

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie

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

Untersuchung der Erfolgsparameter von sofortversorgten Implantaten - retrospektive Studie eines Sofortbelastungsprotokolls

Dissertation

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

vorgelegt von:

Nicola Juranek

aus Bitburg

Hamburg 2016

**Angenommen von der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 27.01.2017**

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

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. R. Smeets

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

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	5
1.1	Osseointegration	5
1.2	Bedeutung der Sofortversorgung enossaler Implantate	7
1.3	Definition der Sofortversorgung	10
1.4	Verwendetes Implantatsystem	11
2	Fragestellung und Hypothesen	13
3	Material und Methoden	14
3.1	Patientenpool	14
3.1.1	Einschlusskriterien	14
3.1.2	Ausschlusskriterien	14
3.2	Dokumentation	15
3.3	Das Behandlungskonzept	15
3.3.1	Chirurgisches Protokoll	16
3.3.2	Belastungsprotokolle	19
3.4	Erhebung der Daten	22
3.5	Erfolgsrate	24
3.6	Statistische Auswertung	26
4	Ergebnisse	27
4.1	Patientenkollektiv	27
4.2	Auswertung der implantat bezogenen Daten	28
4.3	Augmentationen	31
4.4	Recall-Zeitpunkte	32
4.5	Implantaterfolg	34
4.6	Auswertung des Knochenniveaus	36

4.7	Auswertung des Knochenverlusts	38
4.8	Analyse der Knochenverluste	42
4.8.1	Geschlecht	42
4.8.2	Alter	43
4.8.3	Belastungszeitpunkt	44
4.8.4	Implantationszeitpunkt	46
4.8.5	Implantatlokalisierung	50
4.8.6	Untersuchungszeitraum	52
5	Diskussion	55
5.1	Statistik	55
5.2	Belastungsprotokoll	57
5.3	Knochenabbau	59
5.4	Erfolgsrate	61
5.5	Schlussfolgerung	68
6	Zusammenfassung	69
7	Abbildungsverzeichnis	71
8	Tabellenverzeichnis	72
9	Literaturverzeichnis	74
10	Danksagung	82
11	Eidesstattliche Versicherung	83

1 Einleitung

Dentale Implantate als künstliche Zahnwurzeln wurden seit Anbeginn der Menschheit in verschiedener Form als Ersatz fehlender Zähne genutzt (Abraham 2014). Handelte es sich zu Anfang noch um Zahntransplantationen homologer, autologer oder heterologer Art, wurden im weiteren Verlauf vermehrt Materialien wie Gold, Kautschuk, Elfenbein oder Porzellan verwendet (Arnaudow and Garlichs 1972).

Den enossalen Implantaten wie sie heute genutzt werden wendete man sich in den 1970er Jahren vermehrt zu. Dentale Implantate als Ersatz der natürlichen Zähne sind heutzutage als berechenbares Standardverfahren anzusehen (Weber, Crohin et al. 2000, Leonhardt, Grondahl et al. 2002, Rasmusson, Roos et al. 2005, Pjetursson, Thoma et al. 2012).

1.1 Osseointegration

Ziel einer dentalen Implantation ist immer eine gesicherte Osseointegration, die ursprünglich von Branemark 1977 als Bedeckung der Implantatfläche mit Knochen definiert wurde (Branemark, Hansson et al. 1977). Laut Branemark ist ein Implantat osseointegriert, wenn eine direkte strukturelle und funktionelle Anlagerung von geordnetem, lebendem Knochen an der Oberfläche eines belasteten Implantates ohne den lichtmikroskopischen Nachweis von Weichgewebe vorliegt und die knöcherne Verbindung unter Belastung erhalten bleibt.

Großen Einfluss hierauf hat neben der suffizienten Blutversorgung des Implantatbettes und dem fehlenden Wachstum von Bindegewebe am Interface vor allem die Stabilität des Implantates gleich nach der Implantation (Schenk and Buser 1998), welche wiederum von vielerlei Faktoren abhängig ist. Sie wird anhand des Eindrehwiderstandes bei Implantatinsertion gemessen und als Primärstabilität bezeichnet. Diese erwies sich als primäre Voraussetzung für die

Osseointegration (De Bruyn, Raes et al. 2014). Eine gute Primärstabilität ermöglicht die Reduktion von Mikrobewegungen des belasteten Implantates während der Einheilzeit, welche laut Brunski bei Überschreitung von 100 µm eine bindegewebige Einheilung verursachen können (Brunski 1992, Brunski 1993). Szmukler-Moncler et al. konnten in ihren Untersuchungen jedoch belegen, dass auch Mikrobewegungen bis 150µm auftreten können, ohne die knöcherne Einheilung zu verhindern (Szmukler-Moncler, Piattelli et al. 2000). Vandamme et al. zeigten anhand eines Tiermodells, bei dem Implantate in die Tibia von Kaninchen inseriert wurden, dass Mikrobewegungen in einem Umfang von 30µm Mikrofrakturen verursachten, die zu einer Anpassung des Knochens an die erhöhte Belastung führten und periimplantär eine Verbesserung der Knochenstruktur hervorbrachten (Vandamme, Naert et al. 2007).

Verschiedene Studien belegen weiterhin, dass es durch eine Sofortbelastung zu histologisch erhöhten Knochen-Implantat-Kontakten (BIC - bone to implant contact) im Vergleich zu unbelasteten Implantaten kommen kann (Romanos and Nentwig 2006, Vandamme, Naert et al. 2007). Zudem ist der periimplantäre Knochen stärker mineralisiert (Vandamme, Naert et al. 2008).

Für eine erfolgreiche prothetische Sofortversorgung von dentalen Implantaten sollte dennoch eine ausreichende Primärstabilität vorhanden sein (Ottoni, Oliveira et al. 2005). In der Literatur fanden Gallucci, Benic et al. auf der fünften ITI Consensus Conference in der internationalen Literatur schwankende Werte von 20 bis 45 Ncm für die minimal erforderliche Primärstabilität von Implantaten zur Sofortversorgung. Diese sei unter anderem abhängig von der Art der Verblockung der Implantate durch die provisorische prothetische Versorgung. Bei geringer Primärstabilität, umfangreichen Knochenaugmentationen, Implantaten geringer Dimensionen und patientenbezogenen Risikofaktoren sollte jedoch nach wie vor auf die Spätbelastung vertraut werden (Gallucci, Benic et al. 2014).

Eine unterdimensionierte Präparation der Implantationsstellen und laterales Kondensieren des Knochens mittels Osteotom sind neben einer suffizienten

Implantatlänge, guter Knochenqualität, geeigneter Implantatoberfläche und Implantatdesign wichtige Faktoren, um die Primärstabilität zu erhöhen und Osseo-integration zu erreichen (Romanos and Nentwig 2006, Cannizzaro, Leone et al. 2008, Donati, La Scala et al. 2008, Sanz-Sanchez, Sanz-Martin et al. 2014). Hierbei geht ein hoher Eindrehwiderstand nicht wie früher angenommen mit Knochennekrosen oder Implantatverlusten einher, sondern erhöht die Primärstabilität, wie Trisi, Todisco et al. (2011) zeigen konnten.

Um Mikrobewegungen und Belastungsspitzen des Implantates möglichst gering zu halten und somit eine optimale Osseointegration zu ermöglichen, ist auch bei der Auswahl des verwendeten Provisoriums auf ausreichende Stabilität zu achten. Diese lässt sich durch Verblockung mit anderen Rekonstruktionen oder auch stabilen Kunststoff- oder Metallverstärkungen des Materials erzielen. So sind Einzelzahnimplantate höheren Mikrobewegungen und somit einem höheren Knochenabbau und Verlustrisiko ausgesetzt als Brücken oder gar implantatgetragener Zahnersatz im zahnlosen Kiefer (Bergkvist, Nilner et al. 2009, Sanz-Sanchez, Sanz-Martin et al. 2014).

1.2 Bedeutung der Sofortversorgung enossaler Implantate

Die prothetische Sofortversorgung dentaler Implantate ist in den letzten Jahrzehnten zunehmend in den Vordergrund der Forschung gerückt. Die Vorteile verglichen zur Spätbelastung sind vielfältig. So kann die sofortige festsitzende Restauration eine Erhöhung der Patientenzufriedenheit bewirken, indem Funktion und Ästhetik gleich nach Implantation wiederhergestellt und somit ein herausnehmbarer Zahnersatz vermieden wird (De Bruyn, Raes et al. 2014). Des Weiteren kann das Weichgewebe gleich nach Implantation geformt, ein zweiter chirurgischer Eingriff durch die sich erübrigende Freilegungsoperation vermieden und unter Umständen periimplantärer Knochenverlust geringer gehalten werden (Sanz-Sanchez, Sanz-Martin et al. 2014). Vor allem aber die insgesamt kürzere Behandlungszeit ist ein Vorteil der Sofortbelastung,

da eine kürzere Einheilzeit bis zur definitiven prothetischen Rehabilitation nötig ist als bei dem konventionellen Spätbelastungsprotokoll (Romanos and Nentwig 2006, Esposito, Grusovin et al. 2013, Gallucci, Benic et al. 2014, Sanz-Sanchez, Sanz-Martin et al. 2014).

Das konventionelle, von Branemark erstmals eingeführte, publizierte und auf Erfahrungen basierende Konzept der gedeckten Implantateinheilung sieht vor, dentale Implantate im Unterkiefer für drei und im Oberkiefer für sechs Monate subgingival ohne jegliche Belastung einheilen zu lassen, um eine ausreichende Osseointegration zu erreichen (Branemark 1983, Szmukler-Moncler, Salama et al. 1998). Eine frühzeitige Belastung ging nach damaligen Erkenntnissen mit einer bindegewebigen Einheilung des Implantates einher (Schatzker, Horne et al. 1975, Roberts, Smith et al. 1984, Brunski 1999). Dieses Protokoll basierte jedoch auf frühen Untersuchungen, die auch Implantate mit ungünstigen Parametern wie unter anderem geringer Knochenqualität, kurze Implantaten und ungünstige Implantatpositionierungen nicht ausschloss (Szmukler-Moncler, Piattelli et al. 2000).

Erste Untersuchungen an zahnlosen Unterkiefern nach sofortiger Belastung von drei bis vier miteinander verblockten interforaminären Implantaten zeigten mit einer Überlebensrate von 91,2% sehr gute Ergebnisse bezüglich der Osseointegration und waren mit den Ergebnissen des traditionellen Belastungsprotokolls vergleichbar (Ledermann 1983). Diese Methode gilt heute bereits als evidenzbasiertes, erfolgreiches Konzept für zahnlose Unterkiefer (Gallucci, Benic et al. 2014).

1990 publizierten Schnitman et al. eine Studie über die Sofortversorgung von Unterkieferimplantaten bei zahnlosen Patienten. 28 der 63 inserierten Branemark Implantate versorgte man mit einer provisorischen Brückenkonstruktion, während die restlichen 35 gedeckt einheilten. Nach 10 Jahren war keines der spätbelasteten Implantate verloren gegangen, während es in der Gruppe der Sofortbelastung zu vier Verlusten kam (Schnitman, Wohrle et al. 1990).

In einer weiteren Studie von Tarnow et al., in der 69 Implantate mittels einer provisorischen Brücke sofortversorgt und 38 Implantate gedeckt einheilten, osseointegrierten 67 der 69 sofortversorgten Implantate (Tarnow, Emtiaz et al. 1997).

Auch Randow et al. konnten zeigen, dass die Sofortbelastung von interforaminären Implantaten im zahnlosen Unterkiefer möglich ist, zumindest in einem Nachuntersuchungszeitraum von 18 Monaten. Sie untersuchten 88 sofortversorgte Implantate und verglichen sie mit 30 spätbelasteten. In keiner der beiden Gruppen gab es Implantatverluste (Randow, Ericsson et al. 1999).

Weiterentwicklungen des Implantatdesigns verbesserten im weiteren Verlauf die Osseointegration von sofortbelasteten Implantaten. Die Makro- und Mikrostruktur wurden optimiert. Hierbei konnten sich Schraubenimplantate mit rauen Oberflächen durchsetzen, die bezüglich der Osseointegration in vivo die besten Ergebnisse erzielten (Buser, Nydegger et al. 1999). Die Sofortbelastung von kurzspannigen Brücken und von Einzelzahnimplantaten zeigte in zahlreichen Studien ähnliche Erfolge verglichen zu spätbelasteten Implantaten.

Ericsson et al. untersuchten die Sofortbelastung von 14 Branemarkimplantaten zum Ersatz einzelner Zähne anterior der Molaren und verglichen sie mit 8 spätbelasteten, wobei zwei der sofortversorgten Implantate verloren gingen (Ericsson, Nilson et al. 2000).

In einer Untersuchung von Andersen et al. von acht ITI TPS Implantaten zum Einzelzahnersatz im Oberkiefer wurden hingegen nach fünf Jahren keine Verluste verzeichnet (Andersen, Haanaes et al. 2002).

Viele weitere Autoren kamen zu ähnlichen Ergebnissen und konnten seither belegen, dass die Sofortversorgung mit der Spätbelastung bezüglich der Osseointegration vergleichbar ist (Glauser, Sennerby et al. 2004, De Bruyn, Raes et al. 2014, Luongo, Lenzi et al. 2014). So ist die Sofortbelastung als klinische Therapieoption heute unter gewissen Voraussetzungen als berechenbares Verfahren anzusehen (Gallucci, Benic et al. 2014, Sanz-Sanchez, Sanz-Martin et al. 2014).

Diese Voraussetzungen sind je nach Situation und Art der Verblockung das Fehlen von systematischen oder lokalen Kontraindikationen und Habits, ausreichende Implantatdimension, klinische Erfahrung des Behandlers und vor allem eine ausreichende Primärstabilität jedes Implantates (Gallucci, Benic et al. 2014).

Um das Behandlungskonzept der Sofortbelastung künftig weiter etablieren und weiterentwickeln zu können, befasst sich die zahnmedizinische Forschung mit der Untersuchung verschiedener Parameter und Belastungsprotokolle von sofortbelasteten Implantaten.

1.3 Definition der Sofortversorgung

Zuletzt wurde 2014 auf der fünften ITI Consensus Conference eine eindeutige Definition der Sofortbelastung festgelegt. Demnach erfolgt für eine "Sofortversorgung" die prothetische Versorgung spätestens eine Woche nach Implantation (Gallucci, Benic et al. 2014). Diese kann sowohl als funktionelle Sofortbelastung mit okklusalem Kontakt stattfinden oder aber ohne Kontakt als nicht funktionelle Sofortbelastung, letztere ist mit der Sofortversorgung gleichzusetzen (Cochran, Morton et al. 2004).

In der Literatur wird jedoch kontrovers über die Sofortbelastung von Implantaten diskutiert. Mehrere Autoren und Konsensuskonferenzen veröffentlichen hierzu regelmäßig aktualisierte Richtlinien. So wurde zuletzt auf der fünften ITI Konsensuskonferenz folgende Empfehlung für die Sofortbelastung von dentalen Implantaten gegeben (Gallucci, Benic et al. 2014):

- Primärstabilität (abhängig von der Art der Verblockung, für Einzelzahnkronen 20-45Ncm)
- Keine lokalen oder systemischen Kontraindikationen (z.B. Parafunktionen, große Knochendefekte)

- klinische Erfahrung des Behandlers
- ausreichende Implantatdimensionen
- Nutzen für den Patienten übersteigt mögliche Risiken
- Voraussetzungen für die jeweilige klinische Situation (Einzelzahnersatz, Freiendsituation, zahnloser Kiefer mit Overdenture-Prothese bzw. festsitzender Restauration)

Dem Begriff der Sofortversorgung steht des Weiteren der der Sofortimplantation gegenüber. Hiermit wird jedoch der Zeitpunkt der Implantation definiert, welcher gleich nach Extraktion oder Zahnverlust erfolgt. Laut Chen et al. wirkt sich die Sofortimplantation jedoch nur in Kombination mit augmentativen Verfahren positiv auf das marginale Knochenniveau aus (Chen and Buser 2009). In Kombination mit der Sofortversorgung kann es also zum Erhalt von Gingiva und Knochenniveau kommen, da das periimplantäre Weichgewebe bereits während der Einheilphase gestaltet werden kann, wie Gallucci et al. zeigen konnten (Gallucci, Mavropoulos et al. 2007).

1.4 Verwendetes Implantatsystem

Bei dem in dieser Studie verwendeten Implantatsystem handelt es sich um das von der Firma Dentsply Friadent stammende Ankylos® System.

Es besteht aus Reintitan und wird in vier verschiedenen Durchmessern angeboten, von denen in dieser Studie 3.5mm und 4.5mm breite Implantate gesetzt wurden. Dabei kann der Operateur wählen zwischen den Implantatlängen 6.6mm, 8mm, 9.5mm, 11mm und 14mm. Es ist vom Hersteller sowohl für Sofort- als auch für Spätimplantationen freigegeben.

Das Ankylos® Implantat verfügt über eine gestrahlte- und hochtemperaturgeätzte Oberflächenstruktur und erfüllt somit die in der Literatur beschriebenen Voraussetzungen für ein sofortbelastbares Implantatsystem (Salama, Rose et al. 1995, Tarnow, Emtiaz et al. 1997, Jaffin, Kumar et al. 2000). Die

Oberflächenstrukturierung reicht über die Implantatschulter hinaus und soll bei subkrestaler Implantatsetzung Knochen- und Weichgewebsanlagerungen bis über die Stirnfläche des Implantates hinaus ermöglichen.

Durch das progressive Gewindesign mit kontinuierlich zunehmender Gewindetiefe um den konischen Kern herum soll eine höhere Stabilität erreichbar sein (Morris, Winkler et al. 2000, Romanos and Nentwig 2000, Romanos 2004, Krebs, Schmenger et al. 2013). Außerdem soll es die Kraftweiterleitung vom krestalen Knochen auf den apikalen spongiösen Knochen ermöglichen, wodurch krestaler Knochenabbau unter Last reduziert werden soll (Moser and Nentwig 1989, Nentwig, Moser et al. 1992, Nentwig 2004).

Die bakteriendichte, form- und kraftschlüssige Konusverbindung zwischen dem schmaleren Aufbau und dem breiteren Implantat wird vom Hersteller "TissueCare Connection" genannt (Dentsply Implants Manufacturing GmbH, Manual Chirurgie - Firmenschrift). Sie soll zum Einen durch die Spaltfreiheit Mikrobeweglichkeit verhindern und zum Anderen durch den Effekt des "Platform Switching" eine dauerhaft reizlose Einheilung des Implantates ermöglichen, indem der Übergang zwischen Implantat und Aufbau nach zentral hin und somit weg vom periimplantären Gewebe verlagert wird. Des Weiteren soll eine optimale Anlagerung von Weichgewebe ermöglicht werden (Romanos and Nentwig 2000, Nentwig 2004, Krebs, Schmenger et al. 2013, Romanos, Gaertner et al. 2014).

Verschiedene Studien belegen eine hohe Überlebensrate von Ankylos® Implantaten und eine sehr gute Osseointegration in allen Regionen im Ober- und Unterkiefer und bei Zahnersatz jeglicher Art (Nentwig 2004, Krebs, Schmenger et al. 2013).

2 Fragestellung und Hypothesen

Ziel dieser Studie ist eine retrospektive Analyse der chirurgischen, prothetischen und anatomischen Daten von 55 sofortversorgten Ankylos® C/X Implantaten mit der Friadent Plus Oberfläche im Ober- und Unterkiefer und deren Osseointegration im Vergleich zu 72 spätbelasteten Ankylos® C/X Implantaten. Die Praktikabilität und Sicherheit der Sofortbelastung soll beurteilt werden, um die Durchführbarkeit dieses Verfahrens für die klinische Anwendung besser einschätzen zu können und deren Durchführung in Praxen zu etablieren.

Mit den Limitationen einer retrospektiven Untersuchung wird geprüft, ob die Sofortversorgung dentaler Implantate äquivalent ist zur Spätversorgung und ob es signifikante Unterschiede im röntgenologischen Knochenabbau gibt. Die Einflüsse von Alter, Geschlecht, Untersuchungszeitraum, Implantationszeitpunkt und -lokalisierung (anterior/posterior) auf den Erfolg werden untersucht.

3 Material und Methoden

3.1 Patientenpool

Alle 43 Patienten dieser Studie wurden zwischen November 2008 und April 2014 in der Praxis Dr. Kornmann & Dr. Gerlach und Kollegen in Oppenheim behandelt und mit sofortversorgten oder konventionell eingeeilten Implantaten der Firma Ankylos® versorgt. Die Beratung und Therapieplanung erfolgte hier in Zusammenarbeit mit den überweisenden Hauszahnärzten, welche auch die Dokumentation ihres Zuständigkeitsbereichs übernahmen.

Für die Patienten trafen folgende Ein- und Ausschlusskriterien zu:

3.1.1 Einschlusskriterien

- Implantationen mit Ankylos® C/X Implantaten im Ober- und Unterkiefer, unabhängig von der zu implantierenden Region, zur Stabilisierung eines Zahnersatzes gemäß den Empfehlungen der vierten ITI Konsensuskonferenz Implantologie (Weber, Morton et al. 2009)

3.1.2 Ausschlusskriterien

- Bruxismus
- starke Raucher (>10 Zigaretten pro Tag)
- maligne Grunderkrankungen
- Chemo- oder Bisphosphonattherapie
- Bestrahlung in der Anamnese
- Patienten mit schlechter Mundhygiene (PSI \geq 3)
- Patienten mit Autoimmunerkrankungen

3.2 Dokumentation

Alle Patienten, die an den Nachuntersuchungen teilnahmen, wurden anhand eines Sofortbelastungsprotokolls beziehungsweise eines Belastungsprotokolls der gedeckten oder transgingivalen Einheilung behandelt und die implantatbezogenen Parameter elektronisch erfasst.

3.3 Das Behandlungskonzept

Prächirurgisch wurden digitale Panoramaschichtaufnahmen angefertigt zur Unterstützung der sicheren Operationsplanung (Sirona Orthophos XG, Fa. Sirona, Wals, Österreich). Bei unzureichender Information über die gegebene Situation durch zweidimensionale Röntgenaufnahmen wurde eine digitale Volumentomografie durchgeführt. Unter Berücksichtigung von klinischem Knochenangebot, der zu erwartenden Knochenqualität und nahegelegener anatomischer Strukturen wie dem Canalis mandibularis im Unterkiefer-Seitenzahnbereich und des Sinus maxillaris im Oberkiefer-Seitenzahnbereich wurden Implantatlänge und -breite ausgewählt und eventuell nötige Knochaugmentationen geplant. Neben der Sinusbodenelevation und der autologen Knochenblocktransplantation zum Beispiel von retromolar bzw. aus dem aufsteigenden Unterkieferast, die sowohl prä- als auch perioperativ durchgeführt wurden, wurden perioperativ auch Verfahren zur Alveolenrekonstruktion mittels periimplantärer Knochenspäne bzw. Knochenersatzmaterial, Knochenkondensierung (Bone condensing) und Knochenspreizung (Bone spreading) angewandt. Verwendete Knochenersatzmaterialien waren BioOss (Fa. Geistlich, Baden-Baden, Deutschland), BoneCeramic (Fa. Straumann, Basel, Schweiz) oder Frios Algipore (Fa. Dentsply Sirona, York, Pennsylvania, USA).

Nach Erhebung der Anamnese und klinischen Untersuchung wurde entschieden, ob der Patient sich für eine Implantation im Allgemeinen eignet und ferner zu welchem Zeitpunkt diese stattfinden konnte. Hierzu wurden oben genannte Ein- und Ausschlusskriterien herangezogen. Es wurden sowohl Implantate in anterioren (Front- und Eckzahnbereich) und posterioren (Prämolaren- und Molarenbereich) Regionen beider Kiefer inseriert.

Sowohl Sofort-, verzögerte Sofortimplantationen als auch Spätimplantationen wurden in diese Studie eingeschlossen. Voraussetzungen für eine Implantation sofort nach Zahnverlust oder Extraktion des Zahnes waren im Rahmen dieser Studie:

- sanierte parodontale Verhältnisse ($PSI \leq 3$)
- der weitgehende Erhalt des Knochenfaches bei der Extraktion, also eine minimalinvasive Extraktion
- sichere Entfernung von periapikalen Läsionen
- kein aktiver Infekt

Andernfalls wurde vier bis sechs Wochen nach Zahnverlust eine verzögerte Sofortimplantation nach vollständiger Ausheilung der Weichgewebe durchgeführt, oder es erfolgte Monate bis Jahre danach eine Spätimplantation nach vollständiger Ausheilung der Hart- und Weichgewebe.

Die Erfolgsaussichten der verschiedenen Implantationszeitpunkte sind gleichzusetzen, sofern die oben genannten Voraussetzungen für die Sofortimplantation erfüllt werden (Ericsson, Nilson et al. 2000).

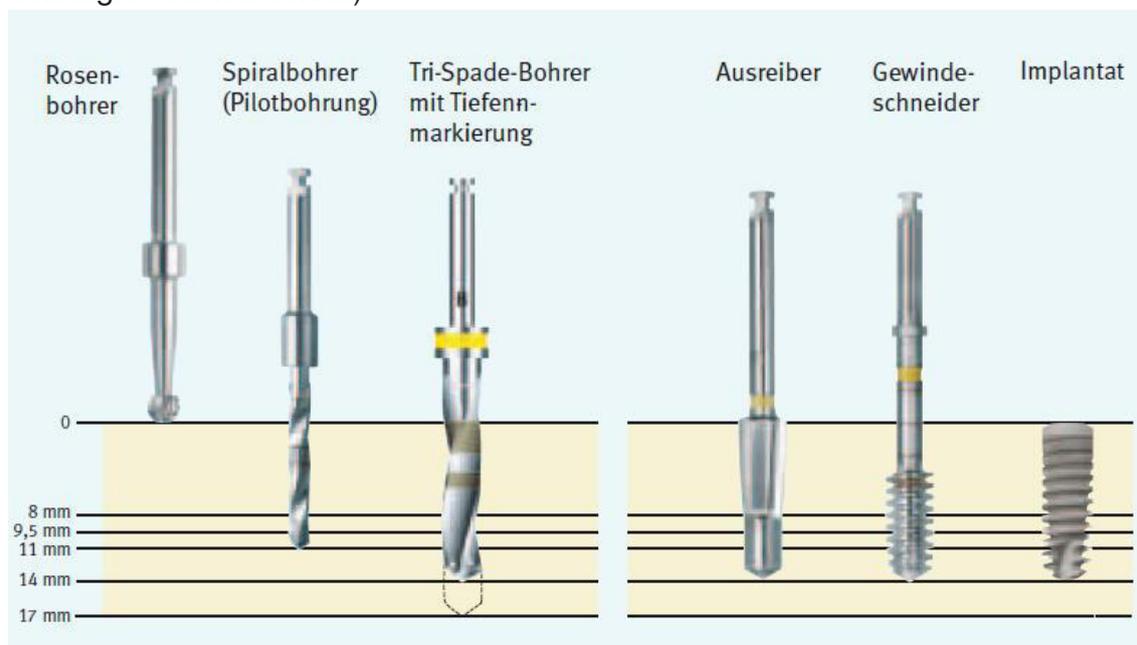
3.3.1 Chirurgisches Protokoll

Bei ausgeheilter Schleimhaut wurde durch eine krestale Inzision mit gegebenenfalls mesial vestibulärem Entlastungsschnitt ein Mukoperiostlappen präpariert. Dieser war bei guten Knochenverhältnissen bei einer Sofortimplantation nicht notwendig. Eventuell vorhandenes Granulations-

gewebe wurde vollständig entfernt zur Vermeidung entzündlicher Komplikationen oder einer bindegewebigen Einheilung des Implantats.

In aufsteigender Reihenfolge wurde nun nach Herstellerangaben des Implantatsystems mittels Spiralbohrern das Implantatbett präpariert und sukzessive nach den jeweiligen Vorgaben des Herstellers erweitert. Zur Verbesserung der Primärstabilität wurde das Implantatbett gegebenenfalls unterdimensioniert präpariert (Abbildung 1).

Abbildung 1: Bohrprotokoll (Dentsply Implants Manufacturing GmbH, Manual Chirurgie - Firmenschrift)



Sowohl die Aufbereitung des Lagers als auch die Insertion des Implantats wurde mit einem Winkelstück maschinell mit der Frios unit E (Fa. Dentsply Friadent, Mannheim, Deutschland) durchgeführt. Diese erlaubt es, den Eindrehwiderstand des Implantates zu messen und gibt somit Rückschlüsse auf die Primärstabilität.

Voraussetzungen für eine Sofortbelastung der untersuchten Implantate in dieser Studie waren:

- Eindrehmoment von mindestens 25 Ncm
- Implantatpositionierung nach prothetischem Backwardplanning
- keine Rotationskräfte in der Einheilphase
- festsitzende provisorische Versorgung bis zur definitiven provisorischen Versorgung
- provisorische Krone in Nonokklusion oder Gruppenführung im zahnlosen Kiefer
- weiche Kost für 8 Wochen

Hierbei handelt es sich um Kriterien, die in der Praxis Dr. Kornmann & Dr. Gerlach und Kollegen in Oppenheim in Zusammenarbeit mit Doktor Claas Ole Schmitt entwickelt wurden (Schmitt 2006).

Bei Nichterfüllung der Voraussetzungen wurde ein konventionelles Belastungsprotokoll durchgeführt, das eine gedeckte Einheilung der Implantate vorsieht, wobei Implantate im Oberkiefer für mindestens vier und im Unterkiefer für mindestens drei Monate einheilten.

Während der Bohrungen anfallende Knochenspäne wurden mittels eines Frios BoneCollectors (Fa. Dentsply Friadent, Mannheim, Deutschland) gesammelt und beispielsweise zur Auffüllung der Zwischenräume zwischen Alveolenwand und Implantatoberfläche bei Sofortimplantationen genutzt oder gegebenenfalls bei notwendigen weiteren Augmentationsschritten verwendet.

Bei Spätimplantationen wurden mit synthetischem resorbierbarem Nahtmaterial aus Polyglykolsäure in der Stärke 4/0 (medipac P.G.A., Fa. Mectron, Köln, Deutschland) die Wundränder verschlossen. Bei transgingivaler Einheilung wurden die Wundränder durch Nahtadaptation mit dem gleichen Nahtmaterial einander angenähert.

Am Tag nach der Implantation erfolgte eine Kontrolle und eine Woche postoperativ erfolgte eine weitere Kontrolle mit Nahtentfernung.

3.3.2 Belastungsprotokolle

Diese Studie beinhaltet sowohl Implantate, die sofort belastet wurden, als auch solche, die nach konventioneller gedeckter Einheilung prothetisch versorgt wurden, und transgingival mit Gingivaformern einheilende Implantate. Nach sorgfältiger Erhebung der Anamnese und klinischer Untersuchung erfolgt durch die Behandler eine Vorauswahl, ob der Patient die oben genannten Voraussetzungen für eine Sofortbelastung erfüllt oder von vorn herein das konventionelle Belastungsprotokoll angewendet werden musste. Wenn grundsätzlich die Möglichkeit bestand, wurde anhand des Eindrehwiderstandes und der daraus resultierenden Primärstabilität während der Operation festgelegt, ob dem Sofortbelastungsprotokoll weiter gefolgt werden kann. Andernfalls wurde das konventionelle Belastungsprotokoll angewandt oder eine transgingivale Einheilung mit Gingivaformern durchgeführt. Letztere fand dann statt, wenn die Voraussetzungen für eine gesicherte Sofortbelastung nur knapp erfüllt wurden, also eine Primärstabilität von knapp unter 25 Ncm bei Implantatinsertion erreicht wurde.

Tabelle 1: Belastungsprotokolle

	Subgingivale Einheilung und Spätbelastung	Transgingivale Einheilung und Spätbelastung	Sofortversorgung
Provisorische Versorgung	-	8-10 Wochen	Am Implantationstag
Definitive Versorgung	innerhalb eines Monats nach Freilegung	OK >4 Monate UK 3 Monate	8-10 Wochen
Freilegung	OK >4 Monate UK 3 Monate	-	-

3.3.2.1 Konventionelles Belastungsprotokoll

Bei subgingivaler Einheilung erfolgte im konventionellen Belastungsprotokoll die Freilegung nach frühestens drei Monaten im Unterkiefer und vier Monaten im Oberkiefer, anschließend wurde ein Gingivaformer eingegliedert und innerhalb eines Monats erfolgte die definitive Versorgung. Die transgingival einheilenden Implantate wurden nach 8-10 Wochen provisorisch versorgt, um das Weichgewebe zu formen. Deren definitive Versorgung erfolgte nach 3-4 Monaten, wenn eine vollständige Osseointegration und keine wesentlichen Veränderungen der periimplantären Weichgewebe mehr zu erwarten waren.

Eine provisorische Versorgung nach der Operation wurde bei subgingivaler oder transgingivaler Einheilung, sofern aus ästhetischen Gründen nötig, ohne jeglichen Kontakt der Immediatversorgung mit dem einheilenden Implantat angefertigt. Dazu wurde eine herausnehmbare, wenn möglich klammerverankerte Prothese oder im Frontzahnbereich eine Marylandbrücke eingegliedert.

Nach Einheilung wurde dann das Abutment eingegliedert und der definitive laborgefertigte Zahnersatz eingesetzt. Abschließend wurde die vollbelastete Okklusion in Statik und Dynamik während des Recalls überprüft.

3.3.2.2 Sofortbelastungsprotokoll

Wenn die Sofortversorgung der Implantate als durchführbar erachtet und ein provisorisches Abutment eingegliedert wurde, wurde ein "chair side" oder ein "lab side" Provisorium angefertigt. Dies wurde vom Behandler je nach Patientensituation unter anderem von den vorliegenden Weichgewebsverhältnissen, dem Umfang der Versorgung und der geplanten Tragedauer abhängig entschieden. Ein lab side gefertigtes Provisorium wurde bei schwierigen Gingivaverhältnissen und umfangreichen Versorgungsmängeln eingegliedert, zum Beispiel nach Reihenextraktionen oder Weichgewebsdefekten von über einem Millimeter.

Beim chair side Provisorium dienten vorher angefertigte Tiefziehschienen beziehungsweise konfektionierte Frasco-Stripkronen als Formgebung für das Provisorien-Material (CronMix K Plus, Fa. Merz Pharma, Frankfurt am Main, Deutschland). Nach Ausarbeitung am Behandlungsstuhl erfolgt die Eingliederung mit einem temporärem Zement (Temp Bond NE, Fa. Kerr, Orange, USA) und das Einschleifen der Okklusion in dynamischer Nonokklusion, in zahnlosen Kiefern wurde die Prothetik in Gruppenführung eingegliedert.

Wurde ein lab side-gefertigtes Provisorium eingegliedert, musste nach Implantation zunächst eine Abformung genommen werden und im Labor indirekt ein Provisorium aus Composit hergestellt werden. Spätestens nach zwei Stunden erfolgte die Eingliederung und die Korrektur der Okklusion, wiederum in Infraokklusion mit dynamischer Nonokklusion bzw. Gruppenführung.

Das Okklusionskonzept ist insbesondere bei Einzelzahnimplantaten unbedingt einzuhalten, um Belastungsspitzen während der Einheilphase zu vermeiden und somit eine optimale Osseointegration zu ermöglichen (Brunski 1993, Brunski 1999). Einige Studien zeigten, dass okklusal belastete Provisorien bei sofortversorgten Implantaten den Implantaterfolg mindern können (Sanz-Sanchez, Sanz-Martin et al. 2014). Des Weiteren wurden die Patienten darüber

aufgeklärt, dass die Implantate nicht vollständig belastet werden dürfen und ausschließlich weiche Kost für 8 Wochen zu empfehlen ist.

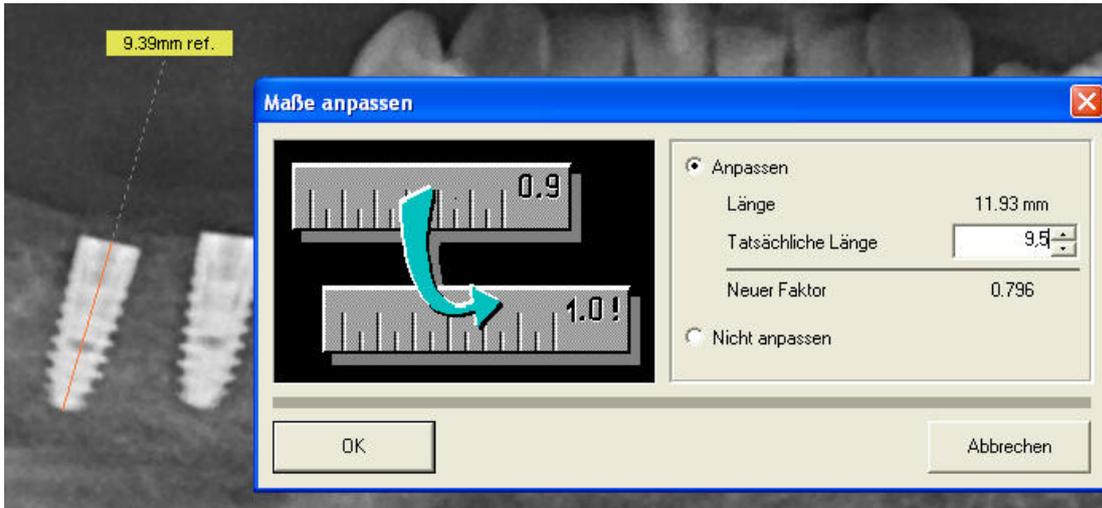
Das Einsetzen des definitiven Zahnersatzes erfolgte nach frühestens acht Wochen.

Anschließend erfolgte während der Einheilung sofortbelasteter Implantate alle drei bis vier Monate eine Kontrolle der Implantate und des Zahnersatzes. Hierbei wurde eine professionelle Zahnreinigung durchgeführt und harte und weiche Beläge entfernt. Taschentiefenmessung, die Erhebung des PSI und eine röntgenologische Untersuchung erfolgten bei Verdacht auf periimplantäre pathologische Prozesse.

3.4 Erhebung der Daten

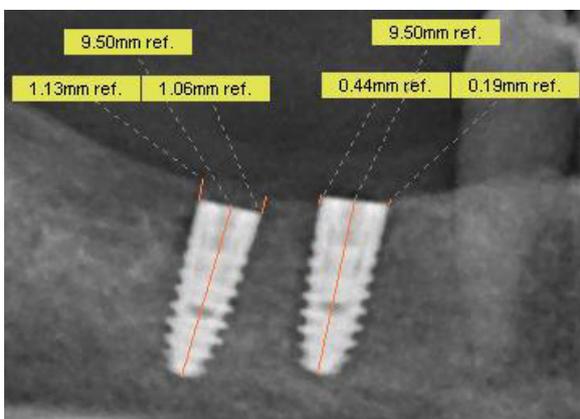
Die ausschließlich digitalen Röntgenbilder der Implantate vom Tag der Operation und aller Recall-Termine wurden an einem PC mit der Röntgensoftware Sidexis (Sidexis XG 2.56, Fa. Sirona, Wals, Österreich) vermessen. Anhand der bekannten Implantatlänge wurde der Maßstab angepasst und somit das Knochenniveau distal und mesial über der Implantatschulter vermessen (Abbildung 1).

Abbildung 1: Maßstabanpassungen



Hierbei wurde für jedes Implantat die Distanz zwischen der Implantatschulter und dem Oberrand des marginalen Knochens über der Implantatschulter gemessen (Abbildung 2).

Abbildung 2: Vermessung des Knocheniveaus



Über diesen sogenannte DIB-Wert (distance implant shoulder bone contact) lässt sich über die Zeit auf Knochenresorption, -apposition oder gleichbleibende Verhältnisse rückschließen (Buser, Weber et al. 1990).

Alle Röntgenbilder wurden von zwei unterschiedlichen unabhängigen Personen vermessen, die nicht an den operativen Eingriffen teilnahmen. Im Anschluss

wurden die erhobenen Daten gemittelt. Es handelte sich hierbei ausschließlich um Panoramaschichtaufnahmen. Die Recall-Zeitpunkte und Röntgenkontrollen wurden nicht definiert und fanden zu unterschiedlichen Zeitpunkten statt. Für alle Patienten wurde am Tag der Operation eine postoperative Panoramaschichtaufnahme angefertigt.

3.5 Erfolgsrate

Der Erfolg eines Implantates wurde in leicht abgewandelter Form anhand des "Health Scale for Dental Implants" der Consensus Conference 2007 des International Congress of Oral Implantologists bewertet (Misch, Perel et al. 2008). Dieser vierstufige Implantaterfolg wurde in dieser Studie aufgrund der subkrestalen Insertion von Ankylos®-Implantaten weiter definiert, dass ein Implantat der Gruppe II oder III solange als Erfolg gewertet wird, bis das Knochenniveau beim letzten Recall unterhalb der Implantatschulter liegt, also der röntgenologische Wert des Knochenniveaus < 0 mm beträgt.

Tabelle 2: Implantaterfolg

Health Scale for Dental Implants - International Congress of Oral Implantologists, Pisa, Italy, Consensus Conference, 2007	
Stufe des Implantaterfolgs	Klinische Konditionen
I. Erfolg (optimaler Erfolg)	<ul style="list-style-type: none"> a) Keine Schmerzen oder Druckempfindlichkeit unter Funktion b) 0 Mobilität c) <2 mm radiologischer Knochenverlust seit Operationstag d) Keine Entzündung im Verlauf
II. Zufriedenstellendes Überleben	<ul style="list-style-type: none"> a) Keine Schmerzen oder Druckempfindlichkeit unter Funktion b) 0 Mobilität c) 2-4 mm radiologischer Knochenverlust seit Operationstag d) Keine Entzündung im Verlauf
III. kompromittiertes Überleben	<ul style="list-style-type: none"> a) eventuell Empfindlichkeit unter Funktion b) Keine Mobilität c) radiologischer Knochenverlust >4mm (geringer als die Hälfte der Implantatlänge) d) Sondierungstiefe >7 mm e) eventuell Entzündung im Verlauf
IV. Misserfolg (klinischer oder absoluter Misserfolg)	<p>Eines der Folgenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Schmerzen unter Funktion b) Mobilität c) radiologischer Knochenverlust größer als die Hälfte der Implantatlänge d) unkontrollierbare Entzündung e) Nicht mehr im Mund

Des Weiteren gelten folgende Punkte als Erfolgskriterien:

- Implantat-Funktion als Anker gewährleistet
- erfolgte prothetische Versorgung

3.6 Statistische Auswertung

Nach Eingabe aller relevanten Patientendaten in die Dental-Software impDAT (Fa. Kea Software, Pöcking, Deutschland) und das Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel (Version 2007, Fa. Microsoft, Redmond, USA) erfolgte eine deskriptive Statistik. Anschließend wurde die inferentielle Auswertung der Daten mittels SPSS (Version 21, Fa. IBM, Armonk, USA) vorgenommen.

Die Zeitpunkte der Nachkontrollen wurden in dieser Studie nicht standardisiert.

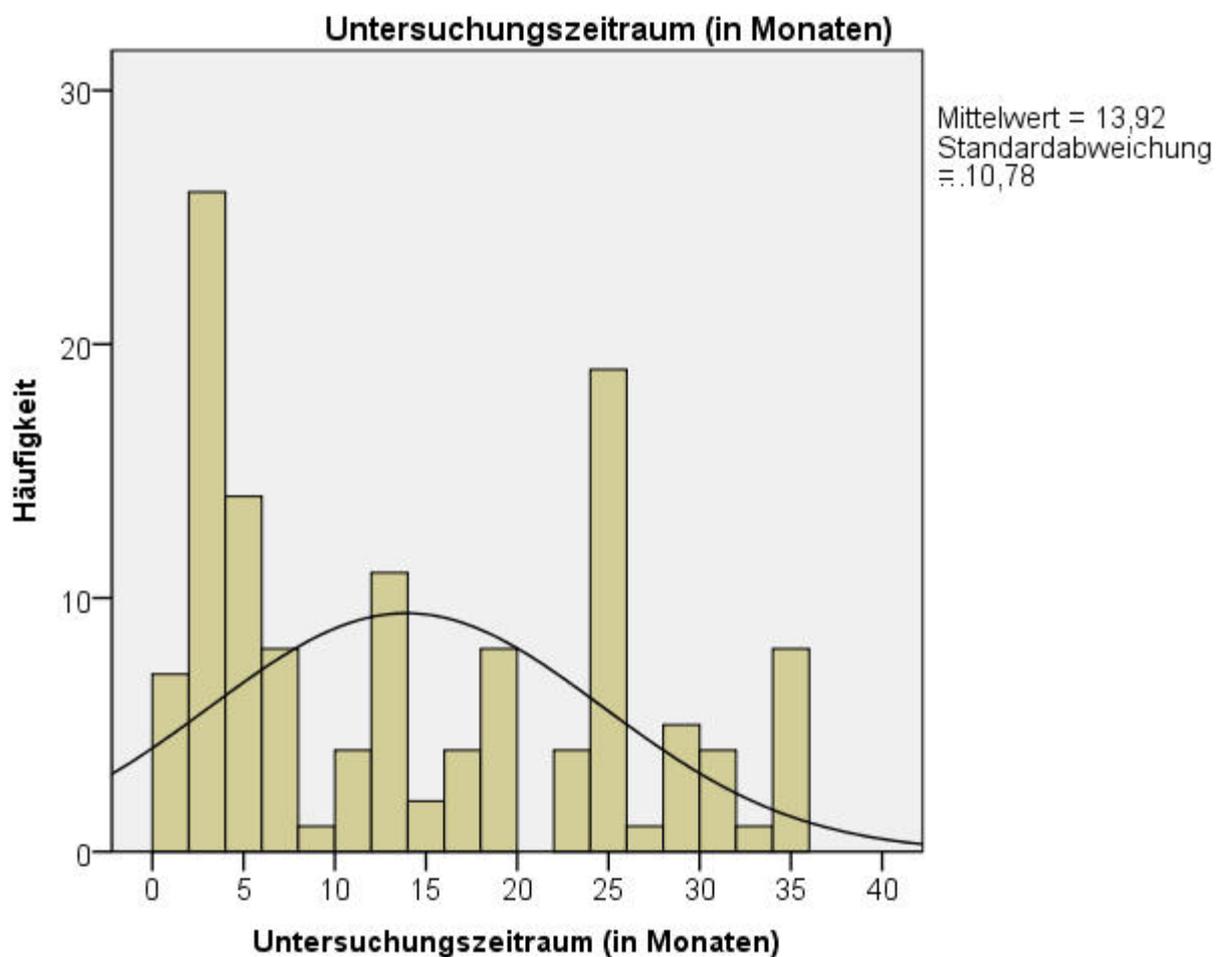
4 Ergebnisse

4.1 Patientenkollektiv

Insgesamt wurden 43 Patienten untersucht. Es handelte sich hierbei um 41,9% männliche und 58,1% weibliche Personen. Das mittlere Alter bei Implantation betrug 54,4 Jahre.

Der Untersuchungszeitraum betrug im Median 12 Monate (Mittelwert = 13,92 Monate).

Abbildung 3: Verteilung der Untersuchungszeiträume



4.2 Auswertung der implantat bezogenen Daten

Es wurden 127 Implantate retrospektiv betrachtet. Bei 24 Patienten (55,8%) wurden ein oder zwei Implantate gesetzt. 37 Patienten (86%) hatten bis zu fünf Implantate und sechs Patienten (14%) mehr als 5.

Von den 127 Implantaten wurden 55 sofort versorgt (43,3%) und 72 spät belastet (56,7%).

Die Zeit bis zur provisorischen bzw. definitiven Belastung der spätbelasteten Implantate betrug im Median 20,5 Wochen.

Implantatparameter

93 der Implantate (73,2%) hatten einen Durchmesser von 3,5 mm und 34 (26,8%) waren 4,5 mm breit.

Die meisten gesetzten Implantate waren 11 mm (49,6%) oder 9,5 mm lang (31,5%), wobei 14mm lange Implantate ausschließlich bei Sofortversorgung benutzt wurden (Tabelle 3).

Tabelle 3: Implantatgrößen

		Länge					
Belangszeitpunkt	Breite	6,6	8	9,5	11	14	Gesamt
sofortversorgt	3,5		2 (5%)	11 (27,5%)	22 (55%)	5 (12,5%)	40
	4,5				11 (73,3%)	4 (26,7%)	
Sofortversorgt ges.			2 (3,6%)	11 (27,5%)	33 (60%)	9 (16,3%)	55
spätbelastet	3,5	1 (1,9%)	7 (13,2%)	21 (39,6%)	24 (45,3%)		53
	4,5	1 (5,3%)	4 (21,1%)	8 (42,1%)	6 (31,6%)		
Spätbelastet ges.		2 (2,8%)	11 (15,3%)	29 (40,3%)	30 (41,7%)		72
Total		2 (1,6%)	13 (10,2%)	40 (31,5%)	63 (49,6%)	9 (7,1%)	127

Jeweils die Hälfte der gesetzten Implantate befand sich im anterioren (Front- und Eckzahnbereich) und posterioren Bereich (Prämolaren- und Molarenbereich). Die meisten sofortbelasteten Implantate waren anterior im Oberkiefer lokalisiert, die meisten spätbelasteten posterior im Unterkiefer (Tabelle 4).

Tabelle 4: Verteilung in Bezug zur der Implantationsregion

Kiefer	anterior	posterior	Gesamtergebnis
Oberkiefer	47 (67,1%)	23 (32,9%)	70
Unterkiefer	15 (26,3%)	42 (73,7%)	57
Gesamtergebnis	62 (48,8%)	65 (51,2%)	127

Tabelle 5: Verteilung der Implantationsregion in Ober- und Unterkiefer nach Belastungszeitpunkt

					Belastungszeitpunkt	
					Sofortbelastung	Spätbelastung
Kiefer	Oberkiefer	Regio	anterior	Anzahl	39	8
				Anteil (%)	86,7%	32,0%
			posterior	Anzahl	6	17
	Anteil (%)	13,3%		68,0%		
	Unterkiefer	Regio	anterior	Anzahl	8	7
				Anteil (%)	80,0%	14,9%
posterior			Anzahl	2	40	
	Anteil (%)	20,0%	85,1%			

Während der überwiegende Anteil von rund 85% der spät inserierten Implantate auch erst spät belastet wurde, konnte der überwiegende Anteil (69%) der Sofortimplantate auch sofort belastet werden (Tabelle 6).

Tabelle 6: Verteilung der Implantationszeitpunkte nach Belastungszeitpunkt

			Implantationszeitpunkt			Total
			Sofortimplan- tation	Spätimplan- tation	verzögerte Sofortimplan- tation	
Belastungszeitpunkt	Spätbelastung	Anzahl	8	61	3	72
		Prozent	11.1%	84.7%	4.2%	100.0%
	Sofortbelastung	Anzahl	38	17	0	55
		Prozent	69.1%	30.9%	0.0%	100.0%
Total	Anzahl		46	78	3	127
	Prozent		36.2%	61.4%	2.4%	100.0%

Insgesamt heilten 80 Implantate (63%) transgingival ein, neben den sofortbelasteten auch 25 spätbelastete Implantate, die nicht provisorisch sofortversorgt wurden. Die restlichen 47 spätbelasteten Implantate (37%) heilten gedeckt ein.

45 der 55 sofortbelasteten Implantate (81,8%) wurden mit chair side Provisorien versorgt, 10 (18,2%) mit lab side Provisorien.

Die meisten Implantate, 58 Stück, wurden mit Einzelzahnkronen versorgt (45,7%), während 27 (21,3%) der Implantate zum Ende des Untersuchungszeitpunktes nur provisorisch versorgt wurden (Tabelle 7).

Tabelle 7: Art der definitiven Versorgung nach Belastungszeitpunkt

			Art definitive Belastung					Gesamt
			noch nicht prothetisch versorgt	Steg	Krone	Brücke	Kugel- kopf	
Belastungszeit- punkt	Spät- belastung	Anzahl	15	0	36	14	7	72
		Prozent	20,8%	0,0%	50,0%	19,4%	9,7%	100,0%
	Sofort- belastung	Anzahl	12	7	22	6	8	55
		Prozent	21,8%	12,7%	40,0%	10,9%	14,5%	100,0%
Gesamtsumme	Anzahl		27	7	58	20	15	127
	Prozent		21,3%	5,5%	45,7%	15,7%	11,8%	100,0%

4.3 Augmentationen

Präimplantologisch fand bei sieben der 127 Implantate in einem zweiten Eingriff vor der eigentlichen Implantatinsertion eine Augmentation statt.

Bei einem Patienten mit 3 Implantaten wurde eine Knochenblockaugmentation von retromolar durchgeführt und bei einem anderen mit 4 Implantaten sowohl ein externer Sinuslift, eine Knochenblockaugmentation mit Entnahme von retromolar und Alveolenrekonstruktion, wobei kleine Defekte des Knochens mit Knochenersatzmaterialien oder Bohrspänen aufgefüllt wurden. Hierbei handelte es sich ausschließlich um anschließende Spätimplantationen.

Bei 115 der 127 Implantatinsertionen wurde periimplantologisch eine Augmentation durchgeführt.

In 112 der Fälle wurde periimplantär eine Augmentation der Alveole mittels Bohrspänen, Knochenersatzmaterial oder beidem durchgeführt. Bei acht Implantationen wurde periimplantologisch im selben Eingriff ein Sinuslift und bei drei Implantationen eine Knochenblockaugmentation durchgeführt (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Verteilung der perioperativen Augmentationsarten

Perioperative Augmentationsart	Anzahl
Alveolenrekonstruktion	105 (82,7%)
Alveolenrekonstruktion, Knochenblock	2 (1,6%)
Alveolenrekonstruktion, Sinuslift	4 (3,1%)
Alveolenrekonstruktion, Sinuslift, Knochenblock	1 (0,8%)
Sinuslift	3 (2,4%)
Keine perioperative Augmentation	12 (9,4%)
Gesamtergebnis	127

Tabelle 9 zeigt die Verteilung der durchgeführten Augmentationen sowohl prä- als auch perioperativ. Bei den neun Implantaten, die ohne Augmentation inseriert wurden, handelte es sich ausschließlich um spätbelastete Implantate. Bei allen sofortbelasteten Implantaten fand also eine Augmentation statt.

Tabelle 9: Augmentationsarten prä- und perioperativ

Augmentationsart	Anzahl
Alveolenrekonstruktion	116 (91,3%)
Sinuslift	12 (9,5%)
Knochenblock	10 (7,9%)
Keine Augmentation	9 (7,1%)
Gesamtergebnis	127

4.4 Recall-Zeitpunkte

Der Verlauf des marginalen Knochens wurde nach Implantation bei allen Implantaten im ersten Recall vermessen, wobei 25 Implantate anschließend nicht weiter nachuntersucht werden konnten. Zum dritten Recalltermin konnten nur noch 50 Implantate vermessen werden.

Recall 1 fand immer innerhalb des ersten Jahres nach Implantation statt, am häufigsten innerhalb der ersten beiden Monate (69%).

Recall 2 fand ab dem 3. Monat nach Implantation statt, gehäuft vor Abschluss des dritten Quartals (66,6%) seltener jedoch erst nach einem Jahr.

Recall 3 fand nicht vor Abschluss des dritten Quartals statt. Zu 62% fand es nach dem zweiten Jahr nach Implantation statt (Tabelle 10).

Tabelle 10: Verteilung der Recalls zu verschiedenen Zeiträumen

Verteilung der Recalls zu verschiedenen Zeiträumen

			Recall Nummer			Gesamtsumme
			1	2	3	
Zeitraum	2 Monate	Anzahl	53	0	0	53
		Prozent	41,7%	0,0%	0,0%	19,0%
	3 Monate	Anzahl	35	4	0	39
		Prozent	27,6%	3,9%	0,0%	14,0%
	4 Monate	Anzahl	12	19	0	31
		Prozent	9,4%	18,6%	0,0%	11,1%
	5 Monate	Anzahl	16	14	0	30
		Prozent	12,6%	13,7%	0,0%	10,8%
	6 Monate	Anzahl	8	19	0	27
		Prozent	6,3%	18,6%	0,0%	9,7%
	3. Quartal	Anzahl	1	12	0	13
		Prozent	0,8%	11,8%	0,0%	4,7%
	4. Quartal	Anzahl	2	5	3	10
		Prozent	1,6%	4,9%	6,0%	3,6%
	5. Quartal	Anzahl	0	7	4	11
		Prozent	0,0%	6,9%	8,0%	3,9%
	6. Quartal	Anzahl	0	2	4	6
		Prozent	0,0%	2,0%	8,0%	2,2%
	7. Quartal	Anzahl	0	13	4	17
		Prozent	0,0%	12,7%	8,0%	6,1%
	8. Quartal	Anzahl	0	0	4	4
		Prozent	0,0%	0,0%	8,0%	1,4%
	2-2.5 Jahre	Anzahl	0	6	19	25
		Prozent	0,0%	5,9%	38,0%	9,0%
	>2.5 Jahre	Anzahl	0	1	12	13
		Prozent	0,0%	1,0%	24,0%	4,7%
Gesamtsumme		Anzahl	127	102	50	279
		Prozent	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

4.5 Implantaterfolg

Tabelle 11 zeigt, dass insgesamt 13 Implantate mit zufriedenstellendem bzw. kompromittiertem Überleben (Gruppen II und III) nach Definition der ICOI Konferenz bei insgesamt 5 Patienten gefunden wurden. Bei 38 (88,4%) Patienten wurden ausschließlich optimal eingehheilte Implantate festgestellt (Gruppe I).

Gruppe III (kompromittiertes Überleben) gehörten insgesamt zwei Implantate an (1,6%). Hierbei handelte es sich ausschließlich um sofortbelastete Implantate. Implantate der Gruppe II oder III, deren Schulter jedoch röntgenologisch weiterhin von Knochen bedeckt war bzw. das Knochenniveau zum Abschluss des Untersuchungszeitraumes ≥ 0 mm betrug, wurden nicht als Misserfolg gewertet (siehe Kapitel 3.5). Daraus folgend waren insgesamt 123 (96,9%) der Implantate Erfolge bei insgesamt nur vier Implantaten, die nach Abschluss des Untersuchungszeitraumes ein röntgenologisches Knochenniveau von < 0 mm aufwiesen. Diese fanden sich bei zwei Patienten, wonach sich bei 41 (95,4%) Patienten ausschließlich Implantate fanden, deren Schultern von Knochen umgeben und demnach erfolgreich waren.

Unter den spätbelasteten Implantaten war ein Implantat (1,4%) nach diesen Kriterien ein Misserfolg und drei (5,5%) der sofortbelasteten.

Dies ergibt eine Erfolgsrate von 98,6% für die spätbelasteten Implantate und 94,5% für die sofortbelasteten.

Die Überlebensrate betrug 100%. Kein Implantat ging verloren oder musste explantiert werden.

Drei der Implantate, deren Schultern nicht von Knochen bedeckt bzw. deren röntgenologischer Wert des Knochenniveaus < 0 mm betrug und demnach nach Modifizierung der Definition des Implantaterfolgs nach Misch et al. ein Misserfolg waren, fanden sich bei einem vierzigjährigen männlichen Patienten. Es handelte sich um Spätimplantationen und sofortbelastete Implantate mit einem Durchmesser von 3,5 mm und einer Länge von 11 mm für die beiden im

anterioren Unterkiefer lokalisierten Implantate und von 9,5 mm für das im posterioren Unterkiefer lokalisierte Implantat. Diese wurden mittels chairside Provisorien am Tag der OP provisorisch belastet. Es fand eine periimplantologische Alveolenrekonstruktion mit Knochenspänen statt. Die Implantate in Regio 43 und 44 entwickelten im Verlauf eine Periimplantitis, welche vermutlich auf schlechte Mundhygiene zurückzuführen war. Diese beiden Implantate wurden der Gruppe des kompromittierten Implantatüberlebens zugeordnet, während das dritte Implantat in regio 33 der Gruppe des zufriedenstellenden Überlebens zugeordnet werden konnte.

Ein weiteres Implantat wurde nach der modifizierten Definition des Implantaterfolgs aufgrund des röntgenologischen Knochenlevels von weniger als 0 mm als Misserfolg gewertet, das bei einer 49-jährigen Patientin im posterioren Unterkiefer gesetzt wurde. Es handelte sich um eine Spätimplantation mit Spätbelastung. Das Implantat war 3,5 x 9,5 mm lang und es fand eine periimplantologische Alveolenrekonstruktion mit Knochenersatzmaterial und Bohrspänen statt. Es wurde der Gruppe des zufriedenstellenden Überlebens zugeordnet.

Der Stufe IV des Implantaterfolgs nach Misch et al. wurden in dieser Studie keine Implantate zugeordnet.

Tabelle 11: Implantaterfolg nach Belastungszeitpunkt

			Vierstufiger Implantaterfolg			Gesamtsumme
			I. Erfolg	II. zufriedenstellendes Überleben	III. kompromittiertes Überleben	
Belastungszeitpunkt	Spätbelastung	Anzahl	62	10	0	72
		Prozent	86,1%	13,9%	0,0%	100,0%
	Sofortbelastung	Anzahl	52	1	2	55
		Prozent	94,5%	1,8%	3,6%	100,0%
Total		Anzahl	114	11	2	127
		Prozent	89,8%	8,7%	1,6%	100,0%

4.6 Auswertung des Knochenniveaus

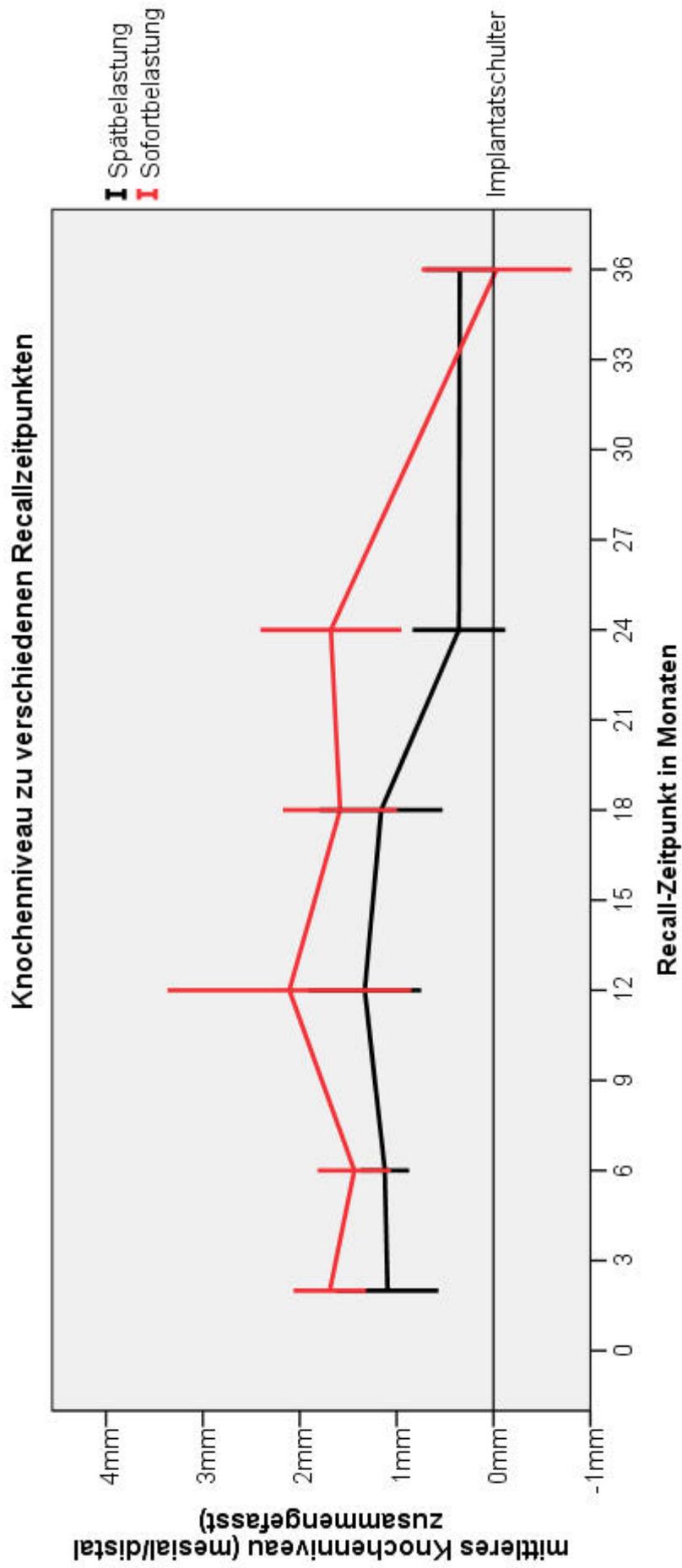
Die röntgenologische Insertionstiefe bei Implantation betrug im Mittel $1,8 \pm 1,2$ mm subkrestal. Für spätbelastete Implantate betrug sie $1,6 \pm 1,1$ mm und für sofortbelastete im Mittel $2,0 \pm 1,2$ mm.

Das röntgenologische Knochenniveau betrug beim letzten Recall im Mittel $1,1 \pm 1,3$ mm. Spätbelastete Implantate wiesen röntgenologisch beim letzten Recall ein Knochenniveau von $0,8 \pm 1,1$ mm auf. Für sofortbelastete betrug es $1,4 \pm 1,5$ mm.

Das mittlere Knochenniveau (mesial/distal zusammengefasst) zu den verschiedenen Recallzeiträumen lässt sich anhand folgender Grafik veranschaulichen (Abbildung 4).

Die Recallzeitpunkte wurden in Gruppierungen zu Recallzeiträumen von 0-2 Monate, 3-6 Monate, 6-12 Monate, 12-18 Monate, 18-24 Monate und >2 Jahre zusammengefasst. Die Schwankungsbreite wird verdeutlicht durch die Fehlerbalken zu den jeweiligen Zeitpunkten (95% Konfidenzintervall, die gemessenen Werte schwankten innerhalb dieser Bereiche).

Abbildung 4: Knocheniveaukurve



	0-2 Mo	3-6 Mo	6-12 Mo	12-18 Mo	18-24 Mo	> 2 Jahre
N spätbelastet	24	72	16	11	14	23
N sofortbelastet	29	55	7	6	7	15

Das Diagramm zeigt einen weitgehend linearen Verlauf des mittleren Knochenniveaus nach 0-6 Monaten für beide Belastungszeitpunkte.

Die spätbelasteten Implantate wiesen im Mittel über eineinhalb Jahre hinweg ein Knochenniveau von ca. +1 mm auf. Ab diesem Zeitpunkt nimmt es im Untersuchungszeitraum von 18-24 Monaten leicht ab und pendelt sich im Recallzeitraum von über 2 Jahren bei ca. +0,5 mm ein.

Das Knochenniveau der sofortbelasteten Implantate liegt zu Beginn der Nachkontrollen im Mittel bis ca. 2 Jahre zwischen ca. +1,5 mm und +2 mm und nimmt im Recallzeitraum 3-6 Monate leicht ab auf circa +1,5 mm. Nach über 2 Jahren nimmt die Knochenhöhe wiederum um 1,5 mm ab und sinkt auf 0 mm.

4.7 Auswertung des Knochenverlusts

Im Mittel betrug der röntgenologische Knochenverlust im Untersuchungszeitraum -0,7 mm. Er schwankte zwischen -0,9 mm und -0,5 mm (95% Konfidenzintervall).

Tabelle 12: Mittelwert Knochenverlust gesamt

Mittelwert	Standardfehler	df	95 % Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
-,674 ^{b,c}	,110	85,505	-,893	-,454

a. Abhängige Variable: mittler Differenz zu Baseline (mesial/distal).

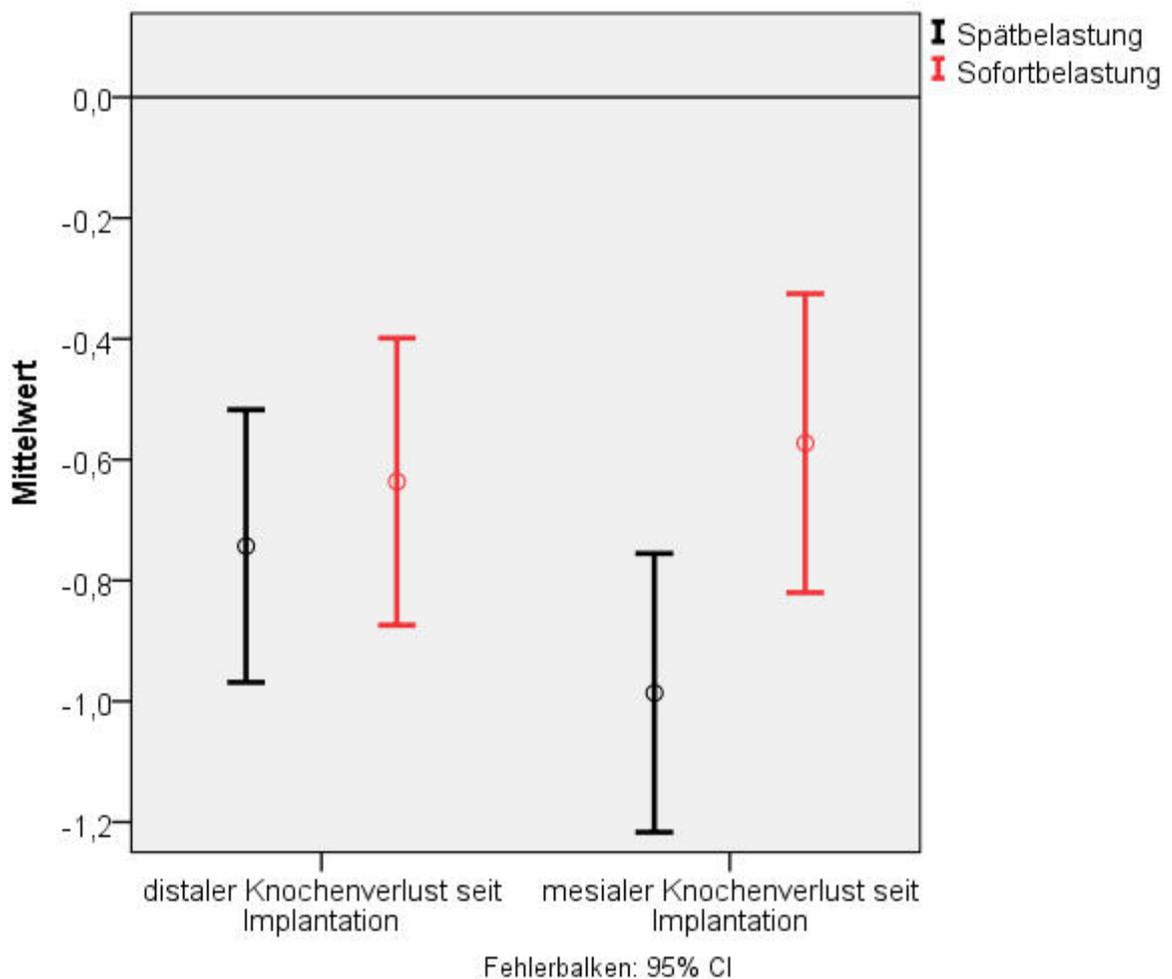
b. Kovariate im Modell werden für die folgenden Werte ausgewertet: Bone level distal am Implantationstag = 1,6290, Bone level mesial am Implantationstag = 1,8548, Patientenalter bei Implantation = 56,44.

c. Basierend auf Randmitteln der geänderten Grundgesamtheit.

Für die Spätbelastung betrug der mittlere Knochenverlust $-0,9 \pm 1$ mm und für sofortbelastete $-0,6 \pm 0,9$ mm.

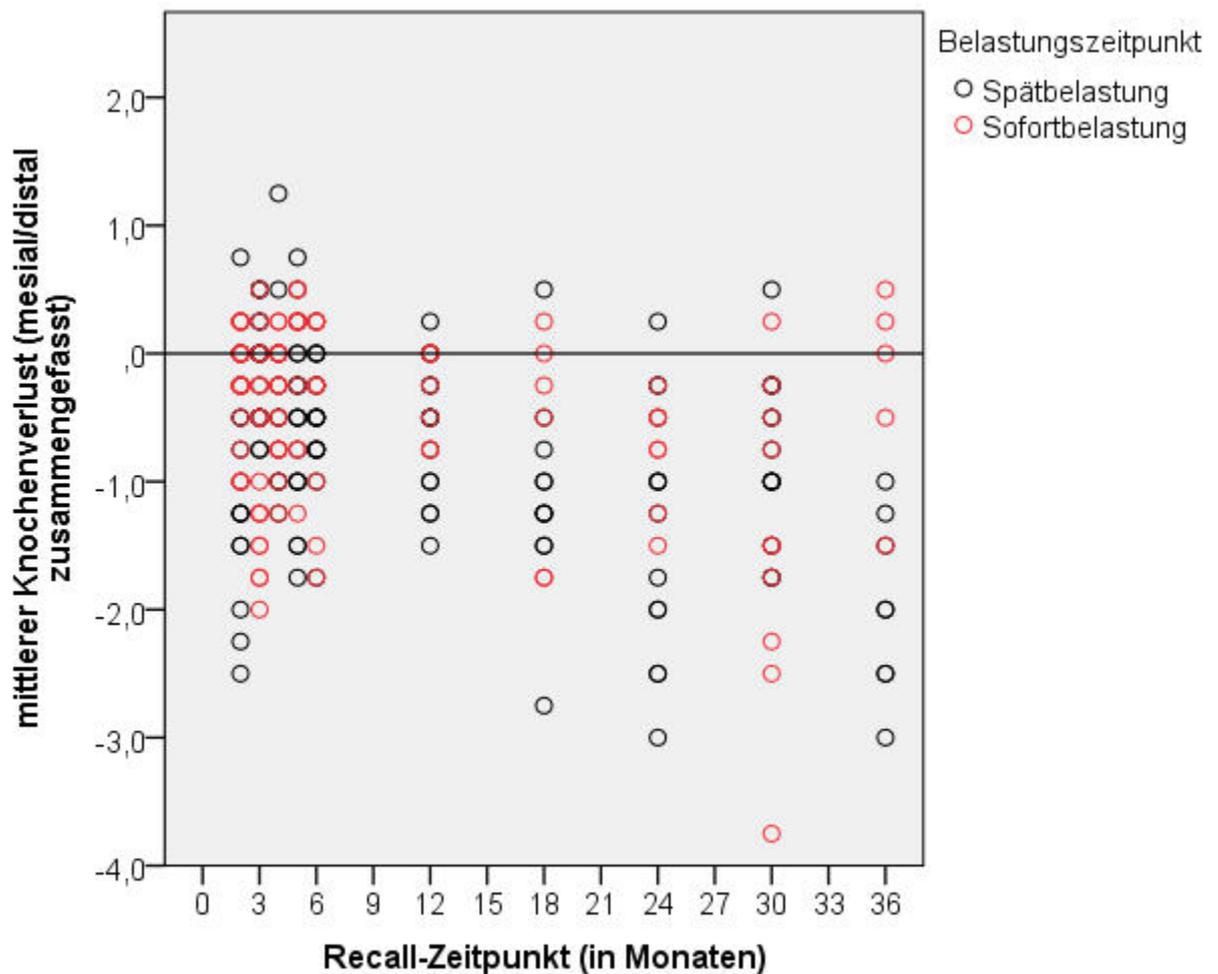
Abbildung 5 verdeutlicht die mittleren Knochenverluste in direkter Gegenüberstellung mit der Schwankungsbreite innerhalb des 95%igen Konfidenzintervalls.

Abbildung 5: Gegenüberstellung des Knochenverlusts im Mittel nach Belastungszeitpunkt



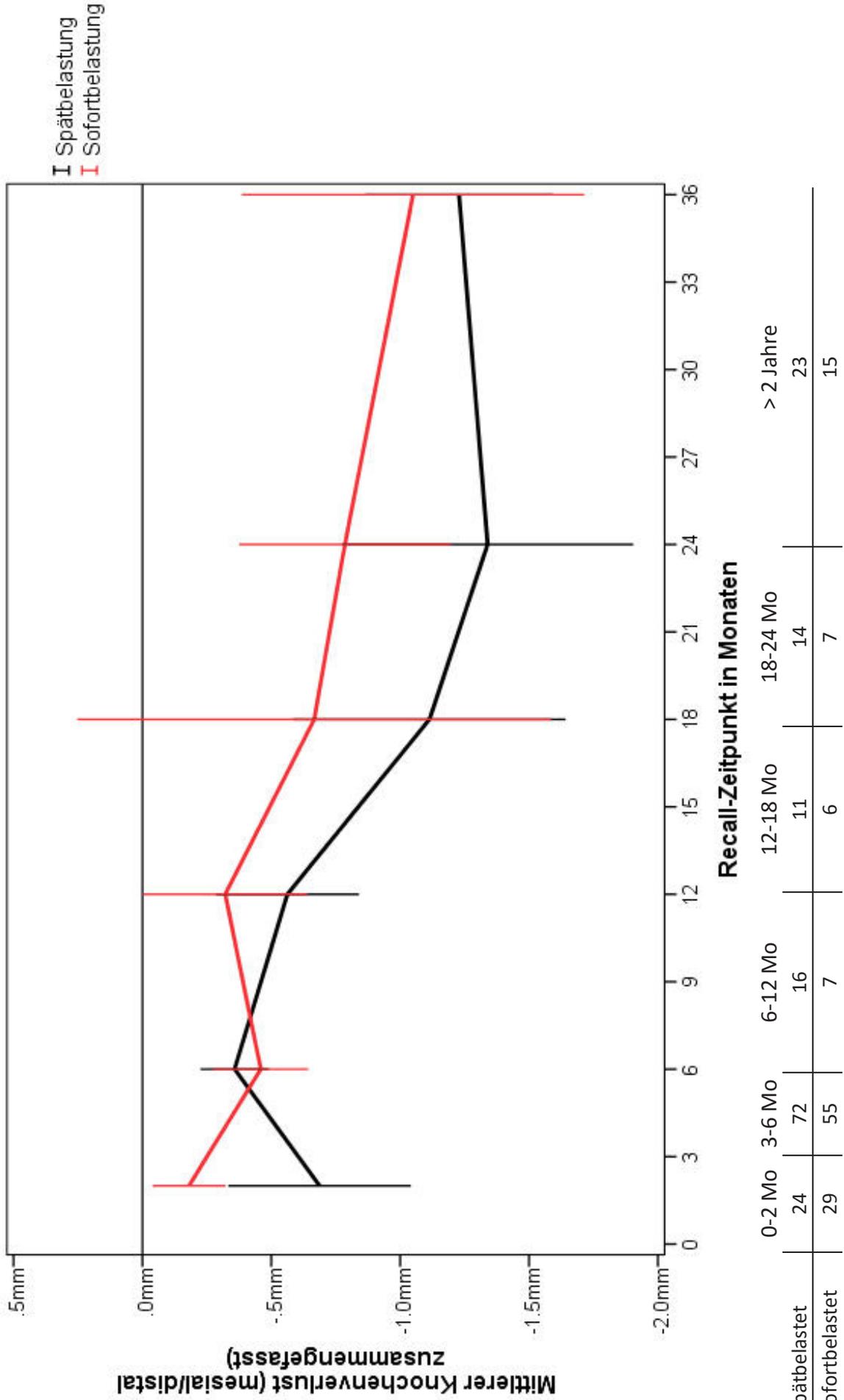
Anhand Abbildung 6 lässt sich der mittlere Knochenverlust (mesial/distal zusammengefasst) zu den verschiedenen Recallzeiträumen veranschaulichen. Hier wird deutlich, dass die Werte des Knochenniveaus für die einzelnen Implantate in den den jeweiligen Recallzeiträumen sehr stark schwanken.

Abbildung 6: Verteilung des Knochenlevels der einzelnen Implantate zu verschiedenen Recallzeitpunkten



Nach Zusammenfassung von Recallzeitpunkten in Gruppierungen zu Recallzeiträumen von 0-2 Monate, 3-6 Monate, 6-12 Monate, 12-18 Monate, 18-24 Monate und >2 Jahre ergibt sich folgendes Darstellung (Abbildung 7). Die hohe Schwankungsbreite wird verdeutlicht durch die Fehlerbalken zu den jeweiligen Zeitpunkten (95% Konfidenzintervall, die gemessenen Werte schwanken innerhalb dieser Bereiche).

Abbildung 7: Knochenverlustkurve



Die untersuchten Implantate verloren nach Implantation innerhalb der Gruppe der Spätbelastung nach 0-2 Monaten Untersuchungszeitraum circa 0,7 mm an Knochen, während die sofortbelasteten Implantate nur circa 0,2 mm Knochenhöhe verloren.

Nach 18-24 Monaten Untersuchungszeitraum ist im Mittel bei spätbelasteten Implantaten 1,3 mm verloren gegangen und bei sofortbelasteten circa 0,8 mm. Im Untersuchungszeitraum >2 Jahre beträgt der mittlere Knochenabbau für spätbelastete Implantate schließlich in etwa 1,2 mm und für sofortbelastete circa 1 mm.

4.8 Analyse der Knochenverluste

Anhand eines gemischten Modells wurden die verschiedenen Parameter auf ihren Einfluss auf die mittleren Knochenverluste ab Implantation Baseline adjustiert getestet. Es wurde für alle Vergleiche der Mittelwerte eine lineare gemischte Regressionsanalyse mit anschließendem Post-hoc-Test durchgeführt.

4.8.1 Geschlecht

Der mittlere Knochenverlust betrug für männliche Patienten -0,7 mm und für weibliche -0,6 mm. Zwischen den gefundenen Werten liegt ein Unterschied von 0,1 mm. Dieser Wert ist im Post-hoc-Test nicht signifikant ($p = 0,530$). Das Geschlecht der Patienten hatte demnach keinen Einfluss auf den Knochenverlust (Tabelle 14).

Tabelle 13: Knochenverlust nach Geschlecht

Schätzungen ^a					
Geschlecht	Mittelwert	Standardfehler	df	95 % Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
männlich	-,728 ^{b,c}	,148	66,222	-1,023	-,433
weiblich	-,619 ^{b,c}	,131	61,504	-,882	-,357

a. Abhängige Variable: mittler Differenz zu Baseline (mesial/distal).

b. Kovariate im Modell werden für die folgenden Werte ausgewertet: Bone level distal am Implantationstag = 1,6290, Bone level mesial am Implantationstag = 1,8548, Patientenalter bei Implantation = 56,44.

c. Basierend auf Randmitteln der geänderten Grundgesamtheit.

Tabelle 14: Vergleich des Knochenverlusts nach Geschlecht

Paarweise Vergleiche ^a							
(I) Geschlecht	(J) Geschlecht	Mittelwertdifferenz (I-J)	Standardfehler	df	Sig. ^d	95 % Konfidenzintervall für Differenz ^d	
						Untergrenze	Obergrenze
männlich	weiblich	-,109 ^{b,c}	,171	40,146	,530	-,455	,238
weiblich	männlich	,109 ^{b,c}	,171	40,146	,530	-,238	,455

Basierend auf geschätzten Randmitteln

a. Abhängige Variable: mittler Differenz zu Baseline (mesial/distal).

b. Eine Schätzung der Randmittel der geänderten Grundgesamtheit (I).

c. Eine Schätzung der Randmittel der geänderten Grundgesamtheit (J).

d. Anpassung für Mehrfachvergleiche: geringste signifikante Differenz (entspricht keinen Anpassungen).

4.8.2 Alter

Das mittlere Alter bei Implantation betrug 54,4 Jahre. Dieses hat keinen Einfluss auf den Knochenverlust ($p = 0,382$, Post-hoc-Test).

4.8.3 Belastungszeitpunkt

Der mittlere Knochenverlust für spätbelastete Implantate betrug -0,7 mm und für sofortbelastete -0,8 mm. Zwischen den gefundenen Werten liegt ein Unterschied von 0,1 mm. Dieser Wert ist im Post-hoc-Test nicht signifikant ($p = 0,550$). Somit hat der Belastungszeitpunkt keinen Einfluss auf den Knochenabbau (Tabelle 16).

Tabelle 15: Knochenverlust nach Belastungszeitpunkt

Schätzungen^a

Belastungszeitpunkt	Mittelwert	Standardfehler	df	95 % Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Spätbelastung	-,701 ^b	,140	99,280	-,978	-,424
Sofortbelastung	-,811 ^b	,178	112,938	-1,163	-,459

a. Abhängige Variable: mittler Differenz zu Baseline (mesial/distal).

b. Kovariate im Modell werden für die folgenden Werte ausgewertet: Bone level distal am Implantationstag = 1,6290, Bone level mesial am Implantationstag = 1,8548, Patientenalter bei Implantation = 56,44.

Tabelle 16: Vergleich des Knochenverlusts nach Belastungszeitpunkt

Paarweise Vergleiche^a

(I)	(J)	Mittelwertdifferenz (I-J)	Standardfehler	df	Sig. ^b	95 % Konfidenzintervall für Differenz ^b	
						Untergrenze	Obergrenze
Sofort_Spaet	Sofort_Spaet						
Spätbelastung	Sofortbelastung	,110	,183	99,636	,550	-,254	,474
Sofortbelastung	Spätbelastung	-,110	,183	99,636	,550	-,474	,254

Basierend auf geschätzten Randmitteln

a. Abhängige Variable: mittler Differenz zu Baseline (mesial/distal).

b. Anpassung für Mehrfachvergleiche: geringste signifikante Differenz (entspricht keinen Anpassungen).

Es wurde weiterhin getestet, ob der Knochenverlust zu irgendeinem Recallzeitpunkt signifikant unterschiedlich ist zwischen den beiden Gruppen Sofort- und Spätbelastung.

Die gefundenen mittleren Werte für den mesial/distal zusammengefassten Knochenverlust sind in keinem Recallzeitraum signifikant. Der Knochenverlust ist zu keinem Recallzeitpunkt abhängig vom Belastungszeitpunkt (Tabelle 18).

Tabelle 17: Knochenverlust zu verschiedenen Recallzeiträumen

Schätzungen^a

Belastungszeitpunkt	Recallzeitraum	Mittelwert	Standardfehler	df	95 % Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Spätbelastung	0-2 Monate	-,358 ^b	,166	150,992	-,687	-,030
	3-6 Monate	-,382 ^b	,153	117,989	-,685	-,079
	6-12 Monate	-,651 ^b	,185	182,069	-1,017	-,285
	<12-18 Monate	-,984 ^b	,204	216,938	-1,387	-,582
	<18-24 Monate	-,787 ^b	,190	204,456	-1,160	-,413
	>2 Jahre	-,887 ^b	,169	160,493	-1,222	-,553
Sofortbelastung	0-2 Monate	-,286 ^{b,c}	,166	108,610	-,615	,044
	3-6 Monate	-,420 ^{b,c}	,151	87,456	-,720	-,119
	6-12 Monate	-,703 ^{b,c}	,231	219,297	-1,159	-,247
	<12-18 Monate	-,860 ^{b,c}	,259	230,916	-1,371	-,349
	<18-24 Monate	-,798 ^{b,c}	,234	210,339	-1,260	-,336
	>2 Jahre	-,965 ^{b,c}	,183	159,035	-1,327	-,603

a. Abhängige Variable: mittlerer Differenz zu Baseline (mesial/distal).

b. Kovariate im Modell werden für die folgenden Werte ausgewertet: Bone level distal am Implantationstag = 1,6290, Bone level mesial am Implantationstag = 1,8548, Patientenalter bei Implantation = 56,44.

c. Basierend auf Randmitteln der geänderten Grundgesamtheit.

Tabelle 18: Vergleich des Knochenverlusts zu verschiedenen Recallzeiträumen
Paarweise Vergleiche^a

Belastungs- Recallzeitraumzeitpunkt	Mittelwert- differenz (I-J)	Standard- fehler	df	Sig. ^d	95 % Konfidenzintervall für Differenz ^d	
					Unter- grenze	Ober- grenze
0-2 Monate Spätbelastung Sofortbelastung	-,072 ^b	,230	154,183	,753	-,526	,381
	SofortbelastungSpätbelastung	,072 ^c	,230	154,183	,753	-,381	,526
3-6 Monate Spätbelastung Sofortbelastung	,038 ^b	,209	121,733	,856	-,375	,451
	SofortbelastungSpätbelastung	-,038 ^c	,209	121,733	,856	-,451	,375
6-12 Monate Spätbelastung Sofortbelastung	,052 ^b	,292	237,692	,859	-,523	,626
	SofortbelastungSpätbelastung	-,052 ^c	,292	237,692	,859	-,626	,523
<12-18 Monate Spätbelastung Sofortbelastung	-,125 ^b	,326	243,821	,703	-,766	,517
	SofortbelastungSpätbelastung	,125 ^c	,326	243,821	,703	-,517	,766
<18-24 Monate Spätbelastung Sofortbelastung	,011 ^b	,297	229,815	,969	-,573	,596
	SofortbelastungSpätbelastung	-,011 ^c	,297	229,815	,969	-,596	,573
>2 Jahre Spätbelastung Sofortbelastung	,077 ^b	,241	189,576	,749	-,397	,552
	SofortbelastungSpätbelastung	-,077 ^c	,241	189,576	,749	-,552	,397

Basierend auf geschätzten Randmitteln

- a. Abhängige Variable: mittlerer Differenz zu Baseline (mesial/distal).
- b. Eine Schätzung der Randmittel der geänderten Grundgesamtheit (J).
- c. Eine Schätzung der Randmittel der geänderten Grundgesamtheit (I).
- d. Anpassung für Mehrfachvergleiche: geringste signifikante Differenz (entspricht keinen Anpassungen).

4.8.4 Implantationszeitpunkt

Bei spätbelasteten Sofortimplantaten betrug der mittlere Knochenabbau -0,5 mm und für sofortbelastete Sofortimplantate -0,7 mm. Der Unterschied ist im Post-hoc-Test nicht signifikant ($p = 0,336$) (Tabelle 20).

Bei spätbelasteten Spätimplantationen betrug der mittlere Knochenabbau -0,7 mm und für sofortbelastete Spätimplantationen ebenfalls -0,7 mm. Es gab keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,947$, Post-hoc-Test).

Der Knochenabbau bei verzögerter Sofortimplantation in Abhängigkeit von Sofort- und Spätbelastung konnte nicht getestet werden, da kein Implantat nach verzögerter Sofortimplantation sofortbelastet wurde.

Es fanden sich in den Tests keine Unterschiede zwischen Sofort- und Spätimplantationen bezüglich Knochenabbau innerhalb der beiden Subgruppen Spät- und Sofortbelastung.

Tabelle 19: Knochenverlust nach Implantationszeitpunkt in Abhängigkeit des Belastungszeitpunkts

		Schätzungen ^a				
Belastungszeitpunkt	Implantationszeitpunkt	Mittelwert	Standardfehler	df	95 % Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Spätbelastung	Sofortimplantation	-,449 ^b	,202	117,943	-,848	-,049
	Spätimplantation	-,666 ^b	,123	81,762	-,912	-,421
	verzögerte Sofortimplantation	-,910 ^b	,317	113,299	-1,539	-,281
Sofortbelastung	Sofortimplantation	-,693 ^b	,160	109,533	-1,009	-,376
	Spätimplantation	-,651 ^b	,199	115,675	-1,045	-,257
	verzögerte Sofortimplantation	. ^{b,c}	.	.	.	.

a. Abhängige Variable: mittler Differenz zu Baseline (mesial/distal).

b. Kovariate im Modell werden für die folgenden Werte ausgewertet: Bone level distal am Implantationstag = 1,6290, Bone level mesial am Implantationstag = 1,8548, Patientenalter bei Implantation = 56,44.

c. Diese Ebenenkombination der Faktoren wird nicht beobachtet. Daher sind die entsprechenden Randmittel der Grundgesamtheit nicht schätzbar.

Tabelle 20: Vergleich des Knochenverlusts nach Implantationszeitpunkt in Abhängigkeit des Belastungszeitpunkts

		Paarweise Vergleiche ^a					95 % Konfidenzintervall für Differenz ^d			
Implantationszeit- punkt	(I)		(J)		Mittelwert- differenz (I-J)	Standard- fehler	df	Sig. ^d	Unter- grenze	Ober- grenze
	Sofort	Spaet	Sofort	Spaet						
Sofortimplantation	Spätbelastung	Sofortbelastung			,244	,253	127,042	,336	-,256	,744
	Sofortbelastung	Spätbelastung			-,244	,253	127,042	,336	-,744	,256
Spätimplantation	Spätbelastung	Sofortbelastung			-,015	,227	124,077	,947	-,464	,434
	Sofortbelastung	Spätbelastung			,015	,227	124,077	,947	-,434	,464
verzögerte	Spätbelastung	Sofortbelastung			. ^b	.	.	.	.	.
Sofortimplantation	Sofortbelastung	Spätbelastung			. ^c	.	.	.	.	.

Basierend auf geschätzten Randmitteln

- a. Abhängige Variable: mittlerer Differenz zu Baseline (mesial/distal).
- b. Die Ebenenkombination der Faktoren in (J) wird nicht beobachtet.
- c. Die Ebenenkombination der Faktoren in (I) wird nicht beobachtet.
- d. Anpassung für Mehrfachvergleiche: geringste signifikante Differenz (entspricht keinen Anpassungen).

Der Einfluss des Implantationszeitpunktes auf den Knochenabbau wurde ebenfalls unabhängig vom Belastungszeitpunkt getestet (Tabelle 22).

Für Sofortimplantationen betrug der mittlere Knochenabbau -0,6 mm, für Spätimplantationen -0,7 mm und verzögerte Sofortimplantationen -1 mm. Die gefundenen Unterschiede sind nicht signifikant ($p = 0,508$, Post-hoc-Test) (Tabelle 23).

Der Implantationszeitpunkt hatte somit keinen Einfluss auf den Knochenabbau.

Tabelle 21: Knochenverlust nach Implantationszeitpunkt

		Paarweise Vergleiche ^a					95 % Konfidenzintervall für Differenz ^b	
(I) Implantationszeitpunkt	(J) Implantationszeitpunkt	Mittelwert-differenz (I-J)	Standardfehler	df	Sig. ^b	Untergrenze	Obergrenze	
Sofortimplantation	Spätimplantation	,087	,134	114,300	,516	-,178	,352	
	verzögerte Sofortimplantation	,378	,335	108,155	,261	-,285	1,042	
Spätimplantation	Sofortimplantation	-,087	,134	114,300	,516	-,352	,178	
	verzögerte Sofortimplantation	,291	,316	107,025	,359	-,336	,918	
verzögerte Sofortimplantation	Sofortimplantation	-,378	,335	108,155	,261	-1,042	,285	
Sofortimplantation	Spätimplantation	-,291	,316	107,025	,359	-,918	,336	

Basierend auf geschätzten Randmitteln

a. Abhängige Variable: mittlerer Differenz zu Baseline (mesial/distal).

b. Anpassung für Mehrfachvergleiche: geringste signifikante Differenz (entspricht keinen Anpassungen).

Tabelle 22: Vergleich des Knochenverlusts nach Implantationszeitpunkt

Implantationszeitpunkt	Mittelwert	Standardfehler	df	95 % Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
Sofortimplantation	-,601 ^b	,115	100,483	-,829	-,372
Spätimplantation	-,688 ^b	,101	76,435	-,889	-,487
verzögerte Sofortimplantation	-,979 ^b	,324	113,656	-1,620	-,338

a. Abhängige Variable: mittlerer Differenz zu Baseline (mesial/distal).

b. Kovariate im Modell werden für die folgenden Werte ausgewertet: Bone level distal am

Implantationstag = 1,6290, Bone level mesial am Implantationstag = 1,8548, Patientenalter bei Implantation = 56,44.

Tabelle 23: Signifikanzniveau des Knochenverlusts nach Implantationszeitpunkt in Abhängigkeit des Belastungszeitpunkts

Univariate Tests ^a			
df für Zähler	df für Nenner	F	Sig.
2	110,586	,681	,508

Der F-Test testet den Effekt von Implantationszeitpunkt.

Dieser Test basiert auf den linear unabhängigen, paarweisen Vergleichen der geschätzten Randmittel.^a

a. Abhängige Variable: mittlerer Differenz zu Baseline (mesial/distal).

4.8.5 Implantatlokalisierung

Der gefundene Unterschied des mittleren Knochenabbaus zwischen spätbelasteten und sofortbelasteten Implantaten im anterioren Bereich ist im Post-hoc-Test nicht signifikant ($p = 0,857$).

Gleiches gilt für die Implantate im posterioren Bereich ($p = 0,907$) (Tabelle 25).

Signifikant unterschiedlich ist jedoch der Knochenabbau für posterior gesetzte Implantate im Vergleich zu anterior gesetzten unabhängig vom Belastungszeitpunkt (Tabelle 27).

Für die anterior inserierten Implantate beträgt der mittlere Knochenabbau -0,6 mm und für die posterioren -0,9 mm. Der Unterschied zwischen diesen Werten ist signifikant ($p = 0,012$, Post-hoc-Test).

Der Knochenabbau war bei den posterior gesetzten Implantaten signifikant höher als bei anterior gesetzten.

Tabelle 24: Knochenverlust nach Implantatlokalisierung in Abhängigkeit des Belastungszeitpunkts

Schätzungen ^a						
Belastungszeitpunkt	Region	Mittelwert	Standardfehler	df	95 % Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze
Spätbelastung	anterior	-,523 ^b	,172	109,527	-,864	-,181
	posterior	-,827 ^b	,171	111,262	-1,166	-,488
Sofortbelastung	anterior	-,484 ^{b,c}	,140	82,915	-,762	-,206
	posterior	-,859 ^{b,c}	,224	136,446	-1,303	-,416

a. Abhängige Variable: mittler Differenz zu Baseline (mesial/distal).

b. Kovariate im Modell werden für die folgenden Werte ausgewertet: Bone level distal am Implantationstag = 1,6290, Bone level mesial am Implantationstag = 1,8548, Patientenalter bei Implantation = 56,44.

c. Basierend auf Randmitteln der geänderten Grundgesamtheit.

Tabelle 25: Vergleich des Knochenverlusts nach Implantatlokalisierung in Abhängigkeit des Belastungszeitpunkts

Paarweise Vergleiche ^a								
Region	(I) Sofort_Spaet	(J) Sofort_Spaet	Mittelwert- differenz (I- J)	Standard- fehler	df	Sig. ^d	95 % Konfidenzintervall für Differenz ^d	
							Unter- grenze	Ober- grenze
anterior	Spätbelastung	Sofortbelastung	-,039 ^b	,213	118,599	,857	-,461	,384
	Sofortbelastung	Spätbelastung	,039 ^c	,213	118,599	,857	-,384	,461
posterior	Spätbelastung	Sofortbelastung	,032 ^b	,276	132,894	,907	-,514	,579
	Sofortbelastung	Spätbelastung	-,032 ^c	,276	132,894	,907	-,579	,514

Basierend auf geschätzten Randmitteln

a. Abhängige Variable: mittler Differenz zu Baseline (mesial/distal).

b. Eine Schätzung der Randmittel der geänderten Grundgesamtheit (J).

c. Eine Schätzung der Randmittel der geänderten Grundgesamtheit (I).

d. Anpassung für Mehrfachvergleiche: geringste signifikante Differenz (entspricht keinen Anpassungen).

Tabelle 26: Knochenverlust nach Implantatlokalisierung

Schätzungen ^a					
Region	Mittelwert	Standardfehler	df	95 % Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
anterior	-,581 ^b	,133	113,141	-,845	-,316
posterior	-,931 ^b	,161	123,043	-1,250	-,613

a. Abhängige Variable: mittler Differenz zu Baseline (mesial/distal).

b. Kovariate im Modell werden für die folgenden Werte ausgewertet: Bone level distal am Implantationstag = 1,6290, Bone level mesial am Implantationstag = 1,8548, Patientenalter bei Implantation = 56,44.

Tabelle 27: Vergleich des Knochenverlusts nach Implantatlokalisierung

Paarweise Vergleiche ^a							
(I)	(J)	Mittelwertdifferenz (I-J)	Standardfehler	df	Sig. ^c	95 % Konfidenzintervall für Differenz ^c	
						Untergrenze	Obergrenze
ant/post	ant/post						
anterior	posterior	,351 [*]	,137	111,707	,012	,080	,622
posterior	anterior	-,351 [*]	,137	111,707	,012	-,622	-,080

Basierend auf geschätzten Randmitteln

*. die Mittelwertdifferenz ist auf der Stufe ,05 signifikant.

a. Abhängige Variable: mittler Differenz zu Baseline (mesial/distal).

c. Anpassung für Mehrfachvergleiche: geringste signifikante Differenz (entspricht keinen Anpassungen).

4.8.6 Untersuchungszeitraum

Tabelle 29 zeigt, dass der gefundene Unterschied der Knochenverluste zwischen den Zeiträumen 0-2 Monate und 12-18 Monate im Post-hoc-Test hochsignifikant ist ($p < 0,001$). Der Knochenverlust in den ersten beiden Monaten ist somit signifikant größer als nach Abschluss des ersten Jahres nach Implantation. Gleiches gilt für den Untersuchungszeitraum 3-6 Monate. Der Unterschied zum Untersuchungszeitraum 12-18 Monate ist ebenfalls hochsignifikant ($p < 0,001$). Ab dem Recallzeitraum 6-12 Monate wurde kein

signifikanter Unterschied des Knochenverlusts im Vergleich zum Recallzeitraum 12-18 Monate festgestellt ($p = 0,059$). In den Recallzeiträumen 18-24 Monate und über 2 Jahre findet kaum mehr ein Knochenabbau statt (0,2 mm bzw. 0 mm Differenz zum Recallzeitraum 12-18 Monate). Die Unterschiede sind nicht signifikant ($p = 0,344$ bzw. $p = 0,858$).

Der Knochenverlust stagniert somit nach einem Jahr. Es findet immer weniger Knochenabbau statt.

Tabelle 28: Knochenverlust nach Untersuchungszeitraum

Schätzungen ^a					
Recallzeitraum	Mittelwert	Standardfehler	df	95 % Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
0-2 Monate	-,402 ^b	,139	136,072	-,677	-,126
3-6 Monate	-,484 ^b	,133	120,672	-,748	-,220
6-12 Monate	-,755 ^b	,161	190,887	-1,071	-,438
<12-18 Monate	-1,026 ^b	,176	222,151	-1,372	-,680
<18-24 Monate	-,871 ^b	,163	212,992	-1,192	-,550
>2 Jahre	-,999 ^b	,146	158,049	-1,287	-,712

a. Abhängige Variable: mittlerer Differenz zu Baseline (mesial/distal).

b. Kovariate im Modell werden für die folgenden Werte ausgewertet: Bone level distal am Implantationstag = 1,6290, Bone level mesial am Implantationstag = 1,8548, Patientenalter bei Implantation = 56,44.

Tabelle 29: Vergleich des Knochenverlusts nach Untersuchungszeitraum

		Paarweise Vergleiche ^a					95 % Konfidenzintervall für Differenz ^c	
Recallzeitraum	Untersuchungs- zeitraum	Mittelwert- differenz (I-J)	Standard- fehler	df	Sig. ^c	Untergrenze	Obergrenze	
0-2 Monate	3-6 Monate	,082	,078	174,246	,292	-,071	,236	
	6-12 Monate	,353 [*]	,120	176,246	,004	,117	,589	
	<12-18 Monate	,624 [*]	,141	188,536	,000	,346	,903	
	<18-24 Monate	,470 [*]	,117	161,093	,000	,239	,700	
	>2 Jahre	,598 [*]	,104	211,450	,000	,394	,802	
3-6 Monate	0-2 Monate	-,082	,078	174,246	,292	-,236	,071	
	6-12 Monate	,271 [*]	,105	162,287	,011	,063	,479	
	<12-18 Monate	,542 [*]	,126	185,569	,000	,294	,790	
	<18-24 Monate	,387 [*]	,108	153,038	,000	,173	,601	
	>2 Jahre	,515 [*]	,085	176,234	,000	,347	,684	
6-12 Monate	0-2 Monate	-,353 [*]	,120	176,246	,004	-,589	-,117	
	3-6 Monate	-,271 [*]	,105	162,287	,011	-,479	-,063	
	<12-18 Monate	,271	,143	165,722	,059	-,011	,553	
	<18-24 Monate	,117	,146	162,160	,424	-,171	,404	
	>2 Jahre	,245	,127	173,200	,056	-,006	,495	
<12-18 Monate	0-2 Monate	-,624 [*]	,141	188,536	,000	-,903	-,346	
	3-6 Monate	-,542 [*]	,126	185,569	,000	-,790	-,294	
	6-12 Monate	-,271	,143	165,722	,059	-,553	,011	
	<18-24 Monate	-,155	,163	175,400	,344	-,476	,167	
	>2 Jahre	-,027	,148	187,655	,858	-,319	,266	
<18-24 Monate	0-2 Monate	-,470 [*]	,117	161,093	,000	-,700	-,239	
	3-6 Monate	-,387 [*]	,108	153,038	,000	-,601	-,173	
	6-12 Monate	-,117	,146	162,160	,424	-,404	,171	
	<12-18 Monate	,155	,163	175,400	,344	-,167	,476	
	>2 Jahre	,128	,121	154,442	,292	-,111	,367	
>2 Jahre	0-2 Monate	-,598 [*]	,104	211,450	,000	-,802	-,394	
	3-6 Monate	-,515 [*]	,085	176,234	,000	-,684	-,347	
	6-12 Monate	-,245	,127	173,200	,056	-,495	,006	
	<12-18 Monate	,027	,148	187,655	,858	-,266	,319	
	<18-24 Monate	-,128	,121	154,442	,292	-,367	,111	

Basierend auf geschätzten Randmitteln

*. die Mittelwertdifferenz ist auf der Stufe ,05 signifikant.

a. Abhängige Variable: mittler Differenz zu Baseline (mesial/distal).

c. Anpassung für Mehrfachvergleiche: geringste signifikante Differenz (entspricht keinen Anpassungen).

5 Diskussion

In dieser retrospektiven radiographischen Studie wurden die Knochenverluste von spät- und sofortbelasteten subkrestal gesetzten Ankylos® C/X Implantaten gemessen und ausgewertet, einerseits mit dem Ziel, den Einfluss von Alter, Geschlecht, Untersuchungszeitraum, Implantationszeitpunkt und -lokalisierung (anterior/posterior) auf die jeweilige Gruppe zu untersuchen. Es ergaben sich hierfür keine signifikanten Unterschiede im Knochenabbau.

Andererseits konnte gezeigt werden, dass sich bei Sofortbelastung dieses Implantatsystems bei Einhaltung der Vorgaben keine geringeren Überlebensraten im Vergleich zu den spätbelasteten ergeben und dass der Knochenverlust nicht signifikant höher ist.

5.1 Statistik

Das Patientenkollektiv dieser retrospektiven Studie beinhaltet sowohl überwiesene als auch eigene Patienten der Praxis Dr. Kornmann & Dr. Gerlach und Kollegen. Die auszumessenden Röntgenaufnahmen wurden in unregelmäßigen zeitlichen Abständen angefertigt. Zum Teil wurde durch die Patienten außerdem nur ein einziger Recalltermin wahrgenommen (19,7% der Implantate), an einem dritten Termin konnten nur noch 39,4% aller Patienten untersucht werden. Aus diesen Gründen wurden die Untersuchungszeitpunkte zu mehreren Recall-Intervallen zusammengefasst, was insgesamt aussagekräftigere Rückschlüsse über die zeitliche Entwicklung des Knochenniveaus ermöglicht (siehe Abbildungen 4 und 7). Zur Analyse des Langzeiterfolgs sind die vorliegenden Daten jedoch begrenzt geeignet. So wurden zum letzten Recallintervall > 2 Jahre nur noch 15 sofortversorgte Implantate untersucht. Der Untersuchungszeitraum beläuft sich im Median auf 12 Monate. Um eine statistisch signifikante Aussage über den Langzeiterfolg zu

treffen, bedarf es jedoch eines längeren Beobachtungszeitraumes und einer größeren Fallzahl. Da es sich hierbei um eine retrospektive Studie handelt, konnten viele Implantate nach problemloser Einheilung nicht weiter nachuntersucht werden, es wurden keine Röntgenbilder mehr angefertigt und somit konnte keine erneute Messung des Knochenlevels erfolgen. Folglich wurden möglicherweise nicht nur solche Implantate mit problemloser Einheilung, sondern auch solche Implantate, bei denen es zu einem größeren Knochenverlust, Periimplantitis, Mukositis, etc. kam, nicht weiter erfasst. Der tatsächliche mittlere Knochenverlust ist somit unbekannt.

Zudem kam es bei 27 der Implantate (21,3%) nach der provisorischen Versorgung im Laufe der Untersuchungszeitraumes nicht zu einer definitiven Versorgung, was eine Limitation der deskriptiven Ergebnisse darstellt (Tabelle 7), da deren Einfluss auf das Knochenlevel nicht untersucht werden konnte.

Dennoch werden für die ersten zwölf Monate nach Implantation erste aussagekräftige Ergebnisse sichtbar, da das Remodeling des periimplantären Knochens bereits zu einem großen Teil in dieser Zeit stattfindet und danach in der Regel stagniert (Glauser 2015). Dafür ergaben sich auch in der Baseline adjustierten statistischen Modellierung dieser Studie Hinweise (siehe Tabelle 29).

Es wurden insgesamt die Daten von 127 Implantaten ausgewertet, von denen 55 sofortversorgt (43,3%) und 72 spät belastet (56,7%) wurden. Für die Untersuchung dieser Subgruppen auf weitere Parameter wie Alter, Implantatdimension, Implantationszeitpunkt, Augmentationsart, Einheilmodus (für spätbelastete Implantate, transgingivale bzw. subgingivale Einheilung) und Art der definitiven Versorgung (Verblockung der Suprakonstruktion) konnten aufgrund der zu geringen Fallzahl keine statistisch verwertbaren Aussagen getroffen werden. Die hierzu gefundenen Werte können zufällig aufgetreten sein und werden deshalb nicht in die Bewertung dieser Methoden einfließen.

5.2 Belastungsprotokoll

Für die verschiedenen Belastungszeitpunkte gilt heute nach Übereinkunft auf der fünften ITI Konsensuskonferenz (Gallucci, Benic et al. 2014) die Definition nach Weber et al. (Weber, Morton et al. 2009):

Tabelle 28: Belastungszeitpunkte

	Spätbelastung	Frühe Belastung	Sofortbelastung
Belastungszeitpunkt nach Implantation	> 2 Monate	1 Woche bis 2 Monate	Bis zu eine Woche

Die konventionelle und frühe Implantatbelastung sind heute bereits als Protokolle etabliert und können als Standard angesehen werden (Gallucci, Benic et al. 2014).

Die Belastungsprotokolle in dieser Studie entsprechen den Kriterien der fünften ITI Konsensuskonferenz (Gallucci, Benic et al. 2014). Es wurden Spätbelastungen nach einer Einheilzeit von mindestens drei Monaten im Unterkiefer und vier Monaten im Oberkiefer vorgenommen, die Sofortbelastung innerhalb der ersten 24 Stunden nach Implantation (siehe Tabelle 1).

Die Auswahl des Patientenkollektivs erfolgte streng nach festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien (siehe Kapitel 3.1).

Um enorme Belastungsspitzen und zu große Mikrobewegungen zu vermeiden, wurde der provisorische Zahnersatz in dieser Studie in Nonokklusion eingegliedert, in zahnlosen Kiefern wurde die Prothetik in Gruppenführung eingegliedert. Außerdem wurden die Patienten darüber aufgeklärt, ausschließlich weiche Kost über 8 Wochen zu essen um Mikrobewegungen möglichst gering zu halten.

Für eine erfolgreiche prothetische Sofortversorgung von Implantaten soll eine ausreichende Primärstabilität vorhanden sein. Ottoni et al. definierten in einer prospektiven Studie, in der 46 innerhalb von 24 Stunden belastete Einzelzahnimplantate hinsichtlich klinischem und radiographischen Parametern in 23 Patienten untersucht wurden, eine Primärstabilität von mindestens 25 Ncm als Voraussetzung für die Sofortbelastung (Otoni, Oliveira et al. 2005). Diese Grenze wurde durch die Autoren definiert, da 90% der gescheiterten sofortbelasteten Implantate in dieser Studie mit einem Eindrehwiderstand von 20 Ncm inseriert wurden und somit ein signifikant höheres Misserfolgsrisiko festgestellt wurde.

Die nötige Primärstabilität wurde gegebenenfalls erreicht, indem längere Implantate gesetzt wurden.

Auch in dieser Studie waren 33 (60%) der sofortbelasteten Implantate 11 mm und 9 (16,4%) 14 mm lang, während nur 30 (41,7%) der spätbelasteten Implantate 11 mm und keines 14 mm lang war. Außerdem wurde das Implantatbett gegebenenfalls unterdimensioniert präpariert oder mittels Osteotom lateral kondensiert, wie auch in anderen Studien (De Bruyn, Raes et al. 2014).

Nach Gallucci et al. ist die Sofortbelastung in Freiendsituationen posterior der Prämolaren nicht von klinischem Vorteil für den Patienten und auch Einzelzahnimplantate im Molarenbereich der Maxilla können durch die Konsensuskonferenz nicht grundsätzlich für eine Sofortbelastung empfohlen werden (Gallucci, Benic et al. 2014). Diesen Empfehlungen wurde auch bei den untersuchten Fällen durch die Behandler nachgekommen, und so ergibt sich aus Tabelle 5, dass die sofortversorgten Implantate dieser Studie zu 85,5% anterior lokalisiert sind, nicht zuletzt auch aus ästhetischen Gründen.

Des Weiteren handelte es sich in den meisten Fällen um sofortversorgte Sofortimplantate (69,1%), da nach Zahnextraktion in der Front ein provisorischer Zahnersatz unbedingt vor allem aus ästhetischen Gründen nötig ist und ein festsitzender Ersatz neben der verbesserten Ästhetik auch Vorteile bezüglich des Knochenabbaus und Weichgewebemanagements bergen kann,

insbesondere bei sofortbelasteten Sofortimplantaten (Degidi, Petrone et al. 2003, De Bruyn, Raes et al. 2013, Noelken, Neffe et al. 2014).

Die direkte Vergleichbarkeit der sofortbelasteten mit den spätbelasteten Implantaten ist nach Abwägung all dieser Faktoren und der Vorselektion der Situationen durch den Behandler nicht immer gegeben. Dies sollte zur Bewertung der Ergebnisse dieser Studie mit einbezogen werden.

5.3 Knochenabbau

Anhand eines gemischten Modells wurden die verschiedenen Parameter auf ihren Einfluss auf die mittleren Knochenverluste ab Implantation Baseline adjustiert getestet.

Der Knochenverlust für die Gruppe der Spätbelastung betrug nach Baseline-Adjustierung im Mittel -0,7 mm und für die der Sofortversorgung -0,8 mm. Die Unterschiede waren nicht signifikant (Tabelle 16).

Das Knochenniveau belief sich zum Abschluss des Untersuchungszeitraumes für die Spätbelastung auf +0,8 mm, für die Sofortbelastung auf +1,5 mm. Hierbei ist der wahrscheinlichste Grund für das höhere Knochenniveau, dass diese im Mittel tiefer in den Knochen inseriert wurden, um die nötige Primärstabilität für eine Sofortversorgung zu erreichen (Insertionstiefe vor Sofortbelastung +2 mm und Spätbelastung +1,6 mm). Die Fallzahl ist jedoch zu gering um eine verallgemeinernde Aussage hierzu zu treffen. Die Varianz der Werte, die sich in einer hohen Standardabweichung der Mittelwerte ebenfalls findet, ist in der Regel durch Messfehler bedingt, da Rückschlüsse von zweidimensionalen Röntgenbildern auf dreidimensionale Strukturen geschlossen werden. Zudem wurde kein standardisierter Halter verwendet, es handelte sich um Panoramaschichtaufnahmen.

Der leichte Anstieg des Knochenniveaus bei sofortbelasteten Implantaten zwischen dem sechsten und zwölften Monat nach Implantation (siehe

Abbildung 4) ist ebenfalls durch die zu geringe Fallzahl nicht bewertbar und beruht vermutlich auf zufällig gefundenen Werten.

Die röntgenologischen Messungen sind stets Schwankungen unterworfen, die auf die Positionierung des Patienten im Orthopantomographen und auf Messfehler zurückzuführen sind.

Verschiedene Autoren konnten jedoch zeigen, dass es durchaus zu einem Knochenzuwachs kommen kann (Ganeles, Zollner et al. 2008). Dieser wurde auch beobachtet in einer präklinischen Studie von Schwarz et al. bei Dehiszenz-Defekten an Implantaten im Hundemodell, bei der chirurgisch hervorgerufene bukkale Defekte an inserierten Implantaten nach 12 Wochen bei der histomorphometrischen Analyse wieder vollständig von Knochen bedeckt waren (Schwarz, Herten et al. 2007). Die klinische Signifikanz ist jedoch zu prüfen.

Das Knocheniveau bei sofortbelasteten Implantaten scheint im Untersuchungszeitraum über 2 Jahre nach Implantation erneut zu sinken. Gleiches gilt für den Knochenabbau in diesem Zeitraum (siehe Abbildungen 4 und 7), der für die nach zwei Jahren untersuchten sofortbelasteten Implantate größer zu sein scheint als für spätbelastete. Dies ist jedoch vermutlich darauf zurückzuführen, dass Patienten, die keine Probleme nach diesem Zeitraum hatten, zu keinen weiteren Recalls erschienen. Deshalb fließen nur 15 Implantate in diese Werte ein, die nach über zwei Jahren potentielle Probleme bereiteten. In einem Patienten fanden sich beispielsweise große Knochenverluste an Implantaten mit periimplantären Prozessen, die jedoch vermutlich auf die schlechte Mundhygiene des Patienten zurückzuführen waren. Durch die subkrestale Insertion des Ankylos® Implantatsystems waren jedoch auch die Implantate, an denen es zu einem höheren Knochenabbau kam, stets stabil im Knochen verankert und zumeist vor einer enoralen Exposition der Oberfläche bewahrt.

Bei der röntgenologischen Erfassung des Knochenabbaus ist jedoch zu bedenken, dass aufgrund der Zweidimensionalität der Röntgenaufnahmen nur der distale und mesiale Knochenabbau messbar und die bukkale und orale Lamelle nicht erkennbar ist. Eine experimentelle Studie im Hundemodell zeigte

jedoch, dass gerade die bukkale Lamelle häufig nach Sofortimplantationen einer starken Resorption unterliegt (Araujo, Wennstrom et al. 2006), vor allem wenn der Abstand des Implantates zur bukkalen Lamelle klein ist (Barone, Marconcini et al. 2016). Da in dieser Studie 69,1% der sofortversorgten Implantate direkt nach Zahnverlust oder -extraktion gesetzt wurden, spielt dieser Faktor eine entscheidende Rolle und muss bei der Bewertung der Sofortbelastung berücksichtigt werden.

Signifikant höher ist der Knochenabbau für posteriore Implantate im Vergleich zu anterioren unabhängig vom Belastungszeitpunkt, wie Tabelle 27 zeigt. Monteiro et al. stellten in einem systematischen Review zur Untersuchung von posterioren Implantaten fest, dass eine sorgfältige Planung nötig ist, um hierbei berechenbare Langzeitergebnisse zu erzielen (Monteiro, Silva et al. 2015). Die geringere Knochendichte im posterioren Bereich des Ober- und Unterkiefers und die Limitierung der Implantatlänge durch anatomische Strukturen könnten unter anderem auch in dieser Studie ursächlich sein für den etwas höheren marginalen Knochenverlust an posterioren Implantaten (Sogo, Ikebe et al. 2012). Auch die schlechtere Hygienisierungsmöglichkeit von posterioren Implantaten spielt hierbei vermutlich eine Rolle, wie Monteiro et al. berichten. Durch die geringe Fallzahl der vorliegenden Studie lässt sich hierzu jedoch keine verallgemeinernde Aussage treffen.

5.4 Erfolgsrate

In der Literatur wurde über verschiedene Erfolgskriterien zur Bewertung von Implantaten berichtet (Schnitman and Shulman 1979, Albrektsson, Zarb et al. 1986, Buser, Weber et al. 1990, Albrektsson and Zarb 1999). Albrektssons Empfehlungen sind heute in den Studien weit verbreitet, jedoch beinhalten diese Kriterien nicht den Knochenverlust während des ersten Jahres (Albrektsson, Zarb et al. 1986). Außerdem geben sie nicht Aufschluss über die

Stabilität der Implantate nach einer gewissen Zeit des Knochenverlusts (Misch, Perel et al. 2008).

Die Überlebensrate, welche angibt, ob Implantate sich weiterhin im Mund befinden, ist wohl das meist genutzte Kriterium (ten Bruggenkate, van der Kwast et al. 1990). Jedoch argumentieren Kritiker, dass auch Implantate, die eigentlich entfernt werden müssten aufgrund von Entzündung oder Schmerzen, womöglich fälschlicherweise als erfolgreich eingestuft werden könnten.

Diese Studie orientierte sich daher an der vierstufigen Skala nach Definition auf der Pisa Consensus Conference 2007 nach Misch, Perel et al. (2008) (siehe Tabelle 2).

Da das Implantatsystem dieser Studie (Ankylos®, Dentsply Friadent, Mannheim) nach Empfehlung des Herstellers subkrestal gesetzt wird, kann auch bei einem Knochenverlust von über 2 mm (ab Gruppe II der vierstufigen Implanterfolgskriterien) noch nicht von einem Misserfolg gesprochen werden, da die Stabilität der Implantate hierdurch in keiner Weise beeinträchtigt wird, solange die Implantatschulter von Knochen bedeckt ist und keine Entzündung vorliegt. Der minimal geringere Knochen-Implantat-Kontakt (bone to implant contact) vermag bei einer so geringen Differenz der bedeckten Fläche nicht in einer geringeren Stabilität resultieren. Implantate der Gruppe II oder III werden deshalb als Erfolg gewertet, solange das Knochenniveau beim letzten Recall nicht unterhalb der Implantatschulter lag. So konnte bei einem Patienten dieser Studie beispielsweise ein Knochenverlust von 3 mm festgestellt werden, jedoch betrug das Knochenniveau beim letzten Recall immernoch +1,5 mm.

Es ist zu bedenken, dass den Autoren dieser Erfolgskriterien zufolge ein minimaler Untersuchungszeitraum von 12 Monaten vorgesehen ist, was jedoch nur auf 67 der 127 Implantate dieser Studie zutrifft.

Zudem wurden die Recallintervalle und der Untersuchungszeitraum in dieser retrospektiven Analyse nicht standardisiert. Eine direkte Vergleichbarkeit der Entwicklung des Knochenniveaus zu festgelegten Zeitpunkten und den Einfluss

der verschiedenen gestesteten Parameter hierauf ist somit nicht möglich und sollte bei der Bewertung der Ergebnisse bedacht werden.

Außerdem konnten durch das Design einer retrospektiven Datenerhebung Parameter wie Mobilität, Sondierungstiefe und Schmerzen nicht zuverlässig erfasst werden und fließen demnach nicht in die Bewertung ein. Sondierungstiefen sind durch den unterschiedlich starken Druck der Sonde je nach Behandler als diagnostisches Kriterium nach Misch et al. nicht wertvoll und sind für den Implantationserfolg nur von Belang, wenn auch andere Kriterien wie Bleeding on probing und Exsudat ein Einordnen in die Kategorie des kompromittierten Erfolges rechtfertigen. Des Weiteren stehen tiefe Taschen nicht im direkten Zusammenhang mit beschleunigtem Knochenverlust. Um einen Implantatmisserfolg zu rechtfertigen, sind Schmerzen ebenfalls keine zuverlässigen Kriterien, da sie meist von der Suprakonstruktion herrühren und sehr subjektiv sind (Misch, Perel et al. 2008).

Nach Modifikation der Kriterien nach Misch et al. wurde in dieser Studie ein Implantaterfolg von 96,9% erreicht (4 Implantate, deren Schultern nicht von Knochen bedeckt waren).

Dezidiert ergibt sich eine Erfolgsrate von 98,6% für die spätbelasteten Implantate und 94,5% für die sofortbelasteten.

Aktuelle Untersuchungen fanden ähnliche Werte für den Knochenverlust wie die in dieser Studie erhobenen und Erfolgsraten für sofortbelastete Implantate zwischen 83,3% und 100% :

Degidi et al. untersuchten 550 Implantate, von denen 264 sofortbelastet und 286 spätbelastet wurden, über einen Zeitraum von mindestens 5 Jahren. In der Gruppe der Sofortbelastung wurden drei Verluste verzeichnet, was zu einer Überlebensrate von 98,8% führte. Diese waren, wie auch zu 75% in der vorliegenden Studie, auf schlechte Mundhygiene eines einzelnen Patienten

zurückzuführen. In der Kontrollgruppe der Spätbelastung wurde eine Überlebensrate von 100% erzielt (Degidi, Iezzi et al. 2009).

Auch Romanos et al. konnten bei einer Untersuchung von 78 mittels festsitzender Brücken provisorisch sofortbelasteter Ankylos®-Implantate in zahnlosen Unterkiefern (6 Implantate je Unterkiefer) nach einem Untersuchungszeitraum von durchschnittlich 75,29 Monaten eine Überlebensrate von 100% verzeichnen. An fünf der Implantate wurde ein Knochenverlust von über 2 mm festgestellt (6,4%) (Romanos, Gaertner et al. 2014). Diese Ergebnisse decken sich mit denen der vorliegenden Studie, in der an drei der 55 sofortversorgten Implantate mehr als 2 mm Knochenverlust gemessen wurde (5,5%), wobei der kürzere Untersuchungszeitraum und die Variabilität der Suprakonstruktionen einen direkten Vergleich jedoch erschwert.

Eine retrospektive Studie von Muelas-Jiménez et al. kam nach einem Untersuchungszeitraum von 5 Jahren bei 42 Patienten mit 164 Implantaten (SwissPlus®, Zimmer Dental Inc., Carlsbad, Kanada) in Ober- (87 Implantate, 53%) und Unterkiefer (77 Implantate, 47%), die sowohl Sofort- als auch Spätimplantationen einschloss, ebenfalls zu dem Ergebnis, dass zwischen Sofortbelastung und Spätbelastung bezüglich Überlebensrate keine Unterschiede bestehen. Eine höhere Verlustrate wurde bei mit Einzelzahnkronen versorgten Implantaten festgestellt (Muelas-Jimenez, Olmedo-Gaya et al. 2015).

Moraschini et al. stellten in einer Meta-Analyse von Studien über Implantate im posterioren Unterkiefer fest, dass, ähnlich zu den Resultaten dieser Arbeit, auch in dieser Region verminderter Knochenqualität keine signifikanten Unterschiede zwischen Sofortbelastung und Spätbelastung bezüglich Überlebensrate und marginalem Knochenverlust bestehen. Die Autoren beschrieben Überlebensraten von 91,7% bis 100%. Der marginale Knochenverlust schwankte zwischen 0,4 mm und 1,31 mm für die sofortbelasteten und zwischen 0,68 mm und 1,22 mm für die spätbelasteten Implantate (Moraschini

and Porto Barboza 2016), was die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigt.

Eine prospektive Studie von Guidetti et al. untersuchte 12 sofortbelastete posteriore Implantate im Unterkiefer, die innerhalb von 48 Stunden mit Einzelzahnkronen in Infraokklusion versorgt wurden, welche für die ersten sechs Monate des Untersuchungszeitraumes belassen wurden. Die Autoren stellten nach zwölf Monaten eine Überlebensrate von 83,3% nach einem Verlust von 2 der 12 Implantate fest. Diese vergleichsweise niedrige Rate lässt sich vermutlich jedoch auf die geringe Fallzahl zurückführen (Guidetti, Monnazzi et al. 2015).

Glauser fand in einer prospektiven Untersuchung von 66 sofortbelasteten Implantaten nach Sofort- oder Spätimplantation ebenfalls eine mit den vorliegenden Ergebnissen vergleichbar hohe Überlebensrate von 97,1% nach 11,2 Jahren mittleren Untersuchungszeitraums und einen Knochenverlust von -1,66 mm im Mittel (Glauser 2015). Wie auch in der vorliegenden Studie fand der Großteil des marginalen Bone Remodeling während des ersten Jahres statt. Nach Abschluss des ersten Jahres wurden bis zum Abschluss des Untersuchungszeitraumes von 11 Jahren nur noch Knochenverluste von durchschnittlich -0,47 mm festgestellt. Dies ist kongruent zu den Ergebnissen dieser Studie, bei der nach Abschluss des ersten Jahres signifikant weniger Knochen abgebaut wurde (Tabelle 29). Ab dem Recallzeitraum 6-12 Monate wurde hier kein signifikanter Unterschied des Knochenverlusts im Vergleich zum Recallzeitraum 12-18 Monate festgestellt und in den Recallzeiträumen 18-24 Monate und über 2 Jahre findet kaum mehr Knochenabbau statt.

An 16 der 102 von Glauser untersuchten Implantate ging zum Ende des Untersuchungszeitraumes mehr als 2 mm Knochen verloren. Der etwas höhere Anteil als bei den in dieser Studie untersuchten sofortbelasteten Implantaten lässt sich vermutlich darauf zurückführen, dass Glauser hauptsächlich Implantate im posterioren Unterkiefer mit geringer Knochenqualität untersuchte.

Calvo-Guirado et al. konnten nach drei Jahren bei 71 sofortversorgten Implantaten in der ästhetischen Zone der Maxilla bei 53 Patienten ebenfalls eine Überlebensrate von 100% verzeichnen und der Knochenabbau betrug nach fünf Jahren $0,90 \pm 0,26$ mm (Calvo-Guirado, Lopez-Lopez et al. 2016).

In einer Studie von Gilbert et al. wurden 112 sofortversorgte Implantate prospektiv untersucht. Nach einem Untersuchungszeitraum von durchschnittlich 6,2 Jahren wurde eine Überlebensrate von 99,1% festgestellt. Der krestale Knochenverlust belief sich im Mittel auf 0,26 mm nach einem Jahr und 0,35 mm nach sechs Jahren. Ein Knochenverlust von über 2 mm wurde bei einem Implantat gemessen, das sich periimplantär entzündete, nachdem die Zementreste nicht vollständig entfernt wurden (Glibert, De Bruyn et al. 2016).

Zahlreiche weitere Studien kamen zu ähnlichen Ergebnissen und erachten die Sofortbelastung unter geeigneten Bedingungen als Alternative zur Spätbelastung mit ähnlichen klinischen Resultaten (Ericsson, Nilson et al. 2000, Andersen, Haanaes et al. 2002, Degidi, Perrotti et al. 2006, Ganeles, Zollner et al. 2008, Bergkvist, Nilner et al. 2009, Bornstein, Wittneben et al. 2010, Morton, Bornstein et al. 2010, Cochran, Jackson et al. 2011, Esposito, Grusovin et al. 2013, Benic, Mir-Mari et al. 2014, De Bruyn, Raes et al. 2014, Gallucci, Benic et al. 2014, Sanz-Sanchez, Sanz-Martin et al. 2014, Pozzi and Mura 2016).

Allen vier kompromittiert erfolgreichen Implantaten der vorliegenden Studie ist gemein, dass über sie kugelkopf-verankerte Prothesen versorgt wurden. Laut Sanz-Sanchez et al. sind es insbesondere die sofortbelasteten Einzelzahn-implantate, die mit einem größeren Knochenverlust und einer höheren Verlustrate einhergehen als implantatgetragene sofortbelastete Prothesen (Sanz-Sanchez, Sanz-Martin et al. 2014). Da jedoch hierbei nicht zwischen Kugelkopfverankerung und Stegversorgung differenziert wurde, die Anzahl der Implantate nicht erfasst wurde und eine Verblockung durch Stege die Kraftverteilung auf die Implantate gerade bei Sofortversorgung stark beeinflusst, sind diese Ergebnisse nicht direkt als Vergleich zu den in dieser Studie

gefundenen Ergebnissen heranzuziehen. Es ergeben sich jedoch Hinweise, dass gerade eine Kugelkopfversorgung nicht als ideal anzusehen ist, vermutlich durch die stärkere multiaxiale Belastung der Implantate und die schwierigere Hygienisierungsmöglichkeit durch die Patienten.

Aufgrund der geringen Fallzahl dieser Studie lässt sich hierzu keine verallgemeinernde Aussage treffen, zumal die Mundhygiene bei herausnehmbaren Prothesen eine wichtige Rolle spielt und diese bei drei der vier gescheiterten Implantate höchstwahrscheinlich nicht in ausreichendem Maße gegeben war.

Des Weiteren ist auffällig, dass die Insertionstiefe dieser kompromittiert erfolgreichen Implantate mit 0-1 mm vergleichsweise gering war. Ein Knochenverlust von wenigen Zehntelmillimetern führt hierbei schon zu einer freiliegenden Implantatschulter, welche in einer Kombination mit mehr als 2 mm Knochenverlust in diesem Studiendesign als Misserfolg zu bewerten war. Die Abhängigkeit des Implantatmisserfolgs von der Insertionstiefe der Implantate stellt somit einen Faktor dar, der die Vergleichbarkeit der Ergebnisse erschwert und somit kritisch zu betrachten ist. Es ist jedoch zu beachten, dass auch die kompromittiert erfolgreichen Implantate ihre Funktion als Pfeiler nicht in geringerem Maße erfüllen als solche mit bedeckter Implantatschulter. Lediglich die aufgrund von schlechter Mundhygiene entwickelte Periimplantitis bei zwei Implantaten ist im Sinne der Patientenzufriedenheit aufgrund von Schmerzen und Mangel an Funktion als echter Misserfolg anzusehen.

Anders als in den bisher publizierten Studien stellte sich in dieser retrospektiven Untersuchung somit insbesondere die subkrestale Positionierung der Ankylos® Implantate als positiv heraus. Solange diese schlussendlich tief genug in den Knochen inseriert wurden, waren sie zum Ende des Untersuchungszeitraumes bis über die Implantatschulter hinaus von Knochen umgeben und demnach erfolgreich. Die Funktion der Implantate als Anker war somit uneingeschränkt gegeben.

Aus den oben aufgeführten Gründen der nicht standardisierten Recallintervalle und der fehlenden definitiven prothetischen Versorgung vieler Implantate ist diese retrospektive Untersuchung limitiert und sollte in weiteren Studien erforscht werden.

5.5 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen vergleichbare Ergebnisse der Sofortbelastung zur Spätbelastung.

Nach Analyse der Misserfolge ergibt sich die Notwendigkeit einer sorgfältigen Patientenselektion für die Sofortbelastung. Es wurden keine negativen Effekte durch Parameter wie Alter, Geschlecht, Untersuchungszeitraum, Implantationszeitpunkt und -lokalisierung festgestellt.

Signifikant unterschiedlich ist jedoch der Knochenabbau für posteriore Implantate im Vergleich zu anterioren unabhängig vom Belastungszeitpunkt.

Mit den Limitationen dieser retrospektiven Untersuchung können sofortbelastete Implantate bezüglich Knochenverlust und Überlebensrate ähnliche Werte im Vergleich zu spätbelasteten Implantaten aufweisen unter Beachtung von Patienten- und Behandlungskriterien, vor allem der Primärstabilität bei der Implantation.

Die vorliegenden Ergebnisse verdeutlichen den Einfluss der Insertionstiefe bei sofortbelasteten Implantaten und dass es durch tiefere Insertion von Ankylos®-Implantaten zu einer deutlichen Abmilderung von negativen Effekten durch Knochenabbau kommen kann.

Nach strenger Indikationsstellung und Patientenselektion sowie unter Einhaltung der Behandlungsprotokolle kann die Sofortbelastung von Ankylos®-Implantaten eine erfolgreiche Therapiealternative zu konventionellen Versorgungskonzepten sein.

6 Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war die Untersuchung des Überlebens und des Erfolgs von 55 sofortversorgten Implantaten (Ankylos®, Dentsply Friadent, Mannheim) im Ober- und Unterkiefer im Vergleich zu 72 spätbelasteten Implantaten, die im gleichen Zeitraum inseriert wurden.

Untersucht wurden die Daten von 43 Patienten einer privaten Fachzahnarztpraxis, die zwischen November 2008 und Februar 2014 nach festgelegten Belastungsprotokollen behandelt wurden.

Anhand eines gemischten Modells wurden die verschiedenen Parameter auf ihren Einfluss auf die mittleren Knochenverluste ab Implantation Baseline adjustiert getestet.

Der Knochenverlust für die Gruppe der Spätbelastung betrug im Mittel über den gesamten Untersuchungszeitraum nach Baseline-Adjustierung -0,7 mm und für sofortbelastete -0,8 mm. Dieser Wert ist im Post-hoc-Test nicht signifikant ($p = 0,550$). Ein Einfluss von Alter, Geschlecht und Implantationszeitpunkt wurde nicht gefunden. Signifikant unterschiedlich ist jedoch der Knochenabbau für posteriore Implantate im Vergleich zu anterioren unabhängig vom Belastungszeitpunkt ($p = 0,012$, Post-hoc-Test, CI 95%).

Es konnte gezeigt werden, dass die Sofortbelastung von Ankylos®-Implantaten unter Berücksichtigung der Einschränkung dieser Studie keine geringere Überlebensrate im Vergleich zur Spätbelastung aufweist.

Zusammenfassend unterstützt diese Studie das Konzept der Sofortbelastung nach strenger Indikationsstellung und sorgfältiger Patientenselektion und bestätigt, dass dieses eine erfolgreiche Behandlungsmethode mit sehr guten klinischen Ergebnissen sein kann.

The aim of the present study was to evaluate the survival and success of 55 immediately loaded implants (Ankylos®, Dentsply Friadent, Mannheim) in both maxilla and mandible compared to 72 conventionally loaded implants.

Data of 43 patients which were treated between November 2008 and February 2014 following strict guidelines in a private practice were included in the study.

For analyzing the influence of the parameters on the mean bone loss, an adjusted baseline was set by establishing a baseline model.

The mean bone-level change after baseline adjustment was -0,7 mm for the delayed loaded implants and -0,8 mm for those of the immediately loaded group, resulting in no clinically significant difference ($p = 0,550$, Post-hoc-Test). There was no significant influence of age, sex and time of implant placement. Significantly different was the bone loss for implants in the posterior region compared to anterior implants ($p = 0,012$, Post-hoc-Test, CI 95%) regardless of the time of loading.

Taking into account the limitations of this study, the results demonstrate that immediately loaded Ankylos® implants can achieve similar success and survival rates compared to conventionally loaded Ankylos® implants.

The results of this study support the concept of immediate loading. Provided that guidelines for immediate loading are followed strictly and patients are thoroughly selected, it may be a successful treatment with satisfying clinical outcome.

7 **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Maßstabanpassungen	23
Abbildung 2: Vermessung des Knochenniveaus	23
Abbildung 3: Verteilung der Untersuchungszeiträume	27
Abbildung 4: Knochenniveaukurve	37
Abbildung 5: Gegenüberstellung des Knochenverlusts im Mittel nach Belastungszeitpunkt.....	39
Abbildung 6: Verteilung des Knochenniveaus der einzelnen Implantate zu verschiedenen Recallzeitpunkten	40
Abbildung 7: Knochenverlustkurve	41
Abbildung 8: Knochenverlustkurve	41

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Belastungsprotokolle	20
Tabelle 2: Implantaterfolg	25
Tabelle 3: Implantatgrößen.....	28
Tabelle 4: Verteilung in Bezug zur der Implantationsregion	29
Tabelle 5: Verteilung der Implantationsregion in Ober- und Unterkiefer nach Belastungszeitpunkt	29
Tabelle 7: Art der definitiven Versorgung nach Belastungszeitpunkt.....	30
Tabelle 6: Verteilung der Implantationszeitpunkte nach Belastungszeitpunkt.....	30
Tabelle 8: Verteilung der perioperativen Augmentationsarten.....	31
Tabelle 9: Augmentationsarten prä- und perioperativ.....	32
Tabelle 10: Verteilung der Recalls zu verschiedenen Zeiträumen.....	33
Tabelle 11: Implantaterfolg nach Belastungszeitpunkt	35
Tabelle 12: Mittelwert Knochenverlust gesamt	38
Tabelle 13: Knochenverlust nach Geschlecht	43
Tabelle 14: Vergleich des Knochenverlusts nach Geschlecht.....	43
Tabelle 15: Knochenverlust nach Belastungszeitpunkt	44
Tabelle 16: Vergleich des Knochenverlusts nach Belastungszeitpunkt.....	44
Tabelle 17: Knochenverlust zu verschiedenen Recallzeiträumen	45

Tabelle 18: Vergleich des Knochenverlusts zu verschiedenen Recallzeiträumen	46
Tabelle 19: Knochenverlust nach Implantationszeitpunkt in Abhängigkeit des Belastungszeitpunkts	47
Tabelle 20: Vergleich des Knochenverlusts nach Implantationszeitpunkt in Abhängigkeit des Belastungszeitpunkts	48
Tabelle 21: Knochenverlust nach Implantationszeitpunkt.....	49
Tabelle 22: Vergleich des Knochenverlusts nach Implantationszeitpunkt	49
Tabelle 23: Signifikanzniveau des Knochenverlusts nach Implantationszeitpunkt in Abhängigkeit des Belastungszeitpunkts	50
Tabelle 24: Knochenverlust nach Implantatlokalisierung in Abhängigkeit des Belastungszeitpunkts	51
Tabelle 25: Vergleich des Knochenverlusts nach Implantatlokalisierung in Abhängigkeit des Belastungszeitpunkts	51
Tabelle 26: Knochenverlust nach Implantatlokalisierung.....	52
Tabelle 27: Vergleich des Knochenverlusts nach Implantatlokalisierung	52
Tabelle 28: Knochenverlust nach Untersuchungszeitraum	53
Tabelle 29: Vergleich des Knochenverlusts nach Untersuchungszeitraum	54

9 Literaturverzeichnis

1. Abraham, C. M. (2014). "A brief historical perspective on dental implants, their surface coatings and treatments." Open Dent J **8**: 50-55.
2. Albrektsson, T., G. Zarb, P. Worthington and A. R. Eriksson (1986). "The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success." Int J Oral Maxillofac Implants **1**(1): 11-25.
3. Albrektsson, T. and G. A. Zarb (1999). "Determinants of correct clinical reporting." Ont Dent **76**(4): 29-33.
4. Andersen, E., H. R. Haanaes and B. M. Knutsen (2002). "Immediate loading of single-tooth ITI implants in the anterior maxilla: a prospective 5-year pilot study." Clin Oral Implants Res **13**(3): 281-287.
5. Araujo, M. G., J. L. Wennstrom and J. Lindhe (2006). "Modeling of the buccal and lingual bone walls of fresh extraction sites following implant installation." Clin Oral Implants Res **17**(6): 606-614.
6. Arnaudow, M. and U. A. Garlichs (1972). "[Endo-osseous implantation method of artificial tooth roots]." Zwr **81**(7): 313-318.
7. Barone, A., S. Marconcini, E. Giammarinaro, E. Mijiritsky, F. Gelpi and U. Covani (2016). "Clinical Outcomes of Implants Placed in Extraction Sockets and Immediately Restored: A 7-Year Single-Cohort Prospective Study." Clin Implant Dent Relat Res.
8. Benic, G. I., J. Mir-Mari and C. H. Hammerle (2014). "Loading protocols for single-implant crowns: a systematic review and meta-analysis." Int J Oral Maxillofac Implants **29 Suppl**: 222-238.
9. Bergkvist, G., K. Nilner, S. Sahlholm, U. Karlsson and C. Lindh (2009). "Immediate loading of implants in the edentulous maxilla: use of an interim fixed prosthesis followed by a permanent fixed prosthesis: a 32-month prospective radiological and clinical study." Clin Implant Dent Relat Res **11**(1): 1-10.
10. Bornstein, M. M., J. G. Wittneben, U. Bragger and D. Buser (2010). "Early loading at 21 days of non-submerged titanium implants with a chemically modified sandblasted and acid-etched surface: 3-year results of a prospective study in the posterior mandible." J Periodontol **81**(6): 809-818.
11. Branemark, P. I. (1983). "Osseointegration and its experimental background." J Prosthet Dent **50**(3): 399-410.

12. Branemark, P. I., B. O. Hansson, R. Adell, U. Breine, J. Lindstrom, O. Hallen and A. Ohman (1977). "Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period." Scand J Plast Reconstr Surg Suppl **16**: 1-132.
13. Brunski, J. B. (1992). "Biomechanical factors affecting the bone-dental implant interface." Clin Mater **10**(3): 153-201.
14. Brunski, J. B. (1993). "Avoid pitfalls of overloading and micromotion of intraosseous implants." Dent Implantol Update **4**(10): 77-81.
15. Brunski, J. B. (1999). "In vivo bone response to biomechanical loading at the bone/dental-implant interface." Adv Dent Res **13**: 99-119.
16. Buser, D., T. Nydegger, T. Oxland, D. L. Cochran, R. K. Schenk, H. P. Hirt, D. Snetivy and L. P. Nolte (1999). "Interface shear strength of titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: a biomechanical study in the maxilla of miniature pigs." J Biomed Mater Res **45**(2): 75-83.
17. Buser, D., H. P. Weber and N. P. Lang (1990). "Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants." Clin Oral Implants Res **1**(1): 33-40.
18. Calvo-Guirado, J. L., P. J. Lopez-Lopez, C. Perez-Albacete Martinez, F. Javed, J. M. Granero-Marin, J. E. Mate Sanchez de Val and M. P. Ramirez Fernandez (2016). "Peri-implant bone loss clinical and radiographic evaluation around rough neck and microthread implants: a 5-year study." Clin Oral Implants Res.
19. Cannizzaro, G., M. Leone, U. Consolo, V. Ferri and M. Esposito (2008). "Immediate functional loading of implants placed with flapless surgery versus conventional implants in partially edentulous patients: a 3-year randomized controlled clinical trial." Int J Oral Maxillofac Implants **23**(5): 867-875.
20. Chen, S. T. and D. Buser (2009). "Clinical and esthetic outcomes of implants placed in postextraction sites." Int J Oral Maxillofac Implants **24** **Suppl**: 186-217.
21. Cochran, D. L., J. M. Jackson, J. P. Bernard, C. M. ten Bruggenkate, D. Buser, T. D. Taylor, D. Weingart, J. D. Schoolfield, A. A. Jones and T. W. Oates, Jr. (2011). "A 5-year prospective multicenter study of early loaded titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface." Int J Oral Maxillofac Implants **26**(6): 1324-1332.

22. Cochran, D. L., D. Morton and H. P. Weber (2004). "Consensus statements and recommended clinical procedures regarding loading protocols for endosseous dental implants." Int J Oral Maxillofac Implants **19 Suppl**: 109-113.
23. De Bruyn, H., F. Raes, L. F. Cooper, G. Reside, J. S. Garriga, L. G. Tarrida, J. Wiltfang and M. Kern (2013). "Three-years clinical outcome of immediate provisionalization of single Osseospeed() implants in extraction sockets and healed ridges." Clin Oral Implants Res **24**(2): 217-223.
24. De Bruyn, H., S. Raes, P. O. Ostman and J. Cosyn (2014). "Immediate loading in partially and completely edentulous jaws: a review of the literature with clinical guidelines." Periodontol 2000 **66**(1): 153-187.
25. Degidi, M., G. Iezzi, V. Perrotti and A. Piattelli (2009). "Comparative analysis of immediate functional loading and immediate nonfunctional loading to traditional healing periods: a 5-year follow-up of 550 dental implants." Clin Implant Dent Relat Res **11**(4): 257-266.
26. Degidi, M., V. Perrotti and A. Piattelli (2006). "Immediately loaded titanium implants with a porous anodized surface with at least 36 months of follow-up." Clin Implant Dent Relat Res **8**(4): 169-177.
27. Degidi, M., G. Petrone, G. Iezzi and A. Piattelli (2003). "Histologic evaluation of 2 human immediately loaded and 1 titanium implants inserted in the posterior mandible and submerged retrieved after 6 months." J Oral Implantol **29**(5): 223-229.
28. Dentsply-Implants "Manual Chirurgie."
29. Donati, M., V. La Scala, M. Billi, B. Di Dino, P. Torrisi and T. Berglundh (2008). "Immediate functional loading of implants in single tooth replacement: a prospective clinical multicenter study." Clin Oral Implants Res **19**(8): 740-748.
30. Ericsson, I., H. Nilson, T. Lindh, K. Nilner and K. Randow (2000). "Immediate functional loading of Branemark single tooth implants. An 18 months' clinical pilot follow-up study." Clin Oral Implants Res **11**(1): 26-33.
31. Esposito, M., M. G. Grusovin, H. Maghaireh and H. V. Worthington (2013). "Interventions for replacing missing teeth: different times for loading dental implants." Cochrane Database Syst Rev **3**: Cd003878.
32. Gallucci, G. O., G. I. Benic, S. E. Eckert, P. Papaspyridakos, M.

- Schimmel, A. Schrott and H. P. Weber (2014). "Consensus statements and clinical recommendations for implant loading protocols." Int J Oral Maxillofac Implants **29 Suppl**: 287-290.
33. Gallucci, G. O., A. Mavropoulos, J. P. Bernard and U. C. Belser (2007). "Influence of immediate implant loading on peri-implant soft tissue morphology in the edentulous maxilla." Int J Oral Maxillofac Implants **22**(4): 595-602.
34. Ganeles, J., A. Zollner, J. Jackowski, C. ten Bruggenkate, J. Beagle and F. Guerra (2008). "Immediate and early loading of Straumann implants with a chemically modified surface (SLActive) in the posterior mandible and maxilla: 1-year results from a prospective multicenter study." Clin Oral Implants Res **19**(11): 1119-1128.
35. Glauser, R. (2015). "Implants with an Oxidized Surface Placed Predominately in Soft Bone Quality and Subjected to Immediate Occlusal Loading: Results from an 11-Year Clinical Follow-Up." Clin Implant Dent Relat Res.
36. Glauser, R., L. Sennerby, N. Meredith, A. Ree, A. Lundgren, J. Gottlow and C. H. Hammerle (2004). "Resonance frequency analysis of implants subjected to immediate or early functional occlusal loading. Successful vs. failing implants." Clin Oral Implants Res **15**(4): 428-434.
37. Glibert, M., H. De Bruyn and P. O. Ostman (2016). "Six-Year Radiographic, Clinical, and Soft Tissue Outcomes of Immediately Loaded, Straight-Walled, Platform-Switched, Titanium-Alloy Implants with Nanosurface Topography." Int J Oral Maxillofac Implants **31**(1): 167-171.
38. Guidetti, L. G., M. S. Monnazzi, A. C. Piveta, M. A. Gabrielli, M. F. Gabrielli and V. A. Pereira Filho (2015). "Evaluation of single implants placed in the posterior mandibular area under immediate loading: a prospective study." Int J Oral Maxillofac Surg **44**(11): 1411-1415.
39. Jaffin, R. A., A. Kumar and C. L. Berman (2000). "Immediate loading of implants in partially and fully edentulous jaws: a series of 27 case reports." J Periodontol **71**(5): 833-838.
40. Krebs, M., K. Schmenger, K. Neumann, P. Weigl, W. Moser and G. H. Nentwig (2013). "Long-Term Evaluation of ANKYLOS(R) Dental Implants, Part I: 20-Year Life Table Analysis of a Longitudinal Study of More Than 12,500 Implants." Clin Implant Dent Relat Res.
41. Ledermann, D. (1983). "[6-year clinical trial with titanium plasma-coated ITI (Internationales Team fur Implantologie) screw implants in the mandibular interforaminal region]." SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd **93**(11): 1070-1089.

42. Leonhardt, A., K. Grondahl, C. Bergstrom and U. Lekholm (2002). "Long-term follow-up of osseointegrated titanium implants using clinical, radiographic and microbiological parameters." Clin Oral Implants Res **13**(2): 127-132.
43. Luongo, G., C. Lenzi, F. Raes, T. Eccellente, M. Ortolani and C. Mangano (2014). "Immediate functional loading of single implants: a 1-year interim report of a 5-year prospective multicentre study." Eur J Oral Implantol **7**(2): 187-199.
44. Misch, C. E., M. L. Perel, H. L. Wang, G. Sammartino, P. Galindo-Moreno, P. Trisi, M. Steigmann, A. Rebaudi, A. Palti, M. A. Pikos, D. Schwartz-Arad, J. Choukroun, J. L. Gutierrez-Perez, G. Marenzi and D. K. Valavanis (2008). "Implant success, survival, and failure: the International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference." Implant Dent **17**(1): 5-15.
45. Moraschini, V. and E. Porto Barboza (2016). "Immediate versus conventional loaded single implants in the posterior mandible: a meta-analysis of randomized controlled trials." Int J Oral Maxillofac Surg **45**(1): 85-92.
46. Morris, H. F., S. Winkler and S. Ochi (2000). "The ankylos endosseous dental implant: assessment of stability up to 18 months with the Periotest." J Oral Implantol **26**(4): 291-299.
47. Morton, D., M. M. Bornstein, J. G. Wittneben, W. C. Martin, J. D. Ruskin, C. N. Hart and D. Buser (2010). "Early loading after 21 days of healing of nonsubmerged titanium implants with a chemically modified sandblasted and acid-etched surface: two-year results of a prospective two-center study." Clin Implant Dent Relat Res **12**(1): 9-17.
48. Moser, W. and G. Nentwig (1989). "Finite-Element-Studien zur Optimierung von Implantatgewindeformen." Z Zahnärztliche Implantol. **5**: 29-32.
49. Muelas-Jimenez, M. I., M. V. Olmedo-Gaya, F. J. Manzano-Moreno, C. Reyes-Botella and M. Vallecillo-Capilla (2015). "Long-Term Survival of Dental Implants with Different Prosthetic Loading Times in Healthy Patients: A 5-Year Retrospective Clinical Study." J Prosthodont.
50. Nentwig, G. H. (2004). "Ankylos implant system: concept and clinical application." J Oral Implantol **30**(3): 171-177.
51. Nentwig, G. H., W. Moser, T. Knefel and E. Ficker (1992). "Dreidimensionale spannungsoptische Untersuchungen der NM-Implantatgewindeform im Vergleich mit herkömmlichen Implantatgewinden." Z Zahnärztliche Implantol. **8**: 130-135.

52. Noelken, R., B. A. Neffe, M. Kunkel and W. Wagner (2014). "Maintenance of marginal bone support and soft tissue esthetics at immediately provisionalized OsseoSpeed implants placed into extraction sites: 2-year results." Clin Oral Implants Res **25**(2): 214-220.
53. Ottoni, J. M., Z. F. Oliveira, R. Mansini and A. M. Cabral (2005). "Correlation between placement torque and survival of single-tooth implants." Int J Oral Maxillofac Implants **20**(5): 769-776.
54. Pjetursson, B. E., D. Thoma, R. Jung, M. Zwahlen and A. Zembic (2012). "A systematic review of the survival and complication rates of implant-supported fixed dental prostheses (FDPs) after a mean observation period of at least 5 years." Clin Oral Implants Res **23 Suppl 6**: 22-38.
55. Pozzi, A. and P. Mura (2016). "Immediate Loading of Conical Connection Implants: Up-to-2-Year Retrospective Clinical and Radiologic Study." Int J Oral Maxillofac Implants **31**(1): 142-152.
56. Randow, K., I. Ericsson, K. Nilner, A. Petersson and P. O. Glantz (1999). "Immediate functional loading of Branemark dental implants. An 18-month clinical follow-up study." Clin Oral Implants Res **10**(1): 8-15.
57. Rasmusson, L., J. Roos and H. Bystedt (2005). "A 10-year follow-up study of titanium dioxide-blasted implants." Clin Implant Dent Relat Res **7**(1): 36-42.
58. Roberts, W. E., R. K. Smith, Y. Zilberman, P. G. Mozsary and R. S. Smith (1984). "Osseous adaptation to continuous loading of rigid endosseous implants." Am J Orthod **86**(2): 95-111.
59. Romanos, G. E. (2004). "Present status of immediate loading of oral implants." J Oral Implantol **30**(3): 189-197.
60. Romanos, G. E., K. Gaertner and G. H. Nentwig (2014). "Long-term evaluation of immediately loaded implants in the edentulous mandible using fixed bridges and platform shifting." Clin Implant Dent Relat Res **16**(4): 601-608.
61. Romanos, G. E. and G. H. Nentwig (2000). "Single molar replacement with a progressive thread design implant system: a retrospective clinical report." Int J Oral Maxillofac Implants **15**(6): 831-836.
62. Romanos, G. E. and G. H. Nentwig (2006). "Immediate versus delayed functional loading of implants in the posterior mandible: a 2-year prospective clinical study of 12 consecutive cases." Int J Periodontics Restorative Dent **26**(5): 459-469.

63. Salama, H., L. F. Rose, M. Salama and N. J. Betts (1995). "Immediate loading of bilaterally splinted titanium root-form implants in fixed prosthodontics--a technique reexamined: two case reports." Int J Periodontics Restorative Dent **15**(4): 344-361.
64. Sanz-Sanchez, I., I. Sanz-Martin, E. Figuero and M. Sanz (2014). "Clinical efficacy of immediate implant loading protocols compared to conventional loading depending on the type of the restoration: a systematic review." Clin Oral Implants Res.
65. Schatzker, J., J. G. Horne and G. Sumner-Smith (1975). "The effect of movement on the holding power of screws in bone." Clin Orthop Relat Res(111): 257-262.
66. Schenk, R. K. and D. Buser (1998). "Osseointegration: a reality." Periodontol 2000 **17**: 22-35.
67. Schmitt, C. O. (2006). Untersuchung der Erfolgsparameter bei sofortbelasteten Implantaten im posterioren Ober- und Unterkiefer. Zahnmedizinische Dissertation. U. Köln.
68. Schnitman, P. A. and L. B. Shulman (1979). "Recommendations of the consensus development conference on dental implants." J Am Dent Assoc **98**(3): 373-377.
69. Schnitman, P. A., P. S. Wohrle and J. E. Rubenstein (1990). "Immediate fixed interim prostheses supported by two-stage threaded implants: methodology and results." J Oral Implantol **16**(2): 96-105.
70. Schwarz, F., M. Herten, M. Sager, M. Wieland, M. Dard and J. Becker (2007). "Bone regeneration in dehiscence-type defects at chemically modified (SLActive) and conventional SLA titanium implants: a pilot study in dogs." J Clin Periodontol **34**(1): 78-86.
71. Szmukler-Moncler, S., A. Piattelli, G. A. Favero and J. H. Dubruille (2000). "Considerations preliminary to the application of early and immediate loading protocols in dental implantology." Clin Oral Implants Res **11**(1): 12-25.
72. Szmukler-Moncler, S., H. Salama, Y. Reingewirtz and J. H. Dubruille (1998). "Timing of loading and effect of micromotion on bone-dental implant interface: review of experimental literature." J Biomed Mater Res **43**(2): 192-203.
73. Tarnow, D. P., S. Emtiaz and A. Classi (1997). "Immediate loading of threaded implants at stage 1 surgery in edentulous arches: ten consecutive case reports with 1- to 5-year data." Int J Oral Maxillofac Implants **12**(3): 319-324.

74. ten Bruggenkate, C. M., W. A. van der Kwast and H. S. Oosterbeek (1990). "Success criteria in oral implantology. A review of the literature." Int J Oral Implantol **7**(1): 45-51.
75. Trisi, P., M. Todisco, U. Consolo and D. Travaglini (2011). "High versus low implant insertion torque: a histologic, histomorphometric, and biomechanical study in the sheep mandible." Int J Oral Maxillofac Implants **26**(4): 837-849.
76. Vandamme, K., I. Naert, L. Geris, J. Vander Sloten, R. Puers and J. Duyck (2007). "Influence of controlled immediate loading and implant design on peri-implant bone formation." J Clin Periodontol **34**(2): 172-181.
77. Vandamme, K., I. Naert, J. Vander Sloten, R. Puers and J. Duyck (2008). "Effect of implant surface roughness and loading on peri-implant bone formation." J Periodontol **79**(1): 150-157.
78. Weber, H. P., C. C. Crohin and J. P. Fiorellini (2000). "A 5-year prospective clinical and radiographic study of non-submerged dental implants." Clin Oral Implants Res **11**(2): 144-153.
79. Weber, H. P., D. Morton, G. O. Gallucci, M. Rocuzzo, L. Cordaro and L. Grutter (2009). "Consensus statements and recommended clinical procedures regarding loading protocols." Int J Oral Maxillofac Implants **24 Suppl**: 180-183.

10 Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Dr. Dr. Ralf Smeets für die Überlassung des Promotionsthemas. Dr. Dr. Anders Henningsen danke ich für die beispiellose Betreuung und Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit. Ein weiterer Dank geht an Frau Susanne Sehner für die statistische Wegbereitung meiner Arbeit.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Frank Kornmann und Dr. Till Gerlach für die Bereitstellung der Patientendaten, den fachlichen Rat und für die Möglichkeit, die erforderlichen Untersuchungen in ihren Praxisräumen durchzuführen. Durch sie wurde diese Studie erst ermöglicht. Ein herzliches Dankeschön auch an das Personal der Praxis Dr. Kornmann & Dr. Gerlach und Kollegen für ihre freundliche Unterstützung.

Bei meinen Eltern Frau Dr. Brigitta Güllering und Herrn Dr. Jiri Juranek, meiner Schwester Katharina Juranek und bei Dr. Axel Güllering möchte ich mich für die bedingungslose Unterstützung und Anteilnahme herzlich bedanken. Ihre Motivation hat im Wesentlichen zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen. Auch meinen Freunden, insbesondere Herrn Leon Neuhöffer, gebührt ein großes Dankeschön für die ermutigenden Worte, den Ansporn und die Unterstützung.

12 Eidesstattliche Versicherung

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: