

Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
- Plastische Operationen -
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Sofortimplantation in Extraktionsalveolen im Molarenbereich

D i s s e r t a t i o n
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin

der Universitätsmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
vorgelegt von

Thu-My Ly
aus Hamburg

Mainz, 2020

Wissenschaftlicher
Vorstand:

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der Promotion: 17.11.2020

Diese Arbeit widme ich meiner Familie.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	6
1. Einleitung.....	7
1.1 Ziel der Arbeit.....	8
2. Literaturdiskussion.....	9
2.1 Rückblick in der Geschichte der Wundheilung und Implantologie.....	9
2.2 Grundlagen der Knochenheilung nach Zahnextraktion	11
2.2.1 Aufbau und Besonderheiten der Alveolen	11
2.2.2 Knochenheilungsphasen von Extraktionsalveolen.....	12
2.2.3 Alveolarfortsatzresorption nach Zahnextraktion.....	13
2.3 Implantatsysteme aus Titan	15
2.3.1 Einteilige und zweiteilige Implantatsysteme.....	15
2.3.2 Formen enossaler Implantate	16
2.3.3 Oberflächenbeschaffenheit.....	16
2.3.4 Eigenschaften von Titan und die Osseointegration.....	17
2.3.5 Erfolgskriterien.....	20
2.3.6 Das Astra Tech OsseoSpeed™ EV Implantat	21
2.4 Implantationsverfahren.....	24
2.4.1 Einzeitiges und zweizeitiges Vorgehen.....	24
2.4.2 Implantationszeitpunkt	25
2.4.3 Zeitpunkte und Konzepte der prothetischen Versorgung.....	27
2.5 Aktueller Wissensstand über Sofortimplantationen im Molarenbereich.....	28
3. Material und Methoden	31
3.1 Ein- und Ausschlusskriterien	31
3.2 Patientenkollektiv	32
3.3 Genehmigung der Ethikkommission.....	33
3.4 Präoperative Untersuchung.....	33
3.5 Perioperative Medikation.....	33

3.6	Chirurgisches Vorgehen.....	34
3.7	Definitive Versorgung.....	35
3.8	Nachuntersuchung und Definition der Bewertungskriterien.....	35
3.8.1	Beurteilung des primären Erfolgskriteriums	35
3.8.2	Beurteilung der sekundären Erfolgskriterien.....	36
3.9	Statistische Analyse	38
4.	Ergebnisse.....	39
4.1	Basisdaten und Nachuntersuchungszeitraum des Patientenkollektivs.....	39
4.2	Implantatüberleben.....	40
4.3	Marginales Knochenniveau	40
4.4	Orobukkale Breite des Alveolarkamms	41
4.5	Periimplantäre Sondierungstiefen	43
4.6	Breite der befestigten Mukosa.....	43
4.7	Implantaterfolg	43
4.8	Korrelationsergebnisse.....	45
4.9	Klinisches Beispiel einer Sofortimplantation im Molarenbereich	46
5.	Diskussion	51
5.1	Chirurgisches Vorgehen.....	51
5.2	Implantatüberleben.....	55
5.3	Marginales Knochenniveau	56
5.4	Orobukkale Breite des Alveolarkamms	57
5.5	Limitation der Arbeit	58
6.	Zusammenfassung	59
7.	Literaturverzeichnis.....	61
8.	Anhang.....	68
	Danksagung.....	81
	Tabellarischer Lebenslauf	82

Abkürzungsverzeichnis

API	<i>Approximalraum-Plaque-Index</i>
BOP	<i>Bluten auf Sondieren</i>
DVT	<i>Digitale Volumetomographie</i>
ISQ	<i>Implantatstabilitäts-Quotienten, in Englisch: "Implant stability quotient"</i>
ITI	<i>"International Team for Implantology"</i>
SAC	<i>S=„straightforward“, A=„advanced“, C=„complex“</i>

1. Einleitung

Die wenigsten Menschen haben während ihrer gesamten Lebenszeit ein vollständiges Gebiss. Kariöse Defekte, endodontische beziehungsweise parodontale Läsionen und die externe Einwirkung von Traumata stellen mögliche Ursachen für einen Zahnverlust dar. Nach einem Zahnverlust sind dreidimensionale Veränderungen des knöchernen Alveolarkamms im Zuge des Heilungsprozesses zu erkennen. Die Entfernung eines einzelnen Zahnes kann eine Verminderung der orobukkale Alveolarkammbreite von 50 % innerhalb eines Jahres nach sich ziehen [2]. Studien haben gezeigt, dass die bukkale Knochenwand einer Extraktionsalveole, die vorrangig aus Bündelknochen besteht und für die Verankerung des Zahnes verantwortlich ist, am stärksten von der Knochenresorption betroffen ist [3].

Um eine Zahnlücke mit einem Zahnersatz zu schließen, gibt es heute verschiedene Möglichkeiten: Neben einer herausnehmbaren Prothese oder einer festsitzenden Brückenkonstruktion mit einhergehender Präparation der Nachbarzähne treten dentale Implantate immer mehr in den Vordergrund.

Aufgrund der Heilungsprozesse der Extraktionsalveole und der damit verbundenen Knochenresorption ist es entscheidend, zu welchem Zeitpunkt in Relation zur Zahnentfernung Implantate inseriert werden. Die Implantation in den ausgeheilten Knochen (nach 3 Monaten und mehr nach Zahnextraktion) wird als Spätimplantation bezeichnet und war lange Zeit die einzige Technik, um ein Implantat in den Alveolarknochen einzubringen [4]. In den letzten 2 Jahrzehnten finden Sofortimplantationen immer häufiger Anwendung. Hierbei wird das Implantat direkt in eine frische Extraktionsalveole inseriert.

Die Wahrscheinlichkeit der knöchernen Einheilung und des Implantatüberlebens von Sofortimplantaten und Spätimplantaten unterscheidet sich heute nicht mehr wesentlich. Cooper verglich in einer prospektiven Studie 113 Implantate, die in Extraktionsalveolen oder in ausgeheilten Knochen inseriert wurden. Die Sofortimplantate wiesen nach einer 5-Jahres-Nachuntersuchungszeit eine Überlebensrate von 95 %, die spät inserierten Implantate eine von 98 % auf [5]. In einer retrospektiven Studie von Annibali wurde eine Überlebensrate von 100 % sowohl für Sofortimplantate als auch für Spätimplantate in einem Nachuntersuchungszeitraum von 39 beziehungsweise 43 Monate ermittelt [6].

Das Konzept der Sofortimplantation bringt als wesentliche Vorteile weniger operative Eingriffe und eine kürzere Behandlungszeit bis zur definitiven prothetischen Versorgung mit sich [7]. Daher werden Sofortimplantationen häufiger im Frontzahnbereich bzw. der ästhetisch sichtbaren Zone zum Ersatz ein- oder zweiwurzeliger Zähne angewendet [8-10]. Die Sofortimplantation zum Ersatz mehrwurzeliger Zähne im Molarenbereich stellt ein jüngerer Behandlungskonzept dar [11-13] und ist aufgrund der Ausrichtung des Implantates im Extraktionsdefekt komplexer. Trotz hoher Überlebensraten und weiterentwickelter Operationsverfahren besteht Bedarf nach weiteren Untersuchungen über Sofortimplantationen im Molarenbereich und ihren Auswirkungen.

1.1 Ziel der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist die retrospektive Evaluation eines neuen Implantatdesign (OsseoSpeed™ EV 5,4S Implantat) als Sofortimplantat in Molarenextraktionsalveolen. Dabei gilt es insbesondere zu analysieren, ob es nach Molarensofortimplantationen zu einer reduzierten Resorption des orobukkalen Knochenvolumens in einer Untersuchungszeit von 1 bis 4 Jahren gekommen ist. Im Rahmen der Analyse werden die Überlebensrate der Implantate, das marginale Knochenniveau, die Breite des keratinisierten Mukosa, die periimplantären Sondierungstiefen und der Implantaterfolg ermittelt und analysiert.

2. Literaturdiskussion

2.1 Rückblick in der Geschichte der Wundheilung und Implantologie

Bereits 1960 wurde die Wundheilung von Extraktionsalveolen am lebenden Menschen intensiv untersucht. In einer Studie von Amler wurden histologische Präparate von Menschen hergestellt und untersucht, die eine Beschreibung der Wundheilungsphasen mit den beteiligten Zellen und Strukturen ermöglichte. Er beobachtete, dass die Knochendichte der Extraktionsalveole um den 100. Tag nach der Zahnextraktion fast identisch mit dem umliegenden Knochengewebe ist [14].

Auch die Auswirkungen der Zahnextraktion auf den Alveolarknochen und das Ausmaß der Resorption in der Wundheilungsphase wurde untersucht. Im Jahr 1967 haben Pietrokovski und Massler Gipsmodelle von Patienten¹ vor und nach der Zahnextraktion hergestellt und die horizontale Knochenresorption gemessen. Sie stellten fest, dass der Alveolarkamm grundsätzlich auf beiden Seiten resorbiert, aber das Ausmaß der Resorption bukkal größer ist als oral. Weiter konnte die Untersuchung zeigen, dass die Resorption generell im Molarenbereich im Vergleich zum Prämolaren- und Frontzahnbereich ausgeprägter ist [15].

Die damaligen Kenntnisse über die Wundheilung waren essenziell für die Implantologie, da erst nach einer abgeschlossenen Knochenheilung die Möglichkeit der Implantatinsertion und gegebenenfalls die Position eines Implantats bestimmt wurde. Die Arbeitsgruppe um Per-Ingvar Brånemark entwickelte in den 1960er Jahren das erste intraossäre Implantat aus Titan [16]. Mit weiteren Untersuchungen definierten sie acht Jahre später die Implantat-Knochen-Verbindung mit dem Begriff „Osseointegration“ [17].

Die Untersuchungen über die Heilung von Alveolarknochen nach Zahnextraktionen und die Entwicklung neuer Konzepte und Systeme für die Implantologie gewannen somit in der Öffentlichkeit und Literatur zunehmend an Bedeutung.

Es wurden radiologische und histologische Untersuchungen von Extraktionsalveolen unter anderem an Ratten durchgeführt und diskutiert [18, 19], um Rückschlüsse auf den Heilungsprozess von Extraktionsalveolen am Menschen ziehen zu können. Pietrokovskis und Masslers wiesen in einer Studie an Ratten nach, dass die

¹ In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten sind dabei ausdrücklich mitgemeint.

Knochenlamellen der Extraktionsalveolen von einem oder zwei Molaren in einem Untersuchungszeitraum von acht Wochen komplett resorbiert waren [20]. Hingegen beschrieben Guglielmotti und Cabrini in ihrer Studie keinen Höhenunterschied zwischen der vestibulären und oralen Knochenlamelle direkt nach der Zahnextraktion und 60 Tage postoperativ [21].

Durch die beobachtete Knochenresorption nach Zahnextraktionen entwickelte sich in den 90er Jahren die Theorie, die Resorption mit einer Sofortimplantation verhindern zu können, wobei das Implantat direkt nach der Zahnextraktion in die Extraktionsalveole inseriert wird. Gotfredsen hat festgestellt, dass ein Implantat nach einer sofortigen Insertion in eine frische Extraktionsalveole osseointegrieren kann [22]. In der retrospektiven Studie von Schwartz-Arad und Chaushu wurde bei Sofortimplantationen eine Überlebensrate von 94,7 % in einem durchschnittlichen Untersuchungszeitraum von 5 Jahren festgestellt. Die Sofortimplantate wurden nicht mit einer Membran bedeckt, jedoch wurden die Knochendefekte mit autologem Knochen gefüllt und ein dichter Wundverschluss über den Implantaten hergestellt. Die Ergebnisse zeigten, dass der vertikale Knochenverlust mit ≤ 1 mm gering war und sich die durchschnittliche initiale Knochendefekttiefe von 5,8 mm auf 0,54 mm verringerte [23].

In einer Studie wurde kontrovers diskutiert, ob eine Sofortimplantation alleine den Alveolarknochen vor dem Abbau schützen kann [24]. Inzwischen wurde anhand aktueller Studien an Tieren und Menschen die Theorie widerlegt, dass lediglich durch eine Insertion eines dentalen Implantats unmittelbar nach einer Zahnextraktion in die Alveole eine Alveolarknochenresorption verhindert werden kann [25-28]. Jedoch wird weiterhin diskutiert, ob eine Sofortimplantation, beispielsweise in Kombination mit einer periimplantären Defektaugmentation oder einer gesteuerten Knochenregeneration mehr Erfolg bei dem Erhalt des Alveolarknochens aufweist [29].

Auch heute noch wird daher sowohl im Bereich der Alveolarkammprävention nach Zahnextraktionen als auch im Bereich der Sofortimplantation mit unterschiedlichen Augmentationsmaterialien, Weichgewebemanagement und verschiedensten Implantatsystemen geforscht und weiterentwickelt, um einen funktionellen und ästhetischen Zahnersatz auf Implantaten zu ermöglichen [2, 30-33].

2.2 Grundlagen der Knochenheilung nach Zahnextraktion

Da sich in dem Heilungsprozess nach einer Zahnextraktion der Alveolarfortsatz in dreidimensionaler Richtung verändert [2, 3], ist es notwendig, nicht nur den Heilungsprozess und dessen Resultat zu betrachten, sondern auch den Aufbau des Alveolarfortsatzes und der Alveolen näher zu beleuchten.

2.2.1 Aufbau und Besonderheiten der Alveolen

Der Alveolarfortsatz, auch Alveolarknochen genannt, ist ein knöcherner Bestandteil des Ober- beziehungsweise Unterkiefers, in dem sich alle Alveolen befinden. Da die jeweiligen Zahnwurzeln mit Sharpey'schen-Fasern in den Alveolen mit dem Knochen verbunden sind, hängt die Formgebung des Alveolarfortsatzes maßgeblich zum einen von der Größe und Form des Zahns beziehungsweise der Zahnwurzel, zum anderen von dem Ort der Eruption und zuletzt von der Zahnachse ab [30].



Abbildung 1: Die Aufnahme aus einer digitalen Volumentomographie stellt einen lateralen Schneidezahn des Oberkiefers mit dem umgebenden Alveolarfortsatz dar [30].

Unter diesen Voraussetzungen kann insbesondere im Oberkiefer die Dicke der bukkalen Knochenlamellen bei Frontzähnen in 50 % der Fälle nur weniger als 0,5 mm

betragen [34]. Eine radiologische Aufnahme eines lateralen Schneidezahnes im Oberkiefer zeigt die dünnere faziale Knochenwand und lässt die höhere Resorptionsanfälligkeit des fazialen Knochens vermuten (Abbildung 1). Histologisch besteht die innere Seite der Alveolarwand aus Bündelknochen, die sich aus 0,2 bis 0,4 mm dicken Lamellenknochen zusammensetzen. Oft besteht die dünne faziale Knochenlamelle bei oberen Frontzähnen nur aus Bündelknochen, wodurch ein Verlust nach einer Extraktion durch Funktionsverlust und Resorption möglich und wahrscheinlich ist [30].

2.2.2 Knochenheilungsphasen von Extraktionsalveolen

Nach einer Zahnextraktion wurden im Wesentlichen drei Heilungsphasen beobachtet, die auch ineinander überlappend verlaufen können:

Inflammatorische Phase

Die inflammatorische Phase kann man weiter unterteilen in die Bildung eines Blutkoagulums und die Entzündungszellenmigration. Zuerst füllt sich nach der Zahnextraktion die Alveole mit Blut und es entsteht ein Koagulum, das die Blutung der Wunde stillt. Entzündungszellen infiltrieren innerhalb von 2 bis 3 Tagen das Entzündungsgewebe. Sezernierte Zytokine und Wachstumsfaktoren induzieren eine Angiogenese und auch eine vermehrte Zellinfiltration und Zelldifferenzierung. Es bildet sich ein Granulationsgewebe, das sich aus Entzündungszellen, neuen Gefäßeinsprossungen und Vorläuferzellen von Fibroblasten zusammensetzt. Dieses Granulationsgewebe wird kontinuierlich durch eine Matrix an Fibrin und Kollagen ersetzt und geht damit über in die proliferative Phase [30].

Proliferative Phase

In der proliferativen Phase wird das Gewebe intensiv umstrukturiert. Im Granulationsgewebe vermehren und differenzieren sich die Fibroblasten und bilden eine „provisorische Matrix“. Sie wird durchwachsen von Gefäßen und knochenbildenden Zellen, die Geflechtknochen um die Gefäße herstellen. Daraufhin können sich primäre Osteone und gelegentlich auch parallelfaseriger Geflechtknochen ablagern. Der Geflechtknochen ist bereits in der zweiten Woche nach der

Zahnextraktion nachzuweisen und bleibt für mehrere Wochen bestehen. Er wird jedoch aufgrund der geringen Stabilität später umgebaut [30].

Modeling und Remodeling

Mit dem Modeling und Remodeling des Knochens schließt die Heilung nach Zahnextraktionen ab. Modeling wird definiert als „Veränderung in Form und Architektur des Knochens“ und ist klar zu unterscheiden von dem Remodeling, in dem der Geflechtknochen umgebaut wird, jedoch ohne einhergehende Veränderung von Form und Architektur [30].

Zuerst kommt es zum Modeling, welches schon zu zwei Drittel innerhalb der ersten drei Monate nach der Zahnextraktion abgeschlossen ist. In dieser Zeit kommt es im Wesentlichen zur Knochenresorption des Alveolarknochens. Dieser Prozess ist gleichermaßen an der bukkalen als auch an der oralen Knochenlamelle der Extraktionsalveole zu erkennen. Die bukkale Knochenlamelle ist allerdings aufgrund ihrer geringeren Knochendicke stärker von dem Modeling und dem daraus resultierenden Verlust vertikaler Knochenhöhe betroffen [30].

Ab der vierten Woche nach der Zahnextraktion wird im Rahmen des Remodelings Geflechtknochen kontinuierlich in lamellären Knochen umgebaut. Dies kann je nach Situation bis zu mehreren Monaten und Jahren andauern. Durch Zug- und Druckkräfte bilden sich Knochenbälkchen des lamellären Knochens mit trajektorieller Ausrichtung, wodurch dem lamellären Knochen mehr Belastungsfähigkeit und Stabilität als dem Geflechtknochen verliehen wird [30, 35].

2.2.3 Alveolarfortsatzresorption nach Zahnextraktion

Zur Knochenresorption des Alveolarfortsatzes nach einer Zahnextraktion an Menschen wurden viele Studien durchgeführt. Es wurde festgestellt, dass nach einer Einzelzahnextraktion eine Reduktion der Alveolarfortsatzbreite von 50 % nach 12 Monaten auftreten kann [2]. Darüber hinaus ist die Knochenresorption der bukkalen Knochenlamelle größer als die der oralen Lamelle und das Ausmaß der Knochenresorption im Molarenbereich ausgeprägter als im Frontzahnbereich [15].

Das Ausmaß der Knochenresorption nach Zahnextraktionen wurden in Reviews ermittelt. Aus einem systematischen Review von Van der Weijden ging hervor, dass

der durchschnittliche Knochenabbau in horizontaler Richtung 3,87 mm und in vertikaler Richtung 1,53 mm betrug [36]. Tan hat in einem systematischen Review eine durchschnittliche horizontale Resorption nach 6 Monaten von 3,79 mm (zwischen 29 und 63 % im Vergleich mit der Ausgangssituation) festgestellt. Darüber hinaus wurde eine durchschnittliche vertikale Resorption der bukkalen Lamelle von 1,24 mm (11 bis 12 % Reduktion) beschrieben [37].

2.3 Implantatsysteme aus Titan

Nach dem Durchbruch von enossalen Zahnimplantaten aus Titan durch Brånemark und seine Arbeitsgruppe [16] ist die dentale Implantologie heute aus der zahnmedizinischen Versorgung nicht mehr wegzudenken. Dentale Implantate sind per Definition „alloplastische Materialien, die enossal zur Verankerung von Zahnersatz inseriert werden“. Dabei finden Sonderformen, wie zum Beispiel transdentale, submuköse und subperiostale Implantate, inzwischen weniger bis gar keine Verwendung mehr [35].

Ein Implantatsystem besteht aus dem eigentlichen Implantatkörper, einem speziellen genormten, auf das Implantat abgestimmten chirurgischen Instrumentarium und geeigneten prothetischen Hilfsteilen zur Verankerung des jeweiligen Zahnersatzes [35]. Schätzungsweise werden mehr als 1300 Implantattypen angeboten, die sich in Material, Form, Größe, Oberflächenbeschaffung und Geometrie unterscheiden [38].

2.3.1 Einteilige und zweiteilige Implantatsysteme

Man unterscheidet zwischen einteiligen und zweiteiligen Implantatsystemen. Bei einem zweiteiligen Implantatsystem ist der Implantatkörper getrennt vom dem Abutment, das als Verbindungsglied zwischen dem enossalen Implantat und der prothetischen Suprakonstruktion fungiert (siehe Abbildung 2). Implantatkörper und Abutment sind bei einem einteiligen Implantat in einem Werkstück verbunden. Vorteil der einteiligen Implantate ist, dass kein Spalt zwischen Implantat und Abutment vorhanden ist, Nachteil die reduzierte prothetische Flexibilität, da das Abutment nur begrenzt angepasst werden kann. Häufiger sind zweiteilige Implantatsysteme im Gebrauch [35].

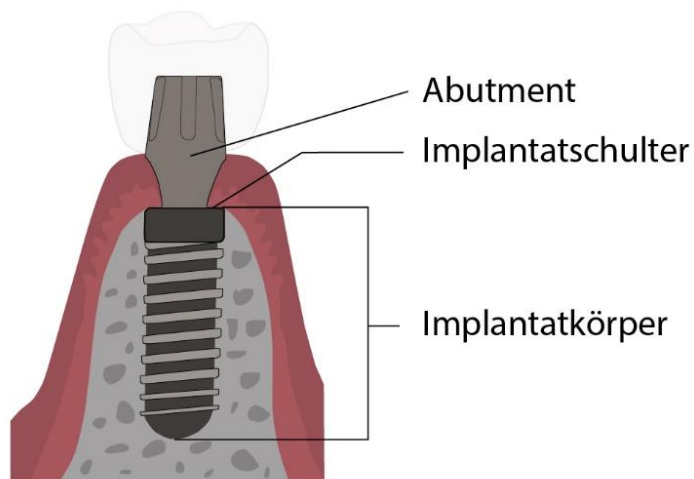


Abbildung 2: Schematischer Aufbau eines zweiteiligen Implantatsystems. Eigene Darstellung in Anlehnung an [39].

2.3.2 Formen enossaler Implantate

Auf dem heutigen Markt werden enossale Zahnimplantate vorrangig rotationssymmetrisch hergestellt und hauptsächlich als Schraubenimplantat angeboten. Ein Schraubenimplantat ist ein zylindrisches beziehungsweise leicht konisches Implantat mit einem Schraubengewinde. Unter den Schraubenimplantaten variieren die Konizität und die Art des Gewindes je nach Hersteller. Neben Schraubenimplantaten werden auch wurzelförmige Implantate vertrieben, die sich durch ihre Verjüngung von koronal nach apikal kennzeichnen. Zylinderimplantate werden heutzutage in der Regel nicht mehr verwendet. Sie sind zylindrisch beziehungsweise parallelwandig aufgebaut und weisen kein Gewinde auf, sondern haften initial über die Friktion der Oberfläche des Implantats, sekundär dann durch die Osseointegration des Titankörpers. Blattimplantate, die bei schmalen und atrophischen Alveolarfortsätzen Verwendung gefunden haben, werden heute nicht mehr eingesetzt [35].

2.3.3 Oberflächenbeschaffenheit

Das ursprünglich von der Arbeitsgruppe von Branemark entwickelte Implantatsystem wies eine glatte, sogenannte „maschinerte“ Oberfläche auf, die innerhalb von einer Einheilungsphase von 3 bis 6 Monate osseointegrierte. Um den Prozess der sekundären Implantatstabilität zu beschleunigen, weist heute die äußere Oberfläche eines Implantats meist eine Mikro- und Nanostruktur. Aktuell wird eine Vielzahl an Methoden beschrieben, mit der eine Mikro- und Nanostruktur erzeugt werden kann

[40, 41]. Grundsätzlich unterscheidet man additive (Titan-Plasma-Spray Verfahren) von subtraktiven Verfahren (Strahlen und Ätzen). In einem Review aus dem Jahr 2009 analysierten Wennerberg und Albrektsson bestimmte Nanostrukturen einer Implantatoberfläche und schlussfolgerten, dass die Nanostruktur eines Implantats das Einwachsen in den Knochen entscheidend beeinflusst [42]. Während und nach einer Oberflächenbearbeitung müssen chemische Rückstände und Kontaminationen vollständig vor der Insertion entfernt werden, da sie andernfalls unter Umständen die Osseointegration erschweren könnten [43].

2.3.4 Eigenschaften von Titan und die Osseointegration

Ein Biomaterial ist eine hergestellte Substanz, die in Interaktion mit den Komponenten eines lebenden Organismus tritt und somit den Verlauf in therapeutischer und diagnostischer Hinsicht bestimmt [44]. Titan ist ein etabliertes Biomaterial in der heutigen dentalen Implantologie. Um die Interaktionen von Titanimplantaten mit dem umliegenden Gewebe nach dessen Insertion näher zu beschreiben, wird zunächst Titan als Werkstoff betrachtet.

Titan als Werkstoff

Aufgrund der mechanischen Eigenschaften ist Titan ein solider Werkstoff. Es weist eine hohe Zähigkeit und Dehnbarkeit auf. Damit kommt es bei einer Überbelastung zu einer Verformung des Materials und erst sehr spät zu einem Bruch. Da Titan über eine vielfach höhere Festigkeit als kortikaler Knochen oder Dentin verfügt, können auch große Kräfte von einem Titanimplantat auf den Knochen übertragen werden [45].

Titan ist außerdem ein reaktives Metall und oxidiert somit spontan an der Kontaktfläche mit der Umgebung, wie zum Beispiel mit Luft, Wasser oder beliebigen Elektrolyten. Dadurch bildet sich eine dünne Oxidschicht, die eine Dicke von etwa 3 nm oder 30 Atomdurchmessern aufweist. Diese Oxidschicht ist in Kontakt mit Gewebe kaum löslich und setzt keine Ionen frei, die potenziell mit organischen Molekülen reagieren würden. Die Oxidschicht dient als Schutz vor aggressiven Körperflüssigkeiten und weist damit einen hohen Korrosionswiderstand auf. Umgekehrt induziert Titan keine Allergien im menschlichen Körper und wird durch die kurze Halbwertszeit von 320 Tagen nicht in anderen Organen angereichert [45]. In der

Abbildung 3 wird die Reaktion an der Titanoberfläche auf molekularer Ebene schematisch dargestellt.

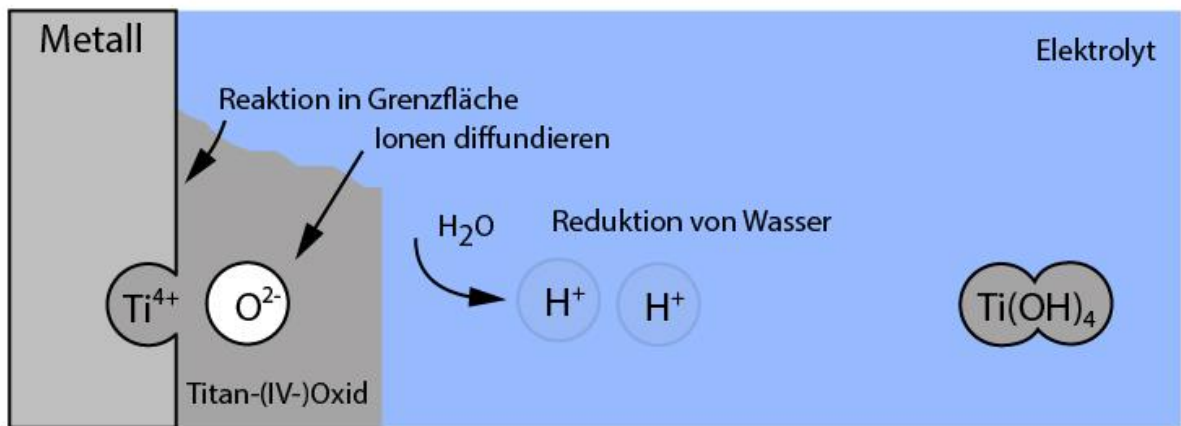


Abbildung 3: Schematische Darstellung der Reaktion an der Oberfläche des reaktiven Titans im Elektrolyten. Es findet eine Oxidation statt, die spontan und schnell abläuft. Durch die Reduktion von Wasser verbinden sich Sauerstoffionen mit Titanionen. Hat das Elektrolyt in etwa einen neutralen pH-Wert von 7 befinden sich darin nur elektrisch neutrale Titanhydroxid-Moleküle (Darstellung ist angelehnt an [45]).

Eine weitere Besonderheit von Implantaten aus Titan ist die Fähigkeit zur Osseointegration. Sie wird im Folgenden näher erläutert.

Osseointegration

Als Osseointegration bezeichnet man eine direkte, funktionelle und strukturelle Verbindung zwischen dem lebenden Knochengewebe und der Oberfläche des belasteten Implantats, das im lichtmikroskopischen Bereich sichtbar ist. Histologisch betrachtet wird die Osseointegration durch einen komplexen Ablauf der Implantateinheilung mit Beteiligung von verschiedenen Zellen der Wundheilung erzielt, wodurch das Implantat ohne eine trennende Bindegewebschicht ankylotisch einheilt [16].

Bei der Auswahl für ein enossales Implantat sollten folgende Faktoren beachtet werden:

1. Das Implantat soll biokompatibel und nicht toxisch gegenüber Hart- und Weichgewebe sein.
2. Die auf das Implantat einwirkenden mechanischen Kräfte sollten in das umliegende Knochengewebe abgegeben werden können.

3. Die Oberflächenmorphologie des Implantates sollte eine Rauigkeit besitzen, die das Anwachsen der Knochenzellen begünstigt [41].

Die beiden erstgenannten Faktoren treffen aufgrund der chemischen und physikalischen Eigenschaften auf Titan zu. Der dritte Faktor kann beispielsweise bei einem schraubenförmigen Titanimplantat durch Strahlen und Ätzen oder durch eine Titan-Plasma-Spray-Oberfläche erzeugt werden [46].

Klinisch und makroskopisch betrachtet soll ein Implantat unter Berücksichtigung einer Primärstabilität inseriert werden, da die Primärstabilität eine der wichtigsten Voraussetzungen für eine erfolgreiche Osseointegration darstellt und damit entscheidend für einen Langzeiterfolg von inserierten Implantaten ist [47]. Eine Primärstabilität wurde erreicht, wenn das Implantat direkt nach der Insertion keine Mobilität im Knochen aufweist. Das chirurgische Verfahren, die Qualität und Quantität des Knochenangebots und das Implantatdesign bestimmen, ob eine Primärstabilität erzielt werden kann [48]. Durch den Wundheilungsprozess sinkt vorerst in den ersten Wochen die Primärstabilität und erreicht das niedrigste Niveau nach 3 bis 6 Wochen nach der Insertion [49]. In der Zeit, in der die Primärstabilität abnimmt, steigt das Ausmaß der Sekundärstabilität. Die Sekundärstabilität wird im Wesentlichen durch Knochenanlagerung bzw. -formation und vom Remodeling erreicht. Sie beschreibt den eigentlichen Vorgang der Osseointegration [48]. In Abbildung 4 wird der Verlauf der Gesamtstabilität des Implantats anschaulich dargestellt.

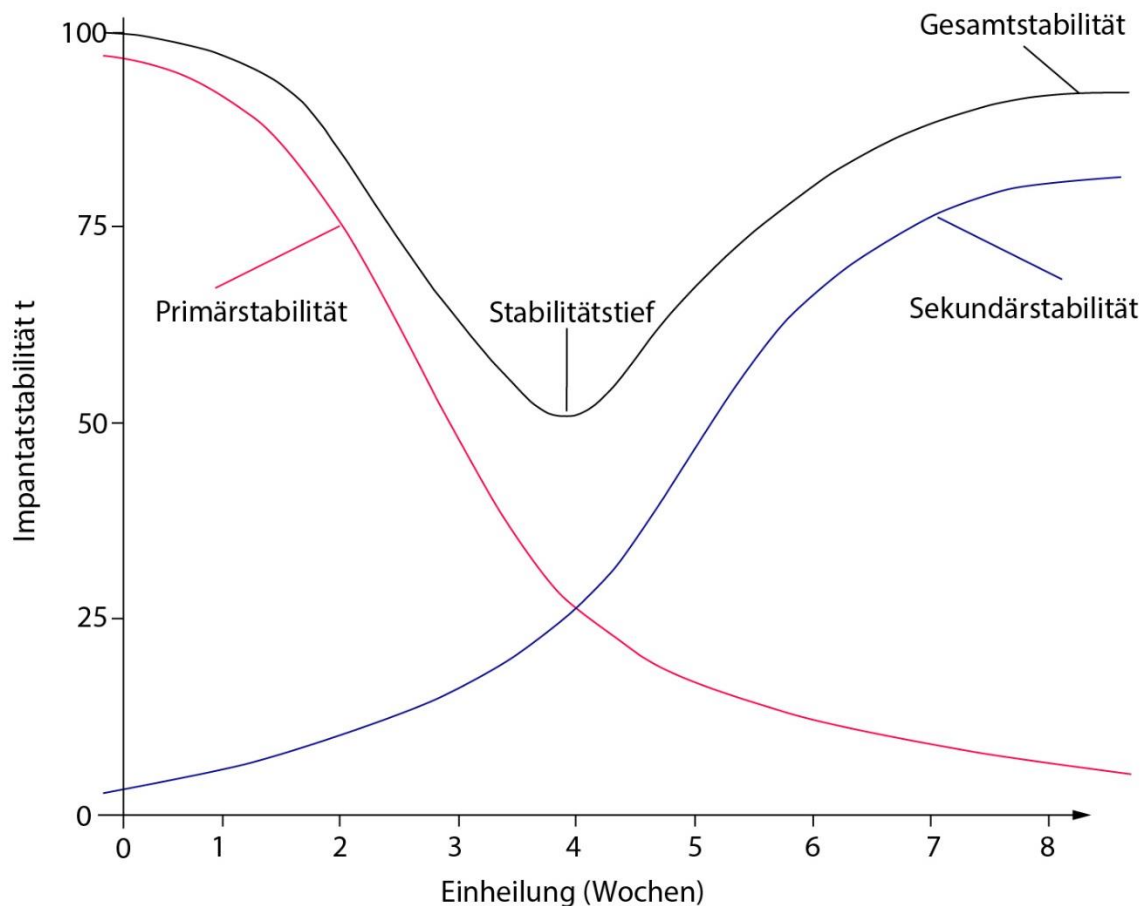


Abbildung 4: Darstellung der Implantatstabilität im Laufe der Implantateinheilung nach Insertion. Die Gesamtstabilität setzt sich zusammen aus der Primär- und Sekundärstabilität [1].

2.3.5 Erfolgskriterien

Dentale Implantate und die Suprakonstruktion haben die Aufgabe langfristig natürliche Zähne prothetisch zu ersetzen. Neben einer hohen Primärstabilität und damit einer guten Knochen-Implantat-Verbindung gibt es weitere Erfolgskriterien, die den langfristigen Erfolg eines Implantates bestimmen:

In heutigen Studien werden verschiedene Erfolgskriterien für ein Implantat verwendet. Moraschini stellte in seinem Review fest, dass die Mehrheit der untersuchten Studien, die Erfolgskriterien betrachtet haben, die Erfolgskriterien von Thomas Albrektsson und seiner Arbeitsgruppe aus dem Jahre 1986 wählten [50, 51]. Diese Kriterien werden bis heute verwendet und beinhalten folgende Aspekte:

- Keine Mobilität eines Implantats bei der klinischen Untersuchung,
- keine radiologische Transluzenz im periimplantären Bereich,

- der marginale Knochenverlust soll nach einem Jahr nach Insertion weniger als 1 mm betragen,
- in den Folgejahren sollte der Knochenverlust nicht mehr als 0,2 mm jährlich betragen,
- keine persistierenden Schmerzen, Beschwerden oder Infektionen.

Unter Berücksichtigung dieser Kriterien sollte die Erfolgsrate nach fünf Jahren Untersuchungszeit bei mindestens 85% liegen und nach 10 Jahre bei mindestens 80% [52]. Neben diesen Kriterien gibt es auch andere Erfolgskriterien, die heute Verwendung finden [53-55]. In dieser Arbeit wurden die Erfolgskriterien nach Buser zur Beurteilung des Implantaterfolges verwendet, welche weiter unten näher beschrieben werden.

2.3.6 Das Astra Tech OsseoSpeed™ EV Implantat

Das Astra Tech OsseoSpeed™ EV Implantat ist ein selbstscheidendes Implantat aus reinem Titan und Teil des vielseitigen Astra Tech Implant System EV, das durch seine Komplexität in allen Indikationen der dentalen Implantologie eingesetzt werden kann. Das Astra Tech OsseoSpeed™ EV Implantat ist eine Weiterentwicklung des Astra Tech OsseoSpeed™ und des OsseoSpeed™ TX Implantates [56]. Durch seine Farbkodierung der unterschiedlichen Implantatdurchmesser wird der chirurgische und prothetische Arbeitsablauf vereinfacht. Es ist ein zweiteiliges Implantatsystem mit einer konischen Verbindung zwischen Implantat und Abutment (Conical Seal Design), welches Mikrobewegungen und -spalten minimiert. An der Implantat-Abutmentverbindung weist das Implantat einen Platform-Switch (Implantatdurchmesser größer als Abutmentdurchmesser) auf, was zu einer verbesserten Weichgewebeanlagerung (Connective Contour) führen soll. Darüber hinaus ist das OsseoSpeed™ EV Implantat durch ein Mikrogewinde am Implantathals (MicroThread) gekennzeichnet und mit einer fluoridmodifizierten Oberfläche ausgestattet (OsseoSpeed), die durch Strahlen und Ätzen erzeugt wird und im Jahr 2004 erstmalig eingeführt wurde [8, 57, 58].

Das aus reinem Titan bestehende OsseoSpeed™ EV Implantat wird entweder in gerader/parallelwandiger oder konischer Form und in unterschiedlichen Durchmessern und Längen angeboten. In der Abbildung 5 ist links eine Darstellung von der geraden Form und rechts von der konischen Form des OsseoSpeed™ EV

Implantats zu sehen. Die konische Form stellt eigentlich eine Hybridform der geraden Implantatform in apikalen Anteil und einem konischen Implantatkörper im Bereich der MicroThreads im koronalen Anteil mit einer Durchmesserdiffferenz von 0,6 mm dar.

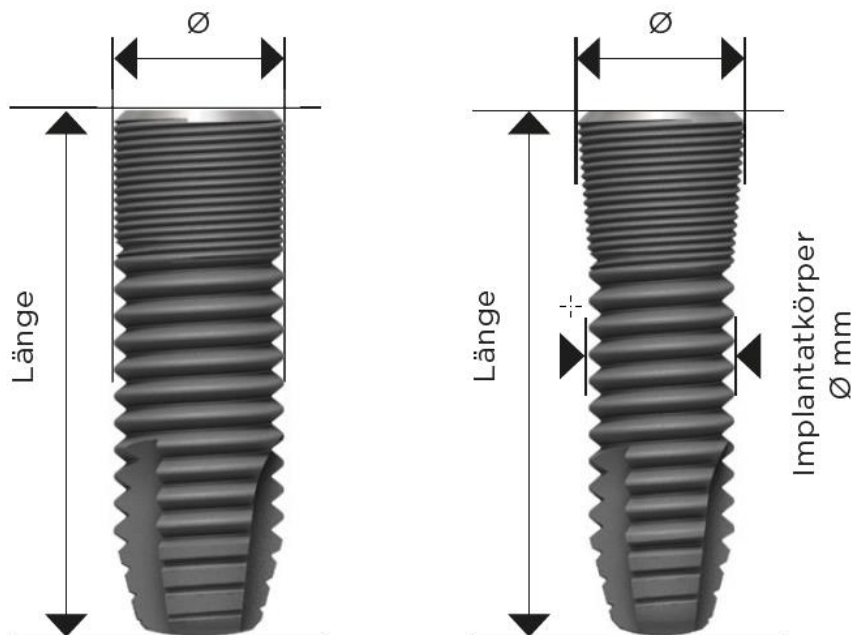


Abbildung 5: Schematische Darstellung der OsseoSpeed™ EV Implantate in gerader (links) und konischer Form (rechts). © Dentsply Sirona

In dieser Studie wurden ausschließlich OsseoSpeed™ EV 5,4S Implantate unterschiedlicher Länge verwendet. Sie sind gerade beziehungsweise parallelwandig und haben einen Durchmesser von 5,4 mm (siehe Abbildung 6, Seite 28).

Überlebensraten von Astra Tech OsseoSpeed™ Implantaten

In aktuellen Studien wurden die Überlebensraten von Astra Tech OsseoSpeed™ EV Implantaten im Ober- und Unterkiefer zum Einzelzahnersatz untersucht. Diese lag für OsseoSpeed EV Implantate bei Spätimplantationen zwischen 94,9 % und 100 % [56, 59]. Vergleichbar gute Ergebnisse zeigten frühere prospektive klinische Studien, bei denen Sofortimplantationen in der ästhetischen Zone mit OsseoSpeed Implantaten untersucht wurden. Diese betragen 94,6 % und 100 % [8, 33]. Cha und Kollegen berichteten über eine kumulierte 5-Jahres-Überlebensrate von 91,9 % nach Implantatinserktion in unterschiedliche Kieferbereiche. Im Molarenbereich zeigten sich hingegen niedrigere Überlebensraten von nur 87,6 % 5 Jahre nach Insertion von OsseoSpeed™ Implantaten mit einem Durchmesser von 4,0 mm [60]. Insgesamt

jedoch bestätigten andere Langzeitstudien hohe Überlebensraten für Astra Tech OsseoSpeed™ Implantate bei situationsangepassten Implantatdurchmesser im Ober- und Unterkiefer: Während Mertens und Steveling in einer prospektiven Studie ein Implantatüberleben von 97% nach 60 Monaten Verlaufskontrolle ermittelten [61], hat Schliephake nach Anwendung eines Frühbelastungsprotokolls keines der 134 eingebrachten Implantate nach 5-Jahren-Nachuntersuchungszeit verloren (kumulative Überlebensrate von 100%) [62].

2.4 Implantationsverfahren

In Abhängigkeit vom klinischen und radiologischen Ausgangsbefund stehen verschiedene Operationsvorgehen und Zeitpunkte für die Insertion eines dentalen Implantats zur Auswahl bzw. zur Diskussion. Darüber hinaus können unterschiedliche Belastungsmodelle Anwendung finden. Im Folgenden werden die genannten Behandlungskonzepte näher beleuchtet.

2.4.1 Einzeitiges und zweizeitiges Vorgehen

Implantate können mit einem einzeitigen oder zweizeitigen Vorgehen eingebracht werden. Bei einem einzeitigen Vorgehen werden einteilige oder zweiteilige Implantatsysteme in einem Operationseingriff inseriert und das Weichgewebe um das Implantat bzw. dessen Abutment verschlossen. Das Implantat heilt transgingival und damit offen ein. Beim zweizeitigen Vorgehen wird das Implantat enossal inseriert und der Mukoperiostlappen über dem Implantat verschlossen, damit das Implantat geschlossen beziehungsweise gedeckt und unbelastet einheilt. Nach einer Einheilzeit von 3 bis 6 Monaten muss das Implantat über einen zweiten Eingriff für die prothetische Versorgung operativ freigelegt werden. Für dieses Vorgehen ist ein zweiteiliges Implantatsystem erforderlich. Ein einzeitiges Vorgehen vermeidet einen zweiten operativen Eingriff zur Implantatfreilegung und verkürzt damit die Wartezeit bis zur endgültigen prothetischen Versorgung. Ein zweizeitiges Vorgehen ist hingegen zu bevorzugen, wenn ein Implantat z. B. wegen geringer Primärstabilität gedeckt und belastungsfrei einheilen soll [35, 63].

Beide Verfahren wurden in klinischen Studien untersucht und bezüglich Hart- und Weichgewebeparameter miteinander verglichen. Es wurde festgestellt, dass mit beiden Vorgehen vergleichbar gute Ergebnisse erzielt werden können [64, 65]. Weiter wurden in einem Cochrane Review aus 2009 randomisierte kontrollierte Studien untersucht, bei denen Implantate gleicher Art mit einem einzeitigen oder zweizeitigen Vorgehen inseriert wurden. Einschlusskriterium war eine Mindestuntersuchungszeit von 6 Monaten nach Belastung des Implantates. Durch die geringe Anzahl der einbezogenen Patienten in den Studien konnte jedoch keine eindeutige und aussagekräftige Empfehlung gegeben werden. Die vorläufigen Ergebnisse aus dem Review schienen darauf hinzuweisen, dass im teilbezahnten Gebiss ein einzeitiges Vorgehen vorzuziehen ist. Ein zweizeitiges Vorgehen sollte nur gewählt werden, wenn

eine unzureichende Primärstabilität erreichen wurde, Membranen benutzt wurden oder herausnehmbare Prothesen zu große Kräfte auf das Abutment und Implantat, vor allem im zahnlosen Kiefer, übertragen könnten [63].

2.4.2 Implantationszeitpunkt

Nach einer Zahnextraktion werden Wundheilungsprozesse in der Extraktionsalveole eingeleitet und es kommt folglich zu einem Hart- und Weichgewebeumbau. In der Literatur werden abhängig von dem zeitlichen Abstand zwischen Zahnextraktion und Implantation verschiedene Einteilungen zur Bezeichnung des Implantationszeitpunktes verwendet. Damit in der Literatur eine einheitliche und klare Einteilung angewendet werden kann, wurde 2008 auf der vierten Konsensuskonferenz des „International Team for Implantology“ (ITI) festgelegt, dass Implantationen in die folgenden vier Typen eingeteilt werden [66]:

Tabelle 1: Klassifikation des Implantationszeitpunktes nach der Zahnextraktion nach Chen und Buser [66].

Klassifikation	Bezeichnung	Gewünschtes klinisches Ergebnis
Typ 1	Sofortimplantation	Eine frische Extraktionsalveole ohne Weich- und Hartgewebeheilung
Typ 2	Verzögerte Sofortimplantation - mit Weichgewebeheilung (typischerweise nach 4 bis 8 Wochen Wundheilung)	Eine Extraktionsstelle, die ein gut abgeheiltes Weichgewebe, jedoch keine wesentliche Hartgewebeheilung, aufweist
Typ 3	Verzögerte Sofortimplantation - mit partieller Hartgewebeheilung (typischerweise nach 12 bis 16 Wochen Wundheilung)	Eine Extraktionsstelle, die ein gut abgeheiltes Weichgewebe mit wesentlicher Hartgewebeheilung aufweist
Typ 4	Spätimplantation (nach mehr als 6 Monaten Wundheilung)	Eine komplett verheilte Extraktionsstelle

Verglichen mit der klassischen Implantation in den ausgeheilten Alveolarkamm zeigten klinische Studien und systematische Reviews, dass mit Sofort- und Frühimplantationen ebenfalls voraussagbare und gute Ergebnisse mit hoher Überlebensrate erzielt werden konnten [67, 68]. Eine kritische Studie berichteten hingegen über ein erhöhtes Risiko für ein Implantatmisserfolg oder Komplikationen [69].

Heutzutage entscheidet man sich, unter Berücksichtigung der klinischen Situation, für einen Implantationszeitpunkt. Da in dieser Arbeit ausschließlich Sofortimplantationen untersucht wurden, wird dieser Bereich näher beleuchtet. Die Auswahlkriterien für eine erfolgreiche Sofortimplantation im ästhetischen Bereich sind eine intakte vestibuläre knöcherne Wand von >1 mm, ein stabiles Weichgewebe beziehungsweise ein „dicker Biotyp“, die Entzündungsfreiheit der Implantationsstelle und die klinische Expertise des Behandlers. Die Sofortimplantation gilt nach der SAC-Klassifikation (S=„straightforward“, A=„advanced“, C=„complex“) der ITI als eine komplexe und damit technisch schwierige Behandlung. Für eine Insertion direkt nach der Zahnextraktion wird eine lappenfreie Operation mit einer Defektaugmentation empfohlen. Die Vorteile der Sofortimplantation sind unter anderem eine verringerte Anzahl von Eingriffen, da die Zahnextraktion und die Insertion in derselben Sitzung vollzogen werden und die Möglichkeit einer provisorischen Versorgung des Implantats direkt am Tag der Implantation besteht [7].

2.4.3 Zeitpunkte und Konzepte der prothetischen Versorgung

Klinische Studien haben gezeigt, dass neben der konventionellen Belastung mit mindestens 2 Monaten Einheilung nach Implantatinsertion andere Modelle, wie beispielsweise eine Frühbelastung des Implantats, möglich sind und zu hohen Erfolgsraten führen können [70, 71]. Folglich wurde in der fünften ITI Konsensus Konferenz zu der Einteilung der Belastungsmodelle auch Konsenserklärungen und Behandlungsrichtlinien für den Einzelzahnersatz mit einem dentalen Implantat festgelegt. Man unterteilt Belastungsmodelle anhand des zeitlichen Abstandes zwischen dem Implantationszeitpunkt und der darauf folgenden Belastung des Implantats mit der prothetischen Suprakonstruktion:

Tabelle 2: Definition der Belastungsmodelle [72].

Belastungsmodell	Zeit bis zur Belastung nach der Implantation
Sofortbelastung	<1 Woche
Frühbelastung	1 Woche bis 2 Monaten
Konventionelle Belastung	>2 Monate

Allgemein hat sich die konventionelle Belastung in allen klinischen Situationen bewährt und wird vor allem bei weniger günstigen klinischen Voraussetzungen, wie zum Beispiel bei geringer Primärstabilität oder bei ausgedehnter Knochenaugmentation, empfohlen. Allerdings bestehen auch vergleichbar gute Ergebnisse für Implantatüberlebensraten bei einer Sofortbelastung. Für eine Sofort- oder Frühbelastung wird empfohlen eine Primärstabilität mit einem Eindrehmoment von mindestens 25 Ncm beziehungsweise einen Implantatstabilitäts-Quotienten (ISQ) von mindestens 60 zu erreichen. Darüber hinaus sollen bei systemischen und lokalen Kontraindikationen, wie etwa Parafunktionen, großen Knochendefekten oder einer notwendigen Sinusbodenelevation diese Belastungsmodelle nicht angewendet werden [72].

2.5 Aktueller Wissensstand über Sofortimplantationen im Molarenbereich

Bis vor zwei Jahrzehnten wurden hauptsächlich Studien über Sofortimplantationen im Frontzahn- und Prämolarenbereich durchgeführt. Im Molarenbereich ist die Sofortimplantation vor allem durch die Wurzelanatomie mit zwei bzw. drei Wurzeln erschwert und die hierausfolgende schwierige zentrale Ausrichtung. Weiter limitiert oft die schlechte Knochenqualität und -quantität im posterioren Oberkiefermolarenbereich, die Lokalisation und Ausdehnung der Kieferhöhle oder der Nervkanal des Nervus mandibularis und die grösseren okklusalen Kräfte im Molarenbereich die Indikation für ein Molarensofortimplantat. Da eine Sofortimplantation eine verkürzte Behandlungszeit und schnellere prothetische Versorgung als Vorteile mit sich bringt, untersuchten Schwartz-Arad und ihre Kollegen Sofortimplantationen im Molarenbereich. Sie berichteten über eine kumulative Überlebensrate von 82 % im Oberkiefer und von 92% im Unterkiefer nach 5 Jahren und stellten die Sofortimplantation im Molarenbereich als eine Alternative zur herkömmlichen verzögerten Implantation dar [73]. Nachfolgend wurden zunehmend Studien zur Sofortimplantation im Molarenbereich durchgeführt. In den letzten 10 Jahren wurden Ergebnisse zu Sofortimplantationen zum Ersatz von Oberkiefermolaren [74, 75] , von Unterkiefermolaren [62, 76-78] und auch in beiden Kieferhälften [6, 11-13, 56, 79-83] veröffentlicht.

Eine ausreichende Primärstabilität des dentalen Implantats, das direkt nach Zahnextraktion eines Molaren inseriert wird, ist wichtig für eine erfolgreiche Osseointegration. In einem systematischen Review von 2012 wurde spekuliert, dass die Größe beziehungsweise Ausdehnung der Extraktionsalveole nach Extraktion von mehrwurzeligen Zähnen und die geringere Knochenqualität im Oberkiefermolarenbereich die Differenz der jährlichen Verlustraten von 0,73 % bei Sofortimplantationen im Oberkiefer im Vergleich zum Unterkiefer von 0,50 % begründen könnte [84]. Hingegen wurde in einem aktuellen systematischen Review von Ketabi eine Implantatüberlebensrate von 98 % nach einem Jahr Nachuntersuchungszeit nach Implantation ermittelt und kein signifikanter Unterschied zwischen einer Sofortimplantation im Oberkiefer- und im Unterkiefermolarenbereich festgestellt [85].

Da eine Extraktionsalveole eines Molaren eine größere Ausdehnung als die eines Frontzahnes oder Prämolaren besitzt, ist es möglich mit einem größeren Implantatdurchmesser den Spalt zwischen Implantat und Extraktionsalveole zu verringern [24]. Smith und Tarnow stellten 2013 eine Einteilung von

Molarenextraktionsalveolen vor, die ihr Hauptaugenmerk auf das knöcherne interradikuläre Septum legte, da dieses für eine ausreichende Primärstabilität maßgeblich ist. War das Septum nicht vorhanden, wurde ein weites Implantatdesign mit 7 bis 9 mm Durchmesser - unter der Voraussetzung, dass alle Wände der Extraktionsalveole unbeschädigt waren - empfohlen [86]. Ein Review über 15 Studien mit 786 Sofortimplantaten und 757 Patienten wies eine Überlebensrate von 98 % auf. Es wurden Implantate mit großem (4 bis 6 mm) und besonders großem Durchmesser (6 bis 9 mm) verglichen. Dabei stellte sich heraus, dass die Verlustrate von Sofortimplantaten mit besonders großem Implantatdurchmesser bei 3,96 % signifikant höher war als die von Implantaten mit großem Implantatdurchmesser (1,45%, $p=0,048$) [85]. Jedoch konnte Hattingh mit einer neuen Operationstechnik nachweisen, dass Sofortimplantate mit besonders großem Durchmesser im Molarenbereich vorhersagbare Ergebnisse liefern können. Für 580 Sofortimplantate mit 7 mm Durchmesser wurde eine Überlebensrate von 95,7 % beschrieben [12].

Die möglichst zentrale Insertion des Implantats in das interradikuläre Septum scheint die konventionelle Insertionstechnik, bei der das Implantat in eine Alveole der mehrwurzeligen Molaren gesetzt hat, abzulösen [12]. Unabhängig von der Zahnwurzelmorphologie und der daraus resultierenden Konfiguration der Extraktionsalveolen wurde eine minimalinvasive und lappenfreie Zahnextraktion bei einer Sofortimplantation empfohlen, um das Ausmaß des Remodelings des Alveolarkamms zu reduzieren [86].

Weiter könnte bei einer Sofortimplantation der nachfolgende Belastungszeitpunkt eine Rolle für das Implantatüberleben bzw. den -erfolg spielen. In einem aktuellen Review von Gallucci wurden Studien mit Sofortimplantationen und Sofortbelastung, Frühbelastung und konventioneller Belastung untersucht. Während für die Sofortimplantation mit Sofortbelastung aus 6 Vergleichsstudien und 18 nicht vergleichenden Studien eine Überlebensrate von 87,5 bis 100 % ermittelt wurde, betrug die Überlebensrate für Sofortimplantationen mit konventioneller Belastung 91,3 bis 100%. Für Sofortimplantationen mit Frühbelastung ließ sich aufgrund von mangelnden Studien, unzureichender Fallzahlen und zu kurzen Nachuntersuchungszeiträumen keine Überlebensrate ermitteln. Die Variabilität der untersuchten Studien war bezüglich des chirurgischen Protokolls, der prothetischen Belastung und der benutzten Knochenersatzmaterialien groß. Konkrete Schlussfolgerungen zum

chirurgischen Protokoll und Belastungszeitpunkt nach Sofortimplantationen konnten nicht gezogen werden [87].

3. Material und Methoden

In dieser retrospektiven Studie wurden 65 OsseoSpeed™ EV 5,4S Implantate (DENTSPLY Sirona Implants, Bensheim, Deutschland) in Extraktionsalveolen von zwei- oder dreiwurzeligen Molaren im Ober- oder Unterkiefer bei 58 Patienten in der oralchirurgischen Fachzahnarztpraxis von Privatdozent Dr. Robert Nölken in Lindau zwischen Februar 2013 und August 2016 inseriert.

3.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Die Einschlusskriterien waren wie folgt:

- Hoffungsloser Zahn im Molarenbereich,
- sofortige und lappenfreie Insertion in das Zentrum einer Molarenextraktionsalveole,
- Erwartung einer ausreichenden Primärstabilität (≥ 15 Ncm Eindrehwiderstand),
- Periimplantäre Augmentation des alveolären Defektes mit autologem Knochen,
- keine zusätzliche Weichgewebeaugmentation,
- Nachuntersuchungszeitraum von mindestens 1 Jahr nach Implantatinsertion.

Ausschlusskriterien waren wie folgt:

- Bekannte oder vermutete maligne Erkrankung,
- Bestrahlungstherapie im Kopf- oder Halsbereich,
- Chemotherapie innerhalb von 5 Jahren vor Implantatinsertion,
- nicht eingestellter Diabetes mellitus,
- permanente immunsuppressive Medikation, Bisphosphonat- oder Bone-Modifier-Therapie,
- Alkohol- oder Drogenmissbrauch.

Ein Defekt der bukkalen Knochenlamelle, wie beispielsweise eine Fenestration, eine Dehiszenz oder ein Totalverlust der bukkalen Knochenlamelle, oder Rauchen stellten keine Ausschlusskriterien dar.

3.2 Patientenkollektiv

Im Zeitraum von Februar 2013 bis August 2016 wurden bei 58 Patienten (27 Frauen, 31 Männern) mit einem Durchschnittsalter von 53 Jahre (Spanne von 23 bis 94 Jahre) 65 Implantate inseriert. 50 Patienten waren Nichtraucher und 8 Patienten Raucher.

42 Implantate wurden als Einzelzahnersatz in eine Schallücke, 23 Implantate zur Versorgung von einer Freundsituation inseriert. 21 Implantate wurden zum Ersatz eines ersten, 13 eines zweiten und eines für einen dritten Molaren im Unterkiefer inseriert. Im Oberkiefer wurden 18 zum Ersatz eines ersten und 12 Implantate zum Ersatz eines zweiten Molaren eingebracht. 51 Patienten erhielten ein Implantat und 7 Patienten zwei Implantate, wovon 4 Patienten mit zwei Einzelimplantaten und 3 Patienten zwei benachbarten Implantate versorgt wurden.

Die Ursachen des Zahnverlustes sind in Tabelle 3 beschrieben.

Nur ein Molar wies keine Anzeichen einer Infektion auf. 62 Zähne zeigten eine chronische Infektion mit einer periapikalen oder periradikulären Pathologie. Zwei Zähne wiesen eine akute Infektion mit Pusaustritt auf.

Tabelle 3: Ursachen des Zahnverlustes in absoluten und relativen Häufigkeiten

Ursache des Zahnverlustes	Häufigkeit	in %
Endodontischer Misserfolg	14	21,5
Kariöse Zerstörung	20	30,8
Wurzellängsfraktur	21	32,3
Parodontal nicht erhaltungsfähig	9	13,8
Externe Wurzelresorption	1	1,5
Gesamt	65	100

3.3 Genehmigung der Ethikkommission

Die Ethikkommission des Landes Rheinland-Pfalz (Nr. 837.516.17(11350)) genehmigte diese Studie, die sich an den nach aktuellen ethischen und wissenschaftlichen Aspekten aufgestellten Regeln ("Good clinical practice") orientiert. Es gab für diese Studie keine finanziellen oder materiellen Fördermittel. Die beteiligten Personen standen in keinem Interessenskonflikt.

3.4 Präoperative Untersuchung

Die Patienten wurden präoperativ untersucht und die klinische und radiologische Situation beurteilt, ob eine Sofortimplantation im Molarenbereich möglich ist. Dafür wurden bei 56 von 58 Patienten eine digitale Volumentomographie (DVT) (KaVo Pan eXam Plus 3D, KaVo Dental, Biberach, Deutschland) erstellt, die zur Beurteilung des Knochenangebots, der Ausdehnung der apikalen Osteolyse und der Darstellung der anatomisch begrenzenden Nachbarstrukturen diente. Die präoperative Analyse zeigte, dass 41 Extraktionsalveolen eine intakte faziale Knochenlamelle aufwiesen. 21 Alveolen zeigten knöcherne Defekte der bukkalen Knochenlamelle, wie Fenestrationsen oder Dehiszenzen. Drei Alveolen wiesen einen Totalverlust der bukkalen Lamelle auf.

3.5 Perioperative Medikation

Um das Infektionsrisiko zu senken wurde den Patienten eine perioperative antibiotische Medikation verschrieben. Ein Tag vor der Implantation begannen die Patienten mit der Einnahme von einem Antibiotikum (Clindamycin, 3 bis 4 Dosen mit je 300 mg täglich oder Amoxicillin 875 mg mit Clavulansäure 125 mg, 2 Dosen täglich). Sieben Tage postoperativ wurde es wieder abgesetzt. Nach 3 Tagen postoperativ begannen die Patienten ein- bis zweimal täglich mit einer Mundspüllösung (Chlorhexidin 0,2 %) zu spülen.

3.6 Chirurgisches Vorgehen

Die in dieser Studie inserierten OsseoSpeed™ EV 5,4S Implantate waren schraubenförmig und selbstschneidend (siehe Abbildung 6). Die Aufbereitung der Implantatlager wurde nach Herstellerangaben durchgeführt.



Abbildung 6: Das Astra Tech OsseoSpeed™ EV 5,4S Implantat mit 13 mm Länge © Dentsply Sirona.

In Lokalanästhesie wurden die Wurzeln der entsprechenden Zähne getrennt und atraumatisch entfernt. Der Erhalt der bukkalen Alveolenwand wurde durch die Vermeidung der bukkooralen Luxation mit einem Periotom gewährleistet. Es wurde kein Mukoperiostlappen gebildet. Unter dem Operationsmikroskop wurde entzündliches Gewebe aus der Extraktionsalveole entfernt und die Alveole gründlich gereinigt. Das Implantatbett wurde nach dem Bohrprotokoll mit aufsteigender Dimension der Stufenbohrer zentral im interradiikulären Septum aufbereitet. Mittels einer Bohr- bzw. Orientierungsschablone wurde die Ausrichtung der Implantate in der Alveole geprüft. Die Schablonen wurden anhand eines Set-Ups am Modell hergestellt. Die Implantate wurden zentral in die Alveole und in der Längsachse des zu ersetzenden Zahnes inseriert. Das bukkale Knochenniveau wurde zur Festlegung der Insertionstiefe herangezogen, wenn eine Höhendifferenz des vestibulären und oralen Knochenniveaus vorlag. Bei Totalverlust der bukkalen Knochenlamelle wurde das Implantat 3 mm unterhalb des marginalen Weichgewebeniveaus ausgerichtet.

Zur Vorbereitung der periimplantären Defektaugmentation wurde ein schmales Healing Abutment (Healing Abutment Uni 5,4S; DENTSPLY Sirona Implants, Bensheim, Deutschland) eingeschraubt. Zur Gewinnung von autologem Knochen aus dem Unterkieferwinkel wurde ein Micross[®] Knochenschaber (META, Reggio Emilia, Italien) verwendet. Zur periimplantären Defektaugmentation wurden ausschließlich autologe Knochenspäne verwendet, die meist zirkulär in den Spalt zwischen Implantatoberfläche und Knochenlamellen beziehungsweise Weichgewebe (bei großen Knochendefekten) mit einem schmalen Plugger eingebracht und mit wenig Druck nach apikal kondensiert wurden. Anschließend wurde das schmale Healing Abutment durch ein Abutment mit einem Durchmesser von 6,5 mm (HealDesign[™] 5,4, DENTSPLY Sirona Implants, Bensheim, Deutschland) ersetzt. Es wurden weder Weichgewebetransplantationen ergänzend durchgeführt oder Membranen eingesetzt.

3.7 Definitive Versorgung

Nach einer dreimonatigen Einheilung wurden die Implantatschultern und die periimplantäre Mukosa definitiv abgeformt. Dafür wurden rotationsgesicherte Abformpfosten, individuelle Löffel und eine Polyethermasse (Impregum[™] Penta[™], 3M[™] ESPE[™] AG, Seefeld, Deutschland) verwendet. Die definitiven ATLANTIS[®] Titan oder Zirkonoxid Abutments (DENTSPLY Sirona Implants, Mölndal, Schweden) wurden eingeschraubt und mit einem Drehmoment von 25 Ncm fixiert. Auf den Abutments wurden die definitiven Keramikronen mit Temp Bond[™] (Kerr, Bioggio, Schweiz) befestigt.

3.8 Nachuntersuchung und Definition der Bewertungskriterien

Die klinischen und radiologischen Untersuchungen der Patienten erfolgten präoperativ, am Tag der Implantation, bei der definitiven Versorgung und bei den jährlichen Kontrollen.

3.8.1 Beurteilung des primären Erfolgskriteriums

Mithilfe der Kaplan-Meier-Methode [88] wurde die Überlebenswahrscheinlichkeit geschätzt.

3.8.2 Beurteilung der sekundären Erfolgskriterien

Marginales Knochenniveau

Mithilfe der Rechtwinkeltechnik wurden mit dem Rinn®-Sensorhaltersystem (DENTSPLY Sirona, Bensheim, Deutschland) digitale Einzelzahnaufnahmen erstellt, um das marginale Knochenniveau zu beurteilen. Die Röntgenbilder ermöglichten die Messungen des Knochenniveaus mesial und distal an jedem Implantat. Die vertikalen Distanzen zwischen Knochenniveau und der Implantatschulter wurden ermittelt. Ein positiver Wert bedeutete, dass das Knochenniveau koronal in Relation zur Implantatschulter lag, während negative Werte einen Knochenniveau apikal dieses Referenzniveaus definierten.

Orobukkale Breite des Alveolarkamms

Mittels Sagittalaufnahmen aus den DVTs der prä- und postoperativen Untersuchungen wurde die orobukkale Breite des Alveolarkamms bestimmt. Die postoperativen DVTs wurden studienunabhängig angefertigt und dienten z.B. der weiteren Implantatplanung oder der endodontischen Versorgung in angrenzenden Bereichen. Senkrecht zur Längsachse der Zähne beziehungsweise der Implantate wurde die orobukkale Breite 1, 3 und 6 mm apikal des Referenzniveaus gemessen. Das gesunde bukkale Knochenniveau am Zahn oder der erste Mikrothread am Implantat bestimmten das Referenzniveau (Abbildung 7).

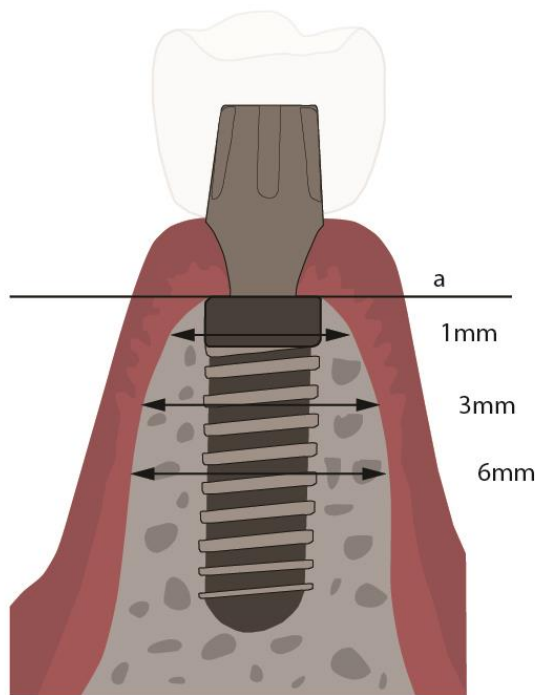


Abbildung 7: Messmethode zur Bestimmung der Alveolarkammbreite auf dem Niveau 1, 3 und 6 mm apikal des Referenzniveaus (Linie a = bukkales Knocheniveau beziehungsweise Niveau der Implantatschulter).

Periimplantäre Sondierungstiefen

Bei der letzten Nachuntersuchung wurden mithilfe einer Parodontalsonde (PCPUNC157, Hu-Friedy, Chicago, USA) die periimplantären Sondierungstiefen an sechs Stellen (mesiobukkal, bukkal, distobukkal, mesiooral, oral, distooral) gemessen.

Breite der keratinisierten Mukosa

Mit der oben genannten Parodontalsonde wurde die Breite der keratinisierten Mukosa am Implantat bei der letzten Nachuntersuchung gemessen.

Hygieneindices

Der Approximalraum-Plaque-Index (API) nach Lange und das Bluten auf Sondieren (BOP) wurden bei der finalen Nachuntersuchung ermittelt [89, 90].

Implantaterfolg

Der Implantaterfolg wurde nach den Erfolgskriterien von Buser [53] beurteilt:

- Implantat in situ,

- keine persistierenden Beschwerden wie Schmerz, Fremdkörpergefühl und/oder Dysästhesie,
- keine periimplantäre Infektion mit putrider Sekretion,
- keine Mobilität des Implantats,
- keine persistierende periimplantäre Radiotransluzenz.

Zusätzlich wurden folgende Ereignisse als Misserfolg definiert:

- ein mittlerer approximaler Knochenverlust von mehr als 1 mm [91]
- Sondierungstiefen von mehr als 5 mm [92].

3.9 Statistische Analyse

Mittels der Kaplan-Meier-Methode [88] wurden die Überlebens- und Erfolgswahrscheinlichkeiten der Implantate geschätzt. Wurde ein Erfolgskriterium nach Buser [53] verletzt, mehr als 1 mm Knochenverlust oder eine Sondierungstiefe von mehr als 5 mm gemessen, wurde das Implantat für die Bestimmung der Erfolgswahrscheinlichkeit als Misserfolg gewertet.

Der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test [93] für verbundene Stichproben ermöglichte die Beurteilung der Veränderung der Breite des Alveolarkamms und der Breite der befestigten Mukosa.

Die Abhängigkeit zwischen marginalen Knochenniveau, orobukkaler Knochenresorption, Hygieneindices und Breite der befestigten Mukosa wurde mithilfe des Rangkorrelationstests nach Spearman [94] analysiert.

Anhand des nicht-parametrischen U-Tests nach Wilcoxon, Mann und Whitney [95] wurden die Subpopulationen innerhalb der Studiengruppe (Raucher gegen Nichtraucher) betrachtet. Die p-Werte sind zweiseitig.

Zur graphischen Darstellung der Ergebnisse wurden Boxplots erstellt. Die Implantate wurden einzeln betrachtet, weshalb bei der statistischen Auswertung nicht beachtet wurde, dass mehrere Implantationen bei einem Patienten durchgeführt wurden. Die statistischen Analysen wurden mit den Programmen IBM SPSS Statistics 22 für macOS (IBM, New York, USA) bzw. IBM SPSS Statistics 23 für Microsoft Windows (IBM, New York, USA) berechnet.

4. Ergebnisse

4.1 Basisdaten und Nachuntersuchungszeitraum des Patientenkollektivs

Es wurden im Rahmen dieser retrospektiven monozentrischen Studie im Zeitraum von Februar 2013 bis August 2016 bei 58 Patienten 65 Astra Tech OsseoSpeed™ EV 5,4S Implantate als Sofortimplantat in Ober- und Unterkiefermolarenbereich inseriert. Davon erschienen 5 Patienten mit 6 Implantaten trotz wiederholter Kontaktversuche nicht mehr zu weiteren Kontrollen. Diese Patienten wurden als „drop-outs“ gewertet und sind in der weiteren Auswertung nicht mehr einbezogen. Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum der verbliebenen 59 Implantate bei 53 Patienten (28 Männer, 25 Frauen, mittleres Alter $53,5 \pm 14,4$ Jahre, Spanne von 23 bis 94 Jahre) betrug $24,5 \pm 9,2$ Monate (Spanne von 12 bis 48 Monate).

Von den 53 Patienten waren 45 Patienten Nichtraucher und 8 Raucher. In der Abbildung 8 wurde der prozentuale Anteil der Nichtraucher und Raucher mit unterschiedlicher Anzahl an Zigaretten pro Tag dargestellt.

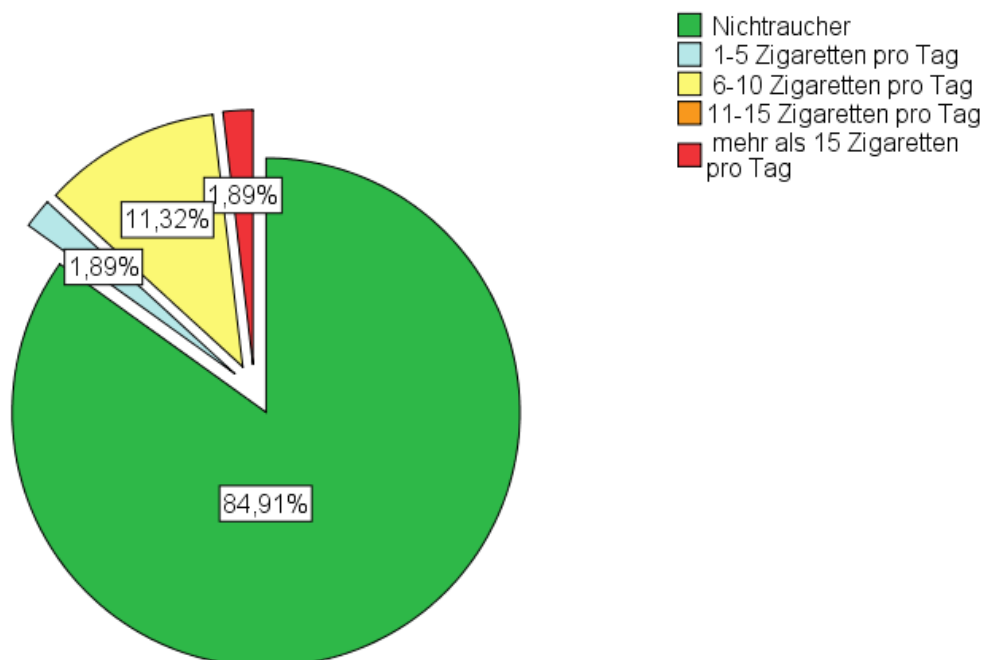


Abbildung 8: Prozentualer Anteil an Nichtraucher und Raucher mit Zigarettenanzahl pro Tag.

Von den insgesamt 59 Implantaten wurden 27 im Oberkiefer und 32 im Unterkiefer inseriert. 36 Implantate sollten einen ersten, 22 einen zweiten und eines einen dritten Molaren ersetzen. 5 Implantate wiesen eine Länge von 9 mm, 22 eine Länge von 11 mm, 31 eine Länge von 13 mm und ein Implantat eine Länge von 15 mm auf. Eine chronische periapikale Läsion war bei 56 Insertionsstellen vorhanden, akute Infektionen bei 2 Insertionsstellen und keine Läsion bei einer Insertionsstelle.

4.2 Implantatüberleben

Während der Nachuntersuchungszeit ging kein Implantat verloren. Die kumulative Überlebenschance nach Kaplan-Meier lag folglich bei 100%.

4.3 Marginales Knochenniveau

Die vertikalen Differenzen zwischen dem marginalen Knochenniveau zur Implantatschulter sind gemittelt und in Tabelle 4 und in Abbildung 9 dargestellt. Nach Implantatinserterion betrug das marginale Knochenniveau relativ zur Implantatschulter $-6,6 \pm 3,1$ mm und stabilisierte sich im Nachuntersuchungszeitraum auf dem Niveau der Implantatschulter.

Tabelle 4: Mittleres approximates, marginales Knochenniveau in mm in Relation zur Implantatschulter im Nachbeobachtungszeitraum. n entspricht der Anzahl an Implantaten.

	Insertion n=46	Eingliederung n=38	1 Jahr n=40	2 Jahre n=33	3 Jahre n=8
mesial	$-6,6 \pm 3,1$	$0,0 \pm 0,6$	$0,0 \pm 0,6$	$-0,1 \pm 1,2$	$0,2 \pm 0,6$
distal	$-6,6 \pm 3,6$	$-0,2 \pm 0,7$	$0,0 \pm 0,6$	$-0,3 \pm 1,2$	$0,0 \pm 0,4$
Mittelwert	$-6,6 \pm 3,1$	$-0,1 \pm 0,5$	$0,0 \pm 0,5$	$-0,2 \pm 1,2$	$0,1 \pm 0,4$
Spanne	$-12,0 - 0,0$	$-1,2 - 1,4$	$-0,8 - 1,8$	$-5,8 - 1,4$	$-0,5 - 1,0$

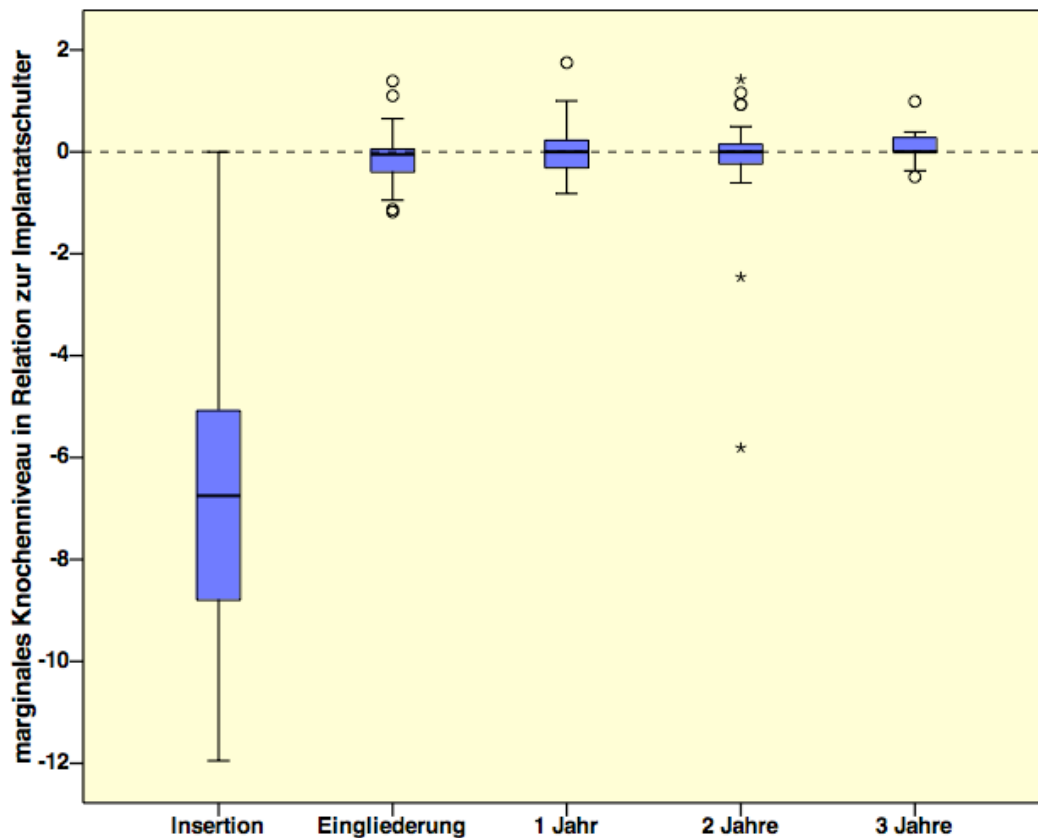


Abbildung 9: Entwicklung des approximalen Knochenlevels in Relation zum Referenzniveau in mm.

4.4 Orobukkale Breite des Alveolarkamms

Für 49 Implantate lag eine prä- und postoperative DVT vor, die eine vergleichende Analyse erlaubte. Die mittlere Zeit von Implantation bis zur Anfertigung einer postoperativen DVT betrug im Mittel $23,0 \pm 9,5$ Monate (Spanne von 9 bis 42 Monate). Die orobukkale Breite des Alveolarkamms verringerte sich von durchschnittlich 10,6 mm auf 9,8 mm (7,5%, $p=0,013$, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test für verbundene Stichproben) auf dem Niveau 1 mm unterhalb der Implantatschulter. Die orobukkale Breite veränderte sich von 11,2 auf 10,9 mm bei 3 mm (2,7%, $p=0,118$) und von 12,3 auf 11,8 mm bei 6 mm (4,1%, $p=0,039$) unterhalb der Schulter (Tabelle 5, Abbildung 10).

Tabelle 5: Mittlere Veränderung der orobukkalen Breite des Alveolarkamms 1, 3 und 6 mm apikal des Referenzniveaus nach durchschnittlich 23 Monate nach Implantation in mm. n entspricht der Anzahl der Implantate.

Orobukkale Breite des Alveolarkamms auf Niveau	Präoperativ n=49	Postoperativ n=49	p-Wert	Reduktion
1 mm	10,6 ± 1,8	9,8 ± 1,7	0,013*	7,5 %
3 mm	11,2 ± 2,2	10,9 ± 1,7	0,118	2,7 %
6 mm	12,3 ± 2,1	11,8 ± 1,8	0,039*	4,1 %

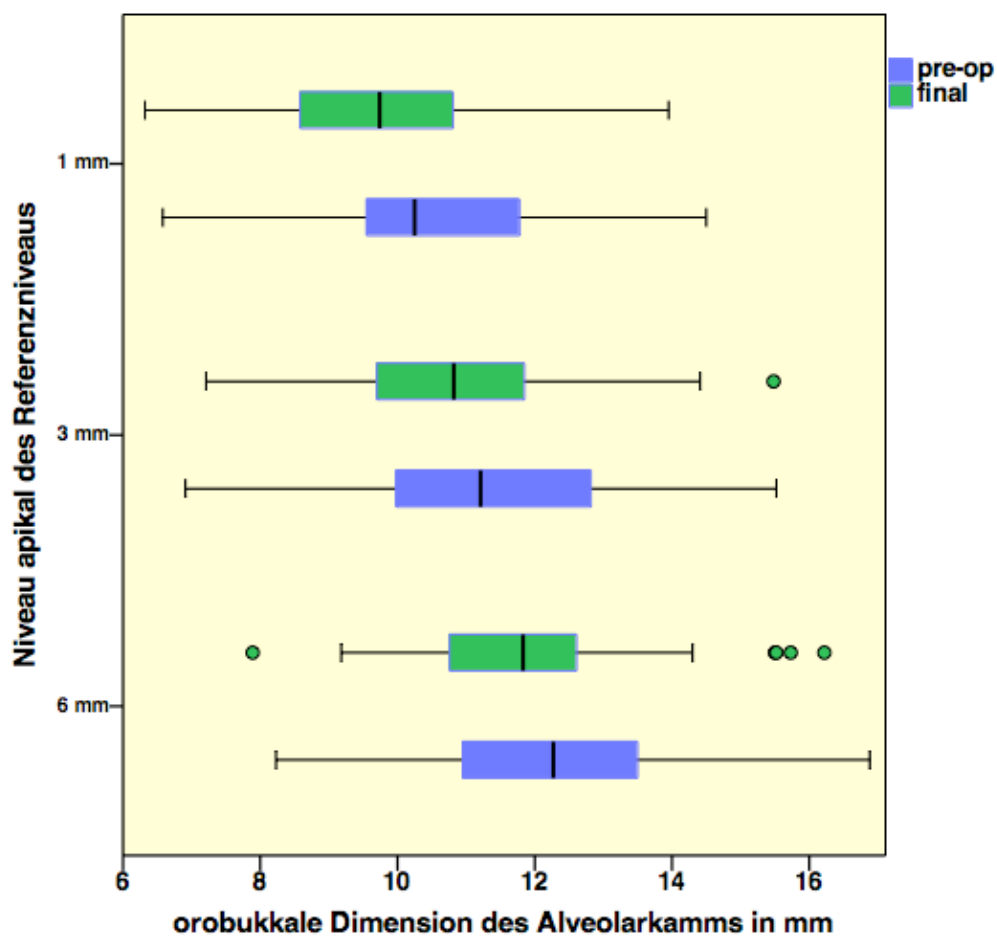


Abbildung 10: Darstellung der durchschnittlichen horizontalen Resorption des Alveolarkamms auf 1, 3 und 6 mm Niveau unter dem Referenzniveau.

4.5 Periimplantäre Sondierungstiefen

Die durchschnittlichen periimplantären Sondierungstiefen sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Periimplantäre Sondierungstiefen bei der finalen Untersuchung in mm.

Messung	Mittelwert	Spanne
distobukkal	3,0 ± 0,8	2,0 – 5,0
bukkal	2,6 ± 0,7	1,0 – 5,0
mesiobukkal	3,1 ± 1,0	1,0 – 6,0
mesiooral	3,2 ± 0,9	1,0 – 5,0
oral	2,9 ± 0,9	1,0 – 5,0
distooral	3,4 ± 1,1	1,0 – 7,0

4.6 Breite der befestigten Mukosa

Die Breite der keratinisierten und befestigten Mukosa blieben von der präoperativen Untersuchung (3,4 ± 1,6 mm) bis zur finalen Nachuntersuchung (3,6 ± 1,4 mm) annähernd konstant (p=0,56).

4.7 Implantaterfolg

Kein Implantat wurde nach den Erfolgskriterien nach Buser als Misserfolg gewertet. Bei 4 Implantaten wurde ein marginaler Knochenabbau von mehr als 1 mm apikal der Implantatschulter oder eine Sondierungstiefe von mehr als 5 mm festgestellt. Daraus ergab sich nach den oben definierten Erfolgskriterien, dass 55 von 59 Implantaten als erfolgreich betrachtet werden konnten. Mithilfe von der Kaplan-Meier-Methode lag die Erfolgsrate bei 85,3 % (Abbildung 11).

Bei allen 4 Ereignissen war der Grund der Extraktion des Zahnes eine Parodontitis oder es ließ sich beim betroffenen Zahn eine parodontale Vorgeschichte nachweisen. Zwei Implantate, bei denen ein Ereignis aufgetreten waren, entwickelten eine Periimplantitis mit leichtem oder schwerem Verlust des periimplantären Knochens. Weiter war eine putride Infektion am Implantat zu erkennen. Die dazugehörigen

Patienten hatten nicht am regulären Prophylaxeprogramm teilgenommen, wovon zusätzlich eine dieser Patienten nicht eher als ein Jahr postoperativ die Nähte entfernen ließ. Die periimplantären Knochendefekte heilten nach einer chirurgischen Periimplantitistherapie mithilfe eines Er:YAG Lasers kombiniert mit einer Transplantation von autologem Knochenmaterial aus. Bei 2 weiteren Implantaten, bei denen ein Ereignis aufgetreten war, ließen sich erhöhte Sondierungstiefen messen. Mit einer lokalen Antibiotikatherapie und einem intensiveren Prophylaxeprogramm zeigten die Defekte bis heute keine weiteren klinischen Symptome.

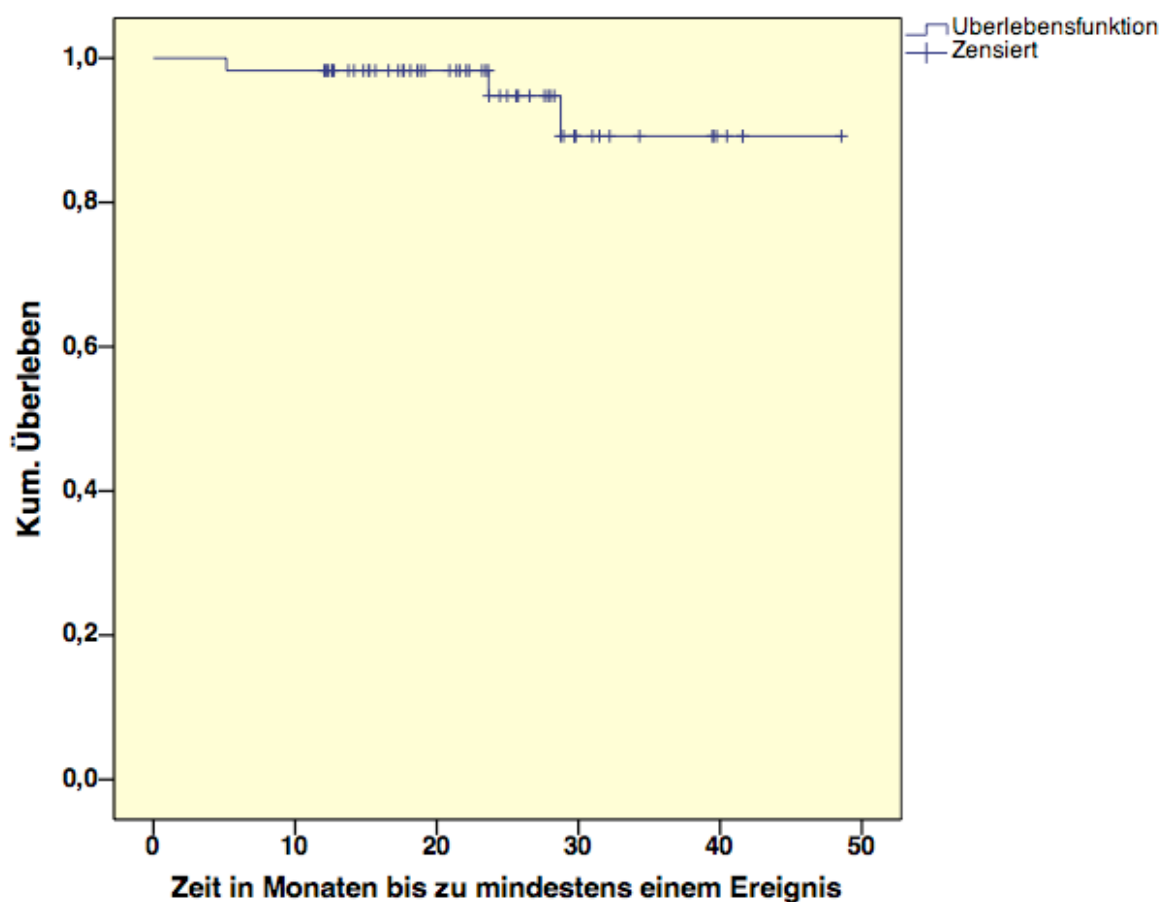


Abbildung 11: Erfolgswahrscheinlichkeit in % nach Kaplan-Meier mit der Kombination der Erfolgskriterien nach Buser und den Kriterien "weniger als 1 mm marginaler Knochenverlust" und "höchstens 5 mm Sondierungstiefe"

4.8 Korrelationsergebnisse

Nach Cohens Interpretation des Korrelationskoeffizienten r [96] stand der Nachweis von Plaque am Implantat bei der finalen Nachuntersuchung in einem mittleren Zusammenhang zur höheren Knochenresorption 1 mm unter der Referenzebene (keine Plaque 0,4 %; Plaque vorhanden 18,1 %, $r=-0,389$; $p=0,007$). Zudem ließ sich bei der finalen Nachuntersuchung eine signifikante Korrelation zwischen dem Auftreten einer Blutung auf Sondierung am Implantat mit einem höheren marginalen Knochenverlust ermitteln (keine Blutung $0,3 \pm 0,5$ mm, Blutung vorhanden $-0,3 \pm 0,6$ mm, $r=-0,415$; $p=0,002$).

Im Vergleich von Nichtraucher und Raucher ließ sich ein signifikanter Unterschied des marginalen Knochenniveaus feststellen (Nichtraucher $0,0 \pm 1,1$ mm, Raucher $-0,2 \pm 0,3$ mm; $p=0,035$). Hinzu kommt, dass die horizontale Knochenresorption auf dem Niveau 1 mm apikal des Referenzniveaus mit 19,6 % bei Rauchern signifikant größer war als bei Nichtrauchern mit 3,3 % ($p=0,023$).

Die Abhängigkeit zwischen dem marginalen Knochenniveau und der Breite der befestigten Mukosa wurde untersucht, ergab aber keine Korrelation ($r=0,113$; $p=0,414$).

4.9 Klinisches Beispiel einer Sofortimplantation im Molarenbereich

Im Folgenden wird ein klinisches Beispiel für eine Sofortimplantation in die Extraktionsalveole des Zahnes 26 dargestellt (Abbildung 12 bis 23).



Abbildung 12: Klinische Ausgangssituation mit Längsfraktur des endodontisch behandelten Zahn 26 und Rezession von 2mm.



Abbildung 13: Klinische Ausgangssituation in okklusaler Ansicht.



Abbildung 14: Die Panoramaschichtaufnahme zeigt die Ausgangssituation mit wurzelkanalbehandelten Zähnen 25 und 26 und einen vertikalen Knocheneinbruch in Regio 36.



Abbildung 15: Radiologische Ausgangssituation mit fortgeschrittener externer Wurzelresorption des Zahnes 26.

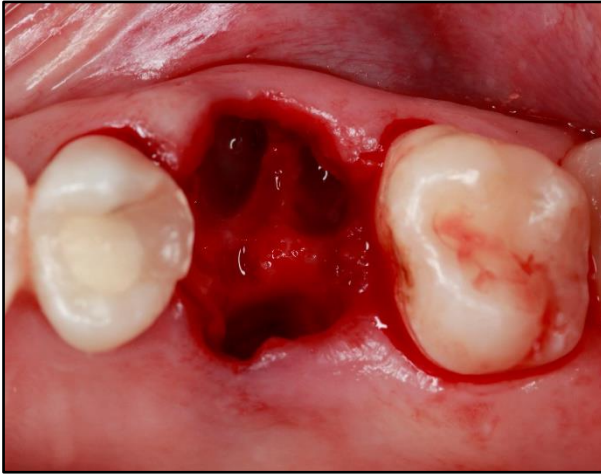


Abbildung 19: Extraktionsalveole nach atraumatischer Zahnentfernung.

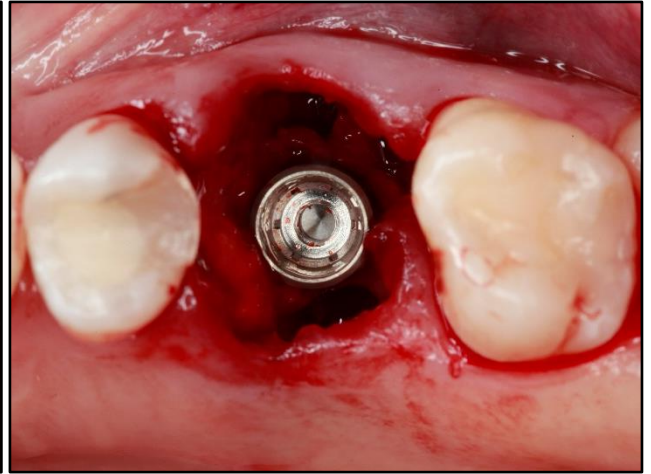


Abbildung 16: Sofortimplantation zentral in das interradikuläre Septum.

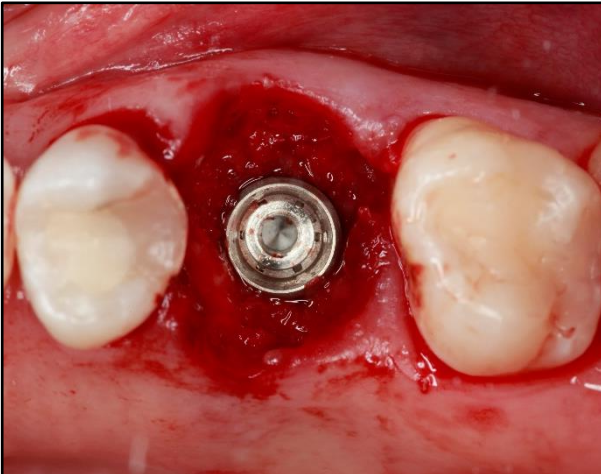


Abbildung 18: Periimplantäre Defektaugmentation mit autologen Knochenspänen.

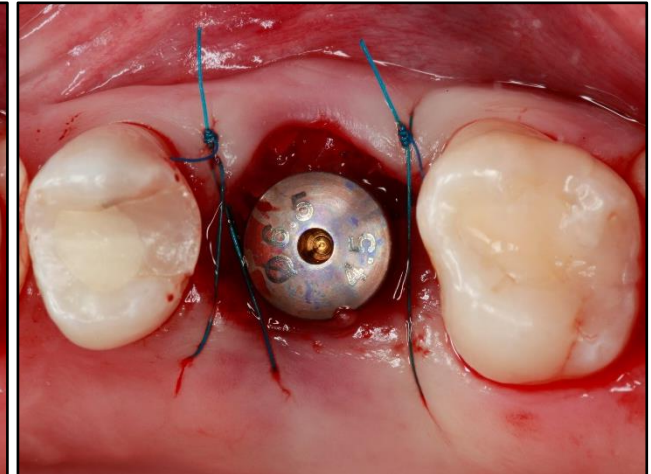


Abbildung 17: Das Headling-Abutment mit 6,5 mm Durchmesser wurde eingeschraubt und die Operationsstelle wurde mit Einzelknopfnähten versorgt.



Abbildung 20: Die definitive prothetische Versorgung wurde 6 Monate nach Sofortimplantation in die Molarenextraktionsalveole eingegliedert.



Abbildung 21: Okklusale Ansicht am Tag der Eingliederung.

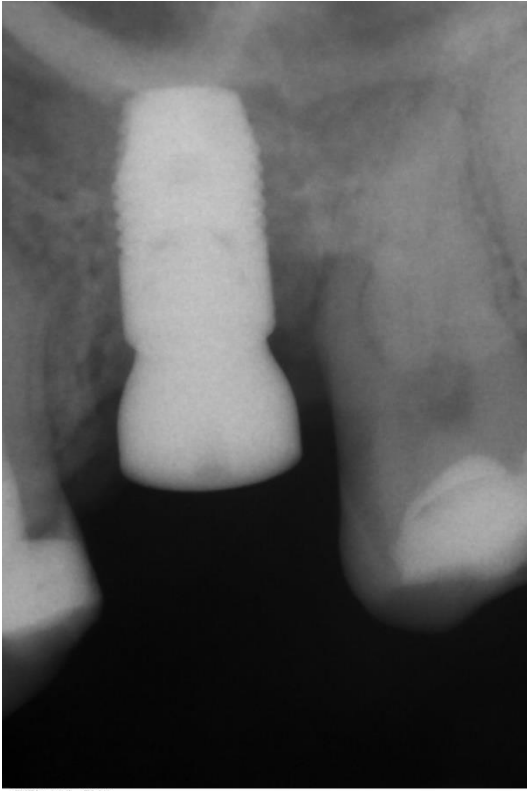


Abbildung 22: Radiologische Aufnahme am Tag der Implantation.

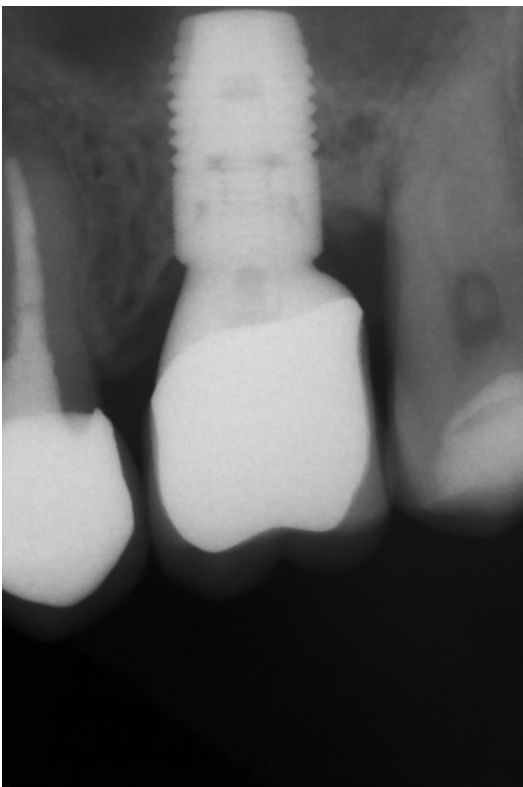


Abbildung 23: Die radiologische Nachuntersuchung nach 22 Monaten zeigt mesial ein Knochenniveau auf Höhe der Implantatschulter und distal geringfügig unterhalb der Implantatschulter (-0,81 mm Knochenverlust).

5. Diskussion

Das Ziel dieser retrospektiven Studie war die Analyse der Implantatüberlebens- und Implantaterfolgswahrscheinlichkeit, dem Erhalt beziehungsweise der Regeneration des approximalen marginalen Knochens und der Resorption des Alveolarkamms nach Sofortimplantationen von OsseoSpeed™ EV 5,4S Implantaten im Molarenbereich mit einem Nachuntersuchungszeitraum von 1 bis 4 Jahren.

Hohe Langzeitüberlebensraten wurden für Sofortimplantationen sowohl im anterioren Kieferbereich [5, 8, 9] als auch im Molarenbereich ermittelt [85]. Jedoch sind die lokalen anatomischen Gegebenheiten im anterioren und posterioren Bereich unterschiedlich. So ist beispielsweise im anterioren Bereich mit einer sehr dünnen bukkalen Knochenlamelle zu rechnen, während im posterioren Bereich eine Zahnextraktion von einem mehrwurzeligen Zahn eine relativ große Extraktionsalveole hinterlassen kann. Diese Faktoren führen unter anderem zu verschiedenen Implantationsverfahren. In einer retrospektiven Studie von Annibali wurden Sofort-, Früh- und Spätimplantationen im Bereich des ersten Molaren untersucht. Eine Sofortimplantation wurde nur bei idealen Voraussetzungen durchgeführt, das heißt, wenn keine Defekte der bukkalen Knochenlamelle, keine Zeichen von akuten Infektionen zu erkennen sind und eine ausreichende Primärstabilität des Implantats erreicht werden kann [6].

Hingegen wurde in der vorliegenden Arbeit zur Prüfung des Konzeptes der Molarensofortimplantation mit einem voluminösen Implantatdesign nicht nur unter idealen knöchernen Voraussetzungen direkt nach Zahnentfernung implantiert. Knöcherne Defekte der bukkalen Knochenlamelle wurden hierbei simultan zur Sofortimplantation mit autologem Knochen augmentiert. Weiter wurde auch bei einer chronischen Infektion mit einer periapikalen Pathologie und bei akuten Infektionen mit Pusaustritt sofort implantiert.

5.1 Chirurgisches Vorgehen

In einer prospektiven Studie über den Heilungsvorgang einer Extraktionsalveole beim Menschen wurde eine Reduktion der Kieferkammbreite von ungefähr 50 % dokumentiert. Dabei hatte man beobachtet, dass zwei Drittel der Resorption der

Kieferkammreduktion bereits in den ersten drei Monaten der Wundheilung passieren [2]. Weiter ist das Ausmaß der Resorption bukkal ausgeprägter als lingual und im Molarenbereich größer als in anterioren Abschnitten [15]. Weitere Studien beim Hund zeigten auf, dass die Knochenresorption nach einer Zahnextraktion sich insbesondere auf die bukkale Knochenwand auswirkt [3, 34].

Durch das Konzept der Sofortimplantation versuchte man das Ausmaß der horizontalen Alveolarkammresorption zu reduzieren. In einer klinischen Studie von Botticelli, Berglundh und Lindhe wurden 21 Implantate nach Lappenbildung in Extraktionsalveolen von Frontzähnen und Prämolaren inseriert. Es wurden keine Membranen oder Knochenaugmentationen verwendet und die Implantate heilten transgingival ein. Nach einer Heilungszeit von 4 Monaten wurden im Rahmen eines Re-entries horizontale Knochenresorptionen der bukkalen Knochenwand von 56 % und der lingualen Wand von 30 % ermittelt. Weiter traten erhebliche vertikale Resorptionen an allen Knochenwänden auf [97]. Eine prospektive, multizentrische und randomisierte kontrollierte Studie von Sanz und Kollegen untersuchte Sofortimplantationen in der ästhetischen Zone im Oberkiefer und das Ausmaß der periimplantären Knochenresorption. Auch in dieser Studie wurden ausgeprägte Knochenresorptionen der bukkalen Knochenlamelle von mehr als 30 % beobachtet [27]. Gemeinsam ist den genannten Studien, dass im Rahmen der Sofortimplantation keine periimplantäre Defektaugmentation erfolgte und ein Mukoperiostlappen gebildet wurde.

Das Trauma und die Unterbrechung der Blutversorgung des Knochens durch die Bildung eines Mukoperiostlappens können zu einer Resorption des Knochenvolumens um 0,7 mm führen. Dies wurde durch Ergebnisse einer Tierstudie an fünf Hunden belegt [98]. Ein lappenfreies chirurgisches Vorgehen im Rahmen einer Sofortimplantation erhält nicht nur die Blutversorgung im Bereich der bukkalen Knochenlamelle und Weichgewebe, sondern verringert auch das Ausmaß der gingivalen Rezession. Die geringere Morbidität reduziert möglicherweise auch die Anzahl an Nachbehandlungen im Vergleich zu einem operativen Verfahren mit Mukoperiostlappen [7].

Ob im Rahmen einer Sofortimplantation simultane Knochenrekonstruktionen mithilfe von Knochen, Knochenersatzmaterialien oder Membranen durchgeführt werden sollten, wird in der Literatur kontrovers diskutiert [99-101]. In einem systematischen Review von Alkudmani wurde berichtet, dass Knochenaugmentationen der bukkalen

Knochenlamelle simultan mit einer Sofortimplantation zu besseren Hart- und Weichgewebeergebnissen führen kann. Allerdings konnte nicht festgestellt werden, ob Knochenaugmentationen, Membranen allein oder eine Kombination aus beidem sich am vorteilhaftesten auf den Erhalt des periimplantären Gewebe auswirken. In dem Vergleich der unterschiedlichen Augmentationsmaterialien zeigten Transplantationen mit autologen Knochen die besten Ergebnisse. Da in diesem Review nur eine Anzahl von 8 Studien inkludiert wurden und eine große Heterogenität unter den Studien identifiziert wurde, sollten die Ergebnisse der Studie mit Vorsicht interpretiert werden [99].

Es besteht weiterhin Unklarheit, welches operative Vorgehen das beste Resultat langfristig liefern kann. Jedoch deutet die Literatur darauf hin, dass bei einer Sofortimplantation mit regenerativen Maßnahmen, wie zum Beispiel mit einer simultanen Knochenaugmentation, insgesamt bessere Ergebnisse erzielt werden können als ohne regenerative Maßnahmen [101].

Autologes Knochenmaterial wirkt sich positiv auf den periimplantären Knochen aus und ist bis heute eine wichtige Komponente in der dentalen Implantologie. Es gilt noch immer als „Goldstandard“. Im Vergleich zu Knochenersatzmaterialien besitzt autologer Knochen sowohl osteoinduktive als auch osteokonduktive und osteogene Eigenschaften. Darüber hinaus kommt es beim Einsatz von autologem Knochenmaterial nicht zu entzündlichen Fremdkörperreaktionen [102].

In der einer aktuellen Publikation von Nölken wurde autologes Knochenmaterial zur simultanen Defektaugmentation im Zuge von Sofortimplantationen im anterioren Bereich angewendet. 37 Sofortimplantate wurden bei 21 Patienten inseriert. Davon wurden insgesamt 33 Implantate für 5 Jahre nachuntersucht, die alle am Ende der Nachuntersuchungszeit noch in Funktion waren. 24 der 33 Implantate waren klinisch stabil, zeigten keine entzündlichen beziehungsweise pathologischen Zeichen und Symptome und wiesen darüber hinaus einen marginalen Knochenverlust von weniger als 1 mm auf [9].

Die Nachteile von autologen Knochen sind die begrenzte intraorale Verfügbarkeit und die Notwendigkeit eines weiteren Operationsfeldes, das eine zusätzliche Morbidität verursacht. Daher werden heute auch Knochenersatzmaterialien, wie zum Beispiel Bio-Oss[®], zum Knochenaufbau und -regeneration in der Oralchirurgie verwendet. Bio-Oss[®] besteht aus Partikeln von deproteinisierten bovinen Knochenmineral und besitzt

gute osteokonduktive Eigenschaften [103]. In einer aktuellen Pilotstudie von Chen wurden 17 Sofortimplantationen im Molarenbereich bei insgesamt 15 Patienten durchgeführt. Es wurde lappenfrei operiert und Bio-Oss® in den Spalt zwischen Implantat und Knochen eingebracht. Nach 6 Monaten wurden anhand von 3D Aufnahmen die horizontalen und vertikalen Knochenveränderungen beurteilt. Der maximale horizontale Knochenverlust lag bukkal bei -0,88 mm (33%) und lingual bei -0,45 mm (12%). Der durchschnittliche vertikale Knochenverlust war bukkal 0,74 mm, lingual 0,4 mm, mesial 0,46 mm und distal 0,39 mm. Die Studie zeigte trotz erfolgreicher Implantateinheilung, dass die Resorption des Alveolarkamms unvermeidlich war und bukkal stärker aufgetreten war als lingual [104].

In Tierversuchen wurde die Augmentation von autologen Knochen und Bio-Oss® in bukkalen Dehiszenzdefekten nach Sofortimplantation miteinander verglichen. In einer Untersuchung an Hunden wurden die seitlichen Inzisiven im Oberkiefer extrahiert und gleichgroße bukkale Knochendefekte geschaffen, die nach Sofortimplantation mit autologen Knochen oder Bio-Oss® augmentiert und einer Kollagenmembran abgedeckt wurden. Nach vier Monaten war die Regeneration aller Defekte gut und die Implantate heilten ohne Komplikationen ein. In der histologischen Untersuchung nach 4 Monaten wurde jedoch eine unterschiedliche Geweberegeneration gesehen. Autologer Knochen wurde hauptsächlich zu Lamellenknochen umgebaut, während die Bio-Oss® Partikel oft von Bindegewebe und nur zum Teil von neu gebildetem Knochen umgeben waren [105]. Ähnliche Ergebnisse wurden in einer Studie an Hunden von Pereira ermittelt, in der ebenfalls autologer Knochen und Bio-Oss®-Knochenersatzmaterial in bukkale Dehiszenzdefekte nach Sofortimplantation eingebracht wurde. Der prozentuale Anteil an mineralisiertem Gewebe nach Augmentation mit autologen Knochen (68,9 %) war signifikant höher als mit Bio-Oss® (42,6 %). Der prozentuale Anteil an Bindegewebe bei den Bio-Oss®-Fällen (6,6%) lag signifikant höher als bei Fällen mit autologem Knochen (0,8%) [106].

In der vorliegenden Arbeit wurde die periimplantären Defekte mit autologem Knochen augmentiert und auf eine Lappenbildung verzichtet. Die horizontale Resorption des Alveolarkamms konnte auf ein Ausmaß von deutlich unter 10 % in einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von durchschnittlich 23 Monate reduziert werden.

5.2 Implantatüberleben

Im Nachuntersuchungszeitraum der vorliegenden Arbeit ging kein Implantat verloren, wodurch sich eine kumulative Überlebenswahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier von 100 % ergab. Die hohe Implantatüberlebenswahrscheinlichkeit steht im Einklang mit den Ergebnissen aus klinischen Studien und Reviews über Sofortimplantationen in Molarenextraktionsalveolen [11, 13, 56, 85] und über Sofortimplantationen in anterioren Kieferbereichen [5, 8, 9].

In einer randomisierten, kontrollierten klinischen Studie von Cucchi wurden in 2 universitären Einrichtungen und 4 verschiedenen privaten zahnärztlichen Praxen Sofortimplantationen und Implantationen in ausgeheilten Alveolen in posterioren Kieferbereichen durchgeführt und die Ergebnisse miteinander verglichen. In der Studie wurden insgesamt 97 Implantate bei 92 Patienten für die Analyse herangezogen, wovon 49 Implantate sofort nach Zahnextraktion inseriert wurden. Die Studie zeigte Implantatüberlebensraten von 95,9 % für Sofortimplantationen und 100 % für Spätimplantationen nach einer Untersuchungszeit von 1 bis 3 Jahren nach Implantatbelastung. Mittels statistischer Auswertungen zeigt die Differenz der Implantatüberlebensraten keine ausgeprägte Signifikanz ($p=0,49$) [11]. Vergleichbar erfolgreiche Überlebensraten für Sofortimplantaten im Molarenbereich zeigt eine retrospektive und klinische Studie von Jung und Yoon. Nach einem Follow-up von 36 Monaten wurde bei 38 Sofortimplantaten eine Implantatüberlebenswahrscheinlichkeit von 97,4 % ermittelt [13]. In beiden Studien wurden große Implantatdurchmesser von 3,7 bis 4,8 mm gewählt.

Im Gegensatz zu den zwei vorliegenden Studien weist eine prospektive und klinische Studie von Atieh eine niedrigere Implantatüberlebenswahrscheinlichkeit für Sofortimplantate im Molarenbereich des Unterkiefers auf. Sie lag nur bei 66,7 % für 12 Sofortimplantate mit einer Nachuntersuchungszeit von einem Jahr nach Insertion. In dieser Studie wurden ebenso 12 Spätimplantate als Kontrollgruppe inseriert und untersucht. Hier wurde auch eine niedrige Implantatüberlebensrate von 83,3 % ermittelt. Es wurden ausschließlich Implantate mit 8 oder 9 mm Durchmesser verwendet [76], die in Kategorie der Implantate mit besonders großem Durchmesser eingeteilt werden können. Ketabi stellte in seinem Review über Sofortimplantationen im Molarenbereich fest, dass ein starker Zusammenhang zwischen Implantatverlust und dem Implantatdurchmesser bestand. Dabei lag die Implantatverlustrate für Implantate mit 4 bis 6 mm Durchmesser bei 1,45 % und für Implantate mit

Durchmesser von mehr als 6 mm bei 3,67 % [85]. Diese Ergebnisse legen nahe, dass sich ein zu großer Implantatdurchmesser negativ auf das Überleben auswirken könnte.

5.3 Marginales Knochenniveau

Das durchschnittliche proximale, marginale Knochenniveau stabilisierte sich im Laufe der Nachuntersuchung in dieser vorliegenden retrospektiven Untersuchung auf dem Niveau der Implantatschulter. Während das durchschnittliche marginale Knochenniveau zum Zeitpunkt der Implantatinsertion aufgrund der periimplantären alveolären Restdefekte -6,6 mm unterhalb der Implantatschulter lag, regenerierte der Knochen bereits 1 Jahr nach Implantatinsertion auf das Niveau der Implantatschulter ($0,0 \pm 0,5$ mm). Nach 2 Jahren lag das proximale Knochenniveau bei $-0,2 \pm 1,2$ mm und nach 3 Jahren bei $0,1 \pm 0,4$ mm in Relation zur Implantatschulter. Dieses Ergebnis ist als sehr günstig zu bewerten und steht im Einklang mit 5-Jahresdaten nach Sofortimplantationen von OsseoSpeed™ Implantaten in ein- und zweiwurzelligen Extraktionsalveolen in der ästhetischen Zone [9]. Hier wurde über ein Knochenniveau nach 5 Jahren auf dem Niveau der Implantatschulter berichtet. Cooper hat nach einer 5-Jahres-Nachuntersuchungszeit bei sofortimplantierten OsseoSpeed™ Implantaten ein durchschnittliches marginales Knochenniveau von -0,43 mm ermittelt [5].

Weiter sind die vorliegenden Ergebnisse gut mit den Daten aus dem Review zu Molarensofortimplantationen von Ketabi zu vergleichen. Da aber nicht alle Studien den marginalen Knochenverlust beurteilt haben, wurden aus nur 8 der 15 Studien eine Metaanalyse durchgeführt. Daraus resultierte ein durchschnittlicher marginaler Knochenverlust von -0,57 mm nach mindestens einem Jahr nach Insertion von Implantaten unterschiedlicher Hersteller (NobelReplace® Straight Implantate von Nobel Biocare, Pilot Implantate von Sweden & Martina, Straumann® Implantate, TBR Implantate, MAX Southern Implantate, Impladent Implantate von LASAK, WINSIX® Implantate und SPI® ELEMENT Implantate) [85].

5.4 Orobukkale Breite des Alveolarkamms

Auch wenn hohe Überlebensraten und ein günstiges marginales Knochenniveau für Sofortimplantationen im Molarenbereich in der Literatur belegt wurde, sollten die langfristigen dreidimensionalen Veränderungen des Alveolarkamms beachtet werden. Eine Reduktion der orobukkalen Breite des Alveolarkamms könnte gegebenenfalls langfristig zu einem kritischen Faktor für den Implantaterfolg werden. In der Literatur gibt es allerdings sehr wenige Studien über die zeitliche Veränderung der orobukkalen Breite des Alveolarkamms nach Sofortimplantationen in der Molarenregion.

In einer retrospektiven Kohortenstudie von Block und seiner Arbeitsgruppe wurde evaluiert, ob Sofortimplantationen in Molarenextraktionsalveolen zur Reduktion der Alveolarkammbreite führen würde. Dafür wurden DVTs von 21 Patienten ausgemessen, die sowohl zum Zeitpunkt vor und nach der Zahnextraktion als auch mindestens 4 Jahre nach der Implantatinsertion aufgenommen wurden. Die Messungen der Knochenbreite erfolgten auf Höhe des krestalen Knochenniveaus und 5 mm beziehungsweise 10 mm unterhalb des krestalen Knochenniveaus. Auf Höhe des krestalen Knochenniveaus wurde insgesamt ein durchschnittlicher Knochenverlust von 1,2 mm errechnet. 5 mm unterhalb des krestalen Knochenniveaus betrug die Reduktion der Kammbreite 0,04 mm und bei 10 mm unterhalb des krestalen Knochenniveaus 0,3 mm. Aus den Ergebnissen wurde geschlossen, dass Sofortimplantationen in Molarenextraktionsalveolen zu keinen wesentlichen Knochenverlusten der orobukkalen Knochenbreite bei einer Nachuntersuchungszeit von mindestens 4 Jahren führt [107].

Die Ergebnisse der hier vorgestellten Studie stehen im Einklang mit den Ergebnissen von Block, da auch hier eine geringgradige orobukkale Resorption des Alveolarkamms nach Sofortimplantation im Molarenbereich beobachtet wurde. Darüber hinaus lagen in dieser Arbeit ausgeprägte knöcherne Defekte der Extraktionsalveolen in einem erheblichen Anteil der Fälle vor. Die lappenfreie Sofortimplantation mit periimplantärer Augmentation mit autologem Knochen scheint die orobukkale Breite des Alveolarkamms weitestgehend zu erhalten.

5.5 Limitation der Arbeit

In der vorliegenden Arbeit wurde eine retrospektive Untersuchung angewendet. Jedoch ist die Aussagekraft einer prospektiven Studie größer, weshalb ein prospektives Studiendesign im Vergleich zu einem retrospektiven Studiendesign überlegen ist.

Darüber hinaus wurden die operativen Eingriffe und die Nachuntersuchungen von einem Operateur durchgeführt, was eine einheitliche und routinierte Durchführung gewährleistet. Allerdings ist es fraglich, ob weitere Behandler vergleichbar gute Ergebnisse erzielen könnten, da die lappfreie Sofortimplantation nach der SAC-Klassifikation zu den komplexen und technisch anspruchsvollsten Behandlungen innerhalb der dentalen Implantologie zählt [108].

Weiterhin sind Einschränkungen bei den gesammelten Daten für die Analyse zu verzeichnen. Verwendet wurden ausschließlich Messungen und röntgenologische Bilder beziehungsweise Datensätze, die in der Voruntersuchung, Vorbereitung und Nachuntersuchung des jeweiligen operativen Eingriffs erforderlich waren. Da für röntgenologische Aufnahmen zwingend eine medizinische Indikation vorhanden sein muss, waren diese nicht für alle Patienten in der Nachsorge möglich und vorhanden. Dazu zählt insbesondere die DVT-Aufnahme, die aufgrund ihrer höheren Strahlenbelastung für den Patienten nur mit einer medizinisch notwendigen Indikation angefertigt werden sollte. Weiter sind die Patienten maßgeblich für das Teilnehmen an regelmäßigen Kontrollen verantwortlich. Durch das Versäumen oder Verschieben von Terminen kann es zu keiner idealen und lückenlosen Dokumentation kommen.

Die in der vorliegenden Arbeit vorgestellten Daten zur Sofortimplantation im Molarenbereich zeigen somit nur ein vorläufig voraussagbares Implantationsverfahren mit hohem Erfolg. Zur abschließenden Bestätigung sind prospektive und randomisierte Studien mit größerer Fallzahl, längerem Nachuntersuchungszeitraum und unter Hinzuziehung weiterer Institutionen vorteilhaft.

6. Zusammenfassung

Die retrospektive Studie untersuchte OsseoSpeed™ EV 5,4S Implantate als Sofortimplantate in Molarenextraktionsalveolen in einem Nachuntersuchungszeitraum von 1 bis 4 Jahren.

Material und Methoden: Es wurden 65 Sofortimplantate in 58 Patienten zentral in Molarenextraktionsalveolen inseriert. Periimplantäre Knochendefekte wurden im Rahmen der Sofortimplantation mit autologen Knochen gefüllt. Alle Implantate wurden mit Healingabutments versorgt und heilten transgingival ein. Die definitive prothetische Versorgung erfolgte nach einer Einheilungszeit von 3 Monaten. Als primäres Erfolgskriterium wurde das Implantatüberleben analysiert. Sekundäre Kriterien waren das marginale Knochenniveau, die orobukkale Breite des Alveolarkamms, die Breite der keratinisierten Mukosa, die periimplantären Sondierungstiefen und der daraus resultierende Implantaterfolg.

Ergebnisse: Zu der Implantatkontrolle erschienen 5 Patienten mit 6 Implantaten nicht (drop-out). Innerhalb von durchschnittlich 24 Monaten wurden die übrigen 59 Implantate bei 53 Patienten (28 Männer, 25 Frauen, Durchschnittsalter 53,5 Jahre) nachuntersucht. Es gab keinen Implantatverlust. Die Auswertung des approximalen marginalen Knochenniveaus zeigte eine Regeneration von -6,6 mm unterhalb des Implantatschulterniveaus bis auf das Niveau der Implantatschulter bei der letzten Nachuntersuchung. Die orobukkale Breite des Alveolarkamms reduzierte sich von 10,6 mm auf 9,8 mm (7,5 %) auf dem Niveau 1 mm apikal der Implantatschulter, von 11,2 auf 10,9 mm (2,7 %) auf 3 mm und von 12,3 auf 11,8 mm (4,1 %) auf 6 mm. Bei 55 Implantaten war die Einheilung komplikationslos. Bei 4 Implantaten wurde ein approximaler Knochenverlust von mehr als 1 mm unterhalb des Schulterniveaus oder Sondierungstiefen von mehr als 5 mm festgestellt.

Schlussfolgerung: Die klinischen und radiologischen Befunde der Sofortimplantationen im Molarenbereich zeigen, dass ein breiteres Implantatdesign den marginalen Knochen zirkulär erhalten kann und das Ausmaß der orobukkalen Resorption verringert. Die Ergebnisse weisen eine hohe Überlebenschancen, ein stabiles marginales Knochenniveau auf Höhe der Implantatschulter und eine geringgradige orobukkale Knochenresorption in einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraum von 2 Jahren auf. Folglich stellt die Sofortimplantation

von OsseoSpeed™ EV 5,4S Implantaten in Molarenextraktionsalveolen ein voraussagbares Vorgehen mit hohem Erfolg dar.

Durch die Regeneration von anfänglich großen periimplantären Knochendefekten und der prothetischen Versorgung konnte ein natürliches Emergenzprofil wiederhergestellt werden. Für dieses Behandlungskonzept sollten vor allem Raucher oder Patienten mit einer parodontalen Grunderkrankung in ein engmaschiges Recall eingebunden werden. Hierdurch kann man periimplantären Knochenverlusten vorbeugen.

7. Literaturverzeichnis

1. Haas R, Pommer B. Die Extraktionswunde: Anatomische und physiologische Grundlagen der Sofortimplantation. *ZahnKrone* 2015; 34-8.
2. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003; 23(4): 313-23.
3. Araújo MG, Lindhe J. Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005; 32(2): 212-8.
4. Schwartz-Arad D, Chaushu G. The ways and wherefores of immediate placement of implants into fresh extraction sites: a literature review. *J Periodontol* 1997; 68(10): 915-23.
5. Cooper LF, Reside GJ, Raes F, Garriga JS, Tarrida LG, Wiltfang J, et al. Immediate provisionalization of dental implants placed in healed alveolar ridges and extraction sockets: a 5-year prospective evaluation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014; 29(3): 709-17.
6. Annibali S, Bignozzi I, Iacovazzi L, La Monaca G, Cristalli MP. Immediate, early, and late implant placement in first-molar sites: a retrospective case series. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011; 26(5): 1108-22.
7. Buser D, Chappuis V, Belser UC, Chen S. Implant placement post extraction in esthetic single tooth sites: when immediate, when early, when late? *Periodontol* 2000 2016; 73(1): 84-102.
8. De Bruyn H, Raes F, Cooper LF, Reside G, Garriga JS, Tarrida LG, et al. Three-years clinical outcome of immediate provisionalization of single Osseospeed implants in extraction sockets and healed ridges. *Clin Oral Implants Res* 2013; 24(2): 217-23.
9. Noelken R, Moergel M, Kunkel M, Wagner W. Immediate and flapless implant insertion and provisionalization using autogenous bone grafts in the esthetic zone: 5-year results. *Clin Oral Implants Res* 2018; 29(3): 320-7.
10. Noelken R, Oberhansl F, Kunkel M, Wagner W. Immediately provisionalized OsseoSpeed Profile implants inserted into extraction sockets: 3-year results. *Clin Oral Implants Res* 2016; 27(6): 744-9.
11. Cucchi A, Vignudelli E, Franco S, Levrini L, Castellani D, Pagliani L, et al. Tapered, double-lead threads single implants placed in fresh extraction sockets and healed sites of the posterior jaws: a multicenter randomized controlled trial with 1 to 3 years of follow-up. *Biomed Res Int* 2017; 2017: 8017175.
12. Hattingh AC, De Bruyn H, Ackermann A, Vandeweghe S. Immediate placement of ultrawide-diameter implants in molar sockets: description of a recommended technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2018; 38(1): 17-23.
13. Jung DW, Yoon HJ. Clinical and retrospective evaluation of 4.1- or 4.3-mm-diameter implants placed immediately in the molar region: a preliminary study. *J Oral Maxillofac Surg* 2016; 74(3): 489-96.
14. Amler MH, Johnson PL, Salman I. Histological and histochemical investigation of human alveolar socket healing in undisturbed extraction wounds. *J Am Dent Assoc* 1960; 61: 32-44.
15. Pietrokovski J, Massler M. Alveolar ridge resorption following tooth extraction. *J Pros Dent* 1967; 17.
16. Brånemark PI, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindström J, Ohlsson A. Intraosseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1969; 3(2): 81-100.

17. Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallen O, et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl* 1977; 16: 1-132.
18. Åstrand P, Carlsson GE. Changes in the alveolar process after extractions in the white rat. A histologic and fluorescence microscopic study. *Acta Odontol Scand* 1969; 27(1): 113-27.
19. Smith N. A comparative histological and radiographic study of extraction socket healing in the rat. *Aust Dent J* 1974; 19(4): 250-4.
20. Pietrokovski J, Massler M. Ridge remodeling after tooth extraction in rats. *J Dent Res* 1967; 46(1): 222-31.
21. Guglielmotti MB, Cabrini RL. Alveolar wound healing and ridge remodeling after tooth extraction in the rat: a histologic, radiographic, and histometric study. *J Oral Maxillofac Surg* 1985; 43(5): 359-64.
22. Gotfredsen K, Nimb L, Buser D, Hjorting-Hansen E. Evaluation of guided bone generation around implants placed into fresh extraction sockets: an experimental study in dogs. *J Oral Maxillofac Surg* 1993; 51(8): 879-84; discussion 85-6.
23. Schwartz-Arad D, Chaushu G. Placement of implants into fresh extraction sites: 4 to 7 years retrospective evaluation of 95 immediate implants. *J Periodontol* 1997; 68(11): 1110-6.
24. Schropp L, Isidor F. Timing of implant placement relative to tooth extraction. *J Oral Rehabil* 2008; 35 Suppl 1: 33-43.
25. Caneva M, Salata LA, de Souza SS, Bressan E, Botticelli D, Lang NP. Hard tissue formation adjacent to implants of various size and configuration immediately placed into extraction sockets: an experimental study in dogs. *Clin Oral Implants Res* 2010; 21(9): 885-90.
26. Hämmerle CH, Chen ST, Wilson TG, Jr. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding the placement of implants in extraction sockets. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19 Suppl: 26-8.
27. Sanz M, Cecchinato D, Ferrus J, Pjetursson EB, Lang NP, Lindhe J. A prospective, randomized-controlled clinical trial to evaluate bone preservation using implants with different geometry placed into extraction sockets in the maxilla. *Clin Oral Implants Res* 2010; 21(1): 13-21.
28. Vignoletti F, Discepoli N, Muller A, de Sanctis M, Munoz F, Sanz M. Bone modelling at fresh extraction sockets: immediate implant placement versus spontaneous healing: an experimental study in the beagle dog. *J Clin Periodontol* 2012; 39(1): 91-7.
29. Wang RE, Lang NP. Ridge preservation after tooth extraction. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23 Suppl 6: 147-56.
30. Araújo MG, Silva CO, Misawa M, Sukekava F. Alveolar socket healing: what can we learn? *Periodontol* 2000 2015; 68.
31. Bassir SH, Alhareky M, Wangsrimongkol B, Jia Y, Karimbux N. Systematic review and meta-analysis of hard tissue outcomes of alveolar ridge preservation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2018; 33(5): 979-94.
32. Fürhauser R, Florescu D, Benesch T, Haas R, Mailath G, Watzek G. Evaluation of soft tissue around single-tooth implant crowns: the pink esthetic score. *Clin Oral Implants Res* 2005; 16(6): 639-44.
33. Noelken R, Neffe BA, Kunkel M, Wagner W. 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* 2014; 25(2): 214-20.

34. Januario AL, Duarte WR, Barriviera M, Mesti JC, Araujo MG, Lindhe J. Dimension of the facial bone wall in the anterior maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Clin Oral Implants Res* 2011; 22(10): 1168-71.
35. Gutwald R, Gellrich NC, Schmelzeisen R. *Zahnärztliche Chirurgie und Implantologie: für Studium, Examen und Beruf*. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag; 2019.
36. Van der Weijden F, Dell'Acqua F, Slot DE. Alveolar bone dimensional changes of post-extraction sockets in humans: a systematic review. *J Clin Periodontol* 2009; 36(12): 1048-58.
37. Tan WL, Wong TLT, Wong MCM, Lang NP. A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. *Clin Oral Implants Res* 2011; 23(Suppl 3): 1-21.
38. Esposito M, Ardebili Y, Worthington HV. Interventions for replacing missing teeth: different types of dental implants. *Cochrane Database Syst Rev* 2014; (7): Cd003815.
39. Weber T. *Memorix: Zahnmedizin*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag; 2016.
40. Le Guéhennec L, Soueidan A, Layrolle P, Amouriq Y. Surface treatments of titanium dental implants for rapid osseointegration. *Dent Mater* 2007; 23(7): 844-54.
41. Oshida Y, Tuna EB, Aktoren O, Gencay K. Dental implant systems. *Int J Mol Sci* 2010; 11(4): 1580-678.
42. Wennerberg A, Albrektsson T. Effects of titanium surface topography on bone integration: a systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2009; 20 Suppl 4: 172-84.
43. Massaro C, Rotolo P, De Riccardis F, Milella E, Napoli A, Wieland M, et al. Comparative investigation of the surface properties of commercial titanium dental implants. Part I: chemical composition. *J Mater Sci Mater Med* 2002; 13(6): 535-48.
44. Williams DF. On the nature of biomaterials. *Biomaterials* 2009; 30(30): 5897-909.
45. Schroeder A, Sutter F, Buser D, Krekeler G. *Orale Implantologie: allgemeine Grundlagen und ITI-System*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 1994.
46. Gotfredsen K, Berglundh T, Lindhe J. Anchorage of titanium implants with different surface characteristics: an experimental study in rabbits. *Clin Implant Dent Relat Res* 2000; 2(3): 120-8.
47. Rabel A, Kohler SG, Schmidt-Westhausen AM. Clinical study on the primary stability of two dental implant systems with resonance frequency analysis. *Clin Oral Investig* 2007; 11(3): 257-65.
48. Quesada-Garcia MP, Prados-Sanchez E, Olmedo-Gaya MV, Munoz-Soto E, Gonzalez-Rodriguez MP, Vallecillo-Capilla M. Measurement of dental implant stability by resonance frequency analysis: a review of the literature. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2009; 14(10): e538-46.
49. Ersanli S, Karabuda C, Beck F, Leblebicioglu B. Resonance frequency analysis of one-stage dental implant stability during the osseointegration period. *J Periodontol* 2005; 76(7): 1066-71.
50. Moraschini V, Poubel LA, Ferreira VF, Barboza Edos S. Evaluation of survival and success rates of dental implants reported in longitudinal studies with a follow-up period of at least 10 years: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2015; 44(3): 377-88.
51. Albrektsson T, Jansson T, Lekholm U. Osseointegrated dental implants. *Dental Clinics of North America* 1986; 30(1): 151-74.

52. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson A. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986; 1(1): 11-25.
53. Buser D, Weber HP, Lang NP. 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* 1990; 1(1): 33-40.
54. Misch CE, Perel ML, Wang HL, Sammartino G, Galindo-Moreno P, Trisi P, et al. Implant success, survival, and failure: the International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference. *Implant Dent* 2008; 17(1): 5-15.
55. Simonis P, Dufour T, Tenenbaum H. Long-term implant survival and success: a 10-16-year follow-up of non-submerged dental implants. *Clin Oral Implants Res* 2010; 21(7): 772-7.
56. Stanford CM, Barwacz C, Raes S, De Bruyn H, Cecchinato D, Bittner N, et al. Multicenter clinical randomized controlled trial evaluation of an implant system designed for enhanced primary stability. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2016; 31(4).
57. Ellingsen JE, Johansson CB, Wennerberg A, Holmen A. Improved retention and bone-to-implant contact with fluoride-modified titanium implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19(5): 659-66.
58. Lee DW, Choi YS, Park KH, Kim CS, Moon IS. Effect of microthread on the maintenance of marginal bone level: a 3-year prospective study. *Clin Oral Implants Res* 2007; 18(4): 465-70.
59. Toia M, Galli S, Cecchinato D, Wennerberg A, Jimbo R. Clinical evidence of OsseoSpeed EV implants: a retrospective study and characterization of the newly introduced system. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2017; 39(6): 863–74.
60. Cha HS, Kim YS, Jeon JH, Lee JH. Cumulative survival rate and complication rates of single-tooth implant; focused on the coronal fracture of fixture in the internal connection implant. *J Oral Rehabil* 2013; 40(8): 595-602.
61. Mertens C, Steveling HG. Early and immediate loading of titanium implants with fluoride-modified surfaces: results of 5-year prospective study. *Clin Oral Implants Res* 2011; 22(12): 1354-60.
62. Schliephake H, Rodiger M, Phillips K, McGlumphy EA, Chacon GE, Larsen P. Early loading of surface modified implants in the posterior mandible - 5 year results of an open prospective non-controlled study. *J Clin Periodontol* 2012; 39(2): 188-95.
63. Esposito M, Grusovin MG, Chew YS, Coulthard P, Worthington HV. Interventions for replacing missing teeth: 1- versus 2-stage implant placement. *Cochrane Database Syst Rev* 2009; (3).
64. Cecchinato D, Olsson C, Lindhe J. Submerged or non-submerged healing of endosseous implants to be used in the rehabilitation of partially dentate patients. *J Clin Periodontol* 2004; 31(4): 299-308.
65. Torkzaban P, Arabi SR, Roshanaei G, Rostami M, Soheilifar S. A comparative study of clinical parameters in submerged and non submerged implants. *J Clin Diagn Res* 2015; 9(3): Zc26-9.
66. Chen ST, Buser D. Clinical and esthetic outcomes of implants placed in postextraction sites. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009; 24 Suppl: 186-217.
67. Bassir SH, El Kholy K, Chen CY, Lee KH, Intini G. Outcome of early dental implant placement versus other dental implant placement protocols: a systematic review and meta-analysis. *J Periodontol* 2018; 90(5): 493-506.

68. Chen ST, Wilson TG, Jr., Hämmerle CH. Immediate or early placement of implants following tooth extraction: review of biologic basis, clinical procedures, and outcomes. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19 Suppl: 12-25.
69. Esposito M, Grusovin MG, Polyzos IP, Felice P, Worthington HV. Interventions for replacing missing teeth: dental implants in fresh extraction sockets (immediate, immediate-delayed and delayed implants). *Cochrane Database Syst Rev* 2010; (9).
70. Bornstein MM, Wittneben JG, Bragger U, Buser D. 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* 2010; 81(6): 809-18.
71. Cochran DL, Jackson JM, Bernard JP, ten Bruggenkate CM, Buser D, Taylor TD, et al. A 5-year prospective multicenter study of early loaded titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2011; 26(6): 1324-32.
72. Gallucci GO, Benic GI, Eckert SE, Papaspyridakos P, Schimmel M, Schrott A, et al. Consensus statements and clinical recommendations for implant loading protocols. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014; 29 Suppl: 287-90.
73. Schwartz-Arad D, Grossman Y, Chaushu G. The clinical effectiveness of implants placed immediately into fresh extraction sites of molar teeth. *J Periodontol* 2000; 71(5): 839-44.
74. Bruschi GB, Crespi R, Cappare P, Bravi F, Bruschi E, Gherlone E. Localized management of sinus floor technique for implant placement in fresh molar sockets. *Clin Implant Dent Relat Res* 2013; 15(2): 243-50.
75. Penarrocha-Oltra D, Demarchi CL, Maestre-Ferrin L, Penarrocha-Diago M, Penarrocha-Diago M. Comparison of immediate and delayed implants in the maxillary molar region: a retrospective study of 123 implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012; 27(3): 604-10.
76. Atieh MA, Alsabeeha NH, Duncan WJ, de Silva RK, Cullinan MP, Schwass D, et al. Immediate single implant restorations in mandibular molar extraction sockets: a controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2013; 24(5): 484-96.
77. Hamouda NI, Mourad SI, El-Kenawy MH, Maria OM. Immediate implant placement into fresh extraction socket in the mandibular molar sites: a preliminary study of a modified insertion technique. *Clin Implant Dent Relat Res* 2015; 17: e107-16.
78. Hayacibara RM, Goncalves CS, Garcez-Filho J, Magro-Filho O, Esper H, Hayacibara MF. The success rate of immediate implant placement of mandibular molars: a clinical and radiographic retrospective evaluation between 2 and 8 years. *Clin Oral Implants Res* 2013; 24(7): 806-11.
79. Matarasso S, Salvi GE, Iorio Siciliano V, Cafiero C, Blasi A, Lang NP. Dimensional ridge alterations following immediate implant placement in molar extraction sites: a six-month prospective cohort study with surgical re-entry. *Clin Oral Implants Res* 2009; 20(10): 1092-8.
80. Rebele SF, Zuhr O, Hürzeler MB. Pre-extractive interradicular implant bed preparation: case presentations of a novel approach to immediate implant placement at multirrooted molar sites. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2013; 33(1): 88-95.
81. Siciliano VI, Salvi GE, Matarasso S, Cafiero C, Blasi A, Lang NP. Soft tissues healing at immediate transmucosal implants placed into molar extraction sites with buccal self-contained dehiscences. A 12-month controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 2009; 20(5): 482-8.

82. Urban T, Kostopoulos L, Wenzel A. Immediate implant placement in molar regions: a 12-month prospective, randomized follow-up study. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23(12): 1389-97.
83. Vandeweghe S, Ackermann A, Bronner J, Hattingh A, Tschakaloff A, De Bruyn H. A retrospective, multicenter study on a novo wide-body implant for posterior regions. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012; 14(2): 281-92.
84. Lang NP, Pun L, Lau KY, Li KY, Wong MC. A systematic review on survival and success rates of implants placed immediately into fresh extraction sockets after at least 1 year. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23 Suppl 5: 39-66.
85. Ketabi M, Deporter D, Atenafu EG. A systematic review of outcomes following immediate molar implant placement based on recently published studies. *Clin Implant Dent Relat Res* 2016; 18(6): 1084-94.
86. Smith RB, Tarnow DP. Classification of molar extraction sites for immediate dental implant placement: technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013; 28(3): 911-6.
87. Gallucci GO, Hamilton A, Zhou W, Buser D, Chen S. Implant placement and loading protocols in partially edentulous patients: A systematic review. *Clin Oral Implants Res* 2018; 29 Suppl 16: 106-34.
88. Kaplan EL, Meier P. Nonparametric estimation from incomplete observations. *Journal of the American Statistical Association* 1958; 53(282): 457-81.
89. Lang NP, Adler R, Joss A, Nyman S. Absence of bleeding on probing. An indicator of periodontal stability. *J Clin Periodontol* 1990; 17(10): 714-21.
90. Lange DE, Plagmann HC, Eenboom A, Promesberger A. [Clinical methods for the objective evaluation of oral hygiene]. *Dtsch Zahnarztl Z* 1977; 32(1): 44-7.
91. De Kok IJ, Chang SS, Moriarty JD, Cooper LF. A retrospective analysis of peri-implant tissue responses at immediate load/provisionalized microthreaded implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006; 21(3): 405-12.
92. Dierens M, Vandeweghe S, Kisch J, Nilner K, De Bruyn H. Long-term follow-up of turned single implants placed in periodontally healthy patients after 16–22 years: radiographic and peri-implant outcome. *Clin Oral Implants Res* 2012; 23(2): 197-204.
93. Wilcoxon F. Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bulletin* 1945; 1(6): 80-3.
94. Fieller EC, Hartley HO, Pearson ES. Tests for rank correlation coefficients. I. *Biometrika* 1957; 44(3/4): 470-81.
95. Mann HB, Whitney DR. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The annals of mathematical statistics* 1947: 50-60.
96. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates; 1988.
97. Botticelli D, Berglundh T, Lindhe J. Hard-tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites. *J Clin Periodontol* 2004; 31(10): 820-8.
98. Fickl S, Zuhr O, Wachtel H, Bolz W, Huerzeler M. Tissue alterations after tooth extraction with and without surgical trauma: a volumetric study in the beagle dog. *J Clin Periodontol* 2008; 35(4): 356-63.
99. AlKudmani H, Al Jasser R, Andreana S. Is bone graft or guided bone regeneration needed when placing immediate dental implants? A systematic review. *Implant Dent* 2017; 26(6): 936-44.
100. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Dental implants inserted in fresh extraction sockets versus healed sites: a systematic review and meta-analysis. *J Dent* 2015; 43(1): 16-41.

101. Clementini M, Tiravia L, De Risi V, Vittorini Orgeas G, Mannocci A, de Sanctis M. Dimensional changes after immediate implant placement with or without simultaneous regenerative procedures: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2015; 42(7): 666-77.
102. Sakkas A, Wilde F, Heufelder M, Winter K, Schramm A. Autogenous bone grafts in oral implantology-is it still a "gold standard"? A consecutive review of 279 patients with 456 clinical procedures. *Int J Implant Dent* 2017; 3(1): 23.
103. Orsini G, Traini T, Scarano A, Degidi M, Perrotti V, Piccirilli M, et al. Maxillary sinus augmentation with Bio-Oss particles: a light, scanning, and transmission electron microscopy study in man. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2005; 74(1): 448-57.
104. Chen Z, Li J, Wang HL, Yu H. Initial bone volume changes after immediate implant placement associated with filling the gap using bovine bone in molar sites. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2019; 34(2): 521-8.
105. De Santis E, Botticelli D, Pantani F, Pereira FP, Beolchini M, Lang NP. Bone regeneration at implants placed into extraction sockets of maxillary incisors in dogs. *Clin Oral Implants Res* 2011; 22(4): 430-7.
106. Pereira FP, De Santis E, Hochuli-Vieira E, de Souza Faco EF, Pantani F, Salata LA, et al. Deproteinized bovine bone mineral or autologous bone at dehiscence type defects at implants installed immediately into extraction sockets: an experimental study in dogs. *Clin Implant Dent Relat Res* 2016; 18(3): 507-16.
107. Block MS, Scoggin ZD, Yu Q. Assessment of bone width for implants in the posterior mandible. *J Oral Maxillofac Surg* 2015; 73(9): 1715-22.
108. Dawson A, Chen S. *Die SAC-Klassifikation in der zahnärztlichen Implantologie*. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH; 2011.

8. Anhang

Teile der vorliegenden Arbeit wurden in nachfolgender Publikation bereits veröffentlicht:

Nölken R, Pausch T, Ly T-M, Schiegnitz E, Al Nawas B, Wagner W.

Sofortimplantation in Molarenextraktionsalveolen mit autologer Defektaugmentation.

Implantologie 2019;27(3):251–262

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich zunächst ... meinen besonderen Dank aussprechen, der mir das Thema überlassen sowie bei der Anfertigung und der Betreuung meiner Dissertation unterstützt hat.

Mein Dank gilt zudem noch ... für die Anfertigung des Zweitgutachtens meiner Dissertation.

Weiter danke ich ... für die tatkräftige Unterstützung und Anregung bei der statistischen Datenverwertung.

Außerdem möchte ich meinen Eltern danken, die mir das Studium ermöglicht haben. Zuletzt bin ich meiner Familie, meinem Freund und meinen Freunden sehr dankbar für den Zuspruch und die Unterstützung während der Anfertigung der Dissertation.

Tabellarischer Lebenslauf