68 | 0,42 | 0,09 | 0,01 | 0,32 |
| Chi-Quadrat-Test | p | 0,37 | 0,68 | 0,42 | 0,09 | 0,01 | 0,31 |

Tabelle 15: Auswertung des Vergleichs des koronalen Knochendefekts im Ober- und Unterkieferseitenzahnggebiet; siehe Kapitel 3.5. S. 44 ff

Vergleich Seitenzahnggebiet Ober- und Unterkiefer

| Koronaler Knochendefekt | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J | |
|-----------------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Obere 95%-KI-Grenze | 0,88 | 0,57 | 0,62 | 0,55 | 0,85 | 0,88 | |
| Untere 95%-KI-Grenze | -0,37 | -0,84 | -1,13 | -1,13 | -0,96 | -1,49 | |
| Δ der Mittelwerte (OK-UK) | -0,25 | 0,13 | 0,25 | 0,29 | 0,05 | 0,30 | |
| Δ der Mediane (OK-UK) | -0,39 | -0,11 | 0,12 | -0,15 | -0,19 | -0,02 | |
| t-Test (2-seitig) | T | 0,84 | -0,38 | -0,59 | -0,70 | -0,12 | -0,52 |
| | p | 0,40 | 0,70 | 0,55 | 0,48 | 0,90 | 0,60 |
| Wilcoxon/Kruskall Wallis 2-seitig | p | 0,29 | 0,97 | 0,39 | 0,79 | 0,77 | 0,62 |
| Chi-Quadrat-Test | p | 0,28 | 0,97 | 0,38 | 0,79 | 0,76 | 0,61 |

Tabelle 16: Auswertung des Vergleichs der Knochendefektbreite im Ober- und Unterkieferseitenzahnggebiet; siehe Kapitel 3.5. S. 44 ff

Vergleich Seitenzahnggebiet Ober- und Unterkiefer

| Knochendefektbreite | Prothetik | 1J | 2J | 3J | 5J | 10J | |
|-----------------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Obere 95%-KI-Grenze | -0,14 | -0,04 | 0,03 | -0,07 | 0,08 | 0,05 | |
| Untere 95%-KI-Grenze | -0,46 | 0,67 | 0,65 | 0,52 | 0,75 | 0,71 | |
| Δ der Mittelwerte (OK-UK) | 0,15 | 0,31 | 0,35 | 0,22 | 0,41 | 0,38 | |
| Δ der Mediane (OK-UK) | 0,26 | 0,26 | 0,61 | 0,38 | 0,45 | 0,34 | |
| t-Test (2-seitig) | T | -1,04 | -1,78 | -2,25 | -1,49 | -2,56 | -2,38 |
| | p | 0,30 | 0,08 | 0,03 | 0,14 | 0,01 | 0,02 |
| Wilcoxon/Kruskall Wallis 2-seitig | p | 0,39 | 0,06 | 0,01 | 0,09 | 0,01 | 0,03 |
| Chi-Quadrat-Test | p | 0,38 | 0,06 | 0,01 | 0,09 | 0,01 | 0,03 |

8.5. Anlagen

8.5.1. Erhebungsbogen für die Erfassung der periimplantären Messwerte zum Zeitpunkt der Implantatinsertion

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik: Implantat-OP 20.08.2009 **OP-Bogen (Röntgen)**

ID-Nummer Patient Geburtstag w m

Röntgenologisch ermittelte Parameter  Datum des Röntgenbildes

Oberkiefer

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

Unterkiefer

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

AUSWERTUNG - Datum, Name und Unterschrift:

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

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

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

8.5.2. Erhebungsbogen für die Erfassung der periimplantären Messwerte zum Zeitpunkt der prothetischen Versorgung im Oberkiefer

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik: Implantatzahnersatz 20.08.2009 Prothetikbogen/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 <small>(I = Implantat, S = sleeping impl., P = Pfeilerzahn)</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Implantattyp | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Implantat prothetisch versorgt (J, N) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aufnahmetechnik <small>(m, o, s, d)</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abstand Referenzpunkt - Apex (mm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Implantatdurchmesser (mm) <small>(im Röntgenbild gemessen)</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Knochniveau in [mm] <small>(Implantate + Pfeilerzähne)</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mesial (+/-) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| distal (+/-) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Knochendefekt in [mm] <small>(Implantate)</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tiefe des Defekts mesial | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tiefe des Defekts distal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Breite des Defekts mesial | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Breite des Defekts distal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abstand des Implantats zum direkten Nachbarzahn bzw. -implantat in [mm] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mesial | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| distal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Höhe der inzisalen Stufe zwischen Krone 11 und Krone 21 (mm) <input type="text"/> <small>Nur bei Einzelzahnimplantaten!</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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 = Bonefil-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

8.5.3. Erhebungsbogen für die Erfassung der periimplantären Messwerte zum Zeitpunkt Prothetik im Unterkiefer

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 <small>(I = Implantat, S = sleeping impl., P = Pfeilerzahn)</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Implantattyp | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Implantat prothetisch versorgt (J, N) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aufnahmetechnik <small>(m, o, s, d)</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abstand Referenzpunkt - Apex [mm] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Implantatdurchmesser [mm] <small>(im Röntgenbild gemessen)</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Knochniveau in [mm] <small>(Implantate + Pfeilerzähne)</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mesial (+/-) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| distal (+/-) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Knochendefekt in [mm] <small>(Implantate)</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tiefe des Defekts mesial | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tiefe des Defekts distal | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Breite des Defekts mesial | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Breite des Defekts distal | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abstand des Implantats zum direkten Nachbarzahn bzw. -implantat in [mm] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mesial | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| distal | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Paßgenauigkeit der Suprastruktur zwischen ... 1 = gut, 0 = schlecht | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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/Stulenzylinder
 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:** lo = 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

8.5.4. Erhebungsbogen für die Erfassung der periimplantären Messwerte zu den nachfolgenden Untersuchungszeitpunkten im Oberkiefer

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik: Implantatkontrolle Kontrollbogen/Röntgen OK

ID-Nummer Patient Geburtstag w m

Röntgenologisch ermittelte Parameter Datum des Röntgenbildes

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

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

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

| | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Implantat <-> Aufbau | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aufbau <-> Suprakonstruktion | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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 = Bonell-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

8.5.5. Erhebungsbogen für die Erfassung der periimplantären Messwerte zu den nachfolgenden Untersuchungszeitpunkten im Unterkiefer

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 <small>(I = Implantat, S = sleeping impl., P = Pfeilerzahn)</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Implantattyp | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Implantat prothetisch versorgt (J, N) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aufnahmetechnik <small>(m, o, s, d)</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abstand Referenzpunkt - Apex [mm] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Implantatdurchmesser [mm] <small>(im Röntgenbild gemessen)</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Knocheniveau in [mm] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <small>(Implantate + Pfeilerzähne)</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mesial (+/-) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| distal (+/-) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Knochendefekt in [mm] <small>(Implantate)</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tiefe des Defekts mesial | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tiefe des Defekts distal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Breite des Defekts mesial | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Breite des Defekts distal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abstand des Implantats zum direkten Nachbarzahn bzw. -implantat in [mm] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mesial | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| distal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Paßgenauigkeit der Suprastruktur zwischen ... <small>1 = gut, 0 = schlecht</small> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 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:**

| | | | |
|--|--|---|---|
| <input type="checkbox"/> B0 = Branemark/Standard | <input type="checkbox"/> B2 = Branemark/Mark II | <input type="checkbox"/> FS = Frialt 2/Schraube | <input type="checkbox"/> FZ = Frialt 2/Stufenzylinder |
| <input type="checkbox"/> IMZ = IMZ-Implantat | <input type="checkbox"/> Tu = Tübinger Implantat | <input type="checkbox"/> TPS = Ledermann-Schraube | <input type="checkbox"/> Bon = Bonell-Implantat |
| <input type="checkbox"/> 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:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> io = Implantatoberkante | <input type="checkbox"/> udh = Unterkante DH | <input type="checkbox"/> od2 = Oberkante DH, 2 mm | <input type="checkbox"/> od4 = Oberkante DH, 4 mm |
| <input type="checkbox"/> ot2 = Oberkante TI-IME, 2 mm | <input type="checkbox"/> ot4 = Oberkante TI-IME, 4 mm | | |