

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. Dr. med. dent. Max Heiland

Retrospektive Studie über die Sofort- und Spätversorgung von XiVE®-Implantaten in der Frontzahn- und Prämolarenregion

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin/Zahnmedizin
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

vorgelegt von:

Kai Köppen
aus Hamburg

Hamburg 2016

(wird von der Medizinischen Fakultät ausgefüllt)

**Angenommen von der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 27.10.2017**

**Veröffentlicht mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.**

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. Dr. Max Heiland

Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in: Prof. Dr. Florian Barvencik

Prüfungsausschuss, dritte/r Gutachter/in: Prof. Dr. Petra Schmage

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Geschichte der dentalen Implantologie	1
1.2 Implantatmaterialien	1
1.2.1 Biomaterial.....	2
1.2.2 Implantatdesign	2
1.2.3. Oberflächenmodifikation.....	3
1.3 Implantationszeitpunkte	3
1.3.1 Sofortimplantation.....	4
1.3.2 Verzögerte Sofortimplantation	6
1.3.4 Vergleich von Sofort-, verzögerter und Spätimplantation	8
1.4 Spätbelastung von dentalen Implantaten	8
1.5 Sofortbelastung von dentalen Implantaten	9
1.5.1 Sofortversorgung im Frontzahn- und Prämolarenbereich	11
1.5.2 Sofortversorgung mit Provisorien	11
1.6 Vergleich von Sofort- und Spätversorgung	12
1.7 Zielsetzung, Fragestellung und Hypothesen	13
2 Material und Methode	14
2.1 Das Patientenkollektiv	14
2.2 Die Dokumentation	15
2.3 Das Behandlungskonzept	15
2.3.1 Präoperatives Management	15
2.3.2 Das chirurgische Protokoll.....	15
2.3.3 Das prothetische Protokoll.....	17
2.4 Das Sofortversorgungsprotokoll	18
2.5 Das XiVE®-Implantatsystem	19
2.5.1 Das Makrodesign.....	19
2.5.2 Das Mikrodesign.....	20
2.6 Die Datenauswertung	20
2.7 Erfolgskriterien	23
2.8 Die Statistik	24
3 Ergebnisse	25
3.1 Das Patientenkollektiv	25
3.2 Auswertung der Implantat-bezogenen Dateien	27
3.3 Implantationsregion	28
3.4 Augmentation	29
3.5 Prothetische Versorgung	31
3.5.1 Definitive Suprakonstruktion.....	31
3.5.2 Eingliederungszeitpunkt der definitiven Suprakonstruktion	33
3.5.3 Befestigungsmodus der definitiven Suprakonstruktion.....	35
3.7 Nachbeobachtungszeitraum	36
3.8 Analyse des periimplantären Knochenniveaus	38
3.9 Überlebensstatistik	40

3.10 Signifikanztests	45
4 Diskussion	47
4.1 Limitationen	47
4.2 Die Sofortversorgung	48
4.3 Gestaltung der provisorischen Sofortversorgung	49
4.4 Zeitpunkt der definitiven, prothetischen Versorgung	50
4.5 Gestaltung der definitiven, prothetischen Versorgung	51
4.6 Periimplantärer Knochenabbau	53
4.6.1 Periimplantärer Knochenabbau in Abhängigkeit von der Implantatlänge und dem Implantatdurchmesser	54
4.6.2 Periimplantärer Knochenabbau in Abhängigkeit von der Implantatlokalisierung im Kiefer.....	55
4.6.3 Periimplantärer Knochenabbau in Abhängigkeit von augmentativen Verfahren.....	56
4.6.4 Periimplantärer Knochenabbau in Abhängigkeit vom Alter und Geschlecht.....	57
4.7 Beurteilung der Überlebenszeitanalyse und Erfolgsquote	58
4.8 Analyse der Misserfolge	60
4.9 Schlussfolgerung	64
5. Zusammenfassung/Abstract	66
6. Abkürzungsverzeichnis	68
7. Literaturverzeichnis	70
8. Danksagung	85
9. Eidesstattliche Versicherung	866

Für Ari

1 Einleitung

1.1 Geschichte der dentalen Implantologie

Das Prinzip der Osseointegration wurde in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts erstmals beschrieben. Dabei definierten *Brånemark et al.* den Begriff der Osseointegration als „direkte strukturelle und funktionelle Verbindung zwischen geordnetem, lebendem Knochen und der Oberfläche eines belasteten Implantats“ (Brånemark et al. 1969). Das Behandlungsprotokoll setzte eine dreimonatige Regeneration von Hart- und Weichgewebe nach Zahnextraktion voraus, um optimale Bedingungen für eine Implantation zu schaffen. Außerdem folgte nach Implantatinsertion eine gedeckte, belastungsfreie Einheilungsperiode von drei bis sechs Monaten, um die Osseointegration der Implantate zu gewährleisten (Albrektsson et al. 1981; Brånemark 1983). Es wurde angenommen, dass eine frühere Belastung der Implantate zu einer vermehrt bindegewebigen Einheilung führen könnte - anstatt zur Mineralisierung des Knochens an der Implantatoberfläche (Brånemark et al. 1977; Brunski 1999). Die lange Behandlungsdauer und die mehrfache Anzahl von chirurgischen Eingriffen sind als Nachteile dieses noch immer gebräuchlichen konventionellen implantologischen Vorgehens zu werten (Rouck et al. 2008a).

Die ersten Versuche, das konventionelle chirurgische Protokoll zu umgehen, erfolgten 1976 durch die sogenannten Tübinger Sofortimplantate (Schulte und Heimke 1976; Schulte et al. 1978). Diese Sofortimplantate wurden in frische Extraktionsalveolen gesetzt, um mit verkürzter Behandlungszeit ebenfalls eine knöcherne Einheilung zu erreichen.

Heutzutage ist die Sofortimplantation ein etabliertes Verfahren, welches bereits durch viele Studien validiert wurde (Watzek et al. 1995; Becker et al. 1998; Polizzi et al. 2000; Goldstein et al. 2002; Chen et al. 2005; Paolantoni et al. 2007). Unter Berücksichtigung bestimmter chirurgischer, anatomischer und prothetischer Aspekte können die sofort inserierten Implantate sofort versorgt werden, ohne dabei die Osseointegration zu gefährden (Romanos 2004; Degidi und Piattelli 2005). Die Datenlage zu Langzeitergebnissen dieses Verfahrens ist spärlich. Vor allem fehlt es an Studien, die das Outcome von sofort versorgten Sofortimplantaten einerseits mit dem Outcome von spät versorgten Sofortimplantaten oder andererseits mit den Ergebnissen von Implantaten vergleichen, die nach dem konventionellen Protokoll gesetzt und versorgt wurden.

1.2 Implantatmaterialien

Albrektsson et al. zeigten schon 1981, dass für eine erfolgreiche Osseointegration nicht nur die chirurgischen Aspekte, wie beispielsweise die Implantatbettbohrung und Durchblutungsverhältnisse, sondern auch die werkstoffkundlichen

Gesichtspunkte, wie das verwendete Biomaterial, das Implantatdesign und seine Oberflächenmodifikationen, eine wichtige Rolle spielen (Albrektsson et al. 1981). Der verwendete Werkstoff reagiert mit dem anlagernden Weich- und Hartgewebe und hat deshalb große Bedeutung (Behneke et al. 2002). Die Interaktion des Implantatwerkstoffes sollte mit den biologisch-chemischen Verhältnissen und anderen verwendeten dentalen Materialien in der Mundhöhle (z.B. Metalle) Berücksichtigung finden (Wagner und Al-Nawas 2004; Morra 2007).

1.2.1 Biomaterial

Titan und seine Legierungen als Grundwerkstoff sind der heutige Standard in der dentalen Implantologie. Im Laufe der Zeit sind die Eigenschaften des Titans hinsichtlich der materialtechnischen und biologischen Eigenschaften immer weiter optimiert und dokumentiert worden (Lautenschlager und Monaghan 1993; Bachle und Kohal 2004).

Auf der anderen Seite gibt es aber auch Kritiker gegenüber dem Werkstoff Titan. *Stejskal et al.* und *Weingart et al.* vermuteten einen negativen Einfluss von Titan auf bestimmte Zell- und Stoffwechselprozesse im Körper (Stejskal und Stejskal 1999; Stejskal et al. 1999; Weingart et al. 1994). Dies hatte zur Folge, dass metallfreie, keramische Zahnimplantate entwickelt wurden. Keramikimplantate aus Aluminium- und Zirkonoxid sind schwache, chemisch-elektrische Leiter und neigen nur zu sehr geringem Korrosionsverhalten. Weitere positive Eigenschaften dieses Werkstoffs sind eine hervorragende Biokompatibilität und Ästhetik (Sollazzo et al. 2008b; Sollazzo et al. 2008a; Degidi et al. 2006). Die Datenlage zu Langzeitergebnissen ist jedoch spärlich, häufig liegen nur Ergebnisse zu in-vitro oder in-vivo-Studien an Tiermodellen vor (Schultze-Mosgau et al. 2000; Kohal et al. 2002).

Bezüglich der mechanischen Eigenschaften wie Elastizitätsmodul und Härte sowie der Biege-, Zug- und Scherfestigkeit weisen Titan und seine Legierungen eine hohe Stabilität ähnlich dem des Zahnschmelzes auf (Wagner und Al-Nawas 2004). Keramiken hingegen weisen unphysiologisch hohe Werte hinsichtlich des E-Moduls und der Härte auf. Besonders die Aluminiumoxidkeramik hat eine niedrige Dehngrenze und Bruchzähigkeit, die Keramiken wenig biegefest und spröde machen (Kappert und Eichner 2005).

1.2.2 Implantatdesign

Die Implantatform entwickelte sich im Laufe der Zeit immer mehr zu rotationssymmetrischen Körpern, wobei die heutzutage verwendeten Implantate sich nur in Feinheiten (Gewindedesign, Oberflächenbehandlung, Abutment) unterscheiden (Al-Nawas et al. 2000). Die Schraubenform wird aktuell aufgrund verbesserter Primärstabilität und damit einhergehenden reduzierten Mikrobewegungen während der Einheilungsphase favorisiert (Sakoh et al. 2006).

Konische Implantate, Stufen- und Zylinderimplante weisen signifikant höhere Komplikationsraten auf (Albrektsson et al. 1986; Pilliar et al. 1991; Telleman et al. 2006). Das in der Studie verwendete XiVE®-Implantatsystem besitzt die Form einer Zylinderschraube.

1.2.3. Oberflächenmodifikation

Neben dem Implantatdesign wurden im Laufe der Jahre verschiedene Oberflächenmodifikationen entwickelt. Schon früh wurde festgestellt, dass die Zellanlagerung an die Oberfläche der Implantate für den Implantationserfolg und seine Langlebigkeit eine bedeutende Rolle spielen (Kawahara 1983). Man versuchte zunächst die glatte, maschinell gedrehte Oberfläche der Bränemark-Implantate zu modifizieren, um eine noch bessere Osseointegration zu erreichen. Viele Studien über den Einfluss der Rauigkeit von Implantaten auf das Knochenwachstum zeigten, dass der Anteil von Knochenkontakt mit zunehmender Rauigkeit ansteigt (Cooper 2000; Khang et al. 2001). Durch eine aufgeraute Oberfläche kommt es zu einer Oberflächenvergrößerung und es ergibt sich mehr Anlagerungsfläche für Proteine und Wachstumsfaktoren (Schwartz und Boyan 1994). Eine bessere knöcherne Einheilung kann als eine prozentuale Zunahme des Knochen-Implantat-Verbundes dargestellt werden. Dies konnten *Buser et al.* mit einer Studie belegen, die eine signifikant höhere Knochenkontaktrate (50-60 %) bei „sandgestrahlten-säuregeätzten“-Oberflächen (SLA) im Vergleich zu maschinieren Oberflächen (20-25 %) am Werkstoff Titan nachwies. Die Säurebehandlung der SLA-Oberflächen mit HCl/H₂SO₄ führt zu einem zusätzlichen stimulierenden Effekt auf die Knochenapposition, indem durch die Säure sekundäre Unebenheiten in die Oberfläche geätzt und Restpartikel, die nach dem Sandstrahlen ohne Verbund in der Struktur eingebettet sind, gelöst werden (Buser et al. 1991). XiVE®-Implantate weisen eine trimodale Oberfläche auf: den enossalen Anteil mit der „FRIADENT® plus“-Oberfläche (korund-gestrahlt und hochtemperaturgeätzt), den direkt koronal anschließenden geätzten Anteil zur günstigeren Adaptation des Bindegewebes und zuletzt den Anteil des strukturpolierten Implantathalses für eine gute Weichgewebsadaptation.

1.3 Implantationszeitpunkte

Für die Beschreibung des Implantationszeitpunktes gibt es in der Literatur mehrere Klassifikationen, die in ihrem Grundprinzip aber alle ähnlich sind.

Eine erste Klassifikation für den Insertionszeitpunkt des Implantates nach Zahnextraktion wurde 1993 von *Wilson* und *Weber* erarbeitet. Sie schlugen eine Terminologie vor, die sich ohne zeitliche Vorgaben auf die Weichgewebsheilung bezog (Wilson Jr, T. G. et al. 1993).

2004 wurde auf einer Konsensus-Konferenz eine weitere Klassifikation vorgestellt, die sowohl Hart- als auch Weichgewebsregeneration berücksichtigt (Hämmerle et al. 2004):

- Typ I: Sofortiges Setzen: Das Implantat wird direkt nach der Zahnentfernung in die frische Alveole inseriert. Es findet keine Knochen- oder Weichgewebsheilung statt.
- Typ II: Frühes Setzen: Das Implantat wird nach einer leicht statt gefundenen Weichgewebsheilung von 4 bis 8 Wochen inseriert, jedoch ohne signifikante Knochenregeneration.
- Typ III: Verspätet frühes Setzen: Das Implantat wird nach eingetretener Knochen- und Weichgewebsregeneration von 12 bis 16 Wochen inseriert.
- Typ IV: Spätes Setzen: Das Implantat wird nach einer vollständigen Heilphase von 6 Monaten inseriert.

Oftmals findet auch die Klassifikation von *Tarnow* und *Eskow* Anwendung. Sie unterscheiden folgende Implantationszeitpunkte (Tarnow und Eskow 1995):

1) Sofortimplantation:

Die Implantation erfolgt unmittelbar nach der Zahnextraktion

2) Verzögerte Sofortimplantation:

Implantation nach abgeschlossener epithelialer Wundheilung und vor knöcherner Konsolidierung (6-8 Wochen nach Zahnextraktion).

3) Spätimplantation:

Implantation nach knöcherner Konsolidierung der ehemaligen Alveole (6-8 Monaten nach Zahnextraktion). Zu diesem Zeitpunkt ist von einem Abschluss der knöchernen Regeneration auszugehen.

In der vorliegenden Studie wurde die Klassifikation von *Tarnow* gewählt, da sie für wissenschaftliche Publikationen allgemein akzeptiert ist und da aus den Akten keine Informationen über das Stadium der Weichgewebsregeneration zu entnehmen waren.

1.3.1 Sofortimplantation

Der sofortige und frühzeitige Implantationszeitpunkt stellen inzwischen klinisch erprobte und wissenschaftlich gut dokumentierte Verfahren in der dentalen Implantologie dar. Resultate der klinischen und statistischen Daten zeigen, dass

ein vorhersagbarer Langzeiterfolg von mehr als 30 Jahren erreicht werden kann (Schulte et al. 1992; Gómez-Román et al. 1996b).

Zu Beginn der ersten Versuche mit Sofortimplantaten wurde der wesentliche Vorteil dieses Verfahrens in der Vermeidung einer Kieferkammresorption gesehen (Schulte und Heimke 1976; Lazzara 1989), welcher nach der Zahnextraktion innerhalb der ersten sechs Monate bis zu einem gewissen Maß fortschreitet. Die Involution oder der Kollaps der Alveole sollte durch das Implantat vermieden werden, so dass die marginalen, parodontalen Gewebe des Zahnes ohne Verluste durch das Stadium der Implantatheilung hindurch für die spätere, implantatgetragene Restauration erhalten werden könnten (Terheyden 2006). Ursprünglich wurde angenommen, dass die Breite und Höhe des Alveolarknochens durch Sofortimplantationen erhalten bleiben und die anatomische Implantatposition zur Unterstützung der Weichgewebe führt. Neue Studien diskutieren diese vermeintlichen Vorteile jedoch kontrovers (Esposito et al. 2010; Hämmerle et al. 2012). Einen weiteren Vorteil bieten Sofortimplantationen durch eine Verbesserung des Patientenkomforts aufgrund einer verkürzten Behandlungsdauer und der Reduktion von chirurgischen Eingriffen.

Als Kontraindikationen für Sofortimplantationen werden nicht abgeheilte parodontale und periapikale pathologische Prozesse, Ungleichheiten im Implantatbett und nicht ausreichend befestigte Mukosa mit einem mangelhaften Weichgewebsverschluss angesehen (Lang et al. 2012; Ortega-Martinez et al. 2012).

Indikationen für eine Sofortimplantation sind (Neugebauer et al. 2005):

- Konservierend nicht erhaltungswürdige Zähne ohne eitrige Entzündungen
- Endodontischer Misserfolg
- Dentales Trauma ohne Beteiligung des Alveolarknochens
- Radix relicta
- Schwerer parodontaler Knochenabbau

Eine unabdingbare Voraussetzung für Sofortimplante stellt eine intakte vestibuläre Knochenlamelle dar. *D'Hoedt* und *Schulte* zeigten in einer retrospektiven Auswertung von 221 Implantaten, dass Rezessionen mit gleichzeitigem Implantatverlust eindeutig das Resultat der primär fehlenden fazialen Knochenlamelle oder ihrer Zerstörung durch unsachgemäße Knochenaufbereitung sein können (Schulte und d'Hoedt 1986). Eine weitere Nachuntersuchung zeigte erhöhte Mukosaretraktionen und einen erhöhten marginalen Knochenverlust in Fällen, bei denen die Höhe der bukkalen Lamelle auf weniger als die Hälfte der Implantatlänge reduziert war (Spörlein und Stein 1987). Auch *De Wijs et al.* stellten fest, dass eine Sofortimplantation nur angezeigt ist, wenn ein Großteil der vestibulären Kortikalis noch intakt ist, da die Implantatüberlebensrate signifikant beeinträchtigt wird, wenn vestibulär keine ausreichende, knöcherne Unterstützung

vorhanden ist und Implantate ohne zusätzliche Maßnahmen gesetzt werden (Wijs und Cune 1997).

Ursprünglich war bei der Insertion von Sofortimplantaten von entscheidender Bedeutung, dass der Querschnitt der Alveole im zervikalen Bereich vom Implantat ausgefüllt wurde (Babbush 1998). Damals propagierte man, dass der Durchmesser des Implantates den Verschluss der Extraktionsalveole ermöglichen und somit die bukkale Knochenlamelle als Abstützung erhalten sollte. Man ging davon aus, dass auf diese Weise das Implantat-Knochen-Interface verbessert und die Stabilität des Implantates erhöht werden würde. Es wurde also die Anwendung eines spezifischen Implantatdesigns, welches die Form der natürlichen Zahnwurzel nachahmt (ohne dabei die bukkale Lamelle zu gefährden) bei der Sofort- und verzögerten Sofortimplantation empfohlen (Gómez-Román et al. 1996b).

Der aktuelle Wissensstand ist, dass Sofortimplantate in der Regel etwas weiter nach oral versetzt inseriert werden müssen und nicht passgenau in die Extraktionsalveole. Die bukkale Lamelle ist ohnehin schon sehr stark von resorptiven Vorgängen gefährdet, deshalb muss sie bei der Implantatinsertion unbedingt geschont werden. Wenn die bukkale Knochenlamelle dicker als zwei Millimeter ist, ist sie laut neueren Erkenntnissen relativ resistent gegenüber Resorptionen. Ist die bukkale Lamelle kleiner als zwei Millimeter, so muss versucht werden das Implantat weiter nach oral zu platzieren (Schwartz-Arad und Chaushu 1997), auch wenn dann eventuell ein Spalt zwischen dem Implantat und bukkaler Lamelle entsteht. Es reicht aus, bei Spaltgrößen von kleiner als einem Millimeter, den Spalt einfach zu belassen. Der Zwischenraum füllt sich mit Blut auf und wie bei der Frakturheilung bildet sich dort neuer Knochen. Ist der Spalt aber größer als einen Millimeter kann es förderlich sein zur Unterstützung der Knochenregeneration, den Spalt mit Knochenmaterial oder Knochenersatzmaterial aufzufüllen (Babbush 1998). Außerdem muss immer beachtet werden, dass eine Deperiostierung des bukkalen Knochens zu einer Knochenresorption von bis zu einem Millimeter führen kann (Fickl et al. 2008).

1.3.2 Verzögerte Sofortimplantation

Sechs bis acht Wochen nach der entsprechenden Zahnextraktion erfolgt bei dieser Methode die Implantation. Als Vorteil wird hier gesehen, dass die Deckung des Implantates nicht mehr durch die Verlängerung eines Mukoperiostlappens oder ein freies Schleimhauttransplantat erfolgen muss, da das die Alveole bedeckende Weichgewebe bereits abgeheilt ist. Des Weiteren ist ein akutes Entzündungsgeschehen, welches häufig die Extraktionsursache des Zahnes darstellt, bereits abgeklungen und es liegt eine geringere Knochenatrophie vor. Als Nachteil ist die in den meisten Fällen immer noch vorhandene Restalveole zu werten, die häufig Inkongruenzen aufweist und damit zu einer falschen Implantationsrichtung verleiten kann (Schliephake 2012).

Die Idee der verzögerten Sofortimplantation resultierte unter anderem aus dem Anspruch der Behandler und Patienten nach höherer Ästhetik (das Weichgewebe ist in ausreichender Quantität, Qualität und Position vorhanden) bei zugleich verkürzter Therapiedauer bis zur Eingliederung einer prothetischen Versorgung. Im Gegensatz zur Sofortimplantation sind bei verzögerten Sofortimplantationen auch eventuell erforderliche augmentative Maßnahmen einfacher durchführbar, da der spannungsfreie Weichteilverschluss einfacher erzielt werden kann (Schliephake 2012).

Indikationen für eine verzögerte Sofortimplantation (Nölken und Wagner 2010):

- Akute entzündliche Veränderungen im Implantationsbereich
- Ungünstige Schleimhautverhältnisse zum angestrebten, primären Nahtverschluss
- Das ästhetische Einzelzahnimplantat im Frontzahnbereich

1.3.3 Spätimplantation

Historisch gesehen ist die Spätimplantation der klassische Zeitpunkt für eine enossale Implantation nach vollständiger Verknöcherung der Alveole. Nach einer Wartezeit von sechs bis acht Monaten nach Zahnextraktion ist die Extraktionsalveole als solche nicht mehr nachweisbar. Diese Methode wurde in den Anfängen der Implantologie beispielsweise von *Brånemark* und *Linkow* als Voraussetzung für Osseointegration angesehen (Brånemark 1983; Linkow et al. 1990). In diesen Fällen kann man fast immer ausreichende Primärstabilität durch die Auswahl eines dem Knochenangebot angepassten Implantatdurchmessers erzielen. Bei ausgeprägten Atrophiezuständen ist das Knochenangebot jedoch häufig limitiert. Dann können zusätzliche prä- oder periimplantologische augmentative Maßnahmen erforderlich sein. In ausgeprägten Fällen ist deshalb eine Implantation nur in einem zweizeitigen Verfahren möglich, bei dem zuerst augmentiert wird und dann nach circa vier bis sechs Monaten implantiert werden kann. Eine Alternative zur vertikalen Augmentation stellt die Verwendung kürzerer Implantate dar. Die notwendige Länge eines Implantates wird kontrovers diskutiert (Telleman et al. 2011). Einige Studien zeigten bei kurzen Implantaten, vor allem im posterioren Kieferbereich, äquivalente Überlebensraten von kurzen Implantaten im Vergleich zu längeren Implantaten (Gräfin von Krockow 2012; Boni et al. 2015). Andere Studien ergaben ein signifikant besseres Überleben von Implantaten, die länger als 8 mm waren, was in der geringeren Oberfläche dieser Implantatkörper und der damit verbundenen kleineren Anlagerungsfläche des Knochens begründet sein könnte (Krennmair und Waldenberger 2004).

Indikationen für eine Spätimplantation (Neukam et al. 2013):

- Der Behandler möchte eine sichere Verankerung der Implantate mit hoher Primärstabilität im ortständigen Knochen

- Ausgeprägte Atrophiezustände, die eine einzeitige Implantation nicht zulassen
- Pathologische Veränderungen im ortsständigen Knochen (z.B. ausgedehnte Zysten oder andere größere Defekte)

1.3.4 Vergleich von Sofort-, verzögerter und Spätimplantation

Beim Vergleich der unterschiedlichen Vorgehensweisen lässt sich folgendes feststellen:

Bezüglich der Implantatüberlebensrate findet sich in der Literatur kein signifikanter Unterschied zwischen verzögerter und Sofortimplantation im Frontzahnbereich. Bei beiden Vorgehensweisen ergeben sich Verlustraten von unter 5 % (Chen et al. 2004; Quirynen et al. 2007).

Block et al. untersuchten die Hart- und Weichgewebsverhältnisse von Sofortimplantationen mit Sofortversorgung und Spätimplantationen (vier Monate nach Socket-preservation) im Oberkieferfrontzahnbereich. In Bezug auf den Knochenabbau stellten sie keinen signifikanten Unterschied fest, aber hinsichtlich des Weichgewebes konnte im Durchschnitt ein Millimeter mehr vestibuläre Gingiva bei den Sofortimplantaten nachgewiesen werden (Block et al. 2009).

In einer Übersichtsarbeit untersuchten *den Hartog et al.* die unterschiedlichen Vorgehensweisen (Sofortimplantation, verzögerte Sofortimplantation und Spätimplantation) bezüglich des Hart- und Weichgewebsverlaufs. Es zeigten sich insgesamt keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Überlebensraten (95,5 %) und dem periimplantären Knochenabbau im Vergleich von direkter/verzögerter (88,3 – 99,5 %) oder Spätimplantation (82,7 – 97,2 %) (den Hartog et al. 2008).

Bei Betrachtung der internationalen Literatur sind die Parameter Ästhetik des Endresultates, gingivale Situation sowie Patientenzufriedenheit deutlich unterrepräsentiert. Bei den meisten Veröffentlichungen wird der implantologische Erfolg alleine an der Implantatüberlebensrate im Sinne der Osseointegration gewertet. Für eine eindeutiger Beurteilung, welche Vorgehensweise bezüglich Vorhersagbarkeit und Stabilität des ästhetischen Endresultates überlegen ist, wären dementsprechend weitere prospektive Studien mit Berücksichtigung der oben genannten Parameter erforderlich.

1.4 Spätbelastung von dentalen Implantaten

Bei der Spätbelastung erfolgt nach der Implantation eine gedeckte oder eine transgingivale Einheilung mittels eines Einheilkäppchens. Nach der gedeckten Einheilung der Implantate für 3 Monate im Unterkiefer und 6 Monate im Oberkiefer, erfolgt die Freilegung der Implantate und die definitive Versorgung mit Okklusionskontakt. Das chirurgische Protokoll geht ursprünglich auf das Standard-Einheilverfahren nach Brånemark zurück (Brånemark et al. 1977). Mit der aktuellen Entwicklung von Implantatoberflächen mit besseren Eigenschaften

kommt es zur schnelleren Osseointegration und damit zu einer Möglichkeit, die Implantate früher zu belasten, weshalb das ursprüngliche Protokoll nur noch in Ausnahmefällen angewendet wird. Dentsply stellt mit dem XiVE®-Implantatsystem zwei Alternativen zur Verfügung. Mit dem XiVE® S, welches in dieser Studie verwendet wurde, kann der Behandler sowohl einzeitig als auch zweizeitig die Implantate versorgen – abhängig von der chirurgischen Situation (Dentsply Implants 2014b).

1.5 Sofortbelastung von dentalen Implantaten

Eine suffiziente Primärstabilität ist ausschlaggebend für den Erfolg von dentalen Implantaten, speziell von sofortbelasteten Implantaten. Studien haben erwiesen, dass Mikrobewegungen, die größer als 150 µm während der Einheilungsphase des Implantates sind, zu einer bindegewebigen Einscheidung führen können (Tarnow et al. 1997; Szmukler-Moncler et al. 1998). Ohne eine ausreichende Primärstabilität kommt es zu Makrobewegungen, die eine ausbleibende Osseointegration verursachen und damit zum Implantatverlust führen können (Heinemann et al. 2015)

Der Begriff „Sofortbelastung“ ist in der Literatur nicht einheitlich definiert. Es herrschen Unstimmigkeiten darüber, wie schnell ein Implantat belastet werden darf, um dem Protokoll einer Sofortbelastung zu entsprechen. Der Belastungszeitraum reicht von < 1h bis maximal 7 Tage nach der Implantation (Babbush et al. 1986; Balshi und Wolfinger 1997; Chiapasco et al. 1997; Salama et al. 1995; Schnitman et al. 1997; Spiekermann et al. 1995; Szmukler-Moncler et al. 2000; Tarnow et al. 1997).

Aktuelle Studien unterscheiden die Sofortbelastung von der Sofortversorgung. So spricht man von einer Sofortbelastung wenn die Implantate höchstens nach 72 Stunden nach Implantation mit Zahnersatz versorgt werden und dieser Okklusionskontakt mit den Antagonisten aufweist. Die Sofortversorgung beschreibt ebenfalls die Versorgung der Implantate nach spätestens 72 Stunden mit Zahnersatz, allerdings nicht zwingend mit Okklusionskontakt zu den Antagonisten. Diese Definition wurde 2003 auf einer ITI Konsensus Konferenz festgelegt (Ganeles und Wismeijer 2004; Cochran et al. 2004) und für diese Studie übernommen.

Viele Studien zeigen, dass bei entsprechendem Vorgehen, die Sofortbelastung dentaler Implantate keinen negativen Effekt auf die Osseointegration haben muss. Wichtig ist eine ausreichende Selektion der Fälle bezüglich Primärstabilität, Knochenquantität und Knochenqualität und die Bestimmung des Eindrehmoments (Szmukler-Moncler et al. 2000).

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Osseointegration ist die Vermeidung von Bewegungen über 150 µm während der Einheilzeit (Brunski 1993, 1991). Mikrobewegungen unter 150 µm befinden sich in einem biologisch tolerierbaren Bereich. Von immenser Bedeutung ist daher klinisch die Messung der Primärstabilität und die kritische Einschätzung des Chirurgen. Ohne

Primärstabilität führen akzidentelle Bewegungen, vor allem bei Sofortbelastung, zu Makrobewegungen, die zu bindegewebiger Einheilung und damit zum Implantatverlust führen können.

Aus dem Fachgebiet Orthopädie ist bekannt, dass bei Frakturversorgungen mittels Osteosynthese, die Frakturheilung durch eine frühe Belastung beschleunigt werden kann (Goodman und Aspenberg 1993). Die Übertragung dieses Prinzips auf die dentale Implantologie zeigt ähnliche Resultate: eine sofortige, aber behutsame Belastung der Implantate führt zu einer stärkeren Mineralisation am Implantat-Knochen-Interface nach sechs Monaten Belastung, als bei subgingival einheilenden Implantaten (Degidi et al. 2003). Knochen besitzt die Fähigkeit auf mechanische Belastung zu reagieren und in gewissen Maßen auch adaptiv zu verstärken („bone-remodeling“) (Frost 1990). Auch *Neugebauer* und *Romanos et al.* publizierten Studien im Tiermodell zu dieser Thematik mit gleichen Ergebnissen (Neugebauer 2003; Romanos et al. 2003). *Degidi et al.* beschreiben dieses Phänomen als „Stimulation des bone-remodeling“: durch eine Sofortbelastung ergibt sich ein höherer Anteil an lamellärem Knochen am Implantat-Interface (Degidi et al. 2005b; Trisi et al. 2011). Dieser These nach sollte dem Knochen ermöglicht werden durch ein adäquates Okklusionskonzept eine Belastungsadaptation durch bone-remodeling durchzuführen. Durch eine belastungsreduzierte temporäre Versorgung oder gegebenenfalls mit einem sich steigernden Belastungsmodus kann ein Knochentraining erreicht werden und somit eine (verstärkte) Knochenadaptation (Barbier und Schepers 1997).

Romanos zur Folge hat die Sofortbelastung dentaler Implantate das empirische Stadium verlassen (Romanos 2004).

Für die Sofortbelastung müssen jedoch bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein. *Salama* (Salama et al. 1995) definierte 1995 auf Basis des Ledermann-Protokolls (Ledermann 1984) folgende Kriterien:

- Ausreichende Knochenqualität im Implantationsbereich
- Anwendung von Implantaten mit rauer Oberfläche (Micro-Interlock)
- Erhöhung der mechanischen Retention (Macro-Interlock) durch eine günstige Implantatform
- Möglichst bikortikale Fixation der inserierten Implantate zur besseren Stabilisation
- Vermeidung oder Reduktion von Extensionen bei der Provisoriengestaltung
- Okklusionskonzept: axiale Belastung der Implantate

Aufgrund neuer Erkenntnisse und verbessertem Implantat-Designs konnte dieses Konzept modifiziert werden (Romanos 2003):

- Sofortbelastung ist nicht nur in der UK-Front sondern auch in allen Bereichen des Kiefers möglich
- Eine bikortikale Fixation ist nicht notwendig

1.5.1 Sofortversorgung im Frontzahn- und Prämolarenbereich

Die Maxilla entspricht einer „Leichtbaukonstruktion“ mit geringerer Knochendichte, die den Kaudruck durch einen breiten, spongiösen Rand weiter in den Schädel leitet über im Randbereich verstärkte Fortsätze (Processus zygomaticus, Processus frontalis, Processus pterygoideus) (Witzel und Preuschoft 2002). Aus diesem Grund kann sich in der gesamten Maxilla oft eine schwierig zu erreichende Primärstabilität der Implantate ergeben, die jedoch durch spezielle Verfahren (Bone condensing) und Implantatentmodifikationen (Gewindedesign, Anstieg des Gewindes, Oberflächenbehandlung, etc.) verbessert werden kann. Zudem können bei vertikaler Atrophie durch Sinusbodenelevationen in der Prämolarenregion längere Implantate mit einer höheren Überlebenswahrscheinlichkeit eingebracht werden (Behrens et al. 2004).

Die Mandibula ist ein U-förmiger Röhrenknochen, dessen Kompakta, unterstützt durch das Trajektoriensystem der Spongiosa, die Kaukräfte auffängt (Witzel und Preuschoft 2002). Aufgrund der hohen Knochendichte ist häufig ein Gewindeschnitt vor Implantation indiziert, um das Eindrehmoment bei der Implantatinsertion zu reduzieren. Im Seitenzahnbereich, also auch auf Höhe der Prämolaren, sind die Implantate durch den Verlauf des Nervus alveolaris inferior in ihrer Länge häufig limitiert. In der Frontzahnregion des Unterkiefers findet sich fast ausschließlich Kompakta und nur wenig Spongiosa, welches zu einer geringeren Durchblutung und damit zu erschwerten Bedingungen für Sofortversorgungen in dieser Region führt. Die ausreichende Blutversorgung des Wundbereichs ist jedoch Voraussetzung für Osseointegration (Kieswetter et al. 1996).

1.5.2 Sofortversorgung mit Provisorien

Aktuell erfolgt die Sofortversorgung von Implantaten zumeist mit Provisorien (Abboud et al. 2005; Degidi und Piattelli 2005; Horiuchi et al. 2000; Romanos 2003). Die definitive Suprakonstruktion wird zu einem späteren Zeitpunkt eingegliedert, da der genaue spätere Verlauf der Gingiva nicht abschätzbar ist.

Vorteil der Sofortversorgung auf diesem Wege ist die bereits während der Einheilphase des Implantates ausformende Gestaltung des Weichgewebes, was zu verbesserten ästhetischen Resultaten führen kann (Degidi und Piattelli 2003). Gerade im Frontzahnbereich ist das Weichgewebsmanagement von immenser Bedeutung. Bei erfolgreicher provisorischer Sofortversorgung eines Einzelzahnimplantates im Oberkieferfrontzahnbereich wird im Vergleich zur Spätimplantation nach Socket-Preservation eine Zunahme an marginaler Gingiva von bis zu einem Millimeter diskutiert (Block et al. 2009). Laut *de Rouck* ist der Papillenerhalt durch eine Sofortversorgung besser vorhersehbar (Rouck et al. 2008b).

Auch in Infraokklusion wirken immer noch biomechanische Kräfte auf das Implantat-Interface und damit auf die Osseointegration (Brunski 1999; Degidi et al. 2003; Degidi et al. 2005a), deshalb ist darauf zu achten, dass das Provisorium

sowohl von bukkal als auch von oral stark reduziert wird, um den Zungen- und Wangendruck zu minimieren.

Bei der Herstellung des Provisoriums ist auf die Verwendung eines möglichst stabilen Materials zu achten, eventuell metallverstärkt. Bei der Insertion mehrerer Implantate nebeneinander kann die Stabilität der Provisorien durch Verblockung erhöht und die Mikrobewegungen auf das Implantat-Interface im Einzelnen reduziert werden (Brunski 1999; Salama et al. 1995; Stegaroiu et al. 1998).

Als Sofortversorgung kommen verschiedene Arten von Provisorien zur Anwendung. Grundsätzlich kann man zwischen direkten und indirekten Provisorien unterscheiden. Bei der direkten Herstellung wird am Behandlungsstuhl mittels einer vorab gefertigten Tiefziehschiene ein Provisorium „chair-side“ angefertigt. Wohingegen bei der indirekten Methode das Provisorium im Labor hergestellt und im Anschluss dem Patienten eingesetzt wird. Bei der indirekten Methode ist eine enge Zusammenarbeit mit dem Dentallabor Voraussetzung. Der intraoperativ gewonnene Abdruck für die Herstellung des „lab-side“ Provisoriums wird sofort ins Labor geschickt, damit nach der Implantation so früh wie möglich (weniger als 72 Stunden) das Provisorium eingegliedert werden kann.

1.6 Vergleich von Sofort- und Spätversorgung

Durch das Eingliedern eines implantatgetragenen Provisoriums und die Vermeidung einer Freilegung bei gedeckter Einheilung ergibt sich ein höherer Patientenkomfort bei einer Sofortversorgung bzw. Sofortbelastung. Des Weiteren kann die Ästhetik bei der Sofortversorgung durch das unmittelbar postoperativ eingegliederte Provisorium verbessert sein (Rouck et al. 2008a). Die Schonung der Gingiva und Stimulation des periimplantären Knochens sind ebenfalls Vorteile, die nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Ergebnisse von Studien zeigen: je häufiger es zu Manipulationen am Implantat kommt, desto stärker ist der periimplantäre Knochenabbau und die Gefahr der Rezessionsbildung (Isidor 1996, 1997).

1.7 Zielsetzung, Fragestellung und Hypothesen

Die Sofortversorgung von dentalen Implantaten gewinnt aufgrund der aufgezählten Vorteile immer mehr an Aufmerksamkeit. Der Fokus dieser Arbeit wurde auf Sofortversorgungen im Frontzahn- und Prämolarenbereich gerichtet.

Ziel dieser retrospektiven Untersuchung war es herauszustellen, ob die Sofort- und Spätversorgung nach Sofortimplantation von XiVE®-Implantaten im Hinblick auf die Erfolgsrate und dem periimplantären Knochenabbau gleichwertig sind.

Die Grundhypothese dieser Dissertation ist, dass sich die Sofort- und Spätversorgung in der Frontzahn- und Prämolarenregion bezüglich ihrer Erfolgsrate und des radiologischen periimplantären Knochenabbaus nicht statistisch signifikant unterscheiden.

Folgende Nebenhypothesen wurden untersucht:

- Implantatlänge und -durchmesser haben keinen Einfluss auf das periimplantäre Knochenniveau
- Die Implantationsregion hat keinen Einfluss auf das periimplantäre Knochenniveau
- Das Alter und das Geschlecht haben keinen Einfluss auf das periimplantäre Knochenniveau
- Die periimplantäre Augmentation hat keinen Einfluss auf das periimplantäre Knochenniveau

2 Material und Methode

2.1 Das Patientenkollektiv

Die Daten von 163 Patienten (77 Männer und 86 Frauen), im Alter von 15-85 Jahren (Durchschnittliches Alter: 56,8 Jahre) wurden für diese retrospektive Studie anonymisiert ausgewertet.

Aufklärung, Untersuchung, Beratung und Therapie erfolgten in der chirurgischen Fachzahnarztpraxis Dr. Kornmann & Dr. Gerlach und Kollegen von November 2003 bis April 2015 in Oppenheim durch folgende Zahnärzte: Dr. Frank Kornmann (Fachzahnarzt für Oralchirurgie) und Dr. Till Gerlach (Fachzahnarzt für Oralchirurgie).

Alle untersuchten Patienten dieser Studie entsprachen den folgenden Kriterien:

- Alle Patienten wiesen extraktionswürdige Zähne (schwere kariöse und / oder parodontale/endodontische Schädigung, Längsfraktur) in der Frontzahn- oder Prämolarenregion auf, die im Rahmen unserer Studie durch Sofortimplantate ersetzt wurden
- Eine Primärstabilität von mindestens 25 N/cm wurde als unterster Grenzwert für die Sofortimplantation festgelegt (Romanos 2004; Kornmann 2010)
- Sofortversorgung der Implantate mittels eines Provisoriums (Gruppe 1) oder Spätversorgung der Implantate nach gedeckter Einheilung (Gruppe 2)

Von der ITI-Gruppe wurde im Rahmen eines umfangreichen Konsensus-Papieres eine Gruppierung in Risiko- und Hochrisikofaktoren diskutiert. Diese galten auch als Ausschlusskriterium für diese Studie (siehe Tabelle 1) (Buser et al. 2000).

Risikofaktoren	Hochrisikofaktoren
<ul style="list-style-type: none">• Vorbestrahlter Knochen	<ul style="list-style-type: none">• Schwerwiegende systemische Erkrankungen
<ul style="list-style-type: none">• Schwere Diabetes Mellitus	<ul style="list-style-type: none">• Immunkompromittierte Patienten
<ul style="list-style-type: none">• Hämorrhagische Diathesen	<ul style="list-style-type: none">• Drogenabusus
<ul style="list-style-type: none">• Starkes Rauchen (Heitz-Mayfield und Huynh-Ba 2009)	<ul style="list-style-type: none">• Unkooperativer Patient
<ul style="list-style-type: none">• Bisphosphonattherapie i.v.	

Tabelle 1: Risiko- und Hochrisikofaktoren. Konsensus-Papier der ITI-Gruppe (Buser et al. 2000)

2.2 Die Dokumentation

Die Dokumentation der Anamnese, der Aufklärung, der Implantation, der Zahnersatzversorgung und der Nachuntersuchungen erfolgten mit der Patientendokumentationssoftware „impDAT“ (Kea Software GmbH, Pöcking, Germany) - mit Ausnahme definitiver prothetischer Arbeiten, welche beim überweisenden Hauszahnarzt durchgeführt wurden.

Für die Nachuntersuchungen der vorliegenden Studie wurden alle Patienten ausgewählt, die eine Sofortimplantation in der Frontzahn- oder Prämolarenregion mit Sofort- oder Spätversorgung in den Jahren 2003 bis 2015 erhielten.

2.3 Das Behandlungskonzept

Alle Patienten, die an dieser Studie teilnahmen, wurden ausnahmslos nach einem einheitlichen chirurgischen und prothetischen Protokoll von Dr. Frank Kornmann und Dr. Till Gerlach behandelt.

2.3.1 Präoperatives Management

Bei jedem Patienten wurde bei der Vorstellung ein individuelles Risikoprofil anhand der allgemeinen und speziellen Anamnese, der Analyse der klinischen Ausgangssituation, der intraoralen Befunderhebung und der präoperativen Röntgendiagnostik erstellt. Im Anschluss folgte die Therapieplanung, die mit dem Patienten ausführlich besprochen wurde, wobei die Patienten bezüglich der Risiken des chirurgischen Eingriffs, dem postoperativen Verhalten und der anschließenden prothetischen Rekonstruktion aufgeklärt wurden. Alle Patienten wurden zusätzlich darüber aufgeklärt, dass das Implantat während der Einheilphase nicht voll belastet werden darf. Die Patienten wurden weiterhin in die Pflege der Rekonstruktion instruiert.

2.3.2 Das chirurgische Protokoll

Für die Sofortimplantate der vorliegenden Studie wurden folgende Voraussetzungen erfüllt:

- Erhalt der Alveole bei der Zahnextraktion, speziell der vestibulären Lamelle (Lazzara 1989; Wijs und Cune 1997)
- Ausreichendes Knochenangebot zur Gewährleistung der Primärstabilität ≥ 25 N/cm des Implantates (Romanos 2004)
- Klinische Entzündungsfreiheit

Material und Methode

Diese Voraussetzungen geben eine möglichst atraumatische Extraktion vor, um das Knochenfach als Implantatlager zu erhalten. Nach Zahnentfernung wurde etwaiges Granulationsgewebe vollständig entfernt. Lagen günstige Knochenverhältnisse vor, wurde auf die Präparation eines Mukoperiostlappens verzichtet. Bei ungünstigen Knochenverhältnissen erfolgte ein Aufklappen mit einer Inzision auf dem Kieferkamm und ggf. einem mesialen Entlastungsschnitt im Vestibulum. Ein Mukoperiostlappen wurde präpariert und der Kieferkamm dargestellt.

Sowohl die Implantatbettaufbereitung wie auch die Implantatinsertion erfolgten gemäß den Angaben des Herstellers.

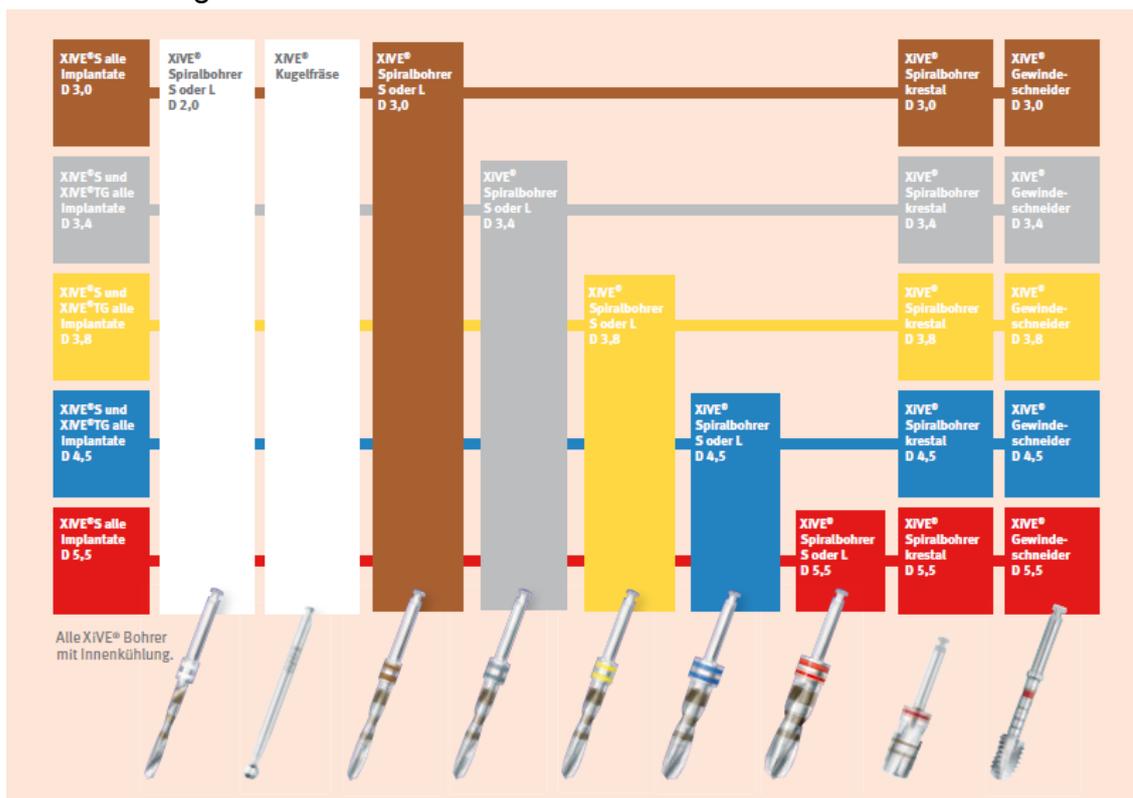


Abbildung 1: Darstellung des XiVE®-Bohrprotokolls (Dentsply Implants 2014c)

In aufsteigender Reihenfolge wurde mit Spiralbohrern ein Implantattbett bis zur geplanten Bohrtiefe geschaffen. Eine krestale Erweiterung des Knochens mit Hilfe eines entsprechenden Krestalbohrers erfolgte bei harter Knochenqualität zusätzlich zu einem Gewindeschnitt. Anschließend wurde das Implantat inseriert. Alle Implantate wiesen ein Eindrehmoment ≥ 25 N/cm auf.

Lag ein Spalt oder Defekt zwischen Implantatoberfläche und marginalen Knochenfach vor der größer als 1 mm war, wurde dieser mit Knochenspäne, welche während der Aufbereitung aufgefangen wurde, aufgefüllt.

Abhängig von der anschließenden Versorgungsform des Implantates wurde bei der Sofortversorgung die FRIADENT® TempBase im Anschluss an die Implantatinsertion belassen, da es nicht nur als Einbringpfosten, sondern auch als Basis für ein Provisorium fungiert. Bei der Spätversorgung hingegen wurde die TempBase vom Implantat entfernt und stattdessen die Verschlusschraube in das

Implantat inseriert. In beiden Fällen erfolgte der Wundverschluss mit einer speicheldichten Naht (monofiles Nahtmaterial verschiedener Hersteller).

Implantate wurden nicht in diese retrospektive Studie aufgenommen, falls die erforderliche Primärstabilität ≥ 25 N/cm nicht erreicht wurde oder es während der Extraktion bzw. Implantation zur Fraktur des Knochenfaches kam beziehungsweise eine klinisch sichtbare Entzündung vorlag.

2.3.3 Das prothetische Protokoll

Das prothetische Protokoll dieser Studie bietet grundsätzlich zwei Möglichkeiten: Einmal die Sofortversorgung (Gruppe 1), also die direkte Versorgung des Implantates postoperativ mit einem Provisorium in Infraokklusion oder eine Spätversorgung (Gruppe 2) nach vollständiger Osseointegration des Implantates. Bei Sofortversorgung der Implantate erfolgte die Herstellung des Provisoriums aus Kunststoff (verschiedene Hersteller) im „chair-side“ Verfahren mittels einer vorab im Labor hergestellten Tiefziehschiene. Alternativ wurden die Provisorien auch durch präoperative Abformungen der Ausgangssituation oder durch präfabrizierte Kunststoffschalen hergestellt. Über die TempBase wurde eine TempBase Cap zur Verankerung des Kunststoffprovisoriums geschoben. Die Tiefziehschienen, provisorische Abdrücke oder präfabrizierten Kunststoffschalen wurden mit chemisch härtendem Provisorien-Kunststoff (verschiedene Hersteller) aufgefüllt und im Anschluss über der TempBase Cap auspolymerisiert. Im ausgehärteten Zustand wurde das Provisorium am Stuhl ausgearbeitet. Der marginale Kronen- bzw. Brückenrand wurde ebenfalls ausgedünnt, um eine Reinigungsfähigkeit des Implantats zu gewährleisten. Nachdem das Provisorium mit einem temporären Zement (TempBond, Kerr GmbH, Rastatt, Deutschland) befestigt wurde, erfolgte die inzisale bzw. okklusale Anpassung seiner Oberfläche in statischer und dynamischer Okklusion, um eine zu starke Belastung der Implantate zu vermeiden. Dabei wurden dynamische Okklusionskontakte stets vollständig entfernt. Wann immer möglich, wurde das Provisorium nur teilbelastet, indem es in Infraokklusion geschliffen und bukkal beziehungsweise oral verjüngt wurde, um den Zungen- und Wangendruck ebenfalls zu minimieren.

2.4 Das Sofortversorgungsprotokoll

Das Sofortversorgungsprotokoll richtete sich nach den von *Romanos* definierten Kriterien für eine Sofortversorgung (Abbildung 2) (Romanos 2004; Kornmann 2010):

- In allen Richtungen ausreichende Knochenquantität zur Gewährleistung einer ausreichenden Primärstabilität.
- Die Knochenqualität sollte zur Gewährleistung einer ausreichenden Primärstabilität zwischen D1 und D3 Knochen liegen.
- Bei einer Dichteklasse D4 des Knochens ist nur bei belastungsfähiger Kortikalis eine Sofortversorgung mit Einschränkung möglich

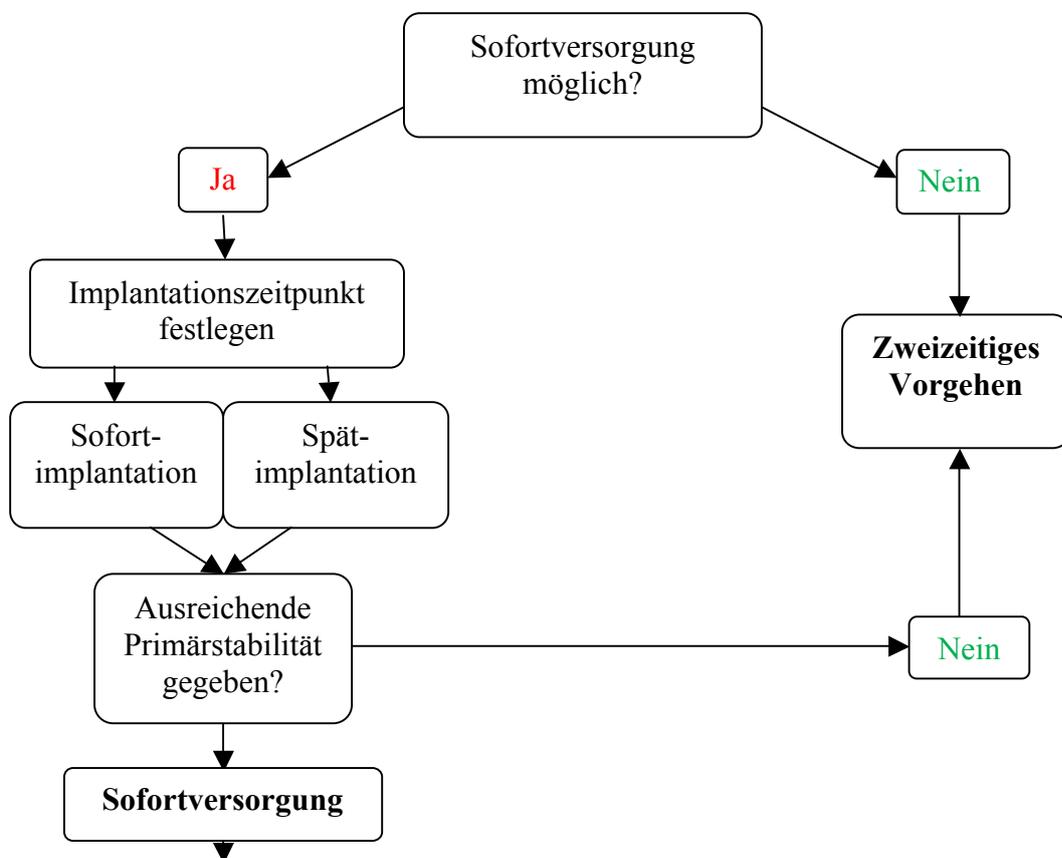


Abbildung 2: Grafische Darstellung des Sofortversorgungsprotokolls

2.5 Das XiVE®-Implantatsystem

Alle in dieser retrospektiven Studie verwendeten Implantate sind XiVE®-Implantat der Firma Dentsply Friadent, Mannheim. Das XiVE®-Implantatsystem wird seit 2001 klinisch eingesetzt. Es ist farbkodiert und Implantate sind in fünf verschiedenen Durchmessern (3,0 mm, 3,4 mm, 3,8 mm, 4,5 mm, 5,5 mm) und in sechs verschiedenen Längen (8 mm, 9,5 mm, 11 mm, 13 mm, 15 mm, 18mm) erhältlich.

2.5.1 Das Makrodesign

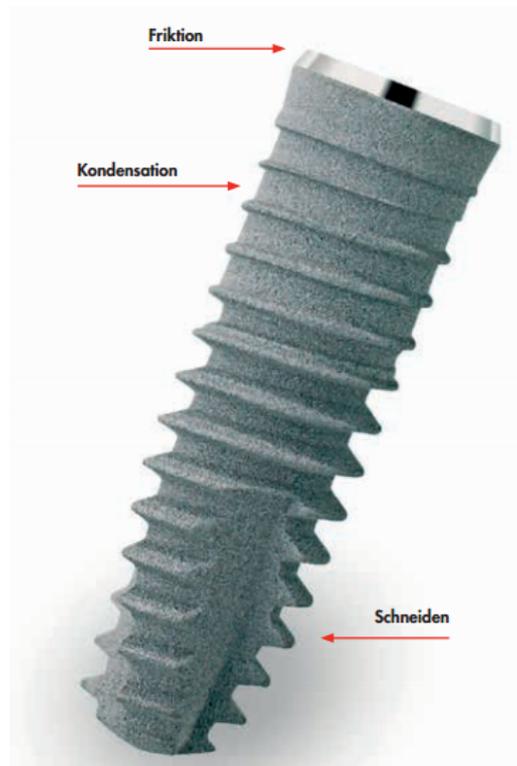


Abbildung 3: Das XiVE®-Implantat (Dentsply Implants 2014a)

Das XiVE®-Implantat besteht aus Reintitan Grad 2 nach ISO 5832-2. Makroskopisch findet sich ein Zylinderschraubendesign. Das Implantat weist kreisförmig einen vergrößerten, zylindrischen Implantatkern mit einem kondensierenden Gewindeanteil auf, der apikal in ein selbstschneidendes Gewinde mit progressiver Gewindetiefe übergeht. Dabei bleibt der Außendurchmesser des Implantates konstant, nur die Gewindetiefe nimmt von kreisförmig 0.18 mm bis nach apikal auf 0.5 mm zu. Ausnahmen bilden die Implantatspitze, die konisch zuläuft und abgerundet ist, und der zervikale Implantathals, der um 0.35 mm im Außendurchmesser erhöht ist, um eine periimplantäre Abdichtung des Spaltes vom Gewindeschnitt zu erreichen.

Das XiVE®-Implantatsystem arbeitet mit dem „platform-switch“-Konzept, das lediglich beschreibt, dass der Implantathals im Gegensatz zum TempBase-Aufbau beziehungsweise zu den folgenden prothetischen Rekonstruktionen deutlich verbreitert ist, jedoch Vorteile gegen die Entwicklung periimplantärer Entzündungen bietet.

2.5.2 Das Mikrodesign

Seit 2003 hat das XiVE®-Implantat die mikrorauhe, sandgestrahlte und hochtemperaturgeätzte FRIADENT® plus-Oberfläche. Sie bedeckt bei dem XiVE®-Implantat den enossalen Anteil vollständig. Studien haben ergeben, dass die FRIADENT® plus-Oberfläche den Vorgang der Osseointegration positiv beeinflusst (Di Iorio et al. 2005; Sammons et al. 2005). Der Bereich des Implantathalses ist strukturpoliert, um eine dichte Anlagerung des Epithels zu ermöglichen. Zusätzlich ist durch die glatten Eigenschaften an dieser Stelle die Reinigungsfähigkeit gewährleistet und einer mikrobiellen Reizung der periimplantären Gewebe wird so vorgebeugt. Dieser Implantatanteil ist 0,4 mm hoch und weist eine Rautiefe von 0,45 µm. Unterhalb des strukturpolierten Implantathalses liegt ein säuregeätzter Bereich mit einer Höhe von 1,1 mm und einer Rautiefe von 8,6 µm, durch den die Adaptation des subepithelialen Gewebes gefördert wird. Die Höhe des enossalen Bereichs ist abhängig von der Implantatlänge und hat eine Rautiefe von 16,3 µm.

2.6 Die Datenauswertung

Die Auswertung des marginalen, periimplantären Knochenniveaus erfolgt anhand von Röntgenaufnahmen und der elektronischen Patientenakten. Abhängig von der klinischen Ausgangssituation wurde präoperativ entweder eine Panoramaschichtaufnahme mit Messkugel oder eine Digitale Volumentomographie (DVT) angefertigt. Bei röntgenologischen Verlaufskontrollen kamen auch Zahnfilme zur Anwendung. Alle Röntgenaufnahmen wurden mit Röntgengeräten der Firma Siemens erstellt. Ab dem Jahr 2007 wurde in der Praxis auf digitales Röntgen umgestellt. Alle Bilder vor 2007 lagen als analoge Bilder vor.

Die radiologische Auswertung erfolgte von zwei unabhängigen Zahnärzten, welche nicht in die Operation involviert waren. Die Untersuchung jedes einzelnen Implantates erfolgte sowohl an seiner mesialen als auch an seiner distalen Fläche auf allen Röntgenbildern. Dabei wurde der Abstand zwischen Implantatschulter (IS = implant shoulder) bis hin zum koronalsten Implantat-Knochen-Kontakt (CBL = crestal bone level) gemessen. Diesen Wert bezeichnet man als DIB-Wert (DIB = distance implant shoulder bone contact)(Buser et al. 1990). Lagen unterschiedliche Levels des vestibulären und oralen CBL vor, wurde der Mittelwert berechnet.

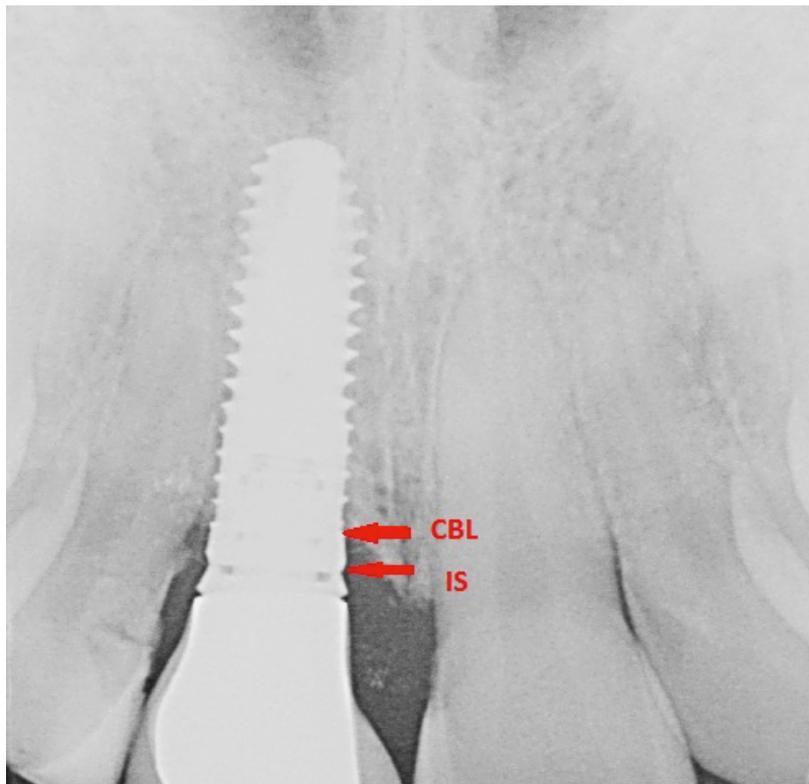


Abbildung 4: Die relevanten Referenzpunkte IS (implant shoulder) und CBL (crestal bone level)

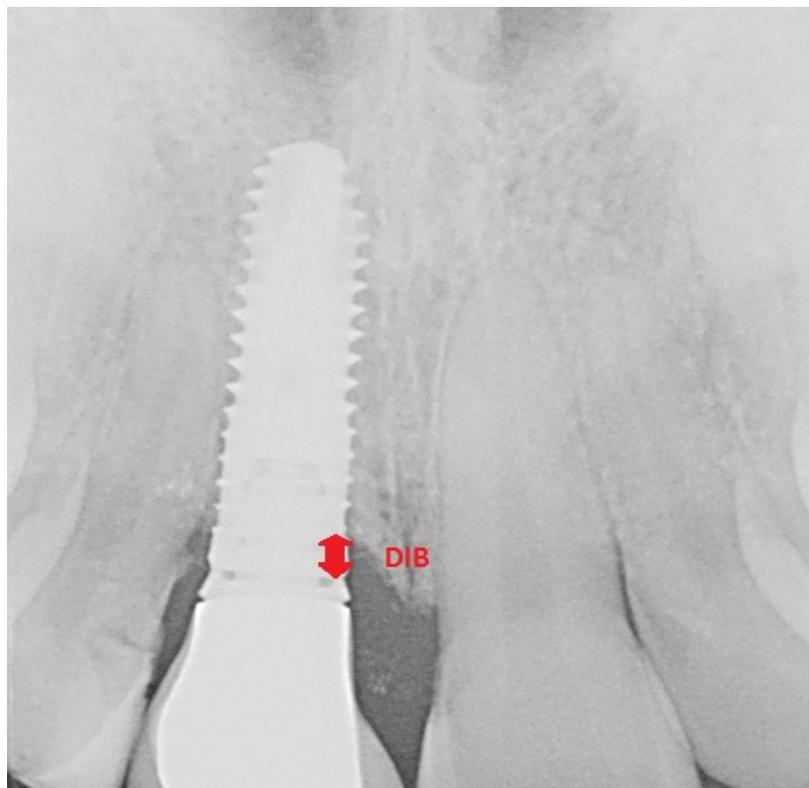


Abbildung 5: DIB-Wert (DIB = distance implant shoulder bone contact) im Röntgenbild

Bei analogen Bildern wurde eine transparente Messschablone mit Millimeter-Skalierung vom Implantathersteller XiVE® verwendet, um das periimplantäre Knochenniveau zu messen, da diese die vertikale Verzerrung bei Panoramaschichtaufnahmen berücksichtigen. Durch Dreisatzrechnung konnte im Anschluss das reale, horizontale Knochenniveau über die geläufige Implantatlänge ermittelt werden – sowohl mesial als auch distal.

Alle digitalen Bilder wurden am Computer vermessen. Jedes Implantat wurde entweder mit der Software Sidexis XG (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Germany) oder mit VixWin Pro (Gendex Dental Systems, Hatfield, USA) ausgewertet. Mit beiden Programmen ist eine Kalibrierung der Röntgenbilder durch die bekannten Implantatlängen möglich. Um die genaue Struktur des Knochens zu beurteilen kann eine vergrößerte Darstellung des Röntgenbildes frei gewählt werden (Gómez-Román et al. 1999). Als Referenzpunkte für die Vermessung eines Knochenabbaus bzw. einer Knochenapposition dienten auch hier die oben erwähnten IS und CBL.

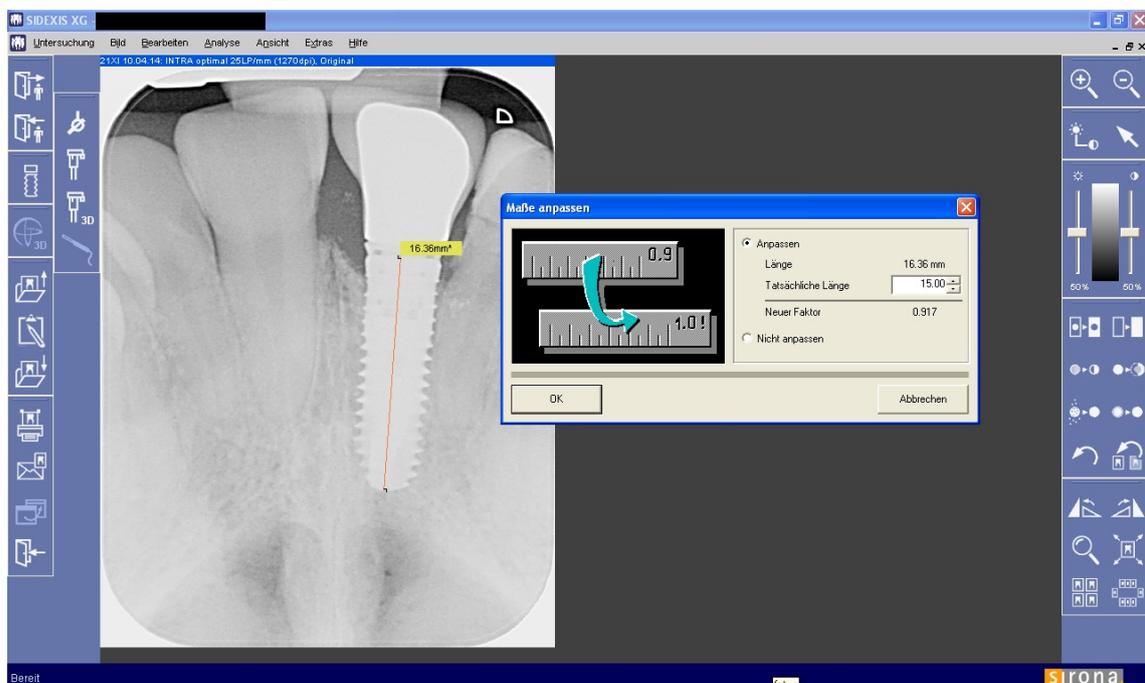


Abbildung 6: digitale Kalibrierung der Röntgenbilder mit Sidexis XG (Screenshot)

Als Referenzaufnahme für den DIB-Wert diente die Röntgenaufnahme, welche als Kontrollbild post operationem aufgenommen wurde. Der DIB-Wert gibt über den Zeitverlauf Auskunft über Resorption beziehungsweise Apposition im periimplantären Knochen der Röntgenaufnahme. Deshalb wurde der DIB-Wert an jedem Recall-Termin ermittelt. Aufgrund verschiedener Patientenvoraussetzungen (z.B. Alter, Grunderkrankungen, Rauchverhalten, Entfernung der Praxis zum Wohnort) waren die einzelnen Recall-Intervalle teils großen Abweichungen unterworfen, da sie je nach Bedarf bestimmt wurden. Die zeitliche Dimension von Nachuntersuchungen schwanken sowohl in der Anzahl von

Recalluntersuchungen, sowie ihrer Dauer zwischen zwei Recalluntersuchungen. Aus diesem Grund erfolgte die statistische Auswertung der Knochenresorption bzw. Knochenapposition pro Tag.

Die Hypothesen der Studie wurden in einem gemischten, linearen Regressionsmodell getestet, indem alle zu untersuchenden Variablen mit in das Modell aufgenommen wurden. Somit ist das Modell adjustiert für das Alter und Geschlecht des Patienten, die Implantatlänge und den –durchmesser, die Implantationsregion, die periimplantäre Augmentation, dem Belastungszeitpunkt und das postoperative Knochenniveau (Baseline).

Anhand dieses Modells war es möglich, zu schätzen, welchen Effekt die Variablen auf die Sofortversorgung beziehungsweise die Spätversorgung zu den unterschiedlichen Zeitpunkten haben.

2.7 Erfolgskriterien

Jedes einzelne Implantat wurde in Anlehnung an die Erfolgskriterien der Pisa Consensus Conference 2007 bewertet (Tabelle 3) (Misch et al. 2008):

Implant Quality Scale Group	Clinical Conditions
I. Success (optimum health)	a) No pain or tenderness upon function b) 0 mobility c) <2 mm radiographic bone loss from initial surgery d) No exudates history
II. Satisfactory survival	a) No pain on function b) 0 mobility c) 2-4 mm radiographic bone loss d) No exudates history
III. Compromised survival	a) May have sensitivity on function b) No mobility c) Radiographic bone loss >4 mm (less than ½ of implant body) d) Probing depth >7 mm e) May have exudates history
IV. Failure (clinical or absolute failure)	Any of following: a) Pain of function b) Mobility c) Radiographic bone loss >1/2 length of implant d) Uncontrolled exudates e) No longer in mouth

Tabelle 2: Darstellung der Erfolgskriterien dentaler Implantate nach *Misch* (Misch et al. 2008)

2.8 Die Statistik

Die relevanten Patientendaten wurden aus der Patientendokumentationssoftware „impDAT“ (Kea Software GmbH, Pöcking, Germany) erfasst. Zur Erstellung der deskriptiven Statistik und Diagramme sowie zur Datenverarbeitung dienten Microsoft Office Excel 2007 (Microsoft, Redmont, USA) sowie IBM SPSS Statistics 22.0 (IBM, Armonk, USA).

3 Ergebnisse

3.1 Das Patientenkollektiv

Im Untersuchungszeitraum von November 2003 bis April 2015 fielen insgesamt 163 Patienten und 285 Implantate in die o.g. Kriterien und konnten ausgewertet werden. Darunter 77 (47,2 %) Männer und 86 (52,8 %) Frauen. Das Patientenalter lag zwischen 15 und 85 Jahren (Durchschnittsalter 56,8 Jahre, Diagramm 1).

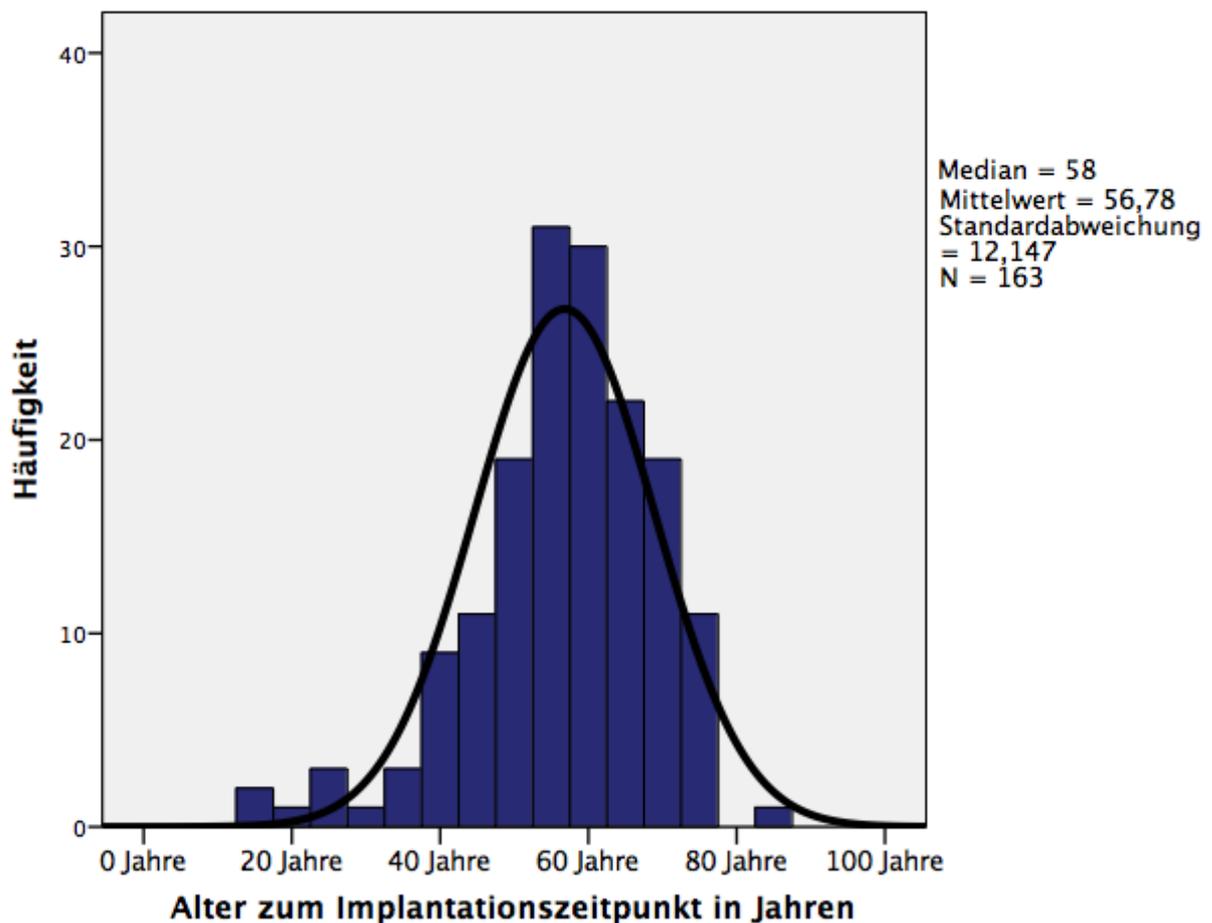


Diagramm 1: Darstellung des Alters zum Implantationszeitpunkt in Jahren

Davon entfielen 113 Patienten (69,3 %) auf Gruppe 1 (Sofortimplantation und Sofortversorgung) und 44 Patienten (27 %) auf Gruppe 2 (Sofortimplantation und Spätversorgung). Bei 6 Patienten (3,7 %) mit Sofortimplantaten wurden beide Verfahren bei unterschiedlichen Implantatpositionen gleichzeitig angewendet.

Ergebnisse

In Tabelle 3 findet sich eine Auflistung der Implantatanzahl, die pro Patient abhängig von dem Belastungszeitpunkt inseriert wurden. Am häufigsten wurden ein oder zwei Implantate pro Patient gesetzt.

Implantatanzahl	Belastungszeitpunkt		Gesamt
	Gruppe 1	Gruppe 2	
1 Implantat	65	35	100
2 Implantate	34	7	43
3 Implantate	2	1	4
4 Implantate	5	1	7
5 Implantate	4	0	4
6 Implantate	2	0	2
8 Implantate	1	0	1
9 Implantate	0	0	1
10 Implantate	0	0	1
Gesamtsumme	113	44	163

Tabelle 3: Darstellung der pro Patient inserierten Implantatanzahl in Abhängigkeit vom Belastungszeitpunkt

3.2 Auswertung der Implantat-bezogenen Dateien

218 Implantate (76,5 %) wurden nach dem Sofortversorgungsprotokoll (Gruppe 1) behandelt und 67 Implantate (23,5 %) nach dem Spätversorgungsprotokoll (Gruppe 2). Am Häufigsten wurden Implantate mit einer Länge von 15 mm (39,3 %) inseriert. Kurze Implantate wurden selten verwendet. Nur insgesamt 4 Implantate (1,76 %) wurden mit einer Länge von 9,5 mm gesetzt.

Gruppe 1: Implantatdurchmesser und -länge

Sofort- versorgung	Länge in mm					Gesamt- summe der Implantate	
	9,5	11,0	13,0	15,0	18,0		
Durch- messer in mm	3,0	0	1	4	2	0	7
	3,4	0	0	9	17	8	34
	3,8	1	8	27	51	29	116
	4,0	0	0	0	1	0	1
	4,5	0	5	11	17	26	59
	4,8	0	0	1	0	0	1
Gesamtsumme		1	14	52	88	63	218

Tabelle 4: Darstellung der Implantatdurchmesser und –längen für Gruppe 1

In Gruppe 1 zeigt sich bei dem Implantatdurchmesser ein Häufigkeitsmaximum bei 3,8 mm mit einer Implantatlänge von 18 mm (23,4 %). Der kleinste Durchmesser von 3,0 mm wurde lediglich bei 7 Implantaten (3,2 %) verwendet (Tabelle 4).

Gruppe 2: Implantatdurchmesser und -länge

Spät- versorgung	Länge in mm					Gesamt- summe der Implantate	
	9,5	11,0	13,0	15,0	18,0		
Durchmesser in mm	3,0	0	1	1	1	0	3
	3,4	1	3	1	2	1	8
	3,8	2	3	15	15	1	36
	4,5	1	1	7	6	5	20
Gesamtsumme		4	8	24	24	7	67

Tabelle 5: Darstellung der Implantatdurchmesser und –längen für Gruppe 2

In Gruppe 2 ist ebenfalls ein Häufigkeitsmaximum bei 3,8 mm Implantatdurchmesser zu erkennen, wobei hier die Implantatlängen 13 und 15 mm gleich häufig verwendet wurden (22,4 %). Auch hier wurde das durchmesserreduzierte Implantat von 3,0 mm nur sehr selten eingesetzt (2 %) (Tabelle 5).

3.3 Implantationsregion

Von den 285 untersuchten Sofortimplantaten, wurden 169 (59,3 %) Implantate im Oberkiefer und 116 (40,7 %) Implantate im Unterkiefer inseriert. Am häufigsten wurde in die Region des zweiten Schneidezahns (20,1 %) implantiert.

Die Implantationsregion aufgeteilt nach Sofort- und Spätversorgung ergibt Diagramm 2. Je weiter mesial implantiert wird, desto mehr wird sofortversorgt und umgekehrt. Ebenso gilt für die Spätversorgung, je weiter distal implantiert wird, desto mehr wird spätversorgt und umgekehrt.

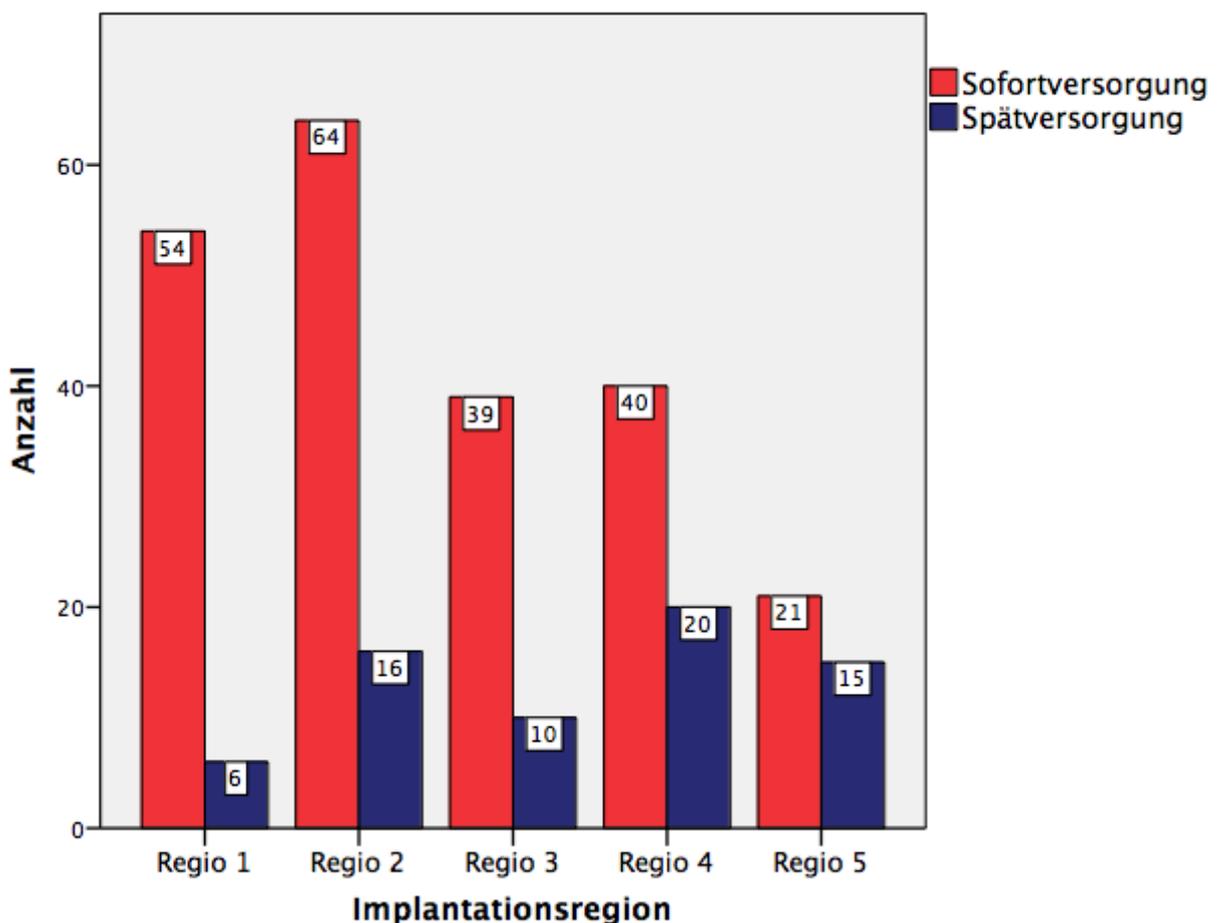


Diagramm 2: Darstellung pro Implantationsregion inserierten Implantate als Balkendiagramm

3.4 Augmentation

Aufgrund des chirurgischen Protokolls einer Sofortimplantation beschränkt sich das periimplantäre Augmentationsverfahren auf Bone Spreading und Auf- bzw. Anlagerung von Eigenknochenspäne und/oder Knochenersatzmaterial im Sinne einer Defektauffüllung. In neun Fällen (3,2 %) wurde ein Bone Spreading zur Verbesserung des knöchernen Implantatlagers durchgeführt.

Die Diagramme 3 und 4 zeigen, in welchem Verhältnis die verschiedenen Augmentationsmaterialien zur Anwendung kamen. 20 % aller Implantate wurden periimplantär nicht augmentiert. Am häufigsten wurde Eigenknochenspäne (Gruppe 1) oder ein Gemisch aus Eigenknochenspäne und BioOss® (Gruppe 2) verwendet. Wenn dem Behandler ausreichend Eigenknochen zur Verfügung stand, wurde laut des chirurgischen Protokolls (siehe „2.3.2 Das chirurgische Protokoll“) auch nur dieser verwendet. Knochenersatzmaterialien wurden nur eingesetzt, wenn nicht genügend autologer Knochen zur Verfügung stand. Die Eigenknochengewinnung fand durch Sammlung statt, teilweise wurden auch Knochenkollektoren in der Absauganlage eingesetzt.

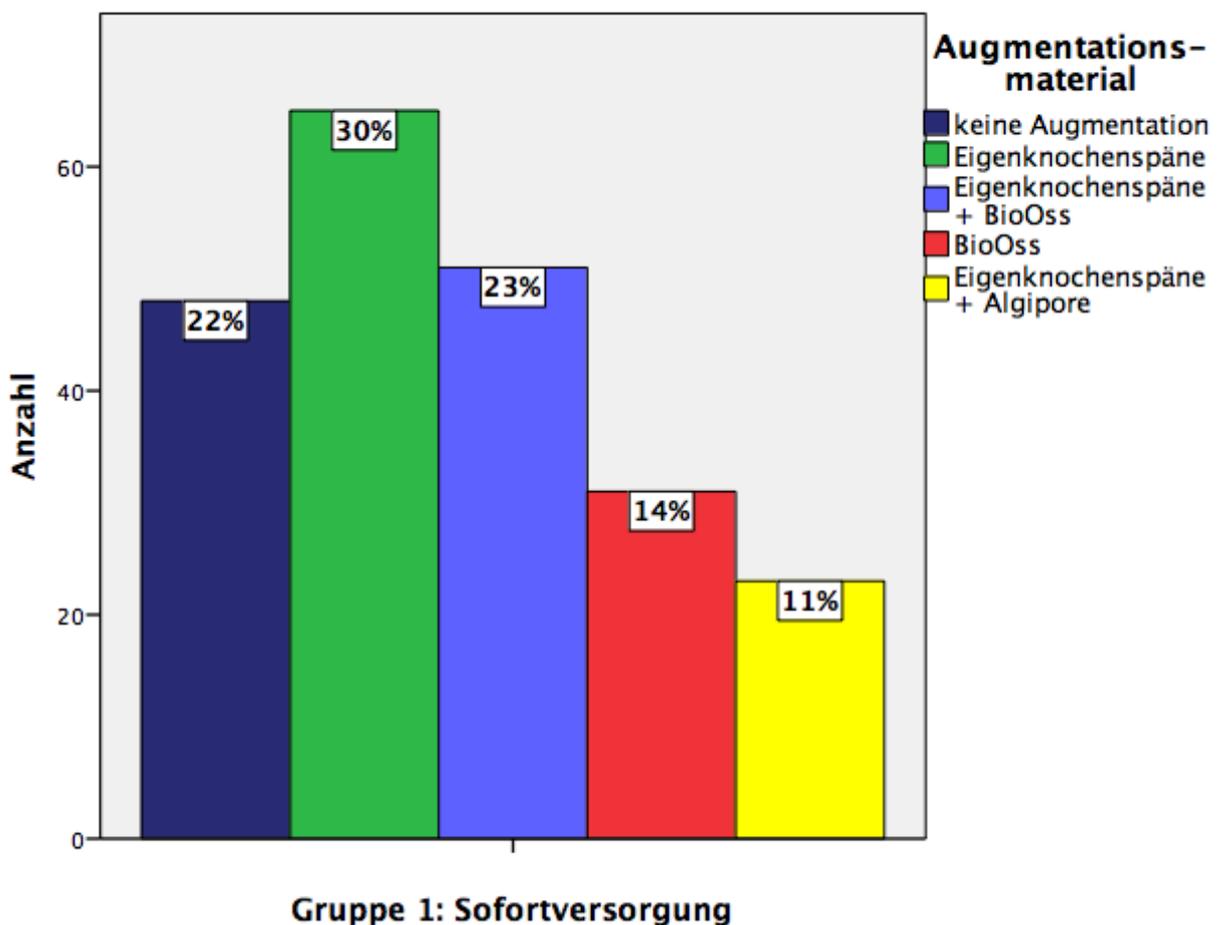


Diagramm 3: Darstellung der verwendeten Augmentationsmaterialien in Gruppe 1 als Balkendiagramm

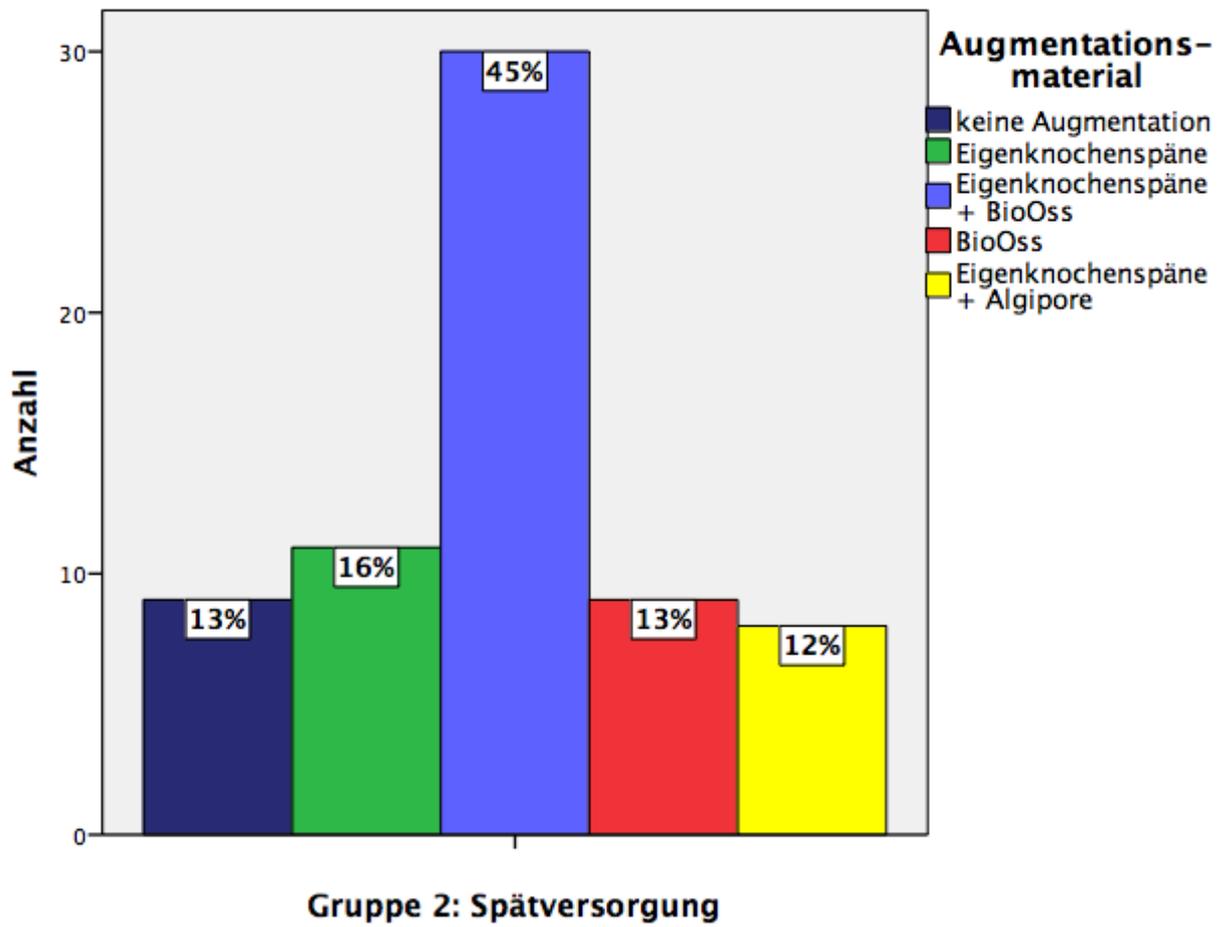


Diagramm 4: Darstellung der verwendeten Augmentationsmaterialien in Gruppe 2 als Balkendiagramm

3.5 Prothetische Versorgung

3.5.1 Definitive Suprakonstruktion

In der ersten Untersuchungsgruppe wurden die Implantate direkt nach der Insertion mit Provisorien aus Kunststoff versehen, die abhängig von der Implantatanzahl entweder als Einzelzahnkronen hergestellt oder, bei mehr als einem gesetzten Implantat, miteinander verblockt wurden.

Die definitive Suprakonstruktion in Gruppe 1 wurde in 85,3 % der Fälle festsitzend und in 2,8 % der Fälle herausnehmbar gestaltet. 4,6 % erhielten keine definitive prothetische Versorgung aufgrund von vorzeitiger Explantation und 7,3 % der Implantate wurden von dem überweisenden Hauszahnarzt definitiv prothetisch versorgt, so dass hierzu keine weiterführenden Informationen vorliegen (Diagramm 5).

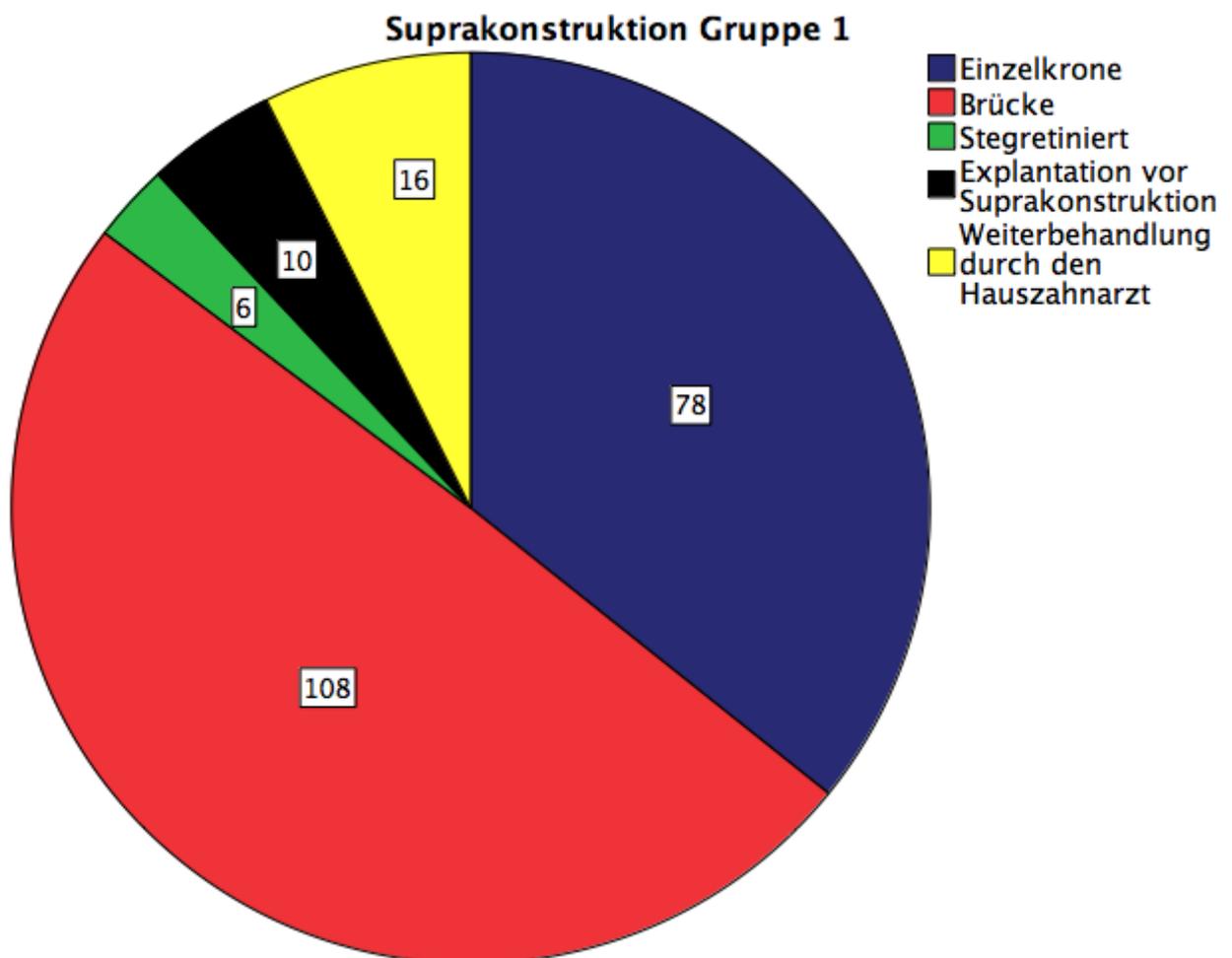


Diagramm 5: Darstellung der angewendeten Suprakonstruktion in Gruppe 1 als Kreisdiagramm

Die Implantate der zweiten Gruppe wurden erst nach einer belastungsfreien Einheilungsphase freigelegt und im Anschluss mit einem definitiven prothetischen Zahnersatz versorgt. 70,2 % der Implantate erhielten eine festsitzende und 16,5 % eine herausnehmbare Suprakonstruktion. 4,5 % der Implantate wurden vor Eingliedern eines definitiven Zahnersatzes explantiert und 9 % der Fälle wurden von ihrem überweisenden Hauszahnarzt weiterbehandelt - ohne abschließend vorhandene Dokumentation der definitiven Prothetik. Es war nur ermittelbar, dass bei einem Patienten drei Implantate (regio 23 – 25) und bei den restlichen drei Patienten drei einzelne Implantate von ihren Hauszahnärzten versorgt wurden (Diagramm 6).

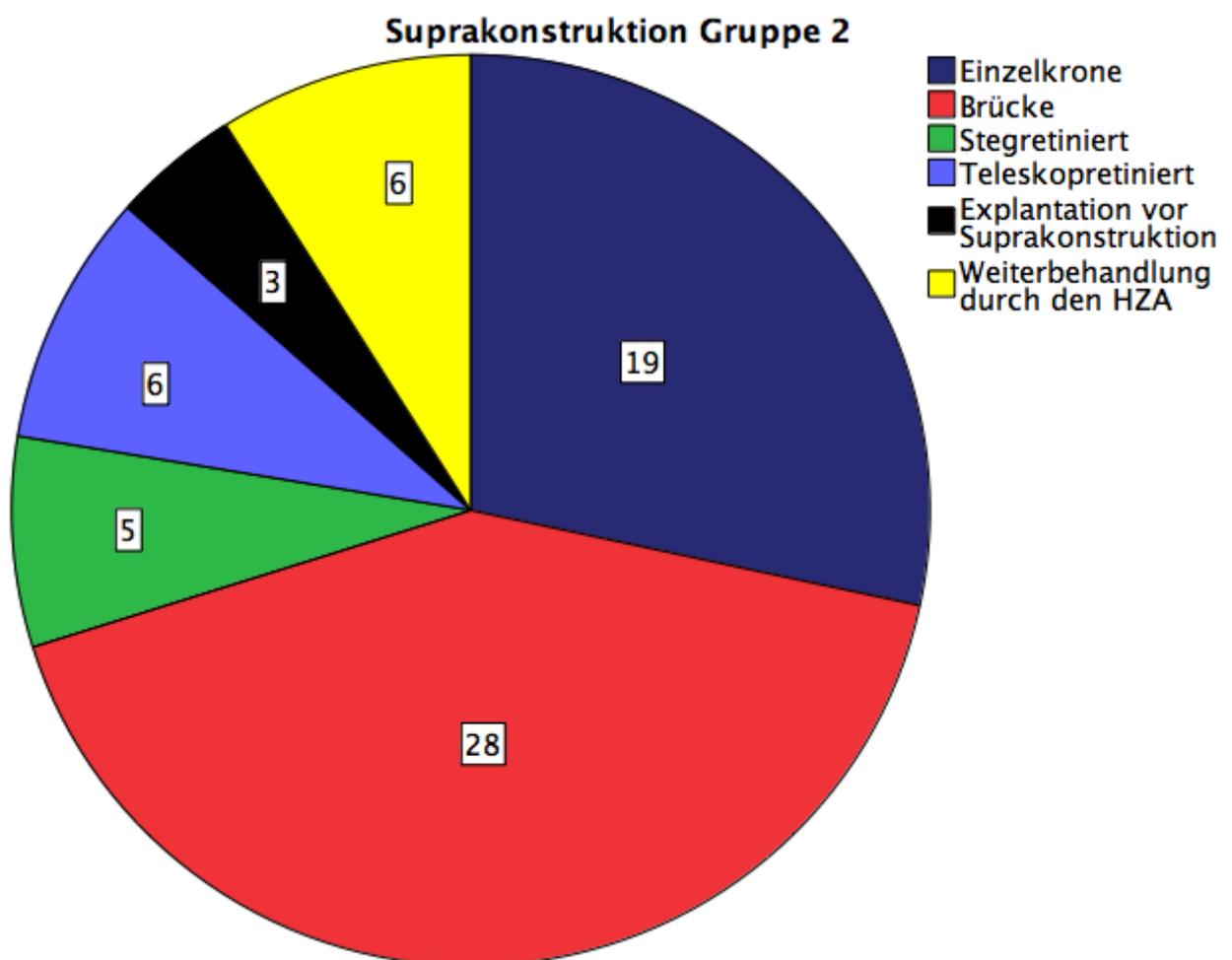


Diagramm 6: Darstellung der angewendeten Suprakonstruktion in Gruppe 2 als Kreisdiagramm

3.5.2 Eingliederungszeitpunkt der definitiven Suprakonstruktion

Abzüglich von 17 Implantaten, die beim überweisenden Hauszahnarzt ihre prothetische Versorgung erhielten, wurden 191 Implantate (92,7 %) der Sofortversorgungsgruppe in der Praxis Dr. Kornmann & Dr. Gerlach und Kollegen mit einer definitiven Suprakonstruktion versorgt. Bei den 191 Implantaten erfolgte die definitive Versorgung im Median nach 4 Monaten (Diagramm 7).

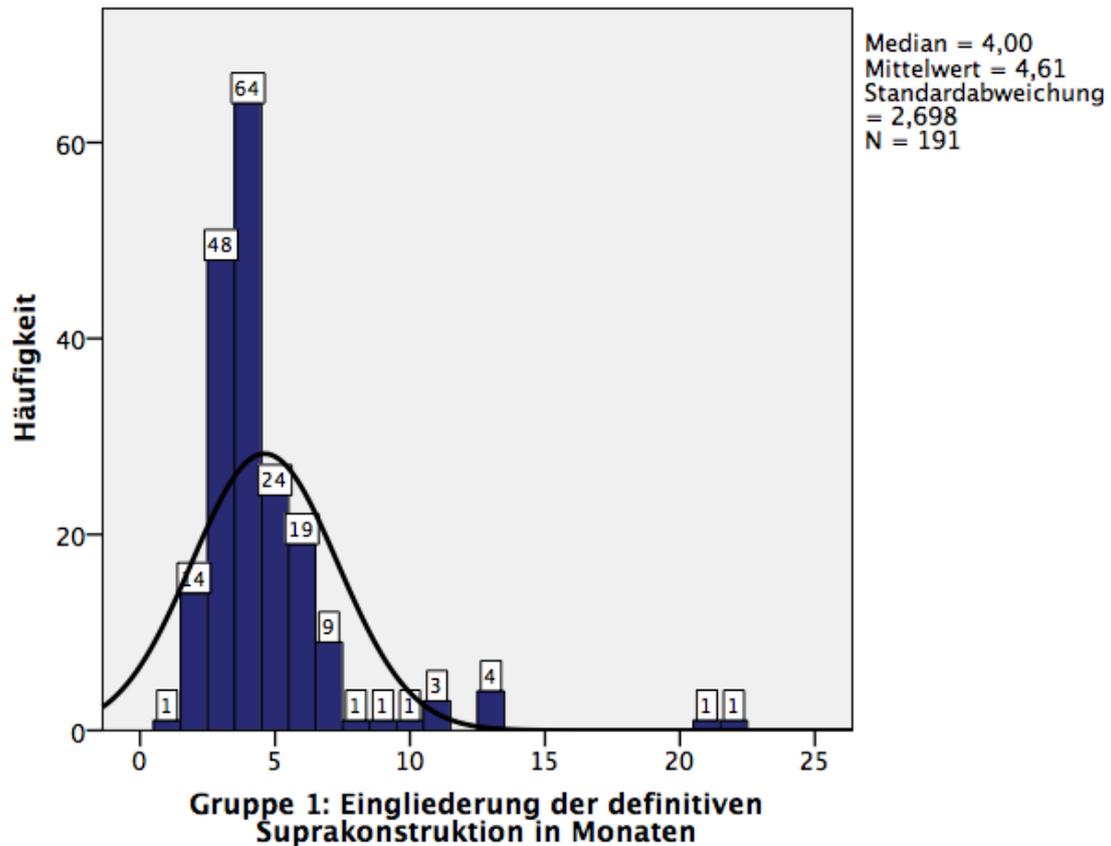


Diagramm 7: Darstellung des Eingliederungszeitpunktes für Gruppe 1 als Histogramm

Ergebnisse

In der Spätversorgungsgruppe wurden 52 Implantate (77,6 %) der insgesamt 67 Implantate mit definitivem Zahnersatz von der Praxis Dr. Kornmann & Dr. Gerlach und Kollegen versorgt. 12 Implantate erhielten ihre definitive Prothetik bei dem überweisenden Hauszahnarzt, wovon nur sechs zur Weiterbehandlung/Kontrolle wieder erschienen. Drei Implantate mussten schon vor Eingliederung der Suprakonstruktion explantiert werden. Im Median erfolgte die Eingliederung der definitiven Suprakonstruktion nach fünf Monaten (Diagramm 8).

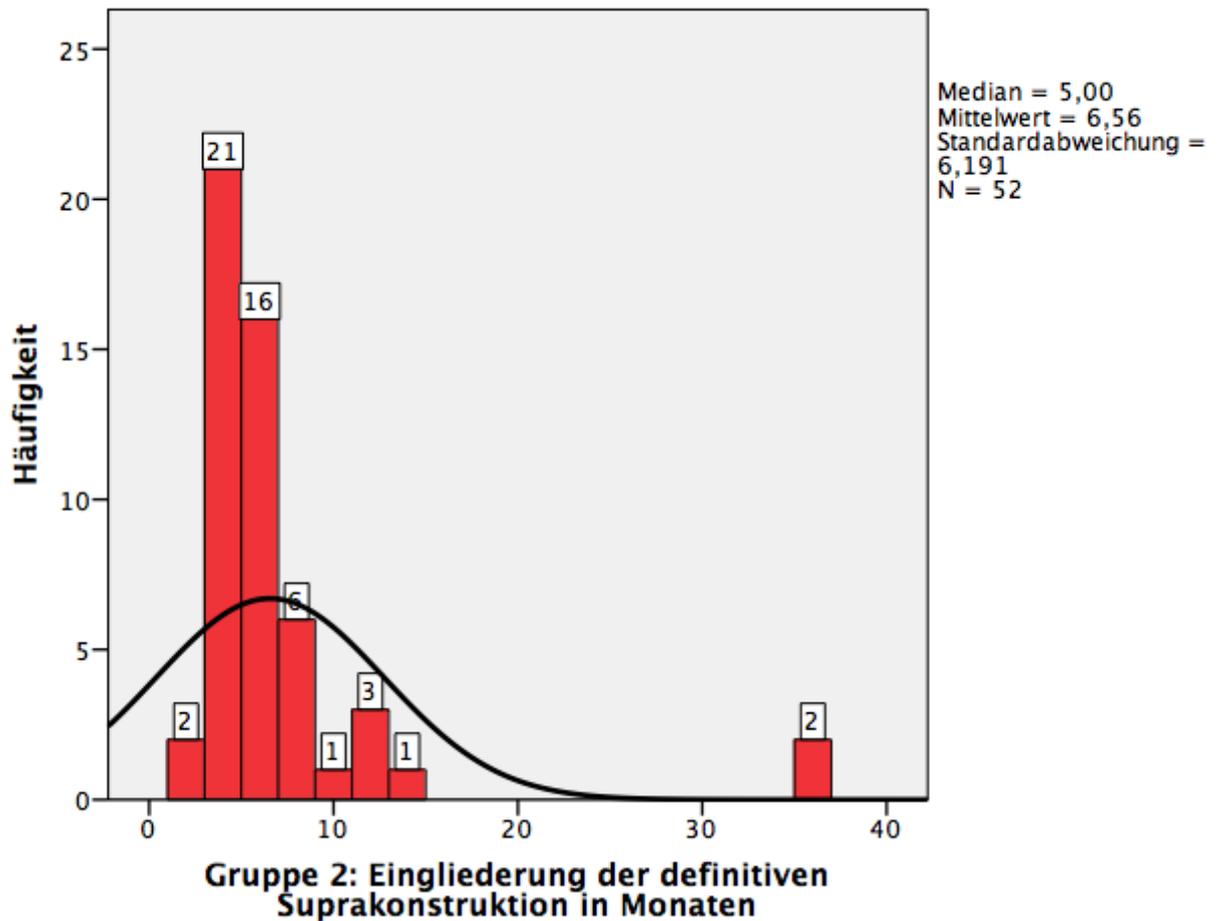


Diagramm 8: Darstellung des Eingliederungszeitpunktes für Gruppe 2 als Histogramm

3.5.3 Befestigungsmodus der definitiven Suprakonstruktion

Die meisten definitiven Suprakonstruktionen sind konventionell zementiert worden (73 %). Dafür kamen Zemente verschiedener Hersteller zum Einsatz (Ketac™ Cem, 3M ESPE, Neuss; PermaCem, DMG, Hamburg; TempBond®, Kerr, Rastatt; Harvard Cement, Harvard®, Hoppegarten). Einige wenige definitive Suprakonstruktionen (1,4 %) wurden mit einem selbstadhäsiven, dualhärtenden Zement auf den Abutments verklebt (RelyX™ Unicem, 3M ESPE, Neuss).

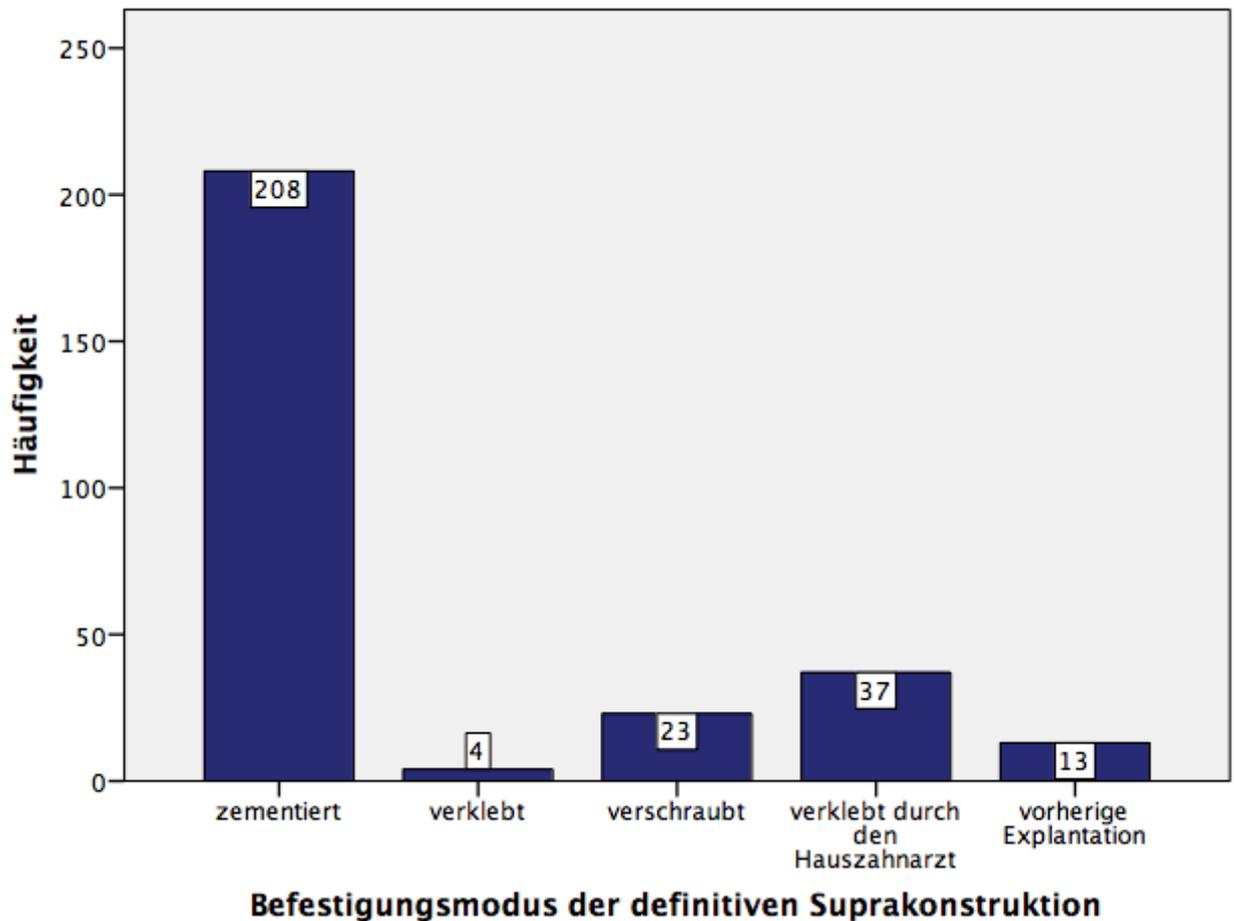


Diagramm 9: Darstellung der Befestigungsmodi der definitiven Suprakonstruktionen als Balkendiagramm

Analytische Statistik

3.7 Nachbeobachtungszeitraum

Im Durchschnitt liegt der Nachbeobachtungszeitraum von Gruppe 1 bei 42 Monaten. Die Nachbeobachtungszeit beschreibt den Zeitraum zwischen Implantationsdatum und letztem Recalltermin (n = 206) oder Explantationsdatum (n = 12). Die minimalste Nachbeobachtungszeit liegt bei 0 Monaten (n = 3) und die maximalste Nachbeobachtungszeit liegt bei 117 Monaten (n = 2).

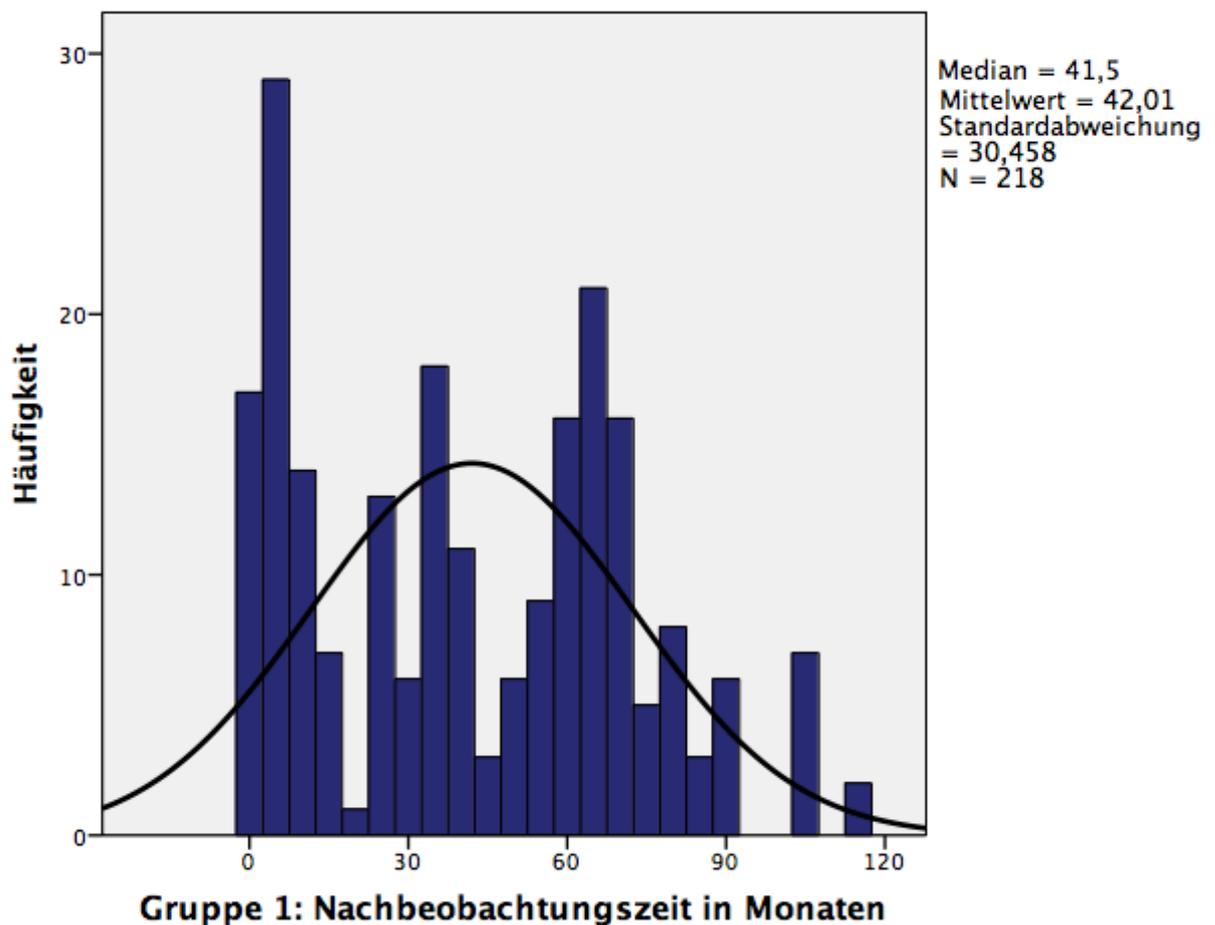


Diagramm 10: Darstellung der Nachbeobachtungszeit für Gruppe 1 als Histogramm

Ergebnisse

Von Gruppe 2 liegt der durchschnittliche Nachbeobachtungszeitraum bei 28,5 Monaten. Hier liegt die minimalste Nachbeobachtungszeit bei 2 Monaten (n = 3) und die maximalste Nachbeobachtungszeit liegt bei 95 Monaten (n = 2)

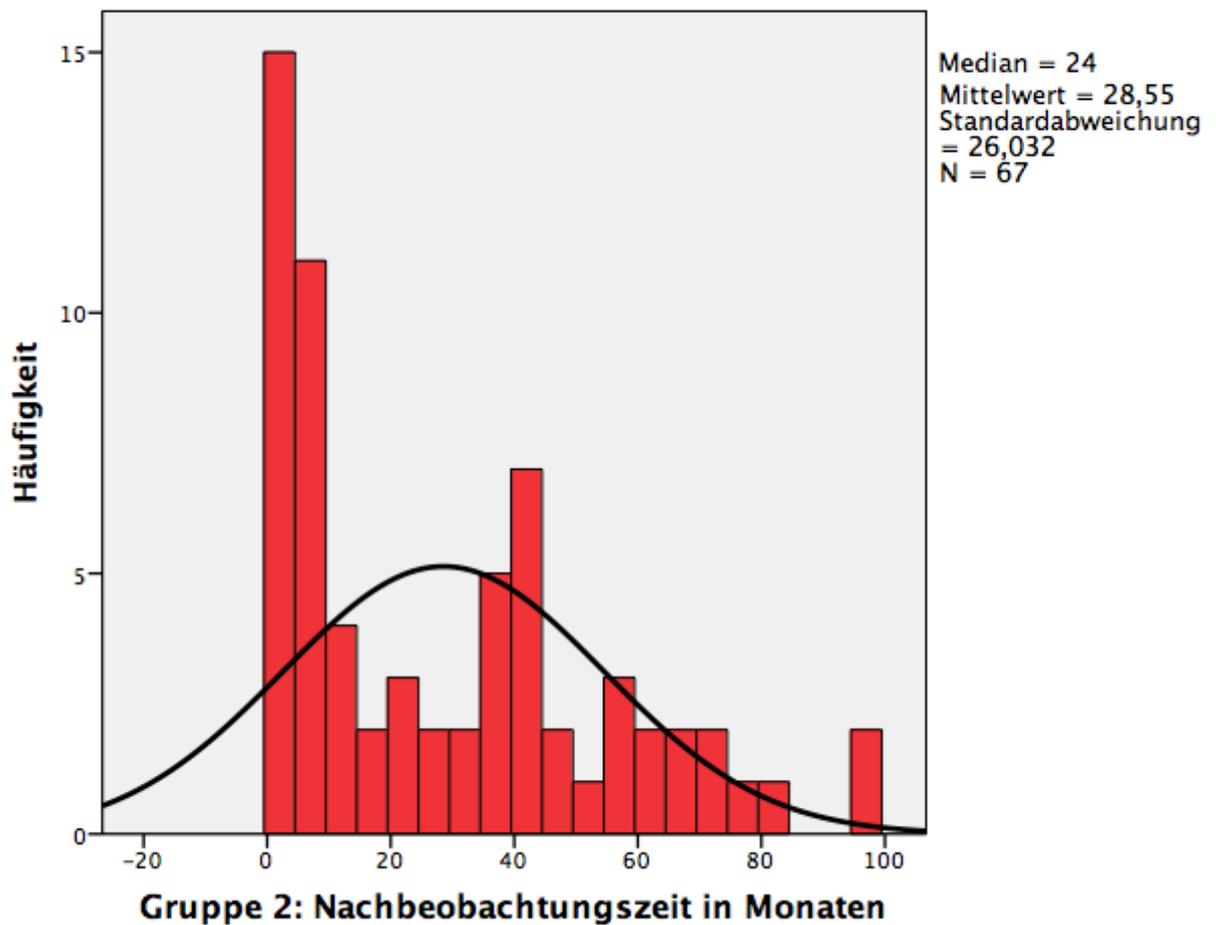


Diagramm 11: Darstellung der Nachbeobachtungszeit für Gruppe 2 als Histogramm

3.8 Analyse des periimplantären Knochenniveaus

Die Analyse des periimplantären Knochenniveaus erfolgte durch die Auswertung der DIB-Werte der postoperativen Referenzaufnahmen und den Röntgenbildern in der Recall-Phase (Diagramm 12).

Das nachfolgende Diagramm zeigt alle Beobachtungszeitpunkte mit den entsprechenden Veränderungen der DIB-Werte der Sofortversorgungs- (•) und der Spätversorgungsgruppe (•). Es ist deutlich zu erkennen, dass mehr rote als blaue Beobachtungszeitpunkte in dem Diagramm abgebildet sind, was darauf zurückzuführen ist, dass die Sofortversorgungsgruppe mehr als dreimal soviel Implantate aufweist wie die Spätversorgungsgruppe. Im Verlauf sind sich beide Gruppen sehr ähnlich: Die meisten Veränderungen in den DIB-Werten sind zwischen „0 mm“ und „-1 mm“ in den ersten 12 Monaten. Die wenigen Ausreißer (> 2 mm) finden sich bei der Sofortversorgungsgruppe hauptsächlich ebenfalls innerhalb des ersten Beobachtungsjahres, wohingegen bei der Spätversorgungsgruppe die Ausreißer mehr zwischen dem zweiten und vierten Beobachtungsjahr liegen.

Die horizontalen Bezugslinien auf der Höhe von „-2 mm“ und „-4 mm“ in Diagramm 12 verbildlichen die Grenzen der vierstufigen Erfolgsskala nach *Misch et al.*

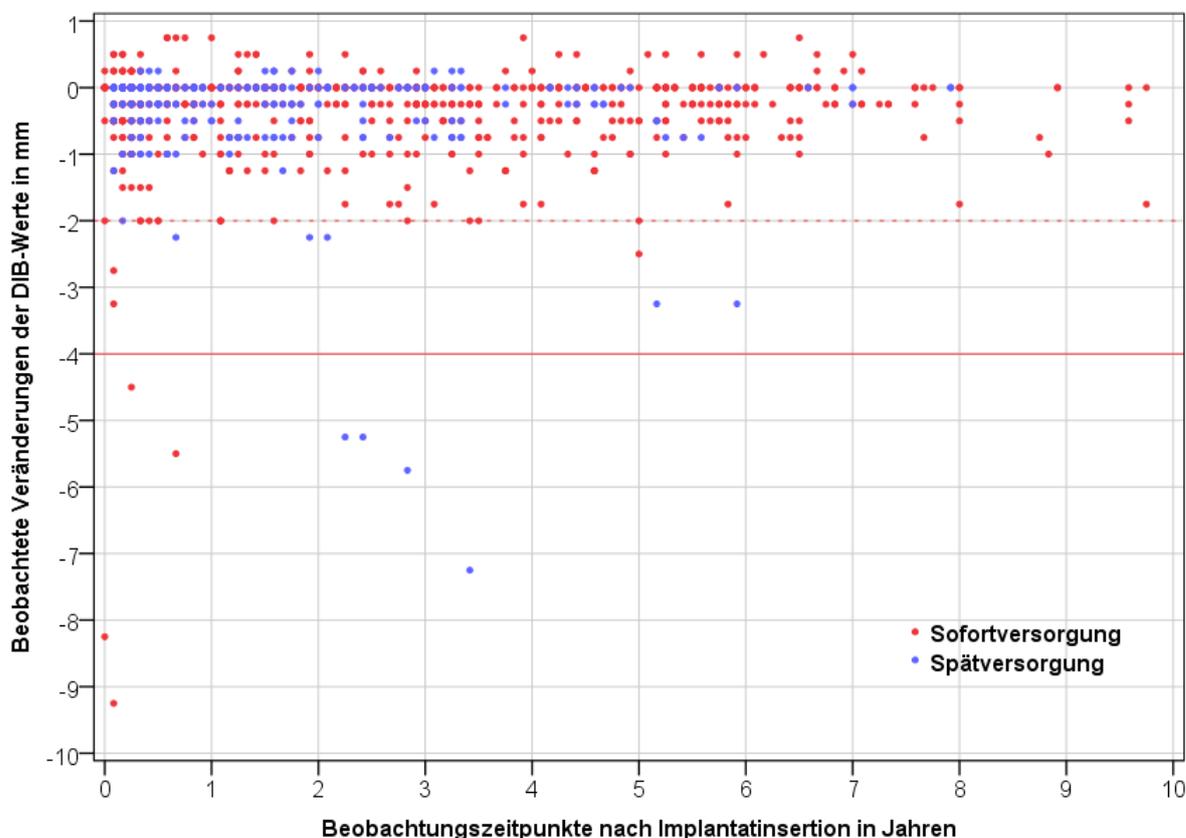


Diagramm 12: Darstellung des beobachteten DIB-Wertes über den gesamten Beobachtungszeitraum für Gruppe 1 und 2

Ergebnisse

Diagramm 13 zeigt hingegen den periimplantären Knochenverlauf der zwei Gruppen. Die Spätversorgungsgruppe zeigt mehr Schwankungen und größere Konfidenzintervalle im Verlauf als die Sofortversorgungsgruppe. Trotzdem befinden sich beide Kurven oberhalb der „-2 mm“, die von *Misch et al.* als Grenze von Implantaterfolg und Implantatüberleben definiert wurden.

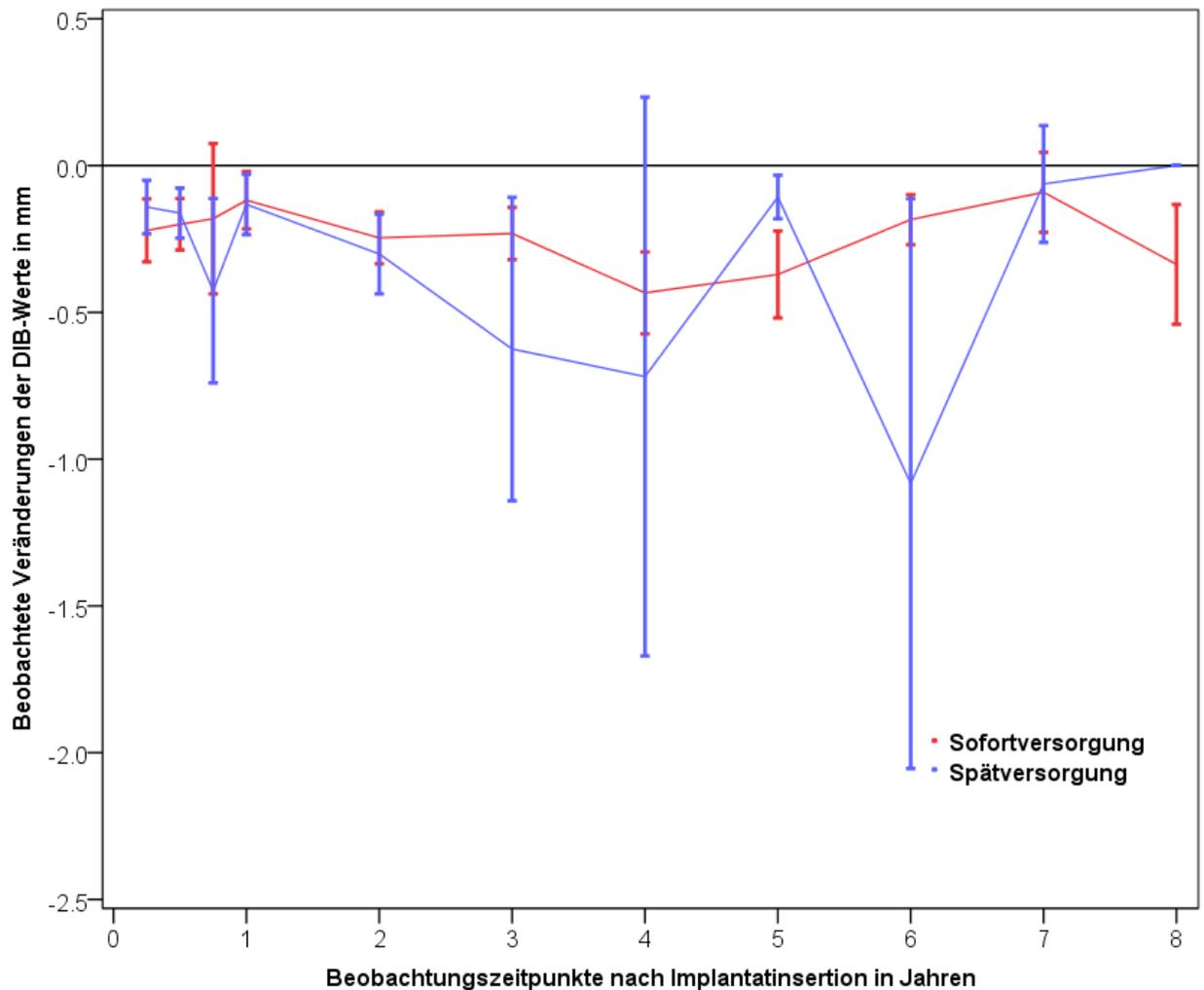


Diagramm 13: Darstellung des beobachteten DIB-Wertes über den gesamten Beobachtungszeitraum für Gruppe 1 und 2

3.9 Überlebensstatistik

Um die Lebensdauer der Implantate in dieser Studie zu beurteilen, wurden zwei verschiedene Verfahren angewendet. Die erste Analyse für die Überlebensstatistik wurde nach *Kaplan-Meier* (Kaplan und Meier 1958) durchgeführt und gilt als Standardaufzeichnungsmethode. Auf einer Konsensus-Konferenz der DGZMK wurde diese 1989 für notwendig erklärt (Tetsch et al. 1990).

In Diagramm 14 findet sich die Überlebensfunktion beider untersuchter Gruppen nach *Kaplan-Meier*. Für beide gilt, dass das (+)-Symbol die Beobachtungszeitpunkte der Patienten (Implantate) darstellen. Durch den Algorithmus der verwendeten Software SPSS werden die Kurvenverläufe immer nur bis zum letzten Misserfolg generiert. Das bedeutet, dass alle ab diesem Zeitpunkt zensierten Patienten (Explantationen) nicht weiter mit dargestellt werden. Um trotzdem Langzeitresultate zu erhalten, wird in der Überlebensfunktion der Zeitpunkt der jeweils letzten Explantation genannt, so dass die Verweilwahrscheinlichkeit der Implantate der des letzten Ereignisses entspricht.

Im gesamten Untersuchungszeitraum kam es zum Verlust von fünfzehn Implantaten. Es ergab sich für die Sofortversorgungsgruppe eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 88,7 % nach 117 Monaten und für die Spätversorgungsgruppe eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 95,5 % nach 95 Monaten.

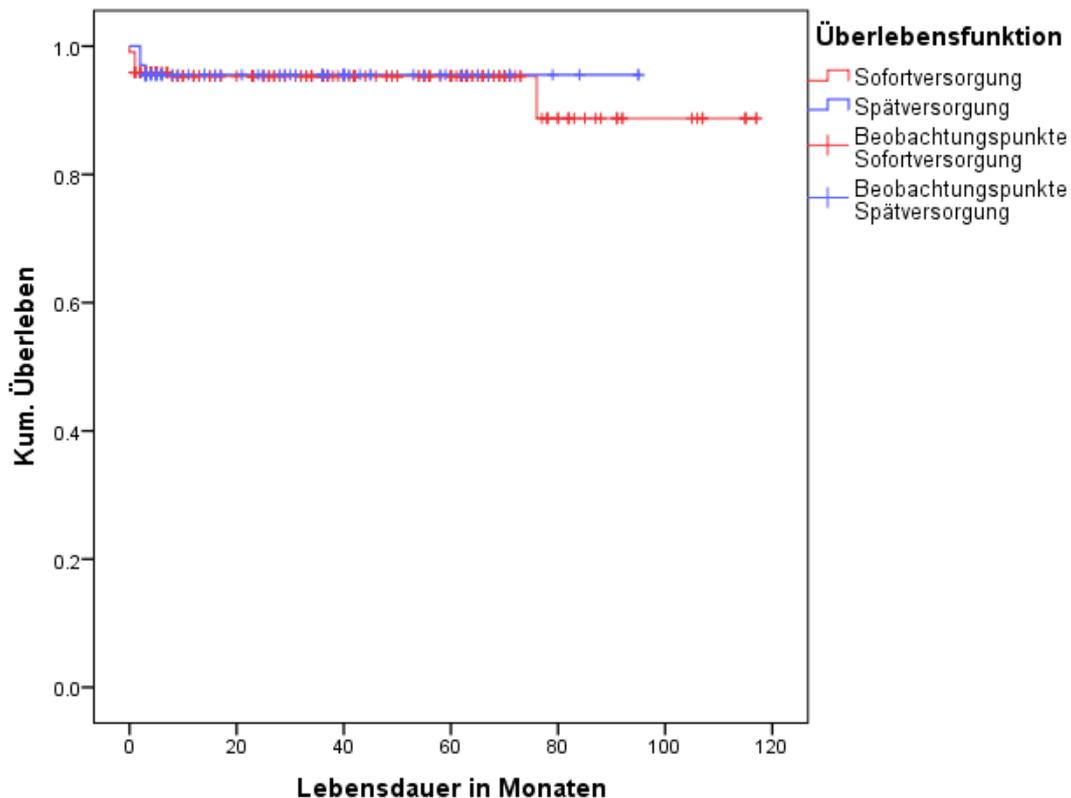


Diagramm 14: Darstellung der Überlebensfunktion nach *Kaplan-Meier*

Ergebnisse

Die Analyse des Implantaterfolges wurde nach der Klassifikation von *Misch et al.* durchgeführt (Diagramm 15). Der Implantationserfolg („Success“) liegt mit insgesamt 264 Implantaten bei 92,6 % und der Misserfolg („Failure“) insgesamt bei 5,3 % (n = 15).

Fünf Implantate fielen in die Gruppe des zufriedenstellenden Implantatüberlebens („Satisfactory Survival“) da sie ein röntgenlogisches Knochenniveau von -2 bis -4 mm aufwiesen (1,8 %). In die Gruppe des kompromittierten Implantatüberlebens („Compromised Survival“) fiel ein Implantat, welches ein röntgenologisches Knochenniveau von mehr als -4 mm aufwies (0,4 %).

In Diagramm 15 ist zusätzlich der Belastungszeitpunkt mit in die Erfolgsskala von *Misch et al.* aufgenommen worden. Es zeigt sich, dass die Überlebensstatistiken fast gleich sind. Die Sofortversorgungsgruppe kommt auf einen Implantationserfolg von 92,7 % (n = 203) und die Spätversorgungsgruppe auf 92,5 % (n = 62). Ebenso ist es mit den Misserfolgsraten, die bei der Sofortversorgungsgruppe bei 5,5 % (n = 12) liegt und bei der Spätversorgungsgruppe bei 4,5 % (n = 3).

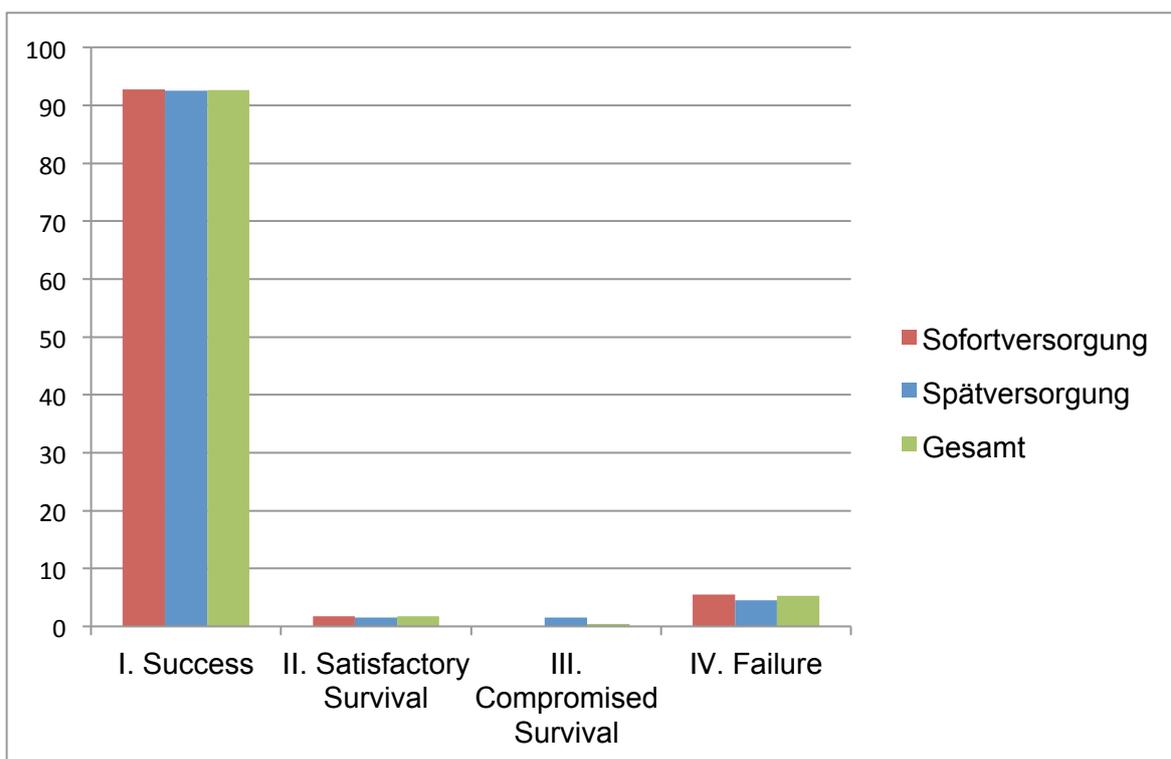


Diagramm 15: Darstellung der Implantationserfolgsskala nach Misch et al. mit Differenzierung in Sofort- und Spätversorgung

Die nachfolgenden Tabellen stellen eine Übersicht über die Explantationsursachen dar.

In der Sofortversorgungsgruppe sind insgesamt zwölf Implantate bei neun Patienten explantiert worden davon neun Implantate innerhalb der ersten sieben Wochen durch fehlende Osseointegration oder akutes Entzündungsgeschehen (Periimplantitis) (Tabelle 6). Die restlichen drei Implantate wurden erst nach 32

Ergebnisse

Wochen (eine Explantation aufgrund von Periimplantitis) und nach 88 Wochen (zwei Explantationen aufgrund einer dentalen Zyste) entfernt.

Bei fünf Explantationspatienten wurde jeweils ein Einzelzahnimplantat inseriert, welche wieder entfernt werden mussten, vier Mal aufgrund von fehlender Osseointegration während der Einheilungsphase und ein Mal aufgrund von Periimplantitis. Bei zwei Explantationspatienten wurden jeweils zwei Implantate inseriert, wobei hier alle Implantate explantiert werden mussten. Ein weiterer Explantationspatient erhielt fünf Implantate und verlor zwei davon, wobei die verbliebenen Implantate trotz Explantation der Nachbarimplantate funktionsstabil waren, nur ein Implantat zeigte einen periimplantären Knochenverlust von -3 mm. Der letzte Explantationspatient erhielt vier Implantate in der regio interforaminalis, wobei das Implantat regio 31 aufgrund von Periimplantitis entfernt werden musste. Die verbleibenden Implantate waren ohne pathologischen Befund.

Alle Explantationen wurden nach Implantatentfernung und Kürettage des Implantatbettes erneut implantiert, diese wurden allerdings nicht mehr in die Auswertung der Studie mit einbezogen.

Patient / Geschlecht	Implantatverlust					Definitive pro- thetische Versorgung	Weitere Implantate des Patienten	
	Alter (Jah- re)	Zeitpunkt des Verlustes	Grund des Verlustes	Po- sition	Durch- messer & Länge		Implantat- erfolge	Gesamt
1 / männlich	37	5 Wochen	Fehlende Osseo- integration	32	3,4 mm & 18 mm	Keine	Nein	1
31 / weiblich	55	32 Wochen	Peri- implantitis	23	3,8 mm & 15 mm	Keine	Nein	1
44 / männlich	57	5 Wochen	Fehlende Osseo- integration	42	3,8 mm & 11 mm	Keine	3 Implantate erfolgreich 2 Implantate miss- erfolgreich	5
44 / männlich	57	5 Wochen	Fehlende Osseo- integration	32	3,8 mm & 11 mm	Keine	3 Implantate erfolgreich 2 Implantate miss- erfolgreich	5
49 / männlich	55	2 Wochen	Fehlende Osseo- integration	25	4,5 mm & 13 mm	Keine	Nein	1
60 / männlich	61	3 Wochen	Fehlende Osseo- integration	32	3,8 mm & 11 mm	Keine	Nein	1
65 / weiblich	77	4 Wochen	Fehlende Osseo- integration	34	3,8 mm & 13 mm	Keine	Nein	1
73 / männlich	64	7 Wochen	Peri- implantitis	32	3,8 mm & 15 mm	Keine	2 Implantate miss-	2

Ergebnisse

							erfolgreich	
73 / männlich	64	7 Wochen	Peri- implantitis	41	3,8 mm & 15 mm	Keine	2 Implantate miss- erfolgreich	2
79 / männlich	61	88 Wochen	Zyste	24	4,5 mm & 18 mm	Krone	2 Implantate miss- erfolgreich	2
79 / männlich	61	88 Wochen	Zyste	25	4,5 mm & 18 mm	Krone	2 Implantate miss- erfolgreich	2
110 / männlich	58	5 Wochen	Peri- implantitis	31	3,4 mm & 13 mm	Keine	3 Implantate erfolgreich 1 Implantat miss- erfolgreich	4

Tabelle 6: Merkmale der Explantationen aus der Sofortversorgungsgruppe

In der Spätversorgungsgruppe sind insgesamt drei Implantate bei drei Patienten explantiert worden – alle innerhalb der ersten zwölf Wochen noch vor der Implantatfreilegung. Ursache für die Explantation war in zwei Fällen eine fehlende Osseointegration und in einem Fall ein akutes Entzündungsgeschehen (Periimplantitis) (Tabelle 7). Nachbarimplantate wurden durch Explantationen nicht negativ beeinträchtigt.

Patient / Geschlecht	Implantatverlust					Definitive pro- thetische Ver- sorgung	Weitere Implantate des Patienten	
	Alter (Jah- re)	Zeitpunkt des Verlustes	Grund des Verlustes	Po- sition	Durch- messer & Länge		Implantat- erfolge	Gesamt
129 / männlich	45	12 Wochen	Fehlende Osseo- integration	41	3,0 mm & 15 mm	Keine	Nein	1
136 / weiblich	55	11 Wochen	Peri- implantitis	45	3,8 mm & 9,5 mm	Keine	1 Implantat erfolgreich 1 Implantat miss- erfolgreich	2
143 / männlich	67	12 Wochen	Fehlende Osseo- integration	32	3,0 mm & 11 mm	Keine	Nein	1

Tabelle 7: Merkmale der Explantationen aus der Spätversorgungsgruppe

Die aufgrund von Periimplantitis verursachten Explantationen wiesen dieselben Symptome auf: Blutung auf Sondieren (BOP), Schmerzempfindlichkeit und ein radiologisch sichtbarer, zirkumferenter Knochenverlust. Bevor die Implantate bei

Ergebnisse

einer bestehenden Periimplantitis entfernt wurden, entschieden die Behandler, ob nicht noch die Möglichkeit bestand durch Anwendung bestimmter Maßnahmen das Implantat zu erhalten, wie z.B. konservatives Reinigen der betroffenen Implantatoberfläche und Applikation lokal wirkender antiseptischer Mittel (z.B. Nebacetinsalbe).

3.10 Signifikanztests

Die Resultate des linearen Regressionsmodells zeigen, dass keine Variable eine statistische Signifikanz aufweist (Alter: $p = 0,907$, Geschlecht: $p = 0,33$, Länge: $p = 0,217$, Durchmesser: $p = 0,579$, Implantationsregion: $p = 0,871$, Augmentation: $p = 0,276$, Belastungszeitpunkt: $p = 0,683$) und somit keinen Einfluss auf das periimplantäre Knochenniveau der verschiedenen Belastungszeitpunkte haben. Die beiden Gruppen Sofortversorgung und Spätversorgung unterscheiden sich nicht in ihren Verläufen über den gesamten Beobachtungszeitraum.

Die Diagramme 16 und 17 zeigen den periimplantären Knochenverlauf für beide Gruppen über den gesamten Beobachtungszeitraum mit dem geschätzten DIB-Wert und zeigen keine signifikanten Unterschiede in ihrem Verlauf. Es lässt sich nur eine Veränderung des periimplantären Knochenniveaus über die Zeit ($p < 0,001$) feststellen, der sich in einem linearen Abfall über den gesamten Untersuchungszeitraum darstellen lässt (ca. 0,01 mm pro Jahr).

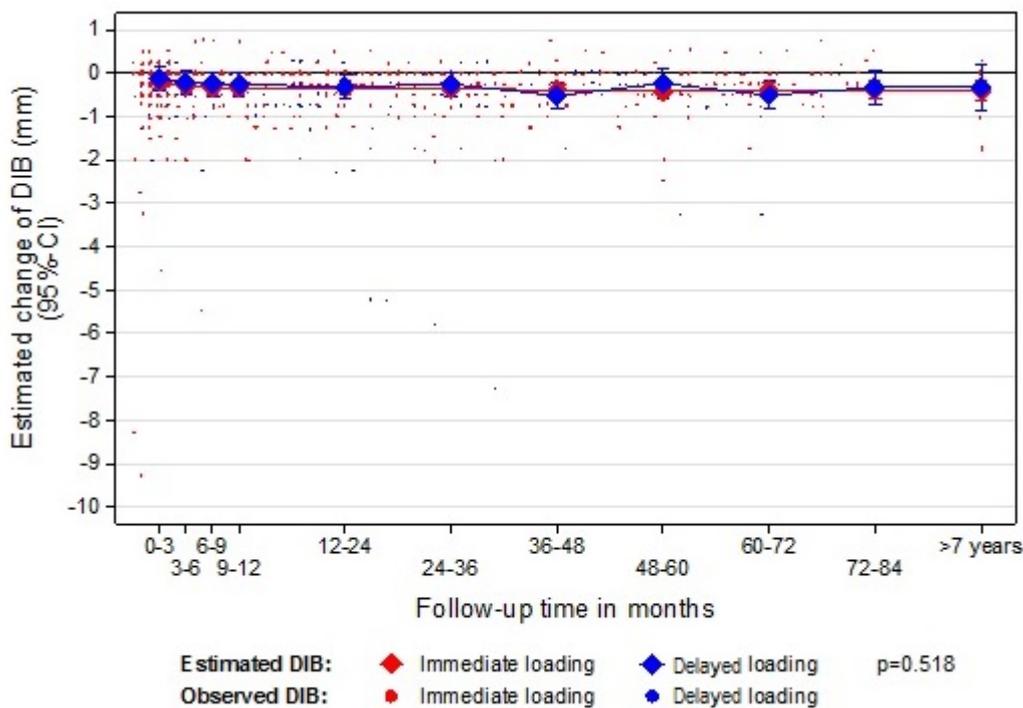


Diagramm 16: Darstellung des periimplantären Knochenverlaufs beider Gruppen über den gesamten Beobachtungszeitraum

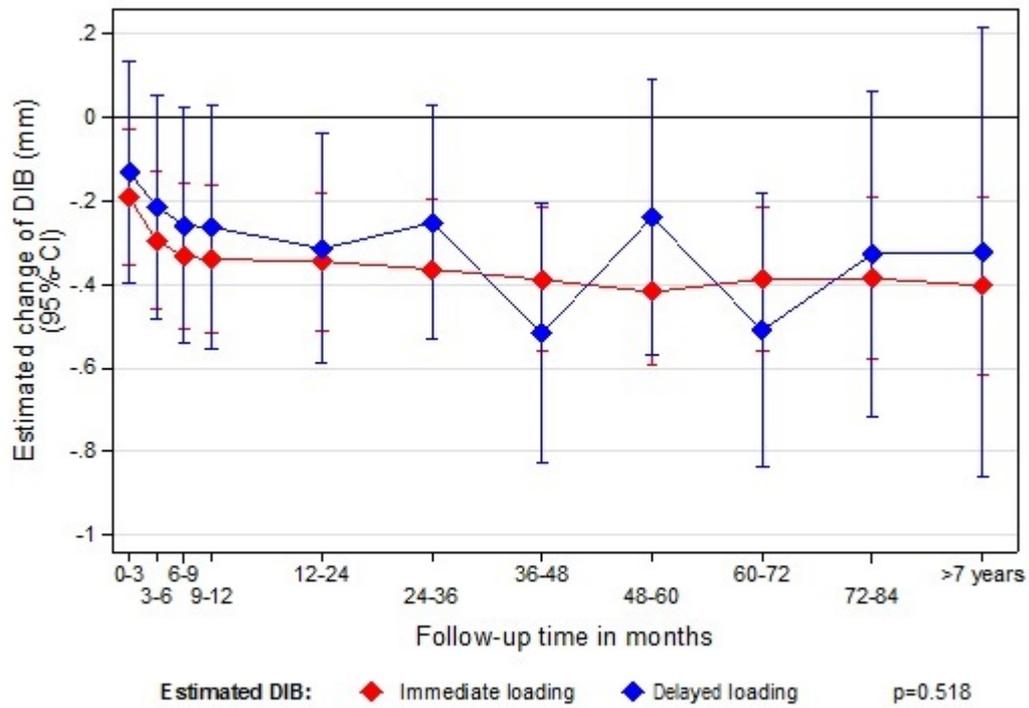


Diagramm 17: Darstellung des periimplantären Knochenverlaufs beider Gruppen über den gesamten Beobachtungszeitraum

4 Diskussion

Die Verwendung dentaler Implantate hat sich in den letzten dreißig Jahren als eine wissenschaftlich fundierte Therapieform für die Rehabilitation von teilbezahnten und unbezahnten Patienten etabliert.

Dieser Fortschritt basiert auf dem Erkenntnis, dass dentale Implantate im Knochen durch direkten Implantat-Knochenkontakt verankert werden können. Dieses Phänomen wurde als „Osseointegration“ bezeichnet (Brånemark 1983).

Um eine Osseointegration zu erreichen, wurde zuerst eine drei- bis sechsmonatige belastungsfreie Osseintegrationsphase als Voraussetzung erachtet. Dieses allgemein akzeptierte Protokoll wurde 1977 von *Brånemark* erstmalig beschrieben (Brånemark et al. 1977). Durch Weiterentwicklung von Mikro- und Makrodesigns der Implantatoberflächen konnte gezeigt werden, dass bei guten Voraussetzungen auch kürzere Einheilzeiten oder sogar Sofortversorgungen erfolgreich sein können (Babbush et al. 1986; Chiapasco et al. 1997; Degidi und Piattelli 2005; Ganeles et al. 2001; Cassetta 2015; Altintas et al. 2015).

Unter Berücksichtigung der Kriterien für das Sofortversorgungsprotokoll (die Anamnese, der lokale Befund in der Implantationsregion, Knochenqualität und –quantität, die Anzahl der Implantate, die erreichte Primärstabilität ($> 25 \text{ N/cm}$) und die Gestaltung der Suprakonstruktion) zeigt sich die Sofortversorgung in dieser Studie als ein verlässliches Verfahren zur Wiederherstellung teilbezahnter Kiefer.

In dieser Studie liegen zur Erfolgsbewertung der XiVE®-Implantate maximal zwölfjährige Untersuchungsergebnisse vor.

4.1 Limitationen

Aufgrund des gemischten Patientenkollektivs aus eigenen und überwiesenen Patienten ist keine homogene Erhebung der Daten zu den Recall-Terminen möglich gewesen. Die Wertigkeit der gewonnenen Daten ist trotzdem hoch, da bei den ausgewählten Fällen immer eine akurate Einhaltung des Sofortversorgungsprotokolls gegeben ist. Deshalb sind die Ergebnisse auch ohne einheitliches Recall-Verfahren als aussagekräftig anzusehen. Dennoch ist für nachfolgende Studien ein einheitliches Recall-Verfahren wünschenswert, um die anschließende Auswertung der Daten zu homogenisieren und zu vereinfachen.

Eine weitere Fehlerquelle liegt in der Vermessung der Röntgenbilder. Um präzisere Resultate zu erzielen, wurden diese zwar von zwei Zahnärzten ausgemessen, trotzdem ist bei den Vermessungen der analogen und digitalen Röntgenaufnahmen eine leichte Messungenauigkeit zu vermuten, da ein dreidimensionales Objekt auf dem klassischen Röntgenbild nur zweidimensional dargestellt wird. Außerdem können sich Strukturen teilweise überlagern oder gar nicht darstellen. Zum Beispiel projizieren sich immer der bukkale und der orale

Knochen übereinander. Dementsprechend kann das Knochenniveau nur mesialen und distal der Implantatschulter vermessen werden – andere Flächen wären nur anhand einer digitalen Volumtomographie (DVT) auswertbar. Da das DVT aber eine erhöhte Strahlenbelastung mit sich bringt ist die Indikation sehr eingeschränkt. Das Vorgehen mit einer kalibrierten PSA-Aufnahme hat sich seit vielen Jahren bewährt und ist ausreichend um den periimplantären Knochen abschließend zu beurteilen.

Aus diesen Gründen sind Schwankungen im periimplantären Knochenverlauf über den gesamten Beobachtungszeitraum annehmbar, die aber unter den gegebenen Voraussetzungen unumgänglich sind.

4.2 Die Sofortversorgung

Die Sofortversorgung dentaler Implantate gewinnt aktuell immer mehr an Bedeutung, was u.a. an der zunehmenden Anzahl der Veröffentlichungen zu dieser Thematik deutlich wird.

Das klassische Behandlungsprotokoll von *Brånemark* fordert eine vier- bis sechsmonatige subgingivale Einheilphase, um eine erfolgreiche Osseointegration zu erreichen. Wie bereits erwähnt führt *in vivo* aber auch eine bewusst mäßige Belastung zur gewünschten Mineralisation des Knochen-Implantat-Interface, da Mikrobewegungen als physiologisch für die Heilung des Knochens beschrieben werden (Brunski 1991). Die Mineralisation des Knochens ist ein sich über einen längeren Zeitraum vollziehender, stetiger Vorgang.

Die bewusste, physiologische Belastung der Implantate während der Einheilphase stellt somit ein „Knochentraining“ dar. Bei der Sofortversorgung muss akribisch darauf geachtet werden Minimalbewegungen zu erreichen und dabei gleichzeitig schädlichen Makrobewegungen zu vermeiden. In dieser Studie gab es zu keinem Zeitpunkt eine statistische Signifikanz bezüglich des Knochenabbaus für den Belastungszeitpunkt ($p = 0,683$).

Ein neuer Ansatz sind sogar Mini-Implantate, die mit Sofortversorgungen kombiniert werden. Maryod et al. untersuchten in einer Studie 36 zahnlose Patienten, die jeweils vier Mini-Implantate interforaminal ohne Bildung eines Mukoperiostlappens transgingival erhielten. Die Patienten wurden anschließend in zwei Gruppen aufgeteilt: die Implantate der Gruppe 1 wurden sofortbelastet und die Implantate der Gruppe 2 frühbelastet. Die Überlebensdauer wurde nach *Kaplan-Meier* bestimmt und es ergab sich eine Überlebensstatistik von 91,7 % für Gruppe 1 und 96,7 % für Gruppe 2. Die Resultate sind vergleichbar mit denen von sofortversorgten Standardimplantaten (Maryod et al. 2014).

Sogar Kombinationen von sofortversorgten Implantaten mit umfangreichen Knochenaufbauten im Oberkiefer zeigen vielversprechende Ergebnisse. In einer Studie von *Margonar et al.* wurden zehn Implantate nach präimplantärer Augmentation (sechsmonatige Einheilzeit des autogenen Knochenmaterials) durch festsitzenden Zahnersatz sofortversorgt. Alle zehn Implantate wurden mit einer festsitzenden, die Implantate verblockenden, definitiven Suprakonstruktion

sofortversorgt (bei acht von zehn Implantaten wurde eine ausreichende Primärstabilität für eine Sofortbelastung gemessen). Nach acht Jahren Beobachtungszeit schlussfolgerten die Autoren, dass die Behandlungsmethode erfolgreich ist, da alle zehn Implantate und die Suprakonstruktion noch in Funktion waren (Margonar et al. 2014).

4.3 Gestaltung der provisorischen Sofortversorgung

Die Gestaltung der provisorischen Versorgung des Implantates spielt eine ganz entscheidende Rolle für den angestrebten Implantationserfolg: Die Einheilung von Implantaten kann mit der einer Frakturheilung verglichen werden, daher ist die richtige, mechanische Stimulation während der Osseointegrationsphase ganz besonders wichtig. Die provisorische Versorgung darf zwar eine gewisse Belastung ($< 150 \mu\text{m}$) der Implantate erlauben, muss diese aber auch ausreichend limitieren (Brunski 1999).

Um extraaxiale Belastungsspitzen zu vermeiden wurde bei den in dieser Studie sofortversorgten Implantaten ein spezielles Okklusions- und Artikulationskonzept angewandt, das eine reduzierte Belastung des Provisoriums vorsah: Es wurde auf die Gestaltung reduzierter bukkaler und oraler Zahnflächen und auf plane Kauflächen geachtet.

Die Weichteilmanschette oberhalb des Implantates wird nicht mehr vom eigentlichen Implantatkörper gestützt. Das Austrittsprofil der Zähne innerhalb dieser Weichteilmanschette differiert zumeist von längsoval bis triangulär, weshalb die Provisorien in dieser Studie individuell hergestellt wurden, um die anatomische Weichgewebsstruktur zu stützen (Kornmann 2010).

In dieser Studie wurden die Provisorien ausschließlich chair-side mittels einer vorab im Labor hergestellten Tiefziehschiene angefertigt.

Wichtig ist auch, dass der Patient darüber informiert werden muss, dass die Implantate anfänglich eine reduzierte Belastungsfähigkeit besitzen. Der Patient muss darauf achten, im Implantationsbereich keine harte Nahrung zu kauen (Kornmann 2010).

Vor allem bei Einzelzahnimplantaten in der Front bietet sich eine Sofortversorgung über Provisorien an, um das Emergenzprofil besser ausformen zu können und eine Überbelastung zu vermeiden (Furhauser et al. 2016). Die Sofortversorgung mit definitivem Zahnersatz direkt nach Implantatinsertion befindet sich noch in einem experimentellen Stadium.

4.4 Zeitpunkt der definitiven, prothetischen Versorgung

Eine sofortige, definitive Suprakonstruktion kann nicht nur aufgrund der sofortigen vollen Belastung negative Belastungskräfte mit sich führen. Sofortbelastete Implantate sind in den ersten drei Wochen der Osseointegrationsphase durch Remineralisations- und Demineralisationsvorgänge am Implantatinterface besonders gegenüber Drehmomentbelastungen sehr empfindlich (Brunski 1993; Cochran et al. 1998; Roccuzzo et al. 2001). Erst nach drei Wochen beginnt die sekundäre Osseointegration und stabilisiert das Implantatinterface (Raghavendra et al. 2005). In der Folge können unumgängliche Handhabungen mit Drehmomentschlüsseln oder Ratschen für die Verschraubung und Fixierung der Aufbauten der sofortigen, definitiven Suprakonstruktion zu einem früheren Zeitpunkt als zu der im konventionellen Verfahren eingehaltenen Einheilzeit zu einer Destruktion des Knochens am Implantatinterface führen (Hess et al. 2007). Dies war ein Grund dafür, weshalb bei dieser Studie auf eine definitive, sofortige Versorgung verzichtet wurde. Ein weiterer Grund liegt in der Ästhetik: das Weichgewebe braucht mindestens drei bis sechs Monaten nach der Extraktion, um sich vollständig zu regenerieren.

Das Okklusionskonzept der Praxis Dr. Kornmann und Dr. Gerlach gibt bei Sofortversorgungen in der Front und im Prämolarenbereich eine belastungsreduzierende provisorische Sofortversorgung vor, um dem Knochen die Möglichkeit einer Belastungsanpassung durch bone-remodeling zu gewähren. Dies wird sowohl durch ein in Infraokklusion und in vestibulo-oraler Richtung reduziertes Provisorium als auch durch das Einsetzen der definitiven Suprakonstruktion nach circa vier bis fünf Monaten Einheilzeit erreicht. Der Eingliederungszeitpunkt liegt in dieser Studie im Median in Gruppe 1 (Sofortversorgung) bei vier Monaten und in Gruppe 2 (Spätversorgung) im Median bei fünf Monaten – so wie in dem *Brånemark* postulierten Rahmen (Brånemark et al. 1977). Dieses Behandlungskonzept soll insbesondere in Fällen geringer Knochenqualität und bei kombiniert implantat-augmentativen Verfahren das „Knochentraining“ unterstützen. Wird dieses Konzept eingehalten, kann davon von einer ausreichenden Mineralisation des Knochen-Implantat-Interface ausgegangen werden. Bei Vergleich der Sofortversorgungs- und Spätversorgungsgruppe meiner Studie zeigen sich auch gleichwertige Resultate in Bezug auf den Erfolg (Sofortversorgungsgruppe: 92,5 %; Spätversorgungsgruppe: 92,7 %).

Corradini et al. untersuchten in einer aktuellen Studie ebenfalls die Sofort- und Spätversorgung von dentalen Implantaten und kamen zu dem Resultat, dass die Sofortversorgung gleichwertig einer Spätversorgung nach drei Monaten sein kann. In dieser Studie wurden 811 Implantate sofortversorgt und 575 Implantate spätversorgt. Insgesamt lag die Erfolgsrate bei 97,3 % - in der Sofortversorgungsgruppe kam es zu 28 (3,5 %) und in der Spätversorgungsgruppe zu 10 Verlusten (1,8 %) (Corradini et al. 2015).

In einer Studie beschreiben Peron und Romanos ihre Ergebnisse mit kürzeren Tragezeiten eines Provisoriums von nur zwei Wochen nach Implantation. Es

wurde auf eine maximale statische Okklusion des Provisoriums geachtet - alle Kontakte in der dynamischen Okklusion wurden entfernt. Zwei Wochen nach Implantatinsertion folgte die definitive Versorgung der Implantate entweder mit verschraubten oder zementierten Lithiumdisilikatkronen. In der Studie erhielten 25 Patienten insgesamt 26 Implantate und der durchschnittliche periimplantäre Knochenverlust dieser Implantate lag bei 0,58 mm +/- 0,34 mm. Es gab eine hundertprozentige Erfolgsrate nach einem durchschnittlichen Follow-up von 14 Monaten. Die Autoren zogen aus den Ergebnissen das Fazit, dass eine Sofortimplantation mit einer Sofortbelastung von Hybridimplantaten (Titanimplantate mit Tantalbasis im Mittelteil) durch Provisorien, mit einer Tragezeit von zwei Wochen, zu vorhersagbaren klinischen, funktionellen und ästhetischen Resultaten führt (Peron und Romanos 2016).

4.5 Gestaltung der definitiven prothetischen Versorgung

Die Versorgung der Implantate in dieser Studie im Front- und Prämolarenbereich erfolgte hauptsächlich durch festsitzenden Zahnersatz, einige wenige Patienten erhielten herausnehmbare Prothetik. Bei Eingliederung eines festsitzenden Zahnersatzes auf zwei oder mehr nebeneinander inserierten Implantaten eines Patienten, erfolgte in den meisten Fällen eine Verblockung der definitiven Suprakonstruktion. In welchen Fällen eine Verblockung gewählt wurde, hing primär von der Knochenqualität des Implantatlagers ab und wurde nach Implantatinsertion vom Behandler entschieden.

In der ersten Untersuchungsgruppe (Sofortversorgung) wurden die Implantate direkt nach der Insertion mit Provisorien aus Kunststoff versehen, die abhängig von der Implantatanzahl entweder als Einzelzahnkronen hergestellt oder, bei mehr als einem gesetztem Implantat, miteinander verblockt wurden. Die definitive Suprakonstruktion in Gruppe 1 wurde in 186 (85,3 %) Fällen festsitzend und in sechs (2,8 %) Fällen herausnehmbar gestaltet. 16 (7,3 %) der Implantate wurden von dem überweisenden Hauszahnarzt definitiv prothetisch versorgt, so dass hierzu keine weiterführenden Informationen vorliegen.

Die Implantate der zweiten Untersuchungsgruppe (Spätversorgung) wurden erst nach einer belastungsfreien Einheilungsphase freigelegt und im Anschluss mit einem definitiven prothetischen Zahnersatz versorgt. 47 (70,2 %) Implantate erhielten eine festsitzende und 11 (16,5 %) Implantate eine herausnehmbare Suprakonstruktion. Sechs (9 %) Fälle wurden von ihrem überweisenden Hauszahnarzt weiterbehandelt ohne abschließend vorhandene Dokumentation der definitiven Prothetik und drei (4,5 %) Implantate aus Gruppe 2 wurden vor Eingliedern eines definitiven Zahnersatzes explantiert.

Ob die Implantate festsitzend oder herausnehmbar versorgt wurden, hing von der klinischen Situation ab: In dieser Studie wurden Implantate aus der Frontzahn- und Prämolarenregion ausgewertet. In den meisten Fällen wurden Einzelzahnimplantate inseriert und darauf festsitzender Zahnersatz verankert. Die

DGZMK (Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde) bzw. die *DGI* (Deutsche Gesellschaft für Implantologie) empfehlen, dass die Anzahl der erforderlichen Implantate bzw. deren Länge und Durchmesser in Abhängigkeit vom verfügbaren, knöchernen Implantatlager sowie deren späteren Nutzung entschieden wird. Bei größeren Schalllücken sollten bei Verbundbrücken (Verbindung von Implantaten mit natürlichen Zähnen) ein oder zwei Implantate und bei rein implantatgetragenen Suprakonstruktionen standardmäßig zwei oder drei Implantate verwendet werden (*DGZMK* und *DGI* 2005).

Entscheidend für die erfolgreiche Gestaltung der definitiven prothetischen Versorgung ist ein individualisierbarer Implantataufbau (Abutment). Individuelle Titanabutments werden heute standardmäßig für die Versorgung implantatgetragener Restaurationen eingesetzt. Im Zusammenhang mit einem verbesserten Wissen über Implantatwerkstoffe und den gestiegenen Ansprüchen der Patienten und Behandler hinsichtlich des optischen Eindrucks einer implantatgetragenen Rekonstruktion, gewinnen keramische Implantataufbauten immer mehr an Bedeutung, vor allem im Frontzahnbereich. Alle großen Implantathersteller bieten heutzutage Aluminiumoxid- und/oder Zirkoniumdioxidaufbauten an (*Straumann®*, *Dentsply®*, *NobelBiocare®*). In dieser retrospektiven Studie wurden die Parameter „Patientenzufriedenheit“ und „Ästhetik“ nicht in den Patientenakten erfasst, weshalb keine Auswertung möglich war.

Ein weiterer Faktor bei der Gestaltung der definitiven, prothetischen Versorgung ist die Verblockung. Bei mehreren Implantaten in einer Schalllücke besteht die Möglichkeit, die Suprakonstruktion in Form von einzelnen Kronen oder verblockten Kroneneinheiten zu gestalten. Grundsätzlich ist bei einer verminderten Knochenqualität eine Verblockung der einzelnen Einheiten als Stabilisierung anzustreben, wie beispielsweise bei spongiösem Knochen oder nach ausgedehnten Augmentationen bzw. Sinusbodenelevationen. Als nachteilig bei der Verblockung ist die erschwerte Reinigung und die Erneuerung der gesamten Rekonstruktion bei einem Defekt von nur einer Implantatkrone anzusehen (*Augthun und Mundt* 2008).

Die Überlebensraten in der Literatur von verschiedenen Brückenkonstruktionen liegen bei konventionellen Brücken nach zehn Jahren bei 90 % (*Pjetursson et al.* 2007), bei rein implantatgetragenen Brücke nach zehn Jahren bei 86 % (*Pjetursson et al.* 2007) und bei Verbundbrücken nach zehn Jahren bei 80 % (*Jung et al.* 2008). Die implantatgetragene Brücke kann demnach genauso erfolgreich nach zehn Jahren Tragezeit sein wie eine konventionelle Brücke.

Bei zahnlosen Patienten wiederum wurde oftmals herausnehmbarer Zahnersatz angefertigt – vor allem, wenn aufgrund finanzieller Einschränkungen keine weiteren Möglichkeiten gegeben waren oder aber dass bei starkem Rückgang des Hart- und Weichgewebes aus ästhetischen Gründen herausnehmbarer Zahnersatz indiziert war. Die Mindestimplantanzahl in der Mandibula betrug in dieser Studie vier Implantate und in der Maxilla sechs Implantate, da die überwiegend spongiöse Struktur der Maxilla eine höhere Anzahl von Implantaten zur Verankerung des Zahnersatzes erfordert. Die *DGZMK* und die *DGI* empfehlen

als Richtwert die 1,5-fache Implantanzahl der Mandibula für die Versorgung der Maxilla (DGZMK und DGI 2005). Bei Anwendung von vier Implantaten in der Mandibula wurden diese in der Regio interforaminalis platziert, da die Atrophie in dem Bereich oft nicht stark ausgeprägt ist. Eine Distanz von fünf Millimetern zu den Foramina mentalia wurde eingehalten, um eine Verletzung der Nn. mentales zu vermeiden. Einhergehend mit Fortschritten in Materialkunde und Technik, sowie bedingt durch ökonomische Gesichtspunkte, ist in der Literatur jedoch, gerade für herausnehmbaren Zahnersatz, zunehmend der Einsatz von weniger als 4 Implantaten als allgemein akzeptierte Lösung zu verzeichnen.

4.6 Periimplantärer Knochenabbau

Für den Implantationserfolg stellt neben der Überlebensstatistik und der Stabilität des Implantates das periimplantäre Knochenniveau ein sehr wichtiges Kriterium dar.

Mombelli und Lang stellten als einer der Ersten fest, dass das Röntgenbild zur Frühdiagnostik pathologischer Prozesse sowohl im natürlichen Zahnhalteapparat als auch im periimplantären Gewebe angewendet werden kann (Mombelli und Lang 1994). Auch *Strid* empfahl jeweils sechs und zwölf Monate nach Einsetzen der definitiven Suprakonstruktion auf Implantaten und im weiteren Geschehen als Bestandteil periimplantärer Diagnostik einmal im Jahr Röntgenbilder anzufertigen (Strid 1985). *Brägger* forderte bereits unmittelbar nach dem Setzen des Implantates ein Ausgangsröntgenbild anzufertigen, um eine Referenzaufnahme für folgende Röntgenbilder im Verlauf zu besitzen (Brägger 1994). Um das periimplantäre Knochenniveau zu beurteilen sieht das Behandlungskonzept von Dr. Kornmann und Dr. Gerlach unter Berücksichtigung der aktuellen Leitlinien immer ein prä- und ein postoperatives Röntgenbild vor, ebenso wie ein Röntgenbild zum Eingliederungstermin der definitiven prothetischen Restauration, und, falls möglich, jährliche Röntgenbilder zur Verlaufskontrolle (Bornstein et al. 2014). Dabei muss abhängig vom Patienten und Implantatlager entschieden werden, ob eine zweidimensionale oder dreidimensionale Röntgenaufnahme notwendig ist (Wennström und Palmer 1999). *Smith* und *Zarb* zeigten, dass eine periimplantäre Aufhellung im Röntgenbild ein Indiz für eine bindegewebige Einscheidung sein und den Verlust des Implantates ankündigen kann (Smith und Zarb 1989).

Wie bereits erwähnt wurde in dieser Studie das röntgenologische Knochenniveau analog sowie digital vermessen. Vorteilhaft an digitalen Röntgenaufnahmen sind die Präzision und die einfache Möglichkeit der Kalibrierung. Es wurde eine Messgenauigkeit von 0,5 mm festgelegt, da eine genauere Messung aufgrund der Fehlertoleranz nicht sinnvoll ist. Eine Messgenauigkeit von 1 mm wird von *Gómez-Román et al.* als ausreichend beschrieben (Gómez-Román et al. 1996a).

Als implantatspezifische Einflussgrößen auf das periimplantäre Knochenniveau wurden in dieser Studie die Implantatlänge und der –durchmesser, die Implantationslokalisation, das Alter, das Geschlecht, die periimplantäre und

präimplantäre Augmentation und der Belastungszeitpunkt festgelegt. Es sollte untersucht werden, ob sich bezüglich der isolierten Auswertung dieser Parameter Unterschiede bezüglich des periimplantären Knochenabbaus ergeben.

In aktuellen Studien wird primär ein Spalt zwischen Implantat und Abutment als Grund für einen periimplantären Knochenabbau diskutiert, da dieser durch verstärkte mechanische Belastung und bakterielle Besiedlung den krestalen Abbau um das Implantat herum fördert. Eine Untersuchung von *Hultin* ergab, dass ein Bezug zwischen periimplantärem Knochenabbau und der Qualität bzw. Quantität der mikrobiellen Besiedlung besteht (*Hultin et al. 2000*). *King et al.* beschrieben, dass ein Spalt zwischen Implantat und Abutment ohne Dynamik (Sogwirkung) an sich keine Gefahr für periimplantären Knochenabbau darstellt (*King et al. 2002*). Eine weitere Studie zeigte, dass an zweiteiligen Implantaten durchgeführte Langzeitstudien im ersten Jahr einen marginalen Knochenabbau von 1,5 - 2 mm aufweisen können (*Canullo et al. 2010*).

Der periimplantäre Knochenverlauf der Sofort- und Spätversorgungsgruppe unterscheidet sich in dieser Studie zu keinem Zeitpunkt statistisch signifikant ($p = 0,518$). Es ist erkennbar, dass beide Gruppen innerhalb des ersten Jahres den stärksten periimplantären Abfall verzeichnen. Über den gesamten Beobachtungszeitraum von sieben Jahren zeigen sich tendenziell mehr Schwankungen im periimplantären Knochenniveau der Spätversorgungsgruppe. Beide Gruppen wiesen einen linearen Abfall von circa 0,1 mm pro Jahr auf.

4.6.1 Periimplantärer Knochenabbau in Abhängigkeit von der Implantatlänge und dem Implantatdurchmesser

Die Implantatlänge und der -durchmesser haben keinen Einfluss auf das röntgenlogische Knochenniveau. Es hat sich zu keinem Zeitpunkt eine statistische Signifikanz ergeben (Implantatlänge: $p = 0,217$; Implantatdurchmesser: $p = 0,579$).

Kritisch anzumerken ist, dass in dieser Studie Durchmesser von 3,0 – 4,8 mm und Längen von 9,5 – 18 mm verwendet wurden. Somit bezieht sich die statistisch fehlende Signifikanz auch nur auf die genannten Größen.

Eine Ursache des fehlenden Einflusses von Länge und Breite der verwendeten XiVE®-Implantate auf den periimplantären Knochen ist mutmaßlich die FRIADENT® plus-Oberfläche, die in vorangegangenen Studien eine deutlich schnellere und stärkere Verankerung im Knochen bewirkte (*Neugebauer et al. 2009*). So stellten *Neugebauer et al. in vivo* im Hundemodell fest, dass zwar Schraubenimplantate mit Titan-Plasma-Spray-Beschichtung das höchste Ausdrehmoment (24 Ncm/mm) nach abgeschlossener Osseointegration aufweisen, aber sie bewiesen auch, dass bei der Resonanzfrequenzanalyse der ISQ-Wert nach Osseointegration für Schraubenimplantate mit zwei verschiedenen Gewindeprofilen und einer sandgestrahlten und hochtemperaturgeätzten Oberfläche signifikant höher war – so wie die FRIADENT® plus-Oberfläche des XiVE®-Implantates.

Brocard et al. ermittelten in einer anderen Studie nach einer Beobachtungszeit von sieben Jahren Erfolgsraten von 92,8 % für ITI-Bonefit-Implantate mit einer Länge von 10 mm und 89 % für ITI-Bonefit-Implantate mit einer Länge von 8 mm und weniger (Brocard et al. 2000). Dies entspricht den Erfolgsraten der langen und breiten Implantate, die in der aktuellen Literatur zwischen 90 und 100 % liegen (Altintas et al. 2015; Malo et al. 2015).

Eine aktuelle Studie von *Shiffler et al.* untersuchte die Abhängigkeit von Implantatlänge und –durchmesser auf den Implantationserfolg. Dabei ergab sich, dass der Implantatdurchmesser keinen Einfluss auf den Implantationserfolg hat - für die Implantatlänge hingegen schon. Beim Messen des Implantatstabilitätsquotienten am Implantationstag ($p = 0,8$) und beim Follow-up ($p = 0,9$) erwies sich eine statistische Signifikanz für die Implantatlänge, was laut den Autoren weiter abzuklären ist (Shiffler et al. 2016).

4.6.2 Periimplantärer Knochenabbau in Abhängigkeit von der Implantatlokalisierung im Kiefer

Die vorliegende Studie ergab zu keinem Zeitpunkt einen statistisch signifikanten Unterschied für den periimplantären Knochenabbau an Implantaten in der Frontzahn- und Prämolarenregion ($p = 0,871$). Ebenfalls ergab sich keine statistische Signifikanz für die vier verschiedenen Quadranten ($p = 0,195$), wobei der erste und zweite Quadrant den Oberkiefer definieren und der dritte und vierte Quadrant den Unterkiefer analog zur internationalen Klassifikation (Harris 2005).

Trotz der positiven Resultate fällt auf, dass in der Sofortversorgungsgruppe sieben von zwölf Explantation in der Unterkieferfront und in der Spätversorgungsgruppe zwei von drei Explantation ebenfalls in der Unterkieferfront durchgeführt werden mussten. In der Sofortversorgungs- und Spätversorgungsgruppe gingen diese Implantate alle im ersten Jahr nach Insertion verloren – entweder durch fehlende Osseointegration oder durch entzündliche Prozesse am Implantatinterface. Ursächlich hierfür kann ihre Lage und Funktion („Abbeißen“) sein und ein damit von vornherein einhergehendes erhöhtes Verlustrisiko. Eine Präventivmaßnahme ist die explizite präoperative Aufklärung der Patienten zur langsamen Belastungsadaptation der Frontzahnimplantate im Unterkiefer. Des Weiteren besteht der Unterkieferfrontzahnknochen fast ausschließlich aus reiner Kompakta (Dichteklasse D1 nach *Misch* (Misch 1990)). In kortikalem Knochen ist die Blutversorgung und damit einhergehend die Wundheilung und Einheilung von dentalen Implantaten schlechter als in spongiösem Knochen (Knaf 2008)). Folglich stellt die Unterkieferfront an sich einen Risikofaktor für Implantatmisserfolg aufgrund ihrer Anatomie dar.

Weitere fünf Implantatverluste (vier aus der Sofortversorgungs- und eins aus der Spätversorgungsgruppe) waren in der Prämolarenregion zu verzeichnen. Wobei insgesamt drei davon durch fehlende Osseointegration und zwei durch Periimplantitis verloren gingen. Ein Erklärungsversuch für die Verluste ist zum

einen die unmittelbare Nachbarschaft zum Kaukraftzentrum mit damit einhergehender Überlastung – vor allem während der Einheilphase. Zum anderen kann mangelnde Hygiene eine Ursache sein.

In der Literatur wird kontrovers diskutiert, ob die Implantatlokalisierung einen Einfluss auf den Implantaterfolg hat. Es gibt Studien mit ähnlichen Resultaten, die zeigen, dass der periimplantäre Knochenabbau nicht von der Implantatlokalisierung abhängig ist (Henningsen et al. 2016; Ferreira et al. 2015). In der erstgenannten Studie von *Henningsen et al.* wurden 154 XiVE®-Implantate mit provisorischer, festsitzender Sofortversorgung in zahnlose Ober- und Unterkiefer inseriert. Im Unterkiefer war eine Mindestimplantatanzahl von vier und im Oberkiefer von sechs Implantaten Voraussetzung für das Belastungskonzept. Es ergab sich in den verschiedenen Implantatlokalisierung im Front-, Prämolaren- und Seitenzahnbereich kein statistisch signifikant unterschiedlicher periimplantärer Knochenabbau, wobei aber auch in der Studie auf ein erhöhtes Verlustrisiko in der Unterkieferfront durch die „Abbeißen“-funktion hingewiesen wurde.

4.6.3 Periimplantärer Knochenabbau in Abhängigkeit von augmentativen Verfahren

Augmentationserfolge durch externe Sinusbodenelevationen in atrophischen Kieferbereichen sind in der Literatur gut dokumentiert (Cara-Fuentes et al. 2016; Gorla et al. 2015). Zur Knochenvermehrung sind verschiedenste Augmentationsmaterialien zum Einsatz gekommen – partikulierter, autogener Knochen (Lundgren et al. 1996), autogene Knochenblöcke (Khoury 1999), partikuläres, bovines Material (Guarnieri et al. 2016).

Histologische Untersuchungen nach externer Sinusbodenelevation zeigen für verschiedene Augmentationsmaterialien nach Probeentnahmen aus dem menschlichen Knochen ausschlaggebende Differenzen in der Knochenqualität: *Corbella et al.* fassen mit ihrem Review zusammen, dass autogener Knochen eine signifikant höhere Knochenneubildungsrate hat als die alleinige Verwendung von bovinem Knochenersatzmaterial (KEM), aber bei einem Gemisch von autogenem Knochen mit bovinem KEM war der Unterschied nicht mehr statistisch signifikant. Augmentationen mit bovinem KEM zeigen hingegen eine statistisch signifikant höhere Knochenneubildungsrate als Augmentationen mit Hydroxylapatit (HA). Gemische aus HA und Tricalciumphosphat (TCP) zeigten wiederum eine statistisch höhere Knochenneubildungsrate als bovines KEM (Corbella et al. 2015).

In dieser Studie wurden für die externe Sinusbodenelevation und die lokale periimplantäre Augmentation als Augmentationsmaterialien zum einen Geistlich BioOss® (Geistlich, Baden-Baden, Deutschland) und zum anderen FRIOS Algapore® verwendet, wenn nicht ausreichend Eigenknochen zur Verfügung stand. BioOss® ist ein partikuläres, bovines Knochenersatzmaterial und Algapore® ist ein Hydroxylapatit. Es wurde über den gesamten Beobachtungszeitraum kein

statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der prä- und periimplantären Augmentation und des periimplantären Knochenabbaus festgestellt ($p = 0,276$). Auch andere Studien zeigen, dass einzeitige Implantationen einhergehend mit Augmentationen keine Kontraindikation für die Sofortversorgung von Implantaten darstellen. *Ormianer et al.* untersuchten 1065 sofortbelastete Implantate, die entweder im kompromittierten Alveolarknochen oder in frische Extraktionsalveolen inseriert wurden. Implantate, die in Regionen inseriert wurden, wo vorab augmentiert worden war, verblockte der Behandler mit nicht-augmentierten Implantaten aus der Nachbarregion. In allen Fällen wurde Betatricalciumphosphat zusammen mit Eigenblut aus dem OP-Gebiet vermischt, um den Alveolarkamm zu augmentieren oder um vorhandene Spalträume zwischen Implantat und Knochen zu überbrücken – bei Bedarf wurde dieses Gemisch auch zur Sinusbodenelevation verwendet. Alle Implantate wurden 12-48 Monate nachbeobachtet. 1039 Implantate waren erfolgreich, 26 Implantate mussten entfernt werden (5 aus der Mandibula; 21 aus der Maxilla) – alle Misserfolge traten in Regionen auf, in denen augmentiert worden war (*Ormianer et al. 2006*). Die Autoren schlussfolgern, dass periimplantäre Augmentationen keine Kontraindikation darstellen, aber das Risiko für einen Implantationsmisserfolg höher ist als ohne Augmentation. *Romanos* stellte in seiner Studie fest, dass periimplantäre Augmentationen mit Eigenknochenspänen keinen Einfluss auf die Osseointegration sofortbelasteter Implantate haben (*Romanos 2003*).

4.6.4 Periimplantärer Knochenabbau in Abhängigkeit vom Alter und Geschlecht

In der vorliegenden Studie ergaben sich zu keinem Zeitpunkt statistisch signifikante Unterschiede beim periimplantären Knochenabbau bezüglich des Alters ($p = 0,907$) und des Geschlechts ($p = 0,33$).

Auch *Shiffler et al.* folgern aus ihren Untersuchungen, dass weder das Alter noch das Geschlecht einen Einfluss auf den Implantationserfolg und damit auf das periimplantäre Knochenniveau haben (*Shiffler et al. 2016*). Dieses Ergebnis zeigt sich in der Literatur weitestgehend einheitlich (*Rammelsberg et al. 2016*).

4.7 Beurteilung der Überlebenszeitanalyse und Erfolgsquote

In dieser Studie wurde zum einen eine Überlebenszeitanalyse nach *Kaplan-Meier* (*Kaplan und Meier 1958*) durchgeführt und zum anderen der Erfolg bewertet. Grund hierfür ist, dass bei der Überlebenszeitanalyse nach *Kaplan-Meier* verschiedene Faktoren nicht bewertet werden, wie beispielsweise die Befindlichkeit der periimplantären Hart- und Weichgewebe und die funktionelle Nutzung der Implantate. In den vergangenen Jahren haben viele Autoren weitere Erfolgskriterien aufgestellt (*Albrektsson et al. 1986*; *Jahn und d'Hoedt 1992*; *Schnitman und Shulman 1980*). Eine einheitliche Definition des Implantationserfolges in der Literatur wurde bisher noch nicht festgelegt, weshalb die bisher durchgeführten Studien einen differenzierten Vergleich untereinander kritisch betrachtet nicht erlauben. Für die Bewertung des Erfolges wurden die Kriterien der ICOI (International Congress of Oral Implantologists) nach *Misch et al.* verwendet (*Misch et al. 2008*). Diese differenzieren nicht nur den Implantaterfolg und –misserfolg, sondern definieren eine vierstufige Erfolgsskala, die auch ein Implantatüberleben (zufriedenstellendes und kompromittiertes Implantatüberleben) mit beinhaltet. Damit ist eine präzisere Einordnung möglich.

In dieser Studie liegt die Überlebenswahrscheinlichkeit von XiVE®-Implantaten im Frontzahn- und Prämolarenbereich nach *Kaplan-Meier* bei 88,7 % in der Sofortversorgungsgruppe nach einem Beobachtungszeitraum von 117 Monaten (*Kaplan und Meier 1958*). In der Spätversorgungsgruppe beträgt die Überlebenswahrscheinlichkeit nach *Kaplan-Meier* 95,5 % nach einem Beobachtungszeitraum von 67 Monaten.

Der Implantationserfolg („Success“) in dieser Studie beträgt nach *Misch et al.* 92,6 % für alle 264 Implantate (*Misch et al. 2008*). Der Misserfolg („Failure“) liegt insgesamt bei 5,3 % ($n = 15$). In die Gruppe des zufriedenstellenden Implantatüberlebens („Satisfactory Survival“) fallen fünf Implantate aufgrund eines röntgenologischen Knochenniveaus von -2 - -4 mm (1,8 %) und die Gruppe des kompromittierten Implantatüberlebens („Compromised Survival“) ein Implantat, welches ein röntgenologisches Knochenniveau von mehr als -4 mm aufweist (0,4 %).

Bei der getrennten Betrachtung von der Sofortversorgungs- und der Spätversorgungsgruppe zeigte sich, dass die Überlebensstatistiken fast gleich sind – im Gegensatz zur Überlebenszeitanalyse nach *Kaplan-Meier*. 92,7 % aller sofortversorgten Implantate und 92,5 % aller spät versorgten Implantate waren erfolgreich. Ebenso ist es mit den Misserfolgsraten, die bei der Sofortversorgungsgruppe bei 5,5 % liegt und bei der Spätversorgungsgruppe bei 4,5 %.

Sobald sich eine Periimplantitis am Implantat entwickelt, dann oft so ausgeprägt, dass es in einer Explantation resultiert. Deshalb besteht bei einem initialen periimplantären Entzündungsgeschehen akuter Behandlungsbedarf, z.B. Reinigung und Spülung des Implantatsulkus, Applikation eines lokalen Antibiotikums und engmaschige Kontrolltermine (alle zwei Wochen), um eine Progression der Läsion zu vermeiden.

Immer mehr Studien verwenden die Erfolgskriterien der ICOI, denn diese Klassifikation erfasst ein größeres Spektrum an klinischen Indizes: Implantatmobilität, Schmerz, röntgenologisches Knochenniveau, Sondierung sowie eine Berücksichtigung des periimplantären Weichgewebes. Beispielsweise wurden in einer aktuellen prospektiven Studie von *Degidi et al.* 284 sofortversorgte XiVE®-Implantate über zehn Jahre nachbeobachtet (Degidi et al. 2015). Dabei ergaben sich ein Implantaterfolg in 61,4 %, ein zufriedenstellendes Implantatüberleben in 10,9 % der Fälle, ein kompromittiertes Implantatüberleben in 25,5 % der Fälle und ein Implantationsmisserfolg in 2,8 % aller Fälle. Alle Implantate (n = 284) wurden direkt nach Insertion mit einem zwei- bis vierspannigen festsitzenden Provisorium versorgt. Die definitive Versorgung der Implantate erfolgte nach 28 Wochen. Jährlich über zehn Jahre wurden das marginale Knochenniveau, Sondierungstiefen, BOP (Bleeding on Probing) und biologische oder technische Komplikationen erfasst. Die Implantatmisserfolge waren in einem Fall durch fehlende Osseointegration und in den anderen sieben Fällen durch Periimplantitis bedingt. Als statistisch signifikant für einen Implantationsmisserfolg ergab sich das Rauchen ($p = 0,01$), wohingegen eine behandelte Parodontitis ($p = 0,679$) und die vorhandene Extraktionsalveole ($p = 0,664$) bei den Patienten keine statistische Signifikanz bezüglich des Implantaterfolges zeigten. Die Autoren folgerten, dass die hohen Werte von kompromittiert überlebenden Implantaten (25,5 %) am ehesten durch vorangegangene Parodontitis und/ oder durch Rauchen zustande kamen und somit starke Risikofaktoren sind, da empirisch ein letztendlich zwar stabiler aber erhöhter Knochenverlust um Implantate bei Parodontitis-Patienten zu verzeichnen war. Aufgrund des prospektiven Studiendesigns haben die Ergebnisse der Studie von *Degidi* eine höhere objektive Aussagekraft als die dieser retrospektiven Studie.

Andere retrospektive Studien zeigen ähnliche Erfolgs- und Überlebensraten wie in dieser Studie (Mura 2012; Pozzi und Mura 2016; Henningsen et al. 2016). *Mura* beispielsweise untersuchte die Sofortversorgung von 66 sofortimplantierten Nobel® Tapered TiUnite® Implantaten mit einer Überlebensrate von 100 % nach fünf Jahren Beobachtungszeit. Kritisch anzumerken ist, dass der „Erfolg“ durch „Implantat in situ“ definiert wurde.

In aktuellen Studien wird die Sofortversorgung von Keramikimplantaten untersucht - und das mit Erfolg. In einer Studie von *Grassi et al.* wurden 32 Keramikimplantate mit Sofortversorgung bei 17 Patienten sofort- und spätimplantiert. Ein Implantat aus der Gruppe der Sofortimplantation musste nach drei Monaten explantiert werden. Aus der Gruppe der Spätimplantation ging ein Implantat nach einem Jahr in Funktion verloren. Es ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied beim marginalen Knochenabbau in Bezug auf den Implantationszeitpunkt bei den verwendeten Keramikimplantaten. Die Erfolgsrate betrug 96,8 % nach fünf Jahren Beobachtungszeit (Grassi et al. 2015).

Es lässt sich aus meinen Ergebnissen und den genannten Studien schlussfolgern, dass eine Sofortversorgung unter den richtigen Voraussetzungen als erfolgreiche Therapiealternative anzusehen ist.

4.8 Analyse der Misserfolge

In der Sofortversorgungsgruppe gab es zwölf Explantationen. Sechs davon osseointegrierten nicht und mussten innerhalb von fünf Wochen – vor der definitiven Suprakonstruktion - explantiert werden. Die anderen sechs Implantate mussten aufgrund von periimplantären Entzündungsgeschehen explantiert werden, wobei zwei davon annehmbar durch eine benachbarte, infektiös bedingte, dentale Zyste infiziert wurden und die restlichen vier Implantate einer nicht therapierbaren Periimplantitis erlagen.

Die Implantate mit fehlender Osseointegration waren in vier Fällen in der Unterkieferfrontzahnregion (regio 32 und 42) und in zwei Fällen im Prämolarenbereich (regio 34 und 25) lokalisiert. Die vier Implantate der Unterkieferfrontzahnregion wurden bei drei Patienten explantiert, was bedeutet, dass zwei Patienten ein Implantat und ein Patient zwei Implantate verlor. Der Patient mit den zwei Explantationen durch fehlende Osseointegration regio 32 und 42 erhielt am Implantationstag insgesamt fünf Implantate. Neben den zwei Misserfolgen fällt ein drittes Implantat dieses Patienten in die Kategorie des zufriedenstellenden Implantatüberlebens aufgrund eines gemittelten periimplantären Knochenabbaus von -3 mm. Alle anderen Patienten mit Explantation durch fehlende Osseointegration erhielten Einzelzahnimplantate. Dem inserierten Oberkieferimplantat regio 25 ging eine präimplantäre, externe Sinusbodenelevation mit autologem Knochen und Algipore® voraus.

Vier Implantate mit periimplantären Entzündungsgeschehen wurden in der Sofortversorgungsgruppe bei drei Patienten entfernt: ein Einzelzahnimplantat (regio 23; Zeitpunkt: 32 Wochen nach Insertion), zwei Implantate, die einzzeitig inseriert wurden (regio 32 und 41; Zeitpunkt: sieben Wochen nach Insertion) und ein Implantat, dass ursprünglich mit drei weiteren Implantaten inseriert wurde (regio 31; Zeitpunkt: fünf Wochen nach Insertion). Abzugrenzen hiervon sind zwei Implantate der Sofortversorgungsgruppe, die auch einzzeitig bei einem Patienten inseriert wurden, aber aufgrund eines retrograden Entzündungsgeschehen am Apex des Implantates entfernt werden mussten (regio 24 und 25; Ursache: Übergreifen dentaler Zyste; Zeitpunkt: 88 Wochen nach Insertion).

In der Spätversorgungsgruppe gab es drei Explantationen, zwei hervorgerufen durch fehlende Osseointegration innerhalb der ersten zwölf Wochen – vor der Eingliederung des definitiven Zahnersatzes - und eine durch Periimplantitis. Auch in der Spätversorgungsgruppe finden sich die Einzelzahnimplantate mit ausbleibender Osseointegration in der Unterkieferfrontzahnregion (regio 41 und 32). Das explantierte Implantat mit periimplantärer Infektion befand sich regio 45 und musste nach elf Wochen entfernt werden. Bei diesem Patienten wurden am gleichen Tage ein zweites Implantat inseriert (regio 44), welches bis zum Ende des Beobachtungszeitraums keinerlei Auffälligkeiten zeigte.

Die Implantate der Gruppe „zufriedenstellendes Implantatüberleben“ befinden sich nur in einem Fall in unmittelbarer Nachbarschaft eines explantierten Implantats. Die anderen drei Fälle sind Einzelzahnimplantationen aus der Sofortversorgungsgruppe regio 34 und 11 und aus der Spätversorgungsgruppe

regio 45. In diesen drei Fällen war ein periimplantärer Knochenabbau zwischen -2 und -4 mm zu verzeichnen.

In der Gruppe des „kompromittierten Implantatüberlebens“ fällt ein Implantat aus der Spätversorgungsgruppe. Dieses wurde zusammen mit einem anderen Implantat, welches als Erfolg gewertet wurde, regio 12 inseriert. Aufgrund verminderter Primärstabilität wurde das Implantat nicht sofortversorgt. 3 Monate nach Eingliederung des definitiven zeigte sich bereits ein periimplantärer Knochenabbau von -2 mm. Eine Therapie der Periimplantitis mit lokalen Maßnahmen (Reinigung, Applikation eines lokalen Antibiotikums (Nebacitin), offene Kürettage und Auffüllung des periimplantären Knochendefektes mit Straumann® Emdogain®, Basel, Schweiz) zeigte bis zum Beobachtungsende nur geringen Erfolg.

Insgesamt sind mehr Implantate (n = 12) in der Sofortversorgungsgruppe entfernt worden, als in der Spätversorgungsgruppe (n = 3), was aber in der unterschiedlichen Fallzahl begründet ist: 113 Patienten mit Sofortversorgung versus 44 Patienten mit Spätversorgung. Es war zu keinem Zeitpunkt ein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich des Belastungszeitpunkts zu erkennen (p = 0,683).

Als Grund für eine fehlende Osseointegration ist entweder eine (unwillkürliche) Überbelastung der Implantate während der Einheilzeit durch die Patienten anzunehmen, die z.B. aus mangelnder Ruhe während der sensiblen Osseointegrationsphase, auch bei Nichterreichen des Mindesteindrehmoments, oder aber aus physiologisch-anatomischen Gegebenheiten (D1-Knochen im Unterkiefer) resultieren kann.

Als Ursache für Periimplantitis ist die bakterielle Besiedlung der Implantatoberfläche anzusehen (Listgarten 1997), die entweder hervorgerufen wird durch mangelnde Mundhygiene (submukosale, bakterielle Plaqueakkumulation) (Zitzmann et al. 2001) oder durch verbleibende Zementreste im Sulkus nach Eingliederung der Suprakonstruktion (Linkevicius et al. 2013). Die Mundhygiene wurde im Rahmen dieser retrospektiven Studie nicht mit bewertet, weshalb diese eine nicht auszuschließende Ursache für Periimplantitis bei den untersuchten Patienten sein kann.

Als ein weiterer Einflussfaktor für periimplantäre Erkrankungen wird der Mikrospace zwischen Abutment und Implantat in der Literatur diskutiert (Canullo et al. 2010).

Linkevicius et al. kamen mit ihrer Studie über zementierte Suprakonstruktionen auf Implantaten zu dem Ergebnis, dass verbliebene Zementreste (sogenannte „Zementitis“), bei bis zu 85% aller zementierten Suprakonstruktionen anzutreffen ist (Linkevicius et al. 2013). Die Zementreste führen zu einer Periimplantitis mit röntgenologisch erkennbarem Knochenabbau (Shapoff und Lahey 2012; Korsch et al. 2014). Eine Zementitis kann durch die Verwendung verschraubter Konstruktionen vermieden werden. *Vigolo et al.* konnten allerdings keine Unterschiede bezüglich des Knochenniveaus oder der mukosalen Verhältnisse zwischen verschraubten und zementierten Suprakonstruktionen feststellen (Vigolo et al. 2004). In der vorliegenden Studie wurden die Suprakonstruktionen in 73 %

der Fälle zementiert, mit Zementen verschiedener Hersteller, weshalb eine durch Zementreste verursachte Periimplantitis nicht auszuschließen ist.

Periimplantäre Komplikationen treten entweder sofort, bis eine Woche nach der Insertion oder erst im späteren Verlauf der unter Funktion stehenden Implantate nach einigen Jahren auf. Unter den Frühkomplikationen werden Probleme während der Osseointegration verstanden. Dazu zählen Hitzenekrosen bei der Implantatinsertion, Wunddehissenzen nach Augmentation, sowie gelockerte Sekundärteile (Schwarz und Becker 2007). Systemische Erkrankungen, besonders Erkrankungen, bei denen der Stoffwechsel gestört ist, wie Osteoporose oder nicht eingestellter Diabetes, können zu Misserfolgen der Osseointegration oder einer späteren Begünstigung einer Periimplantitis führen (Venza et al. 2010). Abzugrenzen von der Periimplantitis ist der Spätverlust des Implantates durch Überbelastung, bei dem ein radiologischer Spalt um das Implantat sichtbar wird ohne dass erhöhte Sondierungswerte oder eine veränderte Mikroflora anzutreffen sind (Rosenberg et al. 1991).

Die Prävalenz der Periimplantitis wird in der Literatur mit 6 - 28 % angegeben (Berglundh et al. 2002; Roos-Jansaker et al. 2003, Roos-Jansaker et al. 2006a, 2006b; Fransson et al. 2005; Schwarz et al. 2006; Koldslund et al. 2010; Rinke et al. 2011). Eine periimplantäre Mukositis diagnostizierten (Roos-Jansaker et al. 2006b) bei einer Nachuntersuchung von 218 Patienten mit 999 Implantaten sogar bei knapp der Hälfte aller Implantate. In dieser Studie wurde bei 10 Implantaten (3.5 %) die Diagnose Periimplantitis gestellt – da diese Studie aber keine klinische Untersuchung vorsieht, ist die wahre Anzahl an Periimplantitisfällen unter Umständen höher.

Bisher konnte noch keine einheitliche Therapiemethode zur Behandlung der Periimplantitis etabliert werden, deshalb wurden die betroffenen Implantate, um weiteren Knochenverlust zu vermeiden, mit folgenden Maßnahmen - in Anlehnung an die Parodontitistherapie – behandelt (Mombelli und Lang 1998, Roos-Jansaker et al. 2003, 2003; Lang et al. 1997; Smeets et al. 2014):

- 1) Etablierung der Mundhygiene-Fähigkeit und Mundhygiene-Instruktionen
- 2) Mechanische Reinigung der kontaminierten Oberflächen (Handinstrumentierung, Ultraschall, Politur), topische antibakterielle Spülung mit Chlorhexidinspülung (0,2 %) oder –gel über einen Zeitraum von drei bis vier Wochen und Applikation eines lokalen Antibiotikums (Nebacitin)
- 3) Bei fortbestehenden Entzündungszeichen (Sondierungswerte ≥ 6 mm mit BOP) wurde eine chirurgische Intervention mit Aufklappung und Entfernung des Granulationsgewebes, mechanische Instrumentierung der Implantatoberfläche zur Entfernung von Konkrementen, knöcherne Rekonturierung und apikale Lappenpositionierung oder, alternativ, ein Versuch der gesteuerten Geweberegeneration (Straumann® Emdogain®, Basel, Schweiz) durchgeführt

Klinische Langzeituntersuchungen nach Durchführung einer Periimplantitistherapie sind in der Literatur noch rar, haben aber alle ähnliche Resultate (Romeo et al. 2005; Leonhardt et al. 2003; Esposito et al. 2012). *Esposito et al.* führten in ihrem Review eine Zusammenfassung von Therapiemodalitäten verschiedener Studien aus dem Cochrane Oral Health Group's Trials Register durch. Das Auswahlkriterium für die Aufnahme einer Studie in das Review war „randomisierte, kontrollierte Studie über Periimplantitistherapien“. Es ergaben sich neun Studien, die den Kriterien entsprachen, sowohl mit nicht-chirurgischem als auch mit chirurgischem Therapieansatz. Die Follow-up Zeit der Studien variierte von drei Monaten bis zu vier Jahren. Eine Studie zeigte, dass die Verwendung von lokalen Antibiotika unterstützend zum manuellen, subgingivalen Debridement zu einem verbesserten klinischen Attachmentlevel (CAL) und Sondierungstiefen über einen Therapiezeitraum von vier Monaten führen kann (Gewinn CAL: 0,6 mm). Eine andere Studie beschreibt, dass nach einem Zeitraum von vier Jahren ein ursprünglich intraossärer Defekt am Implantat einen klinischen Attachmentlevelgewinn von 1,4 mm aufwies, nachdem diese mit BioOss® und einer resorbierbaren Membran therapiert wurden.

Die anderen Studien des Reviews sagen aus, dass eine komplexere und teure Therapie nicht gleichbedeutend mit einem höheren Behandlungserfolg verbunden ist als ein einfaches subgingivales Debridement. Auch wurde festgestellt, dass die Periimplantitis eine chronische Erkrankung ist und oftmals eine Zweitbehandlung erfordert.

Von der Periimplantitis ist die retrograde Entzündung am Implantatapex zu unterscheiden, die nur selten beschrieben und in der Literatur mit einer Häufigkeit von 0.26 % angegeben wird (Sarmast et al. 2016). Diese kann durch zwei Ursachen bedingt sein: entweder durch Überhitzung des Knochens während der Implantatbettbohrung (sterile Nekrose) oder durch Übergreifen einer chronischen Infektion eines endodontisch behandelten Nachbarzahns (Infektion). Die Häufigkeit des Auftretens hängt auch von der Distanz zwischen Implantat und wurzelkanalbehandeltem Zahn ab bzw. von der Zeitspanne zwischen Wurzelkanalbehandlung und Implantation. *Sarmast et al.* führten eine Literaturrecherche zu dieser Thematik durch. Dabei kamen sie zu der Schlussfolgerung, dass die häufigste Ursache in einem endodontisch behandelten Nachbarzahn liegt (Sarmast et al. 2016). In dieser Studie gingen zwei Implantate bei einem Patienten aufgrund einer Infektion durch eine benachbarte apikale Zyste verloren (0,7 %). In dieser Studie ist die Prävalenz somit zwar fast dreimal so hoch verglichen mit den Angaben in der Literatur, jedoch lässt sich dieses durch die Größe der untersuchten Population und damit, dass durch eine Zyste gleich zwei benachbarte Implantate verloren gingen, begründen.

4.9 Schlussfolgerung

Die Erfolgsraten dieser Studie bestätigen die Ergebnisse vorangegangener Studien und zeigen auf, dass das XiVE®-Implantatsystem (Dentsply, Mannheim) sowohl in Kombination mit dem Sofortversorgungs- als auch mit dem Spätversorgungsprotokoll mit hoher Zuverlässigkeit in der privaten Praxis eingesetzt werden kann. Das Sofortversorgungsprotokoll kann dem Spätversorgungsprotokoll gleichwertig sein, sofern die zu beachtenden Voraussetzungen eingehalten werden: die Anamnese (Kontraindikation: Bruxismus), der Befund in der Implantationsregion (Knochenqualität und –quantität), die erreichte Primärstabilität (mindestens 25 N/cm) und die provisorische belastungsreduzierte Sofortversorgung. Die untersuchten XiVE®-Implantate weisen über einen Zeitraum von 117 Monaten stabile Knochenverhältnisse auf.

Bei der Sofortversorgung von XiVE®-Implantaten sollten nach der Implantatinsertion die Manipulationen auf ein Minimum beschränkt werden. Durch Reduktion des Provisoriums sowohl in okklusaler als auch in dynamischer Okklusion können Belastungsspitzen umgangen werden. Durch plane Kauflächengestaltung und Einschleifen der vestibulären und oralen Provisoriumsfläche können Zungen- und Wangendruck ebenfalls minimiert werden. Die Möglichkeit der Belastungsadaptation durch bone-remodeling wird dem Knochen durch eine belastungsreduzierte provisorische Sofortversorgung ermöglicht. Durch Einsetzen der definitiven Suprakonstruktion circa fünf Monate später, wird der Prozess des „Knochentrainings“ weiter unterstützt. Vor allem in Fällen mit geringer Knochenqualität und in Kombination mit oder nach Augmentationen ist häufig eine noch längere Tragezeit des Provisoriums indiziert. Bei Einhaltung des beschriebenen Konzeptes der Sofortversorgung im Frontzahn- und Prämolarenbereich kann jedoch nach circa fünf Monaten davon ausgegangen werden, dass eine stabile Mineralisation des Knochen-Implantat-Interface vorliegt. Jeder Patient in dieser retrospektiven Studie wurde mittels eines einheitlichen chirurgischen und prothetischen Protokolls für Sofort- und Spätversorgung behandelt. Für den Belastungszeitpunkt der verwendeten XiVE®-Implantate ergab sich zu keinem Zeitpunkt ein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich des periimplantären Knochenabbaus ($p = 0,683$).

Die Untersuchungen in dieser Studie ergaben außerdem, dass folgende Faktoren keine statistische Signifikanz und demzufolge keinen Einfluss auf das marginale Knochenniveau der Implantate haben: Implantatlänge und –durchmesser, Implantationsregion, Geschlecht, Alter und periimplantäre Augmentation.

Es ist somit zusammenzufassen, dass sich in der vorliegenden Studie kein signifikanter Unterschied zwischen der Sofort- und Spätversorgung im Frontzahn- und Prämolarenbereich gezeigt hat. Es besteht zwar ein erhöhtes Risiko für sofortversorgte ($n = 7$) und spätersorgte ($n = 2$) XiVE®-Implantate im Unterkieferfrontbereich – allerdings ohne statistische Signifikanz ($p = 0,871$). In der Sofortversorgungs- und Spätversorgungsgruppe gingen diese Implantate alle im ersten Jahr nach Insertion verloren – entweder durch fehlende

Osseointegration oder durch entzündliche Prozesse am Implantatinterface. Als Grund für die bindegewebige Einheilung ist zum einen eine (unwillkürliche) Überlastung der Implantate durch den Patienten in der Einheilphase und zum anderen die reduzierte Knochendichte (D1-Knochen) im Unterkieferfrontbereich anzunehmen.

Es ist die Aufgabe des Behandlers, den Patienten akribisch über das postoperative Verhalten, besonders nach Sofortversorgung, aufzuklären und ihn in der Nachsorge zu instruieren. Die Eingliederung des Patienten in ein Recall-System mit einheitlichem Nachsorgeintervall ist als eine wesentliche Bedingung für einen langfristigen Behandlungserfolg anzusehen.

Die in dieser Studie verwendeten XiVE®-Implantate im Frontzahn- und Prämolarenbereich mit einem einheitlich angewandten chirurgisch-prothetischen Protokoll - sowohl für die Sofortversorgung (Eindrehmoment ≥ 25 N/cm, Sofortversorgung mittels belastungsreduziertem Provisorium) als auch für die Spätversorgung - zeigten nach einem mittleren Zeitraum von 12 Jahren eine Erfolgsrate von 92,6 %. Die Gruppe der sofortversorgten Implantate weist eine Erfolgsrate von 92,7 % und die Gruppe mit den spätversorgten Implantaten eine Erfolgsrate von 92,5 %. Damit sind beide Vorgehensweisen unter Berücksichtigung der genannten Kriterien und Indikationen und den Limitationen dieser retrospektiven Studie als gleichwertige Behandlungskonzepte anzusehen

5. Zusammenfassung/Summary

Eine subgingivale Einheilphase galt in der dentalen Implantologie lange Zeit als Voraussetzung für eine erfolgreiche Osseointegration. Neuste Publikationen beweisen, dass unter Einhaltung bestimmter Bedingungen auch mit verkürzten Einheilzeiten oder Sofortversorgungen sehr gute Ergebnisse erreicht werden können.

Die Absicht dieser Studie war die Bewertung des Erfolges sofort- und spätversorgten XiVE®-Implantate in der Frontzahn- und Prämolarenregion. Dabei wurden sowohl klinische Erfolgsparameter als auch das periimplantäre Knochenniveau anhand der Röntgenbilder der Patienten beurteilt.

Die Grundhypothese dieser Dissertation ist, dass sich die Sofort- und Spätversorgung in der Frontzahn- und Prämolarenregion bezüglich ihres Erfolges und des radiologischen periimplantären Knochenabbaus nicht statistisch signifikant unterscheiden.

Folgende Nebenthesen wurden für diese Studie aufgestellt und untersucht:

- Implantatlänge und -durchmesser haben keinen Einfluss auf das periimplantäre Knochenniveau
- Die Implantationsregion hat keinen Einfluss auf das periimplantäre Knochenniveau
- Das Alter und das Geschlecht haben keinen Einfluss auf das periimplantäre Knochenniveau
- Die periimplantäre Augmentation hat keinen Einfluss auf das periimplantäre Knochenniveau

In der vorliegenden retrospektiven Studie konnten 163 Patienten mit 285 Implantaten eingeschlossen werden. Alle Implantate wurden im Zeitraum zwischen November 2003 und April 2015 inseriert. Abhängig von der Primärstabilität des Implantates erfolgte die anschließende Versorgung der Implantate anhand eines standardisierten Sofort- oder Spätversorgungsprotokoll.

Die Grundhypothese wurde bestätigt ($p = 0,683$, KI 95%). Optimale Ergebnisse wurden bei 203 (92,7 %) aller Implantate in der Sofortversorgungs- und 62 (92,5 %) aller Implantate in der Spätversorgungsgruppe erreicht.

Es lässt sich feststellen, dass ein erhöhtes Risiko bei sofortversorgten Implantaten im Unterkieferfrontbereich besteht. Es zeigt sich trotzdem für die oben genannten Nebenthesen keine statistische Signifikanz bezüglich des periimplantären Knochenabbaus (Implantatlänge $p = 0,217$, Implantatdurchmesser $p = 0,579$, Implantationsregion $p = 0,871$, Alter $p = 0,907$, Geschlecht $p = 0,33$, periimplantäre Augmentation $p = 0,276$). Es lässt sich nur eine Veränderung des periimplantären Knochenniveaus über die Zeit ($p < 0,001$) feststellen, der sich in einem linearen Abfall über den gesamten Untersuchungszeitraum darstellen lässt.

Abstract

In order for dental implants to achieve successful osseointegration, it was previously recommended to emphasize a stress-free healing period of three to six months. However, several recent studies have shown successful clinical results by either shortening the healing period time or by implementing an immediate loading protocol.

The purpose of this study was to evaluate the success and long-term outcomes of implementing both immediate and delayed loaded XiVE®-implants in the anterior and premolar sites.

The main hypothesis of this study is that the survival and success rate of immediately loaded implants is equal to the survival and success rate of delayed loaded implants in the anterior and premolar regions.

Other hypothesis of this study include the following:

- implant length and diameter do not have an influence on peri-implant bone level
- implant site does not have an influence on peri-implant bone level
- age and gender do not have an influence on peri-implant bone level
- peri-implant augmentation does not have an influence on peri-implant bone level

This study was designed as a single-center retrospective cohort study. Between November 2003 and April 2015, a total of 163 patients receiving 285 implants were investigated. Depending on the insertion torque of the implant, a standardized immediate or delayed loading protocol followed after implantation.

The main hypothesis was confirmed by the results ($p = 0,683$, KI 95%). Immediately loaded implants (92,7 %) are equal to delayed loaded implants (92,5 %) in success rate. According to the results, there was no statistically significant difference between the two.

Other parameters such as implant length ($p = 0,217$), implant diameter ($p = 0,579$), implant site ($p = 0,871$), age ($p = 0,907$), gender ($p = 0,33$) and peri-implant augmentation ($p = 0,276$) did not have a provable effect on the peri-implant bone level. In fact, it was shown that there was a linear decrease of peri-implant bone level ($p < 0,001$) during the investigation time.

In conclusion, immediate loading of dental implants may be a safe and more reliable treatment option for dental rehabilitation of anterior and premolar sites.

6. Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
BOP	bleeding on probing
CAL	klinisches Attachmentlevel
CBL	Crestal Bone Level
DGI	Deutsche Gesellschaft für Implantologie
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
DIB	Distance Implant Shoulder Bone Contact
Dr. med.	doctor medicinae
Dr. med. dent.	doctor medicinae dentariae
DVT	Digitale Volumetomographie
D1 – D4	Knochenqualität 1 - Knochenqualität 4
et al.	und andere
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
HA	Hydroxylapatit
ICOI	International Congress of Oral Implantologists
In vivo	Im Lebendigen
IS	Implant Shoulder
ISQ-Wert	Implantat-Stabilitäts-Quotient
ITI	International Team of Implantology
KEM	Knochenersatzmaterial

Abkürzungsverzeichnis

KI	Konfidenzintervall
µm	Mikrometer
mm	Millimeter
n	Anzahl
Nn.	Nervi
N/cm	Newton/Centimeter
OP	Operation
p	Signifikanz
TCA	Tricalciumphosphat
TPS	Titanplasma-spray
u.a.	unter anderem
UK	Unterkiefer
z.B.	zum Beispiel

7. Literaturverzeichnis

Abboud, M.; Koeck, B.; Stark, H.; Wahl, G.; Paillon, R. (2005): Immediate loading of single-tooth implants in the posterior region. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 20 (1), S. 61–68.

Albrektsson, T.; Brånemark, P. I.; Hansson, H. A.; Lindstrom, J. (1981): Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. In: *Acta Orthop Scand* 52 (2), S. 155–170.

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. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 1 (1), S. 11–25.

Al-Nawas, B.; Grötz, K.; Wahlmann, U. (2000): Rekonstruktion knöcherner und weichteiliger Implantatdefekte nach Verlust von Extensionsimplantaten., S. 185–189.

Altintas, N. Y.; Taskesen, F.; Bagis, B.; Baltacioglu, E.; Cezairli, B.; Senel, F. C. (2015): Immediate implant placement in fresh sockets versus implant placement in healed bone for full-arch fixed prostheses with conventional loading. In: *International journal of oral and maxillofacial surgery*. DOI: 10.1016/j.ijom.2015.09.011.

Augthun, M.; Mundt, T. (2008): Implantatprothetische Konzepte zur Ergänzung der verkürzten Zahnreihe. Hg. v. DGZMK. DZZ. Online verfügbar unter www.dgzmk.de/uploads/tx_szdgzmkdocuments/Implantatprothetische_Konzepte_zur_Ergaenzung_der_verkuerzten_Zahnreihe_.pdf, zuletzt geprüft am 06.10.2016.

Babbush, C. A. (1998): Guidelines for implant placement after immediate extraction. In: *Academy of Osseointegration, Academy News* 4 (9).

Babbush, C. A.; Kent, J. N.; Misiek, D. J. (1986): Titanium plasma-sprayed (TPS) screw implants for the reconstruction of the edentulous mandible. In: *J Oral Maxillofac Surg* 44 (4), S. 274–282.

Bachle, M.; Kohal, R. J. (2004): A systematic review of the influence of different titanium surfaces on proliferation, differentiation and protein synthesis of osteoblast-like MG63 cells. In: *Clinical oral implants research* 15 (6), S. 683–692. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2004.01054.x.

Balshi, T. J.; Wolfinger, G. J. (1997): Immediate loading of Brånemark implants in edentulous mandibles: a preliminary report. In: *Implant Dent* 6 (2), S. 83–88.

Barbier, L.; Schepers, E. (1997): Adaptive bone remodeling around oral implants under axial and nonaxial loading conditions in the dog mandible. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 12 (2), S. 215–223.

Becker, B. E.; Becker, W.; Ricci, A.; Geurs, N. (1998): A prospective clinical trial of endosseous screw-shaped implants placed at the time of tooth extraction without augmentation. In: *J Periodontol* 69 (8), S. 920–926. DOI: 10.1902/jop.1998.69.8.920.

- Behneke, A.; Behneke, N.; d'Hoedt, B. (2002): A 5-year longitudinal study of the clinical effectiveness of ITI solid-screw implants in the treatment of mandibular edentulism. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 17 (6), S. 799–810.
- Behrens, E.; Kolenda, I.; Terheyden, H.; Wiltfang, J. (2004): Langzeitergebnisse des ITI-implantatsystems. 2 (2004), S. 25.
- Berglundh, T.; Persson, L.; Klinge, B. (2002): A systematic review of the incidence of biological and technical complications in implant dentistry reported in prospective longitudinal studies of at least 5 years. In: *Journal of clinical periodontology* 29 Suppl 3, S. 197-212; discussion 232-3.
- Block, M. S.; Mercante, D. E.; Lirette, D.; Mohamed, W.; Ryser, M.; Castellon, P. (2009): Prospective evaluation of immediate and delayed provisional single tooth restorations. In: *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 67 (11 Suppl), S. 89–107. DOI: 10.1016/j.joms.2009.07.009.
- Boni, W.; Delle Donne, U.; Corradini, G.; Tettamanti, L.; Tagliabue, A. (2015): Short versus standard length implants: a case series analysis. In: *Journal of biological regulators and homeostatic agents* 29 (3 Suppl 1), S. 1–5.
- Bornstein, M. M.; Al-Nawas, B.; Kuchler, U.; Tahmaseb, A. (2014): Consensus statements and recommended clinical procedures regarding contemporary surgical and radiographic techniques in implant dentistry. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 29 Suppl, S. 78–82. DOI: 10.11607/jomi.2013.g1.
- Brägger, U. (1994): Radiographic parameters for the evaluation of peri-implant tissues. In: *Periodontology 2000* 4 (1), S. 87–97.
- Brånemark, P. I. (1983): Osseointegration and its experimental background. In: *J Prosthet Dent* 50 (3), S. 399–410.
- Brånemark, P. I.; Adell, R.; Breine, U.; Hansson, B. O.; Lindstrom, J.; Ohlsson, A. (1969): Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. In: *Scand J Plast Reconstr Surg* 3 (2), S. 81–100.
- Brånemark, P. I.; Hansson, B. O.; Adell, R.; Breine, U.; Lindstrom, J.; Hallen, O.; Ohman, A. (1977): Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. In: *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl* 16, S. 1–132.
- Brocard, D.; Barthet, P.; Baysse, E.; Duffort, J. F.; Eller, P.; Justumus, P. et al. (2000): A multicenter report on 1,022 consecutively placed ITI implants: a 7-year longitudinal study. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 15 (5), S. 691–700.
- Brunski, J. B. (1991): Influence of biomechanical factors at the bone-biomaterial interface. In: *Mechanical Effects on Interfacial Biology*, S. 391–405.
- Brunski, J. B. (1993): Avoid pitfalls of overloading and micromotion of intraosseous implants. In: *Dent Implantol Update* 4 (10), S. 77–81.
- Brunski, J. B. (1999): In vivo bone response to biomechanical loading at the bone/dental-implant interface. In: *Adv Dent Res* 13, S. 99–119.

- Buser, D.; Arx, T. von; Bruggenkate, C. ten; Weingart, D. (2000): Basic surgical principles with ITI implants. In: *Clin Oral Implants Res* 11 Suppl 1, S. 59–68.
- Buser, D.; Schenk, R. K.; Steinemann, S.; Fiorellini, J. P.; Fox, C. H.; Stich, H. (1991): Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants. A histomorphometric study in miniature pigs. In: *Journal of biomedical materials research* 25 (7), S. 889–902. DOI: 10.1002/jbm.820250708.
- Buser, D.; Weber, H. P.; Lang, N. P. (1990): Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. In: *Clin Oral Implants Res* 1 (1), S. 33–40.
- Canullo, L.; Fedele, G. R.; Iannello, G.; Jepsen, S. (2010): Platform switching and marginal bone-level alterations: the results of a randomized-controlled trial. In: *Clinical oral implants research* 21 (1), S. 115–121. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2009.01867.x.
- Cara-Fuentes, M.; Machuca-Ariza, J.; Ruiz-Martos, A.; Ramos-Robles, M-C; Martinez-Lara, I. (2016): Long-term outcome of dental implants after maxillary augmentation with and without bone grafting. In: *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal* 21 (2), S. e229-35.
- Cassetta, M. (2015): Immediate loading of implants inserted in edentulous arches using multiple mucosa-supported stereolithographic surgical templates: a 10-year prospective cohort study. In: *International journal of oral and maxillofacial surgery*. DOI: 10.1016/j.ijom.2015.12.001.
- Chen, S. T.; Darby, I. B.; Adams, G. G.; Reynolds, E. C. (2005): A prospective clinical study of bone augmentation techniques at immediate implants. In: *Clin Oral Implants Res* 16 (2), S. 176–184. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2004.01093.x.
- Chen, S. T.; Wilson, Thomas G. Jr; Hammerle, C. H F (2004): Immediate or early placement of implants following tooth extraction: review of biologic basis, clinical procedures, and outcomes. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 19 Suppl, S. 12–25.
- Chiapasco, M.; Gatti, C.; Rossi, E.; Haefliger, W.; Markwalder, T. H. (1997): Implant-retained mandibular overdentures with immediate loading. A retrospective multicenter study on 226 consecutive cases. In: *Clin Oral Implants Res* 8 (1), S. 48–57.
- Cochran, D. L.; Morton, D.; Weber, H.-P. (2004): Consensus statements and recommended clinical procedures regarding loading protocols for endosseous dental implants. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 19 Suppl, S. 109–113.
- Cochran, D. L.; Schenk, R. K.; Lussi, A.; Higginbottom, F. L.; Buser, D. (1998): Bone response to unloaded and loaded titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: a histometric study in the canine mandible. In: *Journal of biomedical materials research* 40 (1), S. 1–11.
- Cooper, L. F. (2000): A role for surface topography in creating and maintaining bone at titanium endosseous implants. In: *The Journal of prosthetic dentistry* 84 (5), S. 522–534. DOI: 10.1067/mpr.2000.111966.
- Corbella, S.; Taschieri, S.; Weinstein, R.; Del Fabbro, M. (2015): Histomorphometric outcomes after lateral sinus floor elevation procedure: a systematic review of the literature and meta-analysis. In: *Clinical oral implants research*. DOI: 10.1111/clr.12702.

Corradini, G.; Delle Donne, U.; Boni, W.; Tettamanti, L.; Tagliabue, A. (2015): Immediate versus delayed loading implants: rationale and controversies. In: *Journal of biological regulators and homeostatic agents* 29 (3 Suppl 1), S. 14–18.

Degidi, M.; Artese, L.; Scarano, A.; Perrotti, V.; Gehrke, P.; Piattelli, A. (2006): Inflammatory infiltrate, microvessel density, nitric oxide synthase expression, vascular endothelial growth factor expression, and proliferative activity in peri-implant soft tissues around titanium and zirconium oxide healing caps. In: *Journal of periodontology* 77 (1), S. 73–80. DOI: 10.1902/jop.2006.77.1.73.

Degidi, M.; Nardi, D.; Piattelli, A. (2015): 10-year prospective cohort follow-up of immediately restored XiVE implants. In: *Clinical oral implants research*. DOI: 10.1111/clr.12642.

Degidi, M.; Petrone, G.; Lezzi, G.; Piattelli, A. (2003): Histologic evaluation of 2 human immediately loaded and 1 titanium implants inserted in the posterior mandible and submerged retrieved after 6 months. In: *J Oral Implantol* 29 (5), S. 223–229. DOI: 10.1563/1548-1336(2003)029<0223:HEOHIL>2.3.CO;2.

Degidi, M.; Piattelli, A. (2003): Immediate functional and non-functional loading of dental implants: a 2- to 60-month follow-up study of 646 titanium implants. In: *J Periodontol* 74 (2), S. 225–241. DOI: 10.1902/jop.2003.74.2.225.

Degidi, M.; Piattelli, A. (2005): Comparative analysis study of 702 dental implants subjected to immediate functional loading and immediate nonfunctional loading to traditional healing periods with a follow-up of up to 24 months. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 20 (1), S. 99–107.

Degidi, M.; Piattelli, A.; Felice, P.; Carinci, F. (2005a): Immediate functional loading of edentulous maxilla: a 5-year retrospective study of 388 titanium implants. In: *J Periodontol* 76 (6), S. 1016–1024. DOI: 10.1902/jop.2005.76.6.1016.

Degidi, M.; Scarano, A.; Piattelli, M.; Perrotti, V.; Piattelli, A. (2005b): Bone remodeling in immediately loaded and unloaded titanium dental implants: a histologic and histomorphometric study in humans. In: *J Oral Implantol* 31 (1), S. 18–24. DOI: 10.1563/0-717.1.

den Hartog, L.; Slater, J. J R Huddleston; Vissink, A.; Meijer, H. J A; Raghoobar, G. M. (2008): Treatment outcome of immediate, early and conventional single-tooth implants in the aesthetic zone: a systematic review to survival, bone level, soft-tissue, aesthetics and patient satisfaction. In: *Journal of clinical periodontology* 35 (12), S. 1073–1086. DOI: 10.1111/j.1600-051X.2008.01330.x.

Dentsply Implants (2014a): Implantology Unlimited. XiVE®. Online verfügbar unter <http://www.dentsplyimplants.de/~media/M3%20Media/DENTSPLY%20IMPLANTS/Branding/1224634%20System%20Brochure%20XiVE.ashx?filetype=.pdf>, zuletzt geprüft am 20.07.2015.

Dentsply Implants (2014b): XiVE® Surgical Manual. Online verfügbar unter <http://www.dentsplyimplants.com/~media/M3%20Media/DENTSPLY%20IMPLANTS/1212111%20XiVE%20Surgical%20Manual.ashx?filetype=.pdf>, zuletzt geprüft am 10.05.2016.

Dentsply Implants (2014c): XiVE® Surgical Manual. Online verfügbar unter <http://www.dentsplyimplants.com/~media/M3%20Media/DENTSPLY%20IMPLANTS/1212111%20XiVE%20Surgical%20Manual.ashx?filetype=.pdf>

TS/1212111%20XiVE%20Surgical%20Manual.ashx?filetype=.pdf, zuletzt geprüft am 13.07.2015.

DGZMK; DGI (2005): Implantologie in der Zahnheilkunde. Wissenschaftliche Stellungnahme. Hg. v. D. G.I. DGZMK. DZZ. Online verfügbar unter www.dgzmk.de/uploads/tx_szdgzmkdocuments/ALT_Implantologie_in_der_Zahnheilkunde_2005.pdf?PHPSESSID=f04391b1c3fd70dd2524fab21c3280b9, zuletzt geprüft am 06.10.2016.

Di Iorio, D.; Traini, T.; Degidi, M.; Caputi, S.; Neugebauer, J.; Piattelli, A. (2005): Quantitative evaluation of the fibrin clot extension on different implant surfaces: an in vitro study. In: *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 74 (1), S. 636–642. DOI: 10.1002/jbm.b.30251.

Esposito, M.; Grusovin, M. G.; Polyzos, I. P.; Felice, P.; Worthington, H. V. (2010): Timing of implant placement after tooth extraction: immediate, immediate-delayed or delayed implants? A Cochrane systematic review. In: *European journal of oral implantology* 3 (3), S. 189–205.

Esposito, M.; Grusovin, M. G.; Worthington, H. V. (2012): Interventions for replacing missing teeth: treatment of peri-implantitis. In: *The Cochrane database of systematic reviews* 1, S. CD004970. DOI: 10.1002/14651858.CD004970.pub5.

Ferreira, C. F.; Buttendorf, A. R.; de Souza, J. G. O.; Dalago, H.; Guenther, S. F.; Bianchini, M. A. (2015): Prevalence of Peri-implant Diseases: Analyses of Associated Factors. In: *The European journal of prosthodontics and restorative dentistry* 23 (4), S. 199–206.

Fickl, S.; Zuhr, O.; Wachtel, H.; Bolz, W.; Huerzeler, M. (2008): Tissue alterations after tooth extraction with and without surgical trauma: a volumetric study in the beagle dog. In: *Journal of clinical periodontology* 35 (4), S. 356–363. DOI: 10.1111/j.1600-051X.2008.01209.x.

Fransson, C.; Lekholm, U.; Jemt, T.; Berglundh, T. (2005): Prevalence of subjects with progressive bone loss at implants. In: *Clinical oral implants research* 16 (4), S. 440–446. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2005.01137.x.

Frost, H. M. (1990): Skeletal structural adaptations to mechanical usage (SATMU): 1. Redefining Wolff's law: the bone modeling problem. In: *Anat Rec* 226 (4), S. 403–413. DOI: 10.1002/ar.1092260402.

Furhauser, R.; Mailath-Pokorny, G.; Haas, R.; Busenlechner, D.; Watzek, G.; Pommer, B. (2016): Immediate Restoration of Immediate Implants in the Esthetic Zone of the Maxilla Via the Copy-Abutment Technique: 5-Year Follow-Up of Pink Esthetic Scores. In: *Clinical implant dentistry and related research*. DOI: 10.1111/cid.12423.

Ganeles, J.; Rosenberg, M. M.; Holt, R. L.; Reichman, L. H. (2001): Immediate loading of implants with fixed restorations in the completely edentulous mandible: report of 27 patients from a private practice. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 16 (3), S. 418–426.

Ganeles, J.; Wismeijer, D. (2004): Early and immediately restored and loaded dental implants for single-tooth and partial-arch applications. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 19 Suppl, S. 92–102.

- Goldstein, M.; Boyan, B. D.; Schwartz, Z. (2002): The palatal advanced flap: a pedicle flap for primary coverage of immediately placed implants. In: *Clin Oral Implants Res* 13 (6), S. 644–650.
- Gómez-Román, G.; d'Hoedt, B.; Axmann, D.; Schulte, W. (1996a): Visual-metric measurement of periimplant bone defects on radiographs. In: *Z Zahnärztl Implantol* 12, S. 104–109.
- Gómez-Román, G.; Schröer, A.; Schäfer, I.; Möws, K.; Hilliges, A. (1999): Die Vermessung periimplantärer Knochendefekte auf Röntgenaufnahmen mit Hilfe der digitalen Bildbearbeitung. In: *Z Zahnärztl Implantol* 15, S. 133.
- Gómez-Román, G.; Schulte, W.; d'Hoedt, B.; Axman-Krcmar, D. (1996b): The Frialit-2 implant system: five-year clinical experience in single-tooth and immediately postextraction applications. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 12 (3), S. 299–309.
- Goodman, S.; Aspenberg, P. (1993): Effects of mechanical stimulation on the differentiation of hard tissues. In: *Biomaterials* 14 (8), S. 563–569.
- Gorla, L. F.; Spin-Neto, R.; Boos, F B D J; Pereira, R dos S; Garcia-Junior, I. R.; Hochuli-Vieira, E. (2015): Use of autogenous bone and beta-tricalcium phosphate in maxillary sinus lifting: a prospective, randomized, volumetric computed tomography study. In: *International journal of oral and maxillofacial surgery* 44 (12), S. 1486–1491. DOI: 10.1016/j.ijom.2015.07.003.
- Gräfin von Krockow (2012): Analyse der Überlebensrate kurzer dentaler Implantate < 10 mm. Dissertation. Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Düsseldorf. Klinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie. Online verfügbar unter <http://d-nb.info/103576623X/34>, zuletzt geprüft am 10.05.
- Grassi, F. R.; Capogreco, M.; Consonni, D.; Bilardi, G.; Buti, J.; Kalemaj, Z. (2015): Immediate occlusal loading of one-piece zirconia implants: five-year radiographic and clinical evaluation. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 30 (3), S. 671–680. DOI: 10.11607/jomi.3831.
- Guarnieri, R.; Belleggia, F.; Ippoliti, S.; DeVilliers, P.; Stefanelli, L. V.; Di Carlo, S.; Pompa, G. (2016): Clinical, Radiographic, and Histologic Evaluation of Maxillary Sinus Lift Procedure Using a Highly Purified Xenogenic Graft (Laddec((R))). In: *Journal of oral & maxillofacial research* 7 (1), S. e3. DOI: 10.5037/jomr.2016.7103.
- Hämmerle, C.; Araujo, M. G.; Simion, M. (2012): Evidence-based knowledge on the biology and treatment of extraction sockets. In: *Clinical oral implants research* 23 Suppl 5, S. 80–82. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2011.02370.x.
- Hämmerle, C.; Chen, S. T.; Wilson, T. G. Jr. (2004): Consensus statements and recommended clinical procedures regarding the placement of implants in extraction sockets. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 19 Suppl, S. 26–28.
- Harris, E. F. (2005): Tooth-Coding Systems in the Clinical Dental Setting. *Dental Anthropology* (18, 2).
- Heinemann, F.; Hasan, I.; Bourauel, C.; Biffar, R.; Mundt, T. (2015): Bone stability around dental implants: Treatment related factors. In: *Annals of anatomy = Anatomischer Anzeiger : official organ of the Anatomische Gesellschaft* 199, S. 3–8. DOI: 10.1016/j.aanat.2015.02.004.

- Heitz-Mayfield, L.J.A.; Huynh-Ba, G. (2009): History of treated periodontitis and smoking as risks for implant therapy. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 24 Suppl, S. 39–68.
- Henningsen, A.; Smeets, R.; Wahidi, A.; Kluwe, L.; Kornmann, F.; Heiland, M.; Gerlach, T. (2016): The feasibility of immediately loading dental implants in edentulous jaws. In: *Journal of periodontal & implant science* 46 (4), S. 234–243. DOI: 10.5051/jpis.2016.46.4.234.
- Hess, P.; Thiele, P. P.; Nentwig, G. H. (2007): Early loading and bone training of implants inserted by postdocs. In: *Clin Oral Implants Res* 18.
- Horiuchi, K.; Uchida, H.; Yamamoto, K.; Sugimura, M. (2000): Immediate loading of Branemark system implants following placement in edentulous patients: a clinical report. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 15 (6), S. 824–830.
- Hultin, M.; Fischer, J.; Gustafsson, A.; Kallus, T.; Klinge, B. (2000): Factors affecting late fixture loss and marginal bone loss around teeth and dental implants. In: *Clinical implant dentistry and related research* 2 (4), S. 203–208.
- Isidor, F. (1996): Loss of osseointegration caused by occlusal load of oral implants. A clinical and radiographic study in monkeys. In: *Clinical oral implants research* 7 (2), S. 143–152.
- Isidor, F. (1997): Histological evaluation of peri-implant bone at implants subjected to occlusal overload or plaque accumulation. In: *Clinical oral implants research* 8 (1), S. 1–9.
- Jahn, M.; d’Hoedt, B. (1992): Zur Definition des Erfolges bei dentalen Implantaten. In: *Z Zahnärztl Implantol* 8, S. 221–226.
- Jung, R. E.; Pjetursson, B. E.; Glauser, R.; Zembic, A.; Zwahlen, M.; Lang, N. P. (2008): A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns. In: *Clinical oral implants research* 19 (2), S. 119–130. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2007.01453.x.
- Kaplan, E. L.; Meier, P. (1958): Nonparametric estimation from incomplete observations. In: *Journal of the American statistical association* 53 (282), S. 457–481.
- Kappert, H. F.; Eichner, K. (Hg.) (2005): Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung.: Georg Thieme Verlag (Grundlagen und Verarbeitung, 1).
- Kawahara, H. (1983): Cellular responses to implant materials: biological, physical and chemical factors. In: *International dental journal* 33 (4), S. 350–375.
- Khang, W.; Feldman, S.; Hawley, C. E.; Gunsolley, J. (2001): A multi-center study comparing dual acid-etched and machined-surfaced implants in various bone qualities. In: *Journal of periodontology* 72 (10), S. 1384–1390. DOI: 10.1902/jop.2001.72.10.1384.
- Khoury, F. (1999): Augmentation of the sinus floor with mandibular bone block and simultaneous implantation: a 6-year clinical investigation. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 14 (4), S. 557–564.
- Kieswetter, K.; Schwartz, Z.; Dean, D. D.; Boyan, B. D. (1996): The role of implant surface characteristics in the healing of bone. In: *Critical reviews in oral biology and medicine : an official publication of the American Association of Oral Biologists* 7 (4), S. 329–345.

- King, G. N.; Hermann, J. S.; Schoolfield, J. D.; Buser, D.; Cochran, D. L. (2002): Influence of the size of the microgap on crestal bone levels in non-submerged dental implants: a radiographic study in the canine mandible. In: *Journal of periodontology* 73 (10), S. 1111–1117. DOI: 10.1902/jop.2002.73.10.1111.
- Knaf, C. (2008): "Die arterielle Versorgung des Ober- und Unterkieferknochens - mikroskopisch und makroskopisch". Dissertation. Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Universitätsklinikum Münster. Institut für Anatomie. Online verfügbar unter http://www.med-college.de/de/downloads/Arterien_Oberkiefer_Unterkiefer_diss_knaf.pdf, zuletzt geprüft am 13.09.2016.
- Kohal, R.-J.; Papavasiliou, G.; Kamposiora, P.; Tripodakis, A.; Strub, J. R. (2002): Three-dimensional computerized stress analysis of commercially pure titanium and yttrium-partially stabilized zirconia implants. In: *The International journal of prosthodontics* 15 (2), S. 189–194.
- Koldsland, O. C.; Scheie, A. A.; Aass, A. M. (2010): Prevalence of peri-implantitis related to severity of the disease with different degrees of bone loss. In: *Journal of periodontology* 81 (2), S. 231–238. DOI: 10.1902/jop.2009.090269.
- Kornmann, F. (2010): Sofortige provisorische Versorgung bzw. Belastung nach Sofort-und/oder Spätimplantation. In: *Quintessenz* 61 (6), S. 699–707.
- Korsch, M.; Obst, U.; Walther, W. (2014): Cement-associated peri-implantitis: a retrospective clinical observational study of fixed implant-supported restorations using a methacrylate cement. In: *Clinical oral implants research* 25 (7), S. 797–802. DOI: 10.1111/clr.12173.
- Krennmair, G.; Waldenberger, O. (2004): Clinical analysis of wide-diameter frialit-2 implants. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 19 (5), S. 710–715.
- Lang, N. P.; Mombelli, A.; Tonetti, M. S.; Bragger, U.; Hammerle, C. H. (1997): Clinical trials on therapies for peri-implant infections. In: *Annals of periodontology / the American Academy of Periodontology* 2 (1), S. 343–356. DOI: 10.1902/annals.1997.2.1.343.
- Lang, N. P.; Pun, L.; Lau, K. Y.; Li, K. Y.; Wong, M. C M (2012): A systematic review on survival and success rates of implants placed immediately into fresh extraction sockets after at least 1 year. In: *Clin Oral Implants Res* 23 Suppl 5, S. 39–66. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2011.02372.x.
- Lautenschlager, E. P.; Monaghan, P. (1993): Titanium and titanium alloys as dental materials. In: *International dental journal* 43 (3), S. 245–253.
- Lazzara, R. J. (1989): Immediate implant placement into extraction sites: surgical and restorative advantages. In: *Int J Periodontics Restorative Dent* 9 (5), S. 332–343.
- Ledermann, P. D. (1984): Das TPS-Schraubeimplantat nach siebenjähriger Anwendung. In: *Quintessenz* 30, S. 1–11.
- Leonhardt, A.; Dahlen, G.; Renvert, S. (2003): Five-year clinical, microbiological, and radiological outcome following treatment of peri-implantitis in man. In: *Journal of periodontology* 74 (10), S. 1415–1422. DOI: 10.1902/jop.2003.74.10.1415.
- Linkevicius, T.; Puisys, A.; Vindasiute, E.; Linkeviciene, L.; Apse, P. (2013): Does residual cement around implant-supported restorations cause peri-implant

- disease? A retrospective case analysis. In: *Clinical oral implants research* 24 (11), S. 1179–1184. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2012.02570.x.
- Linkow, L. I.; Rinaldi, A. W.; Weiss, W. W.; Smith, G. H. (1990): Factors influencing long-term implant success. In: *The Journal of prosthetic dentistry* 63 (1), S. 64–73.
- Listgarten, M. A. (1997): Clinical trials of endosseous implants: issues in analysis and interpretation. In: *Annals of periodontology / the American Academy of Periodontology* 2 (1), S. 299–313. DOI: 10.1902/annals.1997.2.1.299.
- Lundgren, S.; Moy, P.; Johansson, C.; Nilsson, H. (1996): Augmentation of the maxillary sinus floor with particulated mandible: a histologic and histomorphometric study. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 11 (6), S. 760–766.
- Malo, P.; de Araujo Nobre, M.; Lopes, A.; Ferro, A.; Gravito, I. (2015): Single-Tooth Rehabilitations Supported by Dental Implants Used in an Immediate-Provisionalization Protocol: Report on Long-Term Outcome with Retrospective Follow-Up. In: *Clinical implant dentistry and related research* 17 Suppl 2, S. e511-9. DOI: 10.1111/cid.12278.
- Margonar, R.; Queiroz, T. P.; Marcantonio, E.; Luvizuto, E. R.; Faloni, Ana Paula de Souza; Betoni, W. [JR]; Gasparini, M. (2014): Rehabilitation of the maxillary arch after bone graft using immediate loading with implant-supported fixed restoration. In: *The Journal of craniofacial surgery* 25 (1), S. e44-8. DOI: 10.1097/SCS.0b013e3182a2ee9a.
- Maryod, W. H.; Ali, S. M.; Shawky, A. F. (2014): Immediate versus early loading of mini-implants supporting mandibular overdentures: a preliminary 3-year clinical outcome report. In: *The International journal of prosthodontics* 27 (6), S. 553–560. DOI: 10.11607/ijp.3845.
- Misch, C. E. (1990): Density of bone: effect on treatment plans, surgical approach, healing, and progressive boen loading. In: *The International journal of oral implantology : implantologist* 6 (2), S. 23–31.
- Misch, C. E.; Perel, M. L.; Wang, H.-L.; Sammartino, G.; Galindo-Moreno, P.; Trisi, P. et al. (2008): Implant success, survival, and failure: the International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference. In: *Implant Dent* 17 (1), S. 5–15. DOI: 10.1097/ID.0b013e3181676059.
- Mombelli, A.; Lang, N. P. (1994): Clinical parameters for the evaluation of dental implants. In: *Periodontology 2000* 4, S. 81–86.
- Mombelli, A.; Lang, N. P. (1998): The diagnosis and treatment of peri-implantitis. In: *Periodontology 2000* 17, S. 63–76.
- Morra, M. (2007): Biomolecular modification of implant surfaces. In: *Expert review of medical devices* 4 (3), S. 361–372. DOI: 10.1586/17434440.4.3.361.
- Mura, P. (2012): Immediate loading of tapered implants placed in postextraction sockets: retrospective analysis of the 5-year clinical outcome. In: *Clinical implant dentistry and related research* 14 (4), S. 565–574. DOI: 10.1111/j.1708-8208.2010.00297.x.
- Neugebauer, J. (2003): Qualitative evaluation of collagen fiber orientation and secondary osteons in peri-implant bone tissue around loaded and unloaded

implants in the mini-pig. In: *81st General Session of the International Association for Dental Research*.

Neugebauer, J.; Karapetian, V. E.; Scheer, M.; Schmitt, C. O.; Haessler, D.; Zöller, J. E. (2005): Definition, Indikation und Vorgehen bei der Sofortimplantologie. In: *ZWR-Das Deutsche Zahnärzteblatt* 114 (12), S. 567–572.

Neugebauer, J.; Weinlander, M.; Lekovic, V.; von Berg, K.-H. L.; Zoeller, J. E. (2009): Mechanical stability of immediately loaded implants with various surfaces and designs: a pilot study in dogs. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 24 (6), S. 1083–1092.

Neukam, F. W.; Schlegel, K. A.; Lutz, R. (Hg.) (2013): *Implantologie. Facharztwissen Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*: Springer Berlin Heidelberg.

Nölken, R.; Wagner, W. (2010): Verzögerte Sofortimplantation bei ausgeprägtem Kammdefekt. Mit simultaner Hart- und Weichgewebsaugmentation sowie provisorischer Sofortversorgung. In: *Implantologie* 18 (4), S. 429–439.

Ormianer, Z.; Palti, A.; Shifman, A. (2006): Survival of immediately loaded dental implants in deficient alveolar bone sites augmented with beta-tricalcium phosphate. In: *Implant dentistry* 15 (4), S. 395–403. DOI: 10.1097/01.id.0000239316.82325.8c.

Ortega-Martinez, J.; Perez-Pascual, T.; Mareque-Bueno, S.; Hernandez-Alfaro, F.; Ferrer-Padro, E. (2012): Immediate implants following tooth extraction. A systematic review. In: *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 17 (2), S. e251-61.

Paolantoni, G.; Marenzi, G.; Fusco, A.; Sammartino, G. (2007): Implant rehabilitation of central incisor: a staged approach. In: *Implant Dent* 16 (4), S. 349–355. DOI: 10.1097/ID.0b013e3181570770.

Peron, C.; Romanos, G. (2016): Immediate Placement and Occlusal Loading of Single-Tooth Restorations on Partially Threaded, Titanium-Tantalum Combined Dental Implants: 1-Year Results. In: *The International journal of periodontics & restorative dentistry* 36 (3), S. 393–399. DOI: 10.11607/prd.2583.

Pilliar, R. M.; Deporter, D. A.; Watson, P. A.; Valiquette, N. (1991): Dental implant design--effect on bone remodeling. In: *Journal of biomedical materials research* 25 (4), S. 467–483. DOI: 10.1002/jbm.820250405.

Pjetursson, B. E.; Bragger, U.; Lang, N. P.; Zwahlen, M. (2007): Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported FDPs and single crowns (SCs). In: *Clinical oral implants research* 18 Suppl 3, S. 97–113. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2007.01439.x.

Polizzi, G.; Grunder, U.; Goene, R.; Hatano, N.; Henry, P.; Jackson, W. J. et al. (2000): Immediate and delayed implant placement into extraction sockets: a 5-year report. In: *Clin Implant Dent Relat Res* 2 (2), S. 93–99.

Pozzi, A.; Mura, P. (2016): Immediate Loading of Conical Connection Implants: Up-to-2-Year Retrospective Clinical and Radiologic Study. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 31 (1), S. 142–152. DOI: 10.11607/jomi.4061.

Quirynen, M.; van Assche, N.; Botticelli, D.; Berglundh, T. (2007): How does the timing of implant placement to extraction affect outcome? In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 22 Suppl, S. 203–223.

- Raghavendra, S.; Wood, M. C.; Taylor, T. D. (2005): Early wound healing around endosseous implants: a review of the literature. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 20 (3), S. 425–431.
- Rammelsberg, P.; Lorenzo-Bermejo, J.; Kappel, S. (2016): Effect of prosthetic restoration on implant survival and success. In: *Clinical oral implants research*. DOI: 10.1111/clr.12974.
- Rinke, S.; Ohl, S.; Ziebolz, D.; Lange, K.; Eickholz, P. (2011): Prevalence of periimplant disease in partially edentulous patients: a practice-based cross-sectional study. In: *Clinical oral implants research* 22 (8), S. 826–833. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2010.02061.x.
- Rocuzzo, M.; Bunino, M.; Prioglio, F.; Bianchi, S. D. (2001): Early loading of sandblasted and acid-etched (SLA) implants: a prospective split-mouth comparative study. In: *Clinical oral implants research* 12 (6), S. 572–578.
- Romanos, G. (2003): Sofortbelastung von enossalen Implantaten im Seitenzahnbereich des Unterkiefers. In: *Dissertation*.
- Romanos, G. E. (2004): Present status of immediate loading of oral implants. In: *J Oral Implantol* 30 (3), S. 189–197. DOI: 10.1563/1548-1336(2004)30<189:PSOILO>2.0.CO;2.
- Romanos, G. E.; Toh, C. G.; Siar, C. H.; Wicht, H.; Yacoob, H.; Nentwig, G.-H. (2003): Bone-implant interface around titanium implants under different loading conditions: a histomorphometrical analysis in the *Macaca fascicularis* monkey. In: *J Periodontol* 74 (10), S. 1483–1490. DOI: 10.1902/jop.2003.74.10.1483.
- Romeo, E.; Ghisolfi, M.; Murgolo, N.; Chiapasco, M.; Lops, D.; Vogel, G. (2005): Therapy of peri-implantitis with resective surgery. A 3-year clinical trial on rough screw-shaped oral implants. Part I: clinical outcome. In: *Clinical oral implants research* 16 (1), S. 9–18. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2004.01084.x.
- Roos-Jansaker, A. M.; Lindahl, C.; Renvert, H.; Renvert, S. (2006a): Nine- to fourteen-year follow-up of implant treatment. Part I: implant loss and associations to various factors. In: *Journal of clinical periodontology* 33 (4), S. 283–289. DOI: 10.1111/j.1600-051X.2006.00907.x.
- Roos-Jansaker, A. M.; Lindahl, C.; Renvert, H.; Renvert, S. (2006b): Nine- to fourteen-year follow-up of implant treatment. Part II: presence of peri-implant lesions. In: *Journal of clinical periodontology* 33 (4), S. 290–295. DOI: 10.1111/j.1600-051X.2006.00906.x.
- Roos-Jansaker, A.-M.; Renvert, S.; Egelberg, J. (2003): Treatment of peri-implant infections: a literature review. In: *Journal of clinical periodontology* 30 (6), S. 467–485.
- Rosenberg, E. S.; Torosian, J. P.; Slots, J. (1991): Microbial differences in 2 clinically distinct types of failures of osseointegrated implants. In: *Clinical oral implants research* 2 (3), S. 135–144.
- Rouck, T. de; Collys, K.; Cosyn, J. (2008a): Immediate single-tooth implants in the anterior maxilla: a 1-year case cohort study on hard and soft tissue response. In: *J Clin Periodontol* 35 (7), S. 649–657. DOI: 10.1111/j.1600-051X.2008.01235.x.
- Rouck, T. de; Collys, K.; Cosyn, J. (2008b): Single-tooth replacement in the anterior maxilla by means of immediate implantation and provisionalization: a

- review. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 23 (5), S. 897–904.
- Sakoh, J.; Wahlmann, U.; Stender, E.; Nat, R.; Al-Nawas, B.; Wagner, W. (2006): Primary stability of a conical implant and a hybrid, cylindrical screw-type implant in vitro. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 21 (4), S. 560–566.
- Salama, H.; Rose, L. F.; Salama, M.; Betts, N. J. (1995): Immediate loading of bilaterally splinted titanium root-form implants in fixed prosthodontics—a technique reexamined: two case reports. In: *Int J Periodontics Restorative Dent* 15 (4), S. 344–361.
- 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. In: *Clin Oral Implants Res* 16 (6), S. 657–666. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2005.01168.x.
- Sarmast, N. D.; Wang, H. H.; Soldatos, N. K.; Angelov, N.; Dorn, S.; Yukna, R.; Iacono, V. J. (2016): A Novel Treatment Decision Tree and Literature Review of Retrograde Peri-implantitis. In: *Journal of periodontology*, S. 1–17. DOI: 10.1902/jop.2016.160219.
- Schliephake, H. (2012): Sofortimplantation. In: *Der Freie Zahnarzt* 56 (3), S. 69–75.
- Schnitman, P. A.; Shulman, L. B. (1980): NIH-Harvard Consensus Development Conference. Dental implants: benefit and risk. In: *HHS Summaries. DHHS (NIH)* 81, S. 1531.
- Schnitman, P. A.; Wöhrle, P. S.; Rubenstein, J. E.; DaSilva, J. D.; Wang, N. H. (1997): Ten-year results for Brånemark implants immediately loaded with fixed prostheses at implant placement. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 12 (4), S. 495–503.
- Schulte, W.; dHoedt, B.; Axmann, D.; Gomez, G. (1992): The first 15 years of the Tübinger implant and its further development to the FRIALIT-2 system. In: *Sonderdruck, Z Zahnärztl Implantologie* 8 (2).
- Schulte, W.; d'Hoedt, B. (1986): 10 Jahre Tübinger Implantat aus Frialit® - Weitere Ergebnisse. In: *Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie* 3 (13), S. 167–172.
- Schulte, W.; Heimke, G. (1976): The Tübinger immediate implant. In: *Quintessenz* 27 (6), S. 17–23.
- Schulte, W.; Kleineikenscheidt, H.; Lindner, K.; Schareyka, R. (1978): The Tübingen immediate implant in clinical studies. In: *Dtsch Zahnärztl Z* 33 (5), S. 348–359.
- Schultze-Mosgau, S.; Schliephake, H.; Radespiel-Troger, M.; Neukam, F. W. (2000): Osseointegration of endodontic endosseous cones: zirconium oxide vs titanium. In: *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics* 89 (1), S. 91–98.
- Schwartz, Z.; Boyan, B. D. (1994): Underlying mechanisms at the bone-biomaterial interface. In: *Journal of cellular biochemistry* 56 (3), S. 340–347. DOI: 10.1002/jcb.240560310.

- Schwartz-Arad, D.; Chaushu, G. (1997): The ways and wherefores of immediate placement of implants into fresh extraction sites: a literature review. In: *Journal of periodontology* 68 (10), S. 915–923. DOI: 10.1902/jop.1997.68.10.915.
- Schwarz, F.; Becker, J. (2007): Periimplantäre Entzündungen. Ätiologie, Pathogenese, Diagnostik und aktuelle Therapiekonzepte. In: *Quintessenz*.
- Schwarz, F.; Papanicolau, P.; Rothamel, D.; Beck, B.; Hertel, M.; Becker, J. (2006): Influence of plaque biofilm removal on reestablishment of the biocompatibility of contaminated titanium surfaces. In: *Journal of biomedical materials research. Part A* 77 (3), S. 437–444. DOI: 10.1002/jbm.a.30628.
- Shapoff, Cary A.; Lahey, Brent J. (2012): Crestal bone loss and the consequences of retained excess cement around dental implants. In: *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, N.J. : 1995)* 33 (2), S. 94-6, 98-101; quiz 102, 112.
- Shiffler, K.; Lee, D.; Rowan, M.; Aghaloo, T.; Pi-Anfruns, J.; Moy, P. K. (2016): Effect of length, diameter, intraoral location on implant stability. In: *Oral surgery, oral medicine, oral pathology and oral radiology*. DOI: 10.1016/j.oooo.2016.06.016.
- Smeets, R.; Henningsen, A.; Jung, O.; Heiland, M.; Hammacher, C.; Stein, J. M. (2014): Definition, etiology, prevention and treatment of peri-implantitis--a review. In: *Head & face medicine* 10, S. 34. DOI: 10.1186/1746-160X-10-34.
- Smith, D. E.; Zarb, G. A. (1989): Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. In: *The Journal of prosthetic dentistry* 62 (5), S. 567–572.
- Sollazzo, V.; Palmieri, A.; Pezzetti, F.; Bignozzi, C. A.; Argazzi, R.; Massari, L. et al. (2008a): Genetic effect of zirconium oxide coating on osteoblast-like cells. In: *Journal of biomedical materials research. Part B, Applied biomaterials* 84 (2), S. 550–558. DOI: 10.1002/jbm.b.30903.
- Sollazzo, V.; Pezzetti, F.; Scarano, A.; Piattelli, A.; Bignozzi, C. A.; Massari, L. et al. (2008b): Zirconium oxide coating improves implant osseointegration in vivo. In: *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials* 24 (3), S. 357–361. DOI: 10.1016/j.dental.2007.06.003.
- 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. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 10 (2), S. 231–243.
- Spörlein, E.; Stein, R. (1987): Nachuntersuchung von 100 Tübinger Sofortimplantaten unter Berücksichtigung der parodontalen Situation, der Belastung und der knöchernen Integration. In: *Zeitschrift für Zahnärztliche Implantologie* 3, S. 13–17.
- Stegaroiu, R.; Kusakari, H.; Nishiyama, S.; Miyakawa, O. (1998): Influence of prosthesis material on stress distribution in bone and implant: a 3-dimensional finite element analysis. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 13 (6), S. 781–790.
- Stejskal, J.; Stejskal, V. (1999): The role of metals in autoimmunity and the link to neuroendocrinology. In: *Neuro endocrinology letters* 20 (6), S. 351–364.
- Stejskal, V.; Danersund, A.; Lindvall, A.; Hudecek, R.; Nordman, V.; Yaqob, A. et al. (1999): Metal-specific lymphocytes: biomarkers of sensitivity in man. In: *Neuro endocrinology letters* 20 (5), S. 289–298.

- Strid, K. G. (1985): Radiographic results. Tissue-integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry. In: *Chicago: Quintessence* 187.
- Szmukler-Moncler, S.; Piattelli, A.; Favero, G. A.; Dubruille, J. H. (2000): Considerations preliminary to the application of early and immediate loading protocols in dental implantology. In: *Clin Oral Implants Res* 11 (1), S. 12–25.
- Szmukler-Moncler, S.; Salama, H.; Reingewirtz, Y.; Dubruille, J. H. (1998): Timing of loading and effect of micromotion on bone-dental implant interface: review of experimental literature. In: *Journal of biomedical materials research* 43 (2), S. 192–203.
- Tarnow, D. P.; Emtiaz, S.; Classi, A. (1997): Immediate loading of threaded implants at stage 1 surgery in edentulous arches: ten consecutive case reports with 1- to 5-year data. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 12 (3), S. 319–324.
- Tarnow, D. P.; Eskow, R. N. (1995): Considerations for single-unit esthetic implant restorations. In: *Compend Contin Educ Dent* 16 (8), S. 778, 780, 782-4 passim; quiz 788.
- Telleman, G.; Meijer, H. J A; Raghoobar, G. M. (2006): Long-term evaluation of hollow screw and hollow cylinder dental implants: clinical and radiographic results after 10 years. In: *Journal of periodontology* 77 (2), S. 203–210. DOI: 10.1902/jop.2006.040346.
- Telleman, G.; Raghoobar, G. M.; Vissink, A.; den Hartog, L.; Huddleston Slater, J. J R; Meijer, H. J A (2011): A systematic review of the prognosis of short (In: *Journal of clinical periodontology* 38 (7), S. 667–676. DOI: 10.1111/j.1600-051X.2011.01736.x.
- Terheyden, H. (2006): Rekonstruktion und verzögerte Sofortrekonstruktion der Extraktionsalveole. In: *Implantologie* 14 (4), S. 365–375.
- Tetsch, P.; Ackermann, K. L.; Behneke, N.; Galandi, M.; Geis-Gerstorfer, J.; Kerschbaum, T. H.; Schulte, W. (1990): Konsensus-Konferenz zur Implantologie, 18.10. 1989 in Mainz. In: *Z Zahnärztl Implantol* 6, S. 5–14.
- Trisi, P.; Todisco, M.; Consolo, U.; Travaglini, D. (2011): High versus low implant insertion torque: a histologic, histomorphometric, and biomechanical study in the sheep mandible. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 26 (4), S. 837–849.
- Venza, I.; Visalli, M.; Cucinotta, M.; Grazia, G. de; Teti, D.; Venza, M. (2010): Proinflammatory gene expression at chronic periodontitis and peri-implantitis sites in patients with or without type 2 diabetes. In: *Journal of periodontology* 81 (1), S. 99–108. DOI: 10.1902/jop.2009.090358.
- Vigolo, Paolo; Givani, Andrea; Majzoub, Zeina; Cordioli, Giampiero (2004): Cemented versus screw-retained implant-supported single-tooth crowns: a 4-year prospective clinical study. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 19 (2), S. 260–265.
- Wagner, W.; Al-Nawas, B. (2004): Implantatmaterialien und Konstruktionsprinzipien der Implantate aus chirurgischer Sicht. In: *Praxis der Zahnheilkunde*.
- Watzek, G.; Haider, R.; Mensdorff-Pouilly, N.; Haas, R. (1995): Immediate and delayed implantation for complete restoration of the jaw following extraction of all

residual teeth: a retrospective study comparing different types of serial immediate implantation. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 10 (5), S. 561–567.

Weingart, D.; Steinemann, S.; Schilli, W.; Strub, J. R.; Hellerich, U.; Assenmacher, J.; Simpson, J. (1994): Titanium deposition in regional lymph nodes after insertion of titanium screw implants in maxillofacial region. In: *International journal of oral and maxillofacial surgery* 23 (6 Pt 2), S. 450–452.

Wennström, J. L.; Palmer, R. M. (1999): Consensus report of session C. In Proceedings of the 3rd European Workshop on Periodontology. In: *Berlin: Quintessenz*, S. 255–259.

Wijs, F. de; Cune, M. S. (1997): Immediate labial contour restoration for improved esthetics: a radiographic study on bone splitting in anterior single-tooth replacement. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 12 (5), S. 686–696.

Wilson Jr, T. G.; Thomas, G.; Weber, H. P. (1993): Classification of and Therapy for Areas of Deficient Bony Housing Prior to Dental Implant Placement. In: *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry* 13 (5), S. 451–459.

Witzel, U.; Preuschoft, H. (2002): Function-dependent shape characteristics of the human skull. In: *Anthropologischer Anzeiger* 60 (2), S. 113–135.

Zitzmann, N. U.; Berglundh, T.; Marinello, C. P.; Lindhe, J. (2001): Experimental peri-implant mucositis in man. In: *Journal of clinical periodontology* 28 (6), S. 517–523.

8. Danksagung

Bei Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Ralf Smeets bedanke ich mich dafür, dass er diese Dissertation ermöglicht hat.

Dr. med. Dr. med. dent. Anders Hennigsen gilt ein ganz besonderer Dank für die Betreuung und Hilfe während der ganzen Durchführung dieser Arbeit.

Für die Bereitstellung der Daten und für die Betreuung in der Oralchirurgischen Praxis in Oppenheim möchte ich mich ganz herzlich bei Dr. Till Gerlach und Dr. Frank Kornmann bedanken.

Nicht zuletzt möchte ich mich bei meiner Familie und insbesondere auch bei meinen Eltern (Sung Köppen und Dr. Kurt Köppen) bedanken, die meine Ausbildung ermöglicht und die Durchführung dieses Projekts mit großem Interesse verfolgt haben.

Eidesstattliche Versicherung

9. Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Unterschrift: