

CLARA NARBERHAUS

Einfluss von plättchenreichem Plasma auf den
Langzeiterfolg von dentalen Implantaten nach
der Augmentation mit autologen
Beckenkammtransplantaten



INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen



édition scientifique 
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Die rechtliche Verantwortung für den gesamten Inhalt dieses Buches liegt ausschließlich bei dem Autoren dieses Werkes.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung der Autoren oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2020

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Authors or the Publisher.

1st Edition 2020

© 2020 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

STAUFBENBERGRING 15, 35396 GIESSEN, GERMANY
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890
email: redaktion@doktorverlag.de

www.doktorverlag.de

**Einfluss von plättchenreichem Plasma auf den Langzeiterfolg
von dentalen Implantaten nach der Augmentation mit
autologen Beckenkammtransplantaten**

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
des Fachbereichs Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

Narberhaus, Clara

aus Recklinghausen

Gießen 2019

Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
unter der Leitung von Prof. Dr. Dr. Hans-Peter Howaldt
des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter: Prof. Dr. Dr. Hans-Peter Howaldt

Gutachter: Prof. Dr. Peter Rehmann

Tag der Disputation: 03. August 2020

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Zahnverlust	1
1.2 Knochenatrophie	2
1.3 Dentale Implantate	4
1.3.1 Periimplantäre Erkrankungen	8
1.3.2 Implantatverlust	10
1.3.3 Erfolgskriterien	12
1.4 Knochenaufbau	14
1.4.1 Augmentationstechniken	15
1.4.2 Aufbaumaterialien	17
1.5 Plättchenreiches Plasma	18
1.5.1 Verwendung von PRP bei Kieferaugmentation mit autologem Knochen	20
1.6 Zusammenfassung der vorangegangenen Studie	21
1.6.1 Studiendesign und Ablauf der Studie	21
1.6.2 Ergebnisse	24
1.7 Stand der Forschung	24
1.8 Fragestellung dieser Arbeit	25
2 PatientInnen und Methode	27
2.1 Patientenkollektiv	27
2.1.1 Rekrutierung der PatientInnen	27
2.2 Studiendesign	27
2.3 Primäre Parameter	28
2.3.1 Überlebensrate	29
2.3.2 Erfolg nach <i>Buser</i> ²⁷	29
2.3.3 Erfolg nach <i>Albrektsson</i> ⁷	29
2.4 Sekundäre Parameter	32

2.4.1	Klinische Parameter	32
2.4.2	Röntgenologische Parameter.....	34
2.5	Zusätzliche Parameter	35
2.6	Ablauf der klinischen Untersuchung	36
2.7	Datenverarbeitung	36
2.8	Statistische Auswertung	37
2.9	Ethik und Datenschutz	38
3	Ergebnisse	39
3.1	Überblick.....	39
3.2	Split-Mouth-Auswertung	40
3.2.1	Patientenkollektiv.....	40
3.2.2	Primäre Parameter	44
3.2.3	Sekundäre Parameter	52
3.3	Einseitige Auswertung	57
3.3.1	Patientenkollektiv.....	57
3.3.2	Primäre Parameter	61
3.3.3	Sekundärer Parameter	68
3.4	Gesamtauswertung	73
3.5	Auswertung der zusätzlichen Parameter	75
3.5.1	Implantat-bezogene Parameter.....	75
3.5.2	Patientenbezogene Parameter	75
4	Diskussion.....	78
4.1	Diskussion von Patientenkollektiv und Methodik	78
4.1.1	Studiendesign, Patientenkollektiv und statistische Auswertung.....	78
4.1.2	Primäre Parameter	79
4.1.3	Sekundäre Parameter	83
4.2	Diskussion der Ergebnisse.....	84

4.2.1 Primäre Parameter	84
4.2.2 Sekundäre Parameter	89
4.2.3 Zusätzliche Parameter	93
4.3 Schlussfolgerungen	94
5 Zusammenfassung	96
6 Summary	98
7 Abkürzungsverzeichnis	100
8 Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	101
8.1 Tabellenverzeichnis	101
8.2 Abbildungsverzeichnis	103
9 Literaturverzeichnis	105
10 Anhang	118
10.1 Patientenanschreiben	118
10.2 Aufklärungsbogen	120
10.3 Fragebogen	126
10.4 Patientenbogen	129
10.5 Votum der Ethik-Kommission	132
11 Veröffentlichungen	133
12 Nutzungsgenehmigungen für Abbildungen aus fremden Quellen	134
13 Erklärung	135
14 Danksagung	136
15 Lebenslauf	137

1 Einleitung

Bei der prothetischen Versorgung von Zahnlücken oder zahnlosen Kiefern haben enossale dentale Implantate eine zentrale Stellung eingenommen. Implantate ermöglichen einen Zahnersatz, der sowohl funktionellen, als auch ästhetischen Ansprüchen gerecht wird. Für den Erfolg dentaler Implantate ist ein ausreichendes Knochenangebot notwendig. Bei einem zu geringem Knochenangebot muss vor der Implantation Knochen operativ aufgebaut werden.

Schaaf et al. überprüften in einer prospektiven, randomisierten und kontrollierten Studie die Wirksamkeit von Plättchenreichem Plasma (PRP) beim Knochenaufbau im Oberkiefer.^{112,111} Dabei wurde der Effekt von PRP auf die Knochendichte analysiert.^{112,111} *Schaaf et al.* untersuchten, ob PRP das kurzfristige, postoperative Ergebnis verbessert. Diese Arbeit schließt sich ihrer Forschung an und prüft, ob PRP langfristig einen positiven Einfluss auf den Implantationserfolg nimmt.

1.1 Zahnverlust

Die Mundhöhle ist die erste Station der Nahrungsaufnahme und der Verdauung.⁶⁶ Die Zähne spielen eine zentrale Rolle in diesem Prozess. Sie werden zum Abbeißen und Zerkleinern der Nahrung benötigt und bereiten die aufgenommene Nahrung auf diese Weise zur weiteren Verdauung im Gastrointestinaltrakt vor.⁶⁶ Der Verlust von Zähnen stört dieses System. Bei Zahnverlust handelt es sich um das Endergebnis eines komplexen Prozesses, der von dentalen Erkrankungen und sozialen Faktoren beeinflusst wird.³³

Es gibt viele Gründe für die Entfernung bleibender Zähne. Karies, die Zerstörung von Zahnhartsubstanz durch bakterielle Plaque, stellt den wichtigsten Grund für Zahnverlust dar.^{46,75} Parodontitis ist ebenfalls ein häufiger Grund für die Extraktion von Zähnen.¹⁰¹ Bei Parodontitis kommt es zur Entzündung des Zahnhalteapparates und zu parodontalem Knochenabbau. Obwohl Karies insgesamt die Hauptursache für Zahntentfernungen darstellt, ist bei älteren PatientInnen vorangeschrittene Parodontitis der häufigste Grund.¹⁰¹ Zahntraumata, die Entfernung von Weisheitszähnen und die Zahntentfernung aus kieferorthopädischen Gründen z.B. bei Platzmangel, sind weitere Gründe für die Extraktion permanenter Zähne.⁷⁵

Zahnverlust ist bis heute ein weltweit vorkommendes gesundheitliches Problem⁶³. Seit Zucker im 18. Jahrhundert dem Menschen einfacher und erschwinglicher zugänglich wurde, nahm die Zahnverlustrate zu,⁸⁵ da Zuckerkonsum die Entstehung von Karies

stark begünstigt. Lange wurde Zahnlosigkeit und der damit verbundene Ersatz der Zähne durch Totalprothesen als unvermeidlich angesehen.⁸⁶ Heutzutage ist der Zahnverlust weltweit deutlich zurückgegangen,⁵⁶ vor allem durch Prophylaxe-Maßnahmen und ein zugenommenes Gesundheitsbewusstsein.⁵² Die Weltgesundheitsorganisation definierte das Ziel, dass Menschen im Alter von 80 Jahren mindestens 20 natürliche Zähne erhalten haben sollen, sodass sie keinen Zahnersatz benötigen.¹⁰⁰ Obwohl weniger Zähne verloren gehen, konnte dieses Ziel bisher nicht erreicht werden.⁸⁶

Fünf Risikofaktoren begünstigen die Wahrscheinlichkeit von Zahnverlust. Zum einen birgt zunehmendes Alter ein höheres Risiko,⁵² zum anderen spielt der Lebensstil eine wichtige Rolle. Hier stellen Rauchen und Alkoholkonsum, so wie schlechte Mundhygiene⁶³ und hoher Zuckerkonsum¹²⁵ Risikofaktoren für Zahnverlust dar.

Zudem hat der soziale Hintergrund der PatientInnen einen großen Einfluss auf die Prävalenz von Zahntfernungen.⁸⁶ Bei Menschen mit geringer Bildung und niedrigem Einkommen kommt es vermehrt zu Zahnverlust.¹²⁵ Außerdem ist vollständige Zahnlosigkeit bei PatientInnen mit hohem Sozialstatus deutlich geringer als bei Menschen mit niedrigerem Sozialstatus.⁵⁷

Der Verlust bleibender Zähne hat weitreichende Folgen. Das Kauen und Schlucken wird eingeschränkt,⁶³ wodurch es zu einer Begrenzung der Lebensmittelauswahl kommt⁵⁰ und ein Risiko für Mangel- bzw. Fehlernährung besteht.⁶³ Vor diesem Hintergrund kann der Verlust bleibender Zähne zu anderen gesundheitlichen Einschränkungen, wie Fettleibigkeit und Bluthochdruck führen.⁶³ Durch den Verlust von Zähnen kann es außerdem zu Beeinträchtigung der Lautbildung, der sozialen Interaktion⁵⁰ und der Ästhetik kommen⁶³, was zu einem reduzierten Selbstbewusstsein führen kann.⁵⁰ Somit nimmt Zahnverlust einen negativen Einfluss auf die Lebensqualität.⁶³

Daraus folgt die immense Wichtigkeit, verloren gegangene Zähne adäquat zu ersetzen und damit das Kauvermögen langfristig wiederherzustellen.

1.2 Knochenatrophie

Das Knochengewebe befindet sich zeitlebens im Umbau und wird funktionell, sowie hormonell beeinflusst.¹⁶ Vereinfacht dargestellt wird Knochengewebe von Osteoblasten aufgebaut und von Osteoklasten abgebaut.¹⁶ Im Zuge des Wachstums überwiegt die Aktivität der Osteoblasten.¹⁵ Im Erwachsenenalter befindet sich die Aktivität der beiden Zelltypen im Gleichgewicht.¹⁵ Resorptionsvorgänge, die z.B. bei zu starker Druckbelastung des Knochens stattfinden, sind durch erhöhte Osteoklastenaktivität

gekennzeichnet.¹⁵

Nach der Zahntfernung kommt es im Kieferknochen zu einer Reihe von Um- und Abbauprozessen. Es lassen sich drei Stadien der alveolären Heilung nach der Zahntfernung abgrenzen.¹⁰ Im ersten Stadium, der Entzündungsphase, bildet sich zunächst ein Blutgerinnsel, in das u.a. Entzündungszellen und Fibroblasten einwandern.¹⁰ Durch diese Zellen entsteht ein Granulationsgewebe.¹⁰ In der zweiten Phase, der Proliferationsphase, wird eine provisorische Matrix in der Alveole gebildet.¹⁰ Das Einwandern von Blutgefäßen in diese Matrix bewirkt die Bildung erster Osteone, sodass die Alveole mit Geflechtknochen gefüllt wird.¹⁰ Der Geflechtknochen wird in der dritten und letzten Umbauphase zu Lamellenknochen umgewandelt.¹⁰ Außerdem kommt es zu Resorptionsvorgängen an den Alveolarwänden.¹⁰

Trotz der abgeschlossenen Heilung der Extraktionsalveole gehen die Resorptionsvorgänge des Knochens weiter,⁵¹ da entsprechend des Wolffschen Gesetzes sich der Knochen seiner Funktion anpasst.¹³⁴ Bei Belastung wird er aufgebaut und nimmt an Festigkeit zu, bei Nichtbenutzung wird er abgebaut.¹³⁴

Dieses Phänomen trifft auch auf den Alveolarknochen zu. Die Druckbelastung der Zähne beim Kauen überträgt sich auf Bindegewebsfasern (Sharpey'sche Fasern), die am Wurzelzement inserieren.¹⁰⁵ Diese Fasern strahlen wiederum in den angrenzenden Alveolarknochen ein, sodass die Druckkraft in eine Zugkraft umgewandelt wird.¹⁰⁵ Diese Zugkraft regt die Knochensynthese an.¹⁰⁵ Durch die Zahntfernung fällt diese Kraft weg und der Alveolarknochen wird nicht genutzt.¹⁰⁵ Daher atrophiert der Knochen, was durch eine geringere Osteoblastenaktivität gekennzeichnet ist.¹⁵ Im ersten Jahr nach einer Extraktion wird vermehrt Knochen abgebaut, danach ist *Tallgren* zufolge deutlich weniger Atrophie zu beobachten.¹²² Der Prozess der Atrophie bleibt in zahnlosen Kieferbereichen über das restliche Leben bestehen.⁹⁰

Bei vollständiger Zahnlosigkeit verändert sich der Knochen deutlich, da sich der Knochenabbau in beiden Kiefern sowohl in der Knochenhöhe, als auch der Kieferbreite bemerkbar macht.²⁸ Die Formveränderung der Kiefer erfolgt nach einem voraussehbaren Muster zunächst horizontal, dann vertikal.²⁸ Im Oberkiefer erfolgt der Abbau nach innen gerichtet, sodass der Kiefer kleiner und schmaler wird.⁹⁷ Im Unterkiefer wird der Kieferknochen nach außen gerichtet resorbiert, wodurch ein größerer und breiterer Unterkiefer resultiert (siehe Abbildung 1.1).⁹⁷ Dadurch kommt es zu einer ausgeprägten Diskrepanz der beiden Kiefer, was eine zunehmende Progenie des Unterkiefers bewirkt (siehe Abbildung 1.1).¹²²



Abbildung 1.1 *Petrokovski et al.*⁹⁷: Frontale (links) und laterale (rechts) Darstellung zahnloser Kiefer

Das Weichgewebe folgt der knöchernen Unterlage, sodass sich die Muskelansätze der Kaumuskulatur dem Alveolarkamm annähern.¹⁰⁵ Daher ist es bei vorangeschrittener Atrophie mitunter schwierig, zufriedenstellenden schleimhautgetragenen Zahnersatz anzufertigen. Besonders die Versorgung von zahnlosen Kiefern mit Totalprothesen stellen in der zahnärztlichen Praxis häufig große Herausforderungen dar. Weil sich die Kieferanatomie und -Relation durch die Atrophie verändert, ist das Eingliedern von Totalprothesen mit stabiler Okklusion oftmals nicht möglich.¹²⁷ Es ist außerdem nicht immer realisierbar, Totalprothesen mit einer zufriedenstellenden Stabilität und einem adäquaten Halt herzustellen.¹²⁷ Darüber hinaus kann durch die zunehmende Progenie eine ästhetische Gestaltung der Prothesen schwierig sein.¹²⁷ Des Weiteren übt schleimhautgetragener Zahnersatz eine unphysiologische, flächige Druckbelastung auf den Knochen aus, was die Atrophie zusätzlich verstärkt.¹⁰⁵ Hier stellen dentale Implantate eine gute Alternative dar, weil sie die Möglichkeit bieten, festen oder herausnehmbaren Zahnersatz zu verankern, ohne dass die Schleimhaut als Halteelement hinzugezogen werden muss.

1.3 Dentale Implantate

Die Bemühung, Implantat-ähnliche Objekte in den Kieferknochen einzubringen, gibt es schon lange.¹³² Seit der Mitte des 20. Jahrhunderts entwickelten sich dentale Implantate von einer experimentellen Behandlung zu einer etablierten und hochwertigen Behandlungsoption in der Therapie von Zahnverlust.²⁶ Dies ist der umfangreichen Forschung zu verdanken, die sich in den vergangenen 50 Jahren dentalen Implantaten widmete.²⁶ Durch sie sind heutige moderne Implantate zu einer guten Alternative zu Brücken und herausnehmbaren Prothesen geworden, insbesondere weil sie die Lebensqualität und das Selbstbewusstsein von PatientInnen steigern.¹³⁶

Zunächst wurden unterschiedliche Implantatformen verwendet.¹³⁶ Dazu zählen beispielsweise das subperiostale Implantat (siehe Abbildung 1.2) und das Blattimplantat.¹³⁶

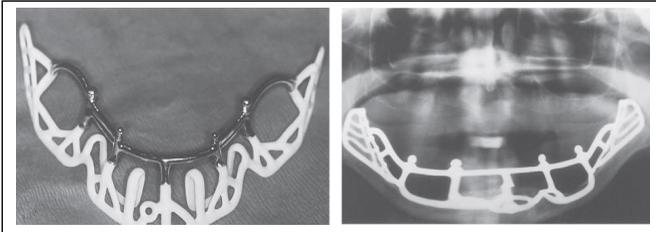


Abbildung 1.2 Zohrabian et al.¹³⁶: Das subperiostale Implantat

Subperiostale Implantate werden heute aufgrund inkonsistenter Langzeitergebnisse und aufwendiger Operationsmethoden nicht mehr verwendet.¹³² Dies gilt auch für Blattimplantate, die durch ihr Design die flächige Ausbreitung einer Entzündung begünstigen.¹³² Stattdessen setzte sich die Verwendung von wurzelförmigen, hohlzylindrischen Implantaten aus Titan durch.¹³⁶ Diese Implantate stellen eine Art künstliche Zahnwurzel dar, welche im Knochen verankert ist und mit einem Verbindungselement (Abudment) in die Mundhöhle ragt, auf dem der Zahnersatz verankert werden kann.

Die Beschaffenheit von Implantaten muss den physiologischen Bedingungen der Mundhöhle gerecht werden.¹³² Zunächst müssen Implantate beim Kauen hohen Druck- und Biegekräften standhalten.¹³² Überdies ist es wichtig, dass sie korrosionsbeständig und biokompatibel sind, da sie in vitales Gewebe eingebracht werden und verschiedenen Flüssigkeiten wie Blut und Speichel mit unterschiedlichen pH-Werten ausgesetzt sind.¹³² Titan ist ein Werkstoff, der diesen Ansprüchen gerecht und daher in der heutigen Implantologie verwendet wird.¹³²

Schließlich ist die Osseointegration essenziell für die Stabilität von Implantaten und für gute langfristige Ergebnisse.⁹⁵ Die erfolgreiche Behandlung mit voraussagbarem und nachhaltigem Erfolg ist ein Hauptziel der Implantologie²⁶ und ist somit von besonderem Interesse für die Arbeit. Daher wird die Osseointegration im Folgenden ausführlicher erläutert. Der Begriff beschreibt, dass das Implantat eine direkte Verbindung mit dem umliegenden, lebenden Knochen eingeht.²² Die aktuelle Forschung begreift den Vorgang als eine Fremdkörperreaktion, bei der an der Grenzfläche zum Implantat Knochen gebildet wird, um andere Gewebe vom Implantat abzuschirmen (siehe Abbildung 1.3).^{5,6}

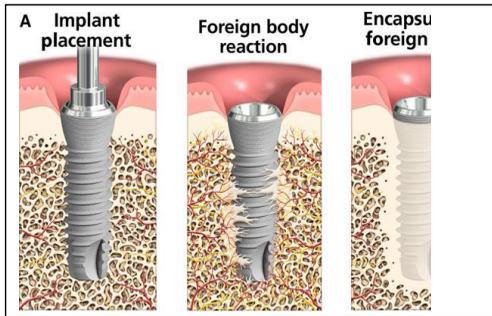


Abbildung 1.3 Albrektsson et al.⁶: Osseointegration als Fremdkörperreaktion

Der Prozess der Osseointegration erfolgt analog zur unter 1.2 beschriebenen Knochenheilung nach der Zahnentfernung. Zunächst wird um das Implantat Geflechtknochen gebildet, der dann allmählich zu Lamellenknochen umgewandelt wird.⁹⁵ Schließlich erfolgt die Remodellation entsprechend der Belastung des Knochens.⁹⁵ Dadurch bewirkt die Osseointegration eine Verankerung des Implantates im Knochen,²² sodass das Implantat nicht mehr ohne eine Fraktur des Kieferknochens entfernt werden kann.⁷³ Durch Osseointegration kommt es zu einer starren Fixierung des Implantates im Knochen, die auch unter Belastung erhalten bleibt.⁹⁵ Kommt es stattdessen zu einer bindegewebigen Einheilung des Implantates, führt dies zur Lockerung des Implantates und zu dessen Verlust.⁷³

Für eine erfolgreiche Osseointegration müssen die folgenden Faktoren berücksichtigt werden. Es sollte ein biokompatibles Material und ein zylindrisches Implantat mit Gewinde verwendet werden.⁴ Die Implantatoberfläche kann zusätzlich behandelt werden, zum Beispiel durch Sandstrahlen oder Ätzen zur Oberflächenvergrößerung.¹ Das Implantat sollte außerdem in gesunden Knochen mit einer minimalinvasiven Operationstechnik inseriert werden.⁴ Dazu gehört die ständige Kühlung des Knochens und die geringstmögliche Traumatisierung des Gewebes.⁴ Wichtig ist außerdem, dass das Implantat ohne Belastung mindestens drei bis vier Monate einheilt, da der Prozess der Osseointegration Zeit benötigt und sonst kein vorhersagbares Ergebnis zu erwarten ist.⁴ Ebenfalls eine wichtige Voraussetzung für Osseointegration ist die Primärstabilität.⁷³ Der Begriff beschreibt die starre Fixierung des Implantates im Knochenbett direkt nach Implantatinserterion.⁷³ Sie ist mechanisch bedingt und wird direkt nach der Implantatinserterion überprüft.¹³² Eine mangelhafte Primärstabilität führt zur Ausbildung einer bindegewebigen Membran um das Implantat und verhindert die Osseointegration.⁷³ Dies resultiert in einer hohen Infektanfälligkeit des umliegenden Gewebes¹³² und einer zunehmenden Lockerung des Implantates, wodurch es in der

Regel zum Verlust des Implantates kommt.⁷³

Die Implantationsoperation erfolgt meist zweizeitig.¹³⁶ Sie kann sowohl unter lokaler Betäubung, als auch in ambulanter Narkose durchgeführt werden.¹³⁶ Zunächst wird ein Mukoperiostlappen gebildet, das Operationsgebiet dargestellt und die Bohrung des Implantatbettes unter Kühlung mit Kochsalzlösung durchgeführt.¹³⁶ Anschließend inseriert der/die OperateurIn das Implantat.¹³⁶ Um das Einwachsen von Weichgewebe in den Hohlraum zu vermeiden, wird das Implantat mit einer Schraube verschlossen.¹³⁶ Anschließend folgt die plastische Deckung des Operationsgebietes.¹³⁶ Nach der Einheilzeit wird in einer zweiten Operation das Implantat freigelegt und es kann mit der Herstellung des definitiven Zahnersatzes begonnen werden.¹³⁶ Durch die zeitabhängige Heilung ohne Belastung kommt es zur Verankerung des Implantates durch Osseointegration.⁹⁵ Diese knöcherne Verankerung des Implantates wird auch mit dem Begriff Sekundärstabilität beschrieben¹³² und ist wichtig für die langfristige Stabilität des Implantates.²²

Durch das Inserieren dentaler Implantate ergibt sich eine Vielzahl von Möglichkeiten für die Gestaltung des Zahnersatzes.¹⁰⁸ Als optimale Versorgung gilt das Ersetzen von jedem verloren gegangenen Zahn mit einem Implantat.⁶² Dies ist jedoch häufig aufgrund finanzieller oder anatomischer Grenzen nicht zu realisieren.⁶² Deswegen haben sich in Abhängigkeit vom dentalen Befund drei Indikationsklassen für die optimale Versorgung etabliert.⁶² Bei einer Einzelzahnlücke (Indikationsklasse 1) wird das Setzen eines Implantates mit einer anschließenden Kronenversorgung empfohlen.⁶² Im Lückengebiss (Indikationsklasse 2) kann herausnehmbarer oder festsitzender Zahnersatz angefertigt werden.⁶² Dies ist abhängig von der Implantatanzahl.¹⁰⁴ Wenn viele Implantate gesetzt werden, kann eine festsitzende Versorgung angefertigt werden.¹⁰⁴ Die dritte Indikationsklasse stellen zahnlose Kiefer dar.⁶² Für festsitzenden Zahnersatz werden mindestens acht Implantate benötigt, werden weniger gesetzt, sollte der Zahnersatz herausnehmbar gestaltet werden.⁶² Ein Beispiel für eine herausnehmbare, implantatgetragene Versorgung zeigt Abbildung 1.4. Es handelt sich hierbei um eine Teleskopprothese, die auf 8 Implantaten abstützt ist.



Abbildung 1.4 Herausnehmbarer, implantatgetragener Zahnersatz im zahnlosen Oberkiefer (links ohne Prothese, rechts mit Prothese)

Herausnehmbare, implantatgetragene Prothesen bieten einige Vorteile. Besonders die gute Hygienefähigkeit ist als positiv zu bewerten.^{14,104} Außerdem können durch herausnehmbaren Zahnersatz schwierige Kieverhältnisse einfach ausgeglichen werden.¹⁰⁴ Vor allem bei älteren PatientInnen ist die herausnehmbare Versorgung zu favorisieren, da die Behandlungsabläufe häufig einfacher und somit für die PatientInnen weniger belastend sind.¹⁰⁴ Allerdings kann im Laufe der Zeit aufgrund der Kieferknochenatrophie eine Unterfütterung des Zahnersatzes notwendig werden.¹⁰⁴ Außerdem ist zu beachten, dass sich nicht alle PatientInnen an eine herausnehmbare Prothese gewöhnen können.

Auch für festsitzende implantatgetragene Versorgungen lassen sich Vor- und Nachteile finden. Festsitzender Zahnersatz bietet einen sehr hohen Kaukomfort.¹⁰⁴ Des Weiteren können ästhetische ansprechende Ergebnisse erzielt werden.¹⁰⁴ Nachteilig ist, dass die häusliche Reinigung der Versorgung erschwert sein kann.¹⁰⁴ Darüber hinaus ist die Herstellung von festsitzenden Versorgungen häufig sehr teuer und kann längere Zeit in Anspruch nehmen.¹⁰⁴

1.3.1 Periimplantäre Erkrankungen

Trotz erfolgreicher Osseointegration der Implantate kann es zu Erkrankungen des umliegenden Gewebes kommen. Periimplantäre Mukositis und Periimplantitis sind Erkrankungen, die unter dem Begriff periimplantäre Erkrankungen zusammengefasst werden.⁵³ Sie gründen beide auf einer entzündlichen Reaktion des umliegenden Gewebes.³ Die reversible Entzündung des Weichgewebes wird als periimplantäre Mukositis bezeichnet³ und durch Bakterien ausgelöst.¹¹⁹ Bei Periimplantitis hingegen kommt es neben der Weichgewebsentzündung zum Abbau von marginalem Knochen um das Implantat.³ Außerdem ist Periimplantitis progressiv und irreversibel.¹¹⁹ Zudem kann Periimplantitis durch voranschreitenden Knochenabbau zum Verlust von

Implantaten führen.^{42,82,126} Beide Erkrankungen sind das Ergebnis einer Dysbalance zwischen Bakterien und der körpereigenen Abwehr.⁵³ Ähnlich der Gingivitis und Parodontitis bei natürlichen Zähnen, stellt die periimplantäre Mukositis eine reversible Vorstufe der Periimplantitis dar.³⁹

Die an der Periimplantitis beteiligten Bakterienstämme sind hauptsächlich Gram-negative, anaerobe Bakterien,⁸³ welche durch verschiedene Mechanismen das periimplantäre Gewebe zerstören.⁴² Da Zähne und Implantate sich in der gleichen Umgebung befinden, ähneln sich auch die Bakterienstämme von Parodontitis und Periimplantitis.⁶⁴ Jedoch konnte man bei Implantaten mit Periimplantitis auch Bakterien finden, die nicht mit der Parodontitis assoziiert werden.¹⁰³ In der Forschung wird vor diesem Hintergrund vermutet, dass sich Periimplantitis und Parodontitis nicht grundsätzlich unterscheiden.⁵⁴ Beide Erkrankungen entstehen aufgrund eines vorhandenen bakteriellen Biofilms.⁵⁴ Die Antwort des Körpers auf diesen Biofilm ist die gleiche.⁵⁴ Man geht allerdings davon aus, dass aufgrund von strukturellen Unterschieden des periimplantären und parodontalen Gewebes das Ausmaß der Wirtsantwort anders ausfällt.⁶⁴ Das periimplantäre Gewebe weist zum Beispiel eine geringere Durchblutung auf und es konnte beobachtet werden, dass die Entzündungsreaktion des periimplantären Gewebes ausgeprägter ist als die des Parodontiums.⁶⁴

Periimplantäre Mukositis wird mit einer Prävalenz von ca. 43 Prozent angegeben³⁹ und kann klinisch durch sichtbare Schwellung, Rötung und Blutung des Weichgewebes auf Sondierung diagnostiziert werden.⁶⁹ Periimplantitis hat eine Häufigkeit von ca. 22 Prozent³⁹ und wird sowohl klinisch, als auch im Röntgenbild festgestellt.⁶⁹ Eine Entzündung kann mit Pus-Austritt vorliegen, außerdem sind vertiefte Taschen bei Sondierung festzustellen.⁶⁹ Essentiell für die Diagnose einer Periimplantitis ist ein im Röntgenbild sichtbarer Knochenabbau.⁶⁹

Die Bestimmung eines Grenzwertes für pathologische Sondierungstiefen oder Knochenabbau ist in der aktuellen Forschung kontrovers.⁶⁵ *Nguyen-Hieu et al.* empfehlen bei Sondierungstiefen von ≥ 5 mm ein Röntgenbild anzufertigen, da dies auf periimplantären Knochenabbau hinweisen könne.⁸⁹ Nach *Albrektsson* und *Isidor* soll im ersten Jahr der Belastung weniger als 1,5 mm Knochen abgebaut werden.³ Danach sehen die beiden Autoren ein jährlicher Abbau von 0,2 mm oder mehr als pathologisch an.³ Im Gegensatz hierzu haben andere AutorInnen strengere Grenzen und stufen Sondierungstiefen von ≥ 4 mm^{61,82} und einen Knochenabbau von mehr als 2 mm generell als pathologisch ein.⁶¹

Da im apikalen Bereich der Implantate meist noch ausreichende Osseointegration vorhanden ist, kommt es bei Periimplantitis oftmals nicht zur Lockerung der Implantate.⁸² Wenn dies doch der Fall ist, wird dies als absolutes Versagen des Implantates gewertet

und das Implantat muss entfernt werden.⁸²

Bakterielle Plaquesbesiedlung wird als Auslöser für periimplantäre Mukositis angesehen.¹⁰² Außerdem gelten Rauchen und Bestrahlungstherapie als zusätzliche Risikofaktoren.¹⁰² Generell scheint die Ausbildung einer periimplantären Mukositis mit dem Ausmaß der Bakterienbesiedlung und der Anfälligkeit des einzelnen Individuums zusammenzuhängen.¹⁰²

PatientInnen mit mangelnder Mundhygiene und vorhandener Parodontitis an natürlichen Zähnen haben ein höheres Risiko für Periimplantitis.⁵³ Man geht davon aus, dass natürliche Zähne als Bakterienreservoir dienen können und so die bakterielle Besiedlung von Implantaten begünstigen.¹⁰³ Rauchen stellt ebenfalls einen großen Risikofaktor für Periimplantitis dar.⁸⁹ Nicht entfernte Zementreste bei zementiertem Zahnersatz können ebenfalls die Ausbildung einer Periimplantitis begünstigen.¹⁰³

Bis heute gibt es keine ideale Therapie für Periimplantitis.¹¹⁹ Die Erkrankung gilt als schwer zu therapieren und die Therapieergebnisse sind nicht vorhersagbar.⁶⁹ Daher wird die Prävention der Erkrankung als wichtigstes Instrument angesehen.¹¹⁹ Regelmäßige zahnärztliche Kontrollen inserierter Implantate sind obligat, insbesondere um spätere Implantatverluste zu verhindern.¹³² Neben Mundhygieneinstruktionen der PatientInnen und der Erhebung klinischer Parameter zur Gesundheitsbestimmung des periimplantären Gewebes, werden auch jährliche Röntgenaufnahmen der Implantate empfohlen.¹³²

1.3.2 Implantatverlust

Dentale Implantate weisen in der heutigen Zeit hohe Überlebenswahrscheinlichkeiten auf.⁴⁷ Langzeitstudien dokumentieren eine Überlebensrate von ca. 95 Prozent in einem Untersuchungszeitraum von mindestens zehn Jahren.^{45,84} Dies bedeutet allerdings, dass ebenso etwa fünf Prozent der gesetzten Implantate verloren gehen.

Implantatverluste bzw. –Misserfolge werden grundsätzlich in vier Kategorien unterteilt.⁴¹ Die mechanische Misserfolge beinhalten, erstens, materialbedingte Komplikationen wie z.B. Implantatfrakturen.¹³² Iatrogenes Versagen betrifft, zweitens, Implantate, die prothetisch nicht nutzbar sind.⁴¹ Außerdem fallen darunter Implantate, bei denen es in der Implantatoperation zur Verletzung nervaler Strukturen gekommen ist.⁴¹ Drittens kann es vorkommen, dass Implantate aufgrund mangelnder Adaptation der PatientInnen entfernt werden müssen.⁴¹ Schließlich stellt das biologische Scheitern eines Implantates die wichtigste Kategorie dar. Biologisch scheiternde Implantate zeichnen sich durch den Verlust der Knochenintegration aus.⁴⁷ Sie werden in frühe bzw. primäre Verluste und

späte bzw. sekundäre Verluste eingeteilt.⁴⁷ Diese Unterscheidung beruht auf einer zeitlichen Einteilung. Die Grenze zwischen den beiden Kategorien stellt die Eingliederung des Zahnersatzes, also die funktionelle Belastung des Implantates, dar.⁴³ Bei frühen Implantatverlusten findet vor der Belastung des Implantates keine Osseointegration statt.⁴¹ Es kommt zu kaum bzw. keiner Knochenheilung, sodass sich Bindegewebe zwischen Implantat und umliegenden Knochen bildet.⁴⁷ Die Gründe dafür sind eine verminderte osteogenetische Reaktion des Körpers zusammen mit endogenen und exogenen Risikofaktoren.⁴² Endogene Faktoren sind patientenbezogen und können systemische Aspekte sein, wie z.B. Rauchen oder Allgemeinerkrankungen.⁴² Außerdem spielt eine verminderte Wundheilung eine große Rolle.^{47,43} Ein höheres Risiko für frühen Implantatverlust stellt auch eine vorangeschrittene Parodontitis dar.⁹² Lokalen Einfluss auf frühe Verluste können u.a. die Knochenqualität,^{78,126} und die Verhaltensweisen der PatientInnen (z.B. Bruxismus oder schlechte Mundhygiene) haben.¹²⁶ Exogene Faktoren beziehen sich zum einen auf materialbezogene Aspekte und auf den/die OperateurIn bzw. die Behandlung selbst.⁴² Kurze Implantate (unter 10 mm) gehen häufig früh verloren,^{47,60,92} genauso wie Implantate ohne Gewinde.³⁰ Eine große Rolle spielt zudem die Erfahrung der/des Zahnärztin/Zahnarztes beim Inserieren von Implantaten.^{30,47} Ebenso ist die präoperative Planung und eine sorgfältige, möglichst minimalinvasive und sterile Operationstechnik wichtig.¹²⁶ Ferner ist die zu frühe Belastung eines Implantates kontraproduktiv,⁴³ sowie eine fehlende Primärstabilität.³⁰

Bei späten Verlusten, also der Verlust nach Belastung des Implantates, kann die erfolgte Osseointegration nicht aufrechterhalten werden.⁴¹ Hauptsächlich sind es zwei Faktoren, die zu einem späten Verlust führen: Überbelastung oder Periimplantitis (siehe 1.3.1).⁴³ Überdies ist eine Kombination von beiden möglich.⁴⁴ Durch den Verlust der Osseointegration kommt es zu einer zunehmenden Beweglichkeit des Implantates und zu einer radiologisch sichtbaren Aufhellung um das Implantat (siehe Abbildung 1.5).⁷⁸ Die okklusale Überbelastung der Implantate kann vermehrt zu späten Implantatverlusten führen,¹²⁶ z.B. bei Bruxismus.⁴⁴

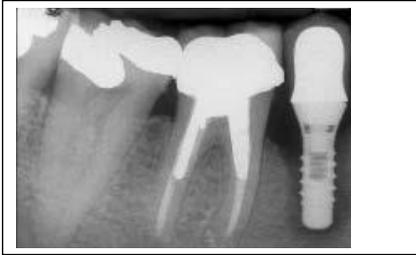


Abbildung 1.5 Romeo et al.¹⁰⁸ Röntgenbild von einem Implantat mit verlorener Osseointegration

Die Entscheidung, dass ein Implantat entfernt werden muss, wird sowohl anhand klinischer, als auch röntgenologischer Aspekte getroffen.⁷⁷ Im Allgemeinen werden Implantate bei Schmerzen unter Belastung und bei Beweglichkeit entfernt.⁷⁷ Krestaler Knochenabbau über die Hälfte der Implantatlänge und andauerndes Exsudat aus dem periimplantären Gewebe stellen ebenso Explantationsgründe dar.⁷⁷

1.3.3 Erfolgskriterien

Implantate gelten als erfolgreich, wenn sie zuvor definierten Erfolgskriterien gerecht werden.⁴¹ Ein Misserfolg liegt grundsätzlich dann vor, wenn die Leistung eines Implantates unter ein zu tolerierendes Level fällt.^{41,47} Der Verlust eines Implantates stellt eindeutig den Misserfolg des Implantates dar.¹²⁶ Im Umkehrschluss bedeutet das aber nicht, dass vorhandene Implantate als erfolgreich eingestuft werden können. Jedes Implantat muss unter Berücksichtigung der definierten Erfolgskriterien untersucht werden, andernfalls kann es nur als ein überlebendes Implantat bezeichnet werden.⁴¹ Werden die Kriterien nicht erfüllt, gilt das Implantat als Misserfolg.¹³²

Trotzdem führen viele Forschungsarbeiten das Überleben eines Implantates als Haupterfolgskriterium an. Es wird argumentiert, dass der Implantatverlust sicher und eindeutig bestimmbar sei.¹³² Dies ist zwar naheliegend, jedoch ist dieses Kriterium nur begrenzt valide. Denn so wird nur berücksichtigt, welche Implantate sich nach einer bestimmten Zeit noch im Mund befinden; nicht in welchem Zustand diese Implantate sind.²⁴ Deswegen ist die reine Überlebensrate nicht ausreichend für die Beschreibung und Bewertung des Implantationserfolgs.¹³²

Da es zurzeit keine internationale Übereinkunft über die Definition von Erfolg in der Implantologie gibt, findet man in der Literatur eine Vielzahl unterschiedlicher Erfolgskriterien.²⁴

Im Folgenden werden fünf internationale anerkannte Erfolgskriterien vorgestellt.

National Institute of Health (NIH) – Erfolgskriterien¹¹⁵

Diese Kriterien beinhalten subjektive und objektive Kriterien. Als subjektive Aspekte soll eine ausreichende Funktion des Implantats gegeben sein und keine Beschwerden vorliegen. Außerdem soll eine Verbesserung der Ästhetik und der emotionalen und psychologischen Verfassung erreicht worden sein.

Die objektiven Aspekte beinhalten:

- Knochenverlust nicht mehr als 1/3 der Implantatlänge
- Gutes okklusales Gleichgewicht und vertikale Dimension
- Gingivale Entzündung ist behandelbar
- Weniger als 1 mm Beweglichkeit in jede Richtung
- Keine Beschwerden oder Infektion
- Benachbarte Zähne wurden nicht verletzt
- Keine Parästhesien, Verletzung des Mandibularkanals, des Sinusbodens oder des Nasenbodens
- Gesundes Bindegewebe

Erfolgskriterien nach *Albrektsson*⁷

Albrektsson et al. postulierten folgende Kriterien:

- Keine Mobilität des einzelnen Implantates
- Keine periimplantäre Radioluzenz sichtbar
- Der vertikale Knochenabbau beträgt weniger als 0,2 mm jährlich nach dem ersten Jahr unter Belastung
- Keine anhaltenden oder irreversiblen Symptome wie Schmerzen, Infektionen, Neuropathien, Parästhesien oder Verletzung des Mandibularkanals

Erfolgskriterien nach *Smith* und *Zarb*¹²⁰

Hier wurden fünf Kriterien definiert, welche für ein erfolgreiches Implantat vorliegen müssen:

- Das unverbundene Implantat weist keine Mobilität auf
- Keine sichtbare Radioluzenz
- Weniger als 0,2 mm Knochenverlust jährlich nach dem ersten Jahr unter Belastung
- Keine anhaltenden Schmerzen, Beschwerden oder Infektionen
- Planung lässt die Versorgung mit Zahnersatz zu, welche für PatientIn und

Zahnarzt/Zahnärztin zufriedenstellend ist

Erfolgskriterien nach Buser²⁷

Die Kriterien enthalten folgende Aspekte:

- Keine subjektiven Beschwerden wie Schmerzen, Fremdkörpergefühl oder Dysästhesie
- Keine wiederkehrende eiterige Infektion
- Keine Mobilität
- Keine durchgehende Radioluzenz um das Implantat
- Möglichkeit zur prothetischen Belastung ist gegeben

Gesundheitsskala nach Misch⁷⁷

Misch et al. haben eine Gesundheitsskala entwickelt, mit der Implantate anhand vier Gruppen bewertet werden: Erfolg, zufriedenstellendes Überleben, beeinträchtigtes Überleben und Misserfolg. Grundlage dieser Gruppen sind klinische und röntgenologische Aspekte.

Für ein erfolgreiches Implantat dürfen keine Schmerzen unter Funktion, Exsudation oder Beweglichkeit vorliegen. Außerdem soll röntgenologisch nicht mehr als 2 mm Knochenabbau seit Implantation sichtbar sein. Zufriedenstellend überlebende Implantate haben stattdessen einen Knochenabbau von mehr als 2 mm, bis höchstens 4 mm. Die Gruppe des beeinträchtigten Überlebens betrifft Implantate, welche mehr als 4 mm Knochenabbau und Sondierungstiefen von mehr als 7 mm aufweisen. Außerdem können Empfindlichkeiten bei Belastung oder gelegentliche Exsudation vorliegen.

Implantate werden als Misserfolg gewertet, wenn eine der folgenden Faktoren vorliegt:

- Schmerz bei Belastung
- Beweglichkeit
- Knochenverlust von mehr als 50 Prozent der Implantatlänge
- Unkontrolliertes Exsudat
- Bereits entfernte Implantate

1.4 Knochenaufbau

Unstrittig ist, dass eine erfolgreiche Implantation nur mit ausreichendem Knochenangebot gelingen kann.⁷⁴ Durch Atrophie, aber auch durch Parodontitis oder Trauma kann zu wenig Knochen vorhanden sein, um eine unter funktionellen und

ästhetischen Gesichtspunkten adäquate Versorgung durch Implantate zu gewährleisten.²⁹ Sowohl in vertikaler, als auch in horizontaler Richtung muss genug Knochen vorhanden sein, um Implantate zu stabilisieren⁴⁰ und das Einsetzen von Implantaten einer gewissen Dimension zu ermöglichen.¹³⁶ Implantate sollten mindestens 10 mm lang sein und einen Durchmesser von 3 mm aufweisen.¹³⁶

Vor einer gewünschten Implantation muss eine umfangreiche, individuelle chirurgische und prothetische Planung erfolgen, da Implantate dort gesetzt werden sollen, wo sie gebraucht werden.¹³² Um eine optimale supraimplantäre Versorgung herzustellen, kann die ideale Implantatposition auch in Regionen von wenig Knochenangebot liegen.⁷⁴ Deshalb ist es in solchen Fällen notwendig, den Knochen chirurgisch aufzubauen, um genügend Knochen für die Implantation zur Verfügung zu haben.⁷⁴

Bei zunehmender Atrophie nach Zahnverlust kann es im Oberkiefer vorkommen, dass lediglich eine dünne Knochenschicht die Kiefer- und Nasenhöhle abgrenzt.¹⁰⁵ Im Unterkiefer kann Atrophie dazu führen, dass der Nervus alveolaris inferior direkt unter der Schleimhaut liegt.¹⁰⁵ Die Vergrößerung des Knochenangebots durch operativen Knochenaufbau verhindert, dass diese anatomischen Strukturen bei der Implantation verletzt werden.

1.4.1 Augmentationstechniken

Es gibt eine Reihe von Operationstechniken für den präimplantologischen Knochenaufbau. Zu den häufig angewendeten Verfahren gehören die im Folgenden erläuterten Techniken, welche bei unterschiedlichen Knochenverhältnissen angewendet werden können.

Sinuslift

Durch die Sinuslift-Operation kann im Oberkiefer in der vertikalen Ebene eine ausreichende Knochenhöhe für eine Implantation hergestellt werden.¹⁰⁵ Bei dieser routinemäßig durchgeführten Operationstechnik wird der Boden des Sinus maxillaris angehoben.³⁵ Der Zugang zur Kieferhöhle kann von lateral oder transalveolär (intern) erfolgen.³⁵

Der sogenannte interne Sinuslift wird bei der Implantatbohrung durchgeführt.¹³⁶ Die Bohrung endet kurz vor Durchbrechung des Sinusbodens und es wird durch das Klopfen mit einem Osteom eine Infraktur des Bodens hervorgerufen.¹³⁶ Der so mobilisierte Knochen kann dann nach kranial bewegt werden, um den dadurch erzeugten Raum wiederum mit Knochen zu füllen.¹³⁶

Bei der lateralen Technik wird über einen intraoralen Schnitt die Kieferhöhlenwand dargestellt und anschließend durch Osteotomie ein Fenster zur Kieferhöhle gebildet.¹⁰⁵ Die Kieferhöhlenschleimhaut wird vorsichtig von ihrer knöchernen Unterlage gelöst, wobei die Schleimhaut möglichst nicht perforiert werden soll.¹⁰⁵ Die Schleimhaut kann dann nach kranial verlagert werden.¹⁰⁵ In den entstandenen Hohlraum kann anschließend Knochen oder Knochenersatzmaterial eingebracht werden.¹⁰⁵ Meist folgt eine Einheilphase von vier bis sechs Monaten.¹⁰⁵

Onlay-Osteoplastik

Durch diese Technik ist es möglich, die Höhe sowie die Breite des vorhandenen Knochens zu steigern.⁴⁰ Dabei werden Knochentransplantate, die aus verschiedenen Regionen des Körpers gewonnen werden können, dem vorhandenen Knochen aufgelagert und mit Schrauben befestigt.¹³⁶ Ein großer Vorteil dieser Technik ist die Tatsache, dass auf diese Weise große Mengen Knochen auf eine vorhersehbare Weise generiert werden können.²⁹ Daher empfiehlt sich die Onlay-Osteoplastik speziell bei ausgeprägter Atrophie.^{29,105,136}

Es erfolgt zunächst ein Kieferkammschnitt, wodurch der Alveolarkamm dargestellt wird.¹⁰⁵ Nach Anpassung der Transplantate wird das Wundgebiet angefrischt und die Knochenblöcke mittels Osteosyntheseschrauben fixiert.⁴⁰ Durch das Anfrischen der Wundränder soll sich ein Blutgerinnsel zwischen dem Empfängerbett und dem Transplantat bilden,⁴⁰ um auf diesem Wege die Menge der Zellen, die für das Einwachsen des Transplantates benötigt werden, zu erhöhen.⁷⁴ Die Stabilisierung der Blöcke und deren direkter Kontakt zum Empfängerbett ist wichtig für ein erfolgreiches Ergebnis.⁷⁴

Da die Atrophie im Oberkiefer, wie unter 1.2 beschrieben, nach innen gerichtet ist, reicht in diesen Fällen im Oberkiefer ein reiner Sinuslift nicht aus, weil die Implantate sonst zu weit palatinal gesetzt werden müssten.²⁹ Daher wird die Sinuslift-Operation häufig mit einer Onlay-Plastik kombiniert.²⁹

Distraktionsosteogenese

Diese Technik eignet sich besonders für Knochenabschnitte mit mindestens drei fehlenden Zähnen und bei vertikalen Defekten.⁷⁴ Sie kommt ohne Knochentransplantate aus, benötigt aber eine Restknochenhöhe von 6-7 mm über vitalen Strukturen (z.B. der Kieferhöhle).⁷⁴

Die Distraktionsosteogenese beinhaltet das schrittweise und kontrollierte Auseinanderbewegen von zwei Knochenfragmenten, welche zuvor durch eine operativ erzeugte Fraktur hergestellt wurden.⁴⁰ Ein Distraktor bewegt die Fragmente täglich 1 mm

auseinander,⁷⁴ sodass sich im Spalt unreifer, nicht kalzifizierter Knochen bildet.⁴⁰ Zur Knochenreifeung folgt nach der Distraktionsphase die Konsolidationsphase.⁷⁴ Durch die Distraktionsosteogenese kann ein vertikaler und/oder horizontaler Knochengewinn erzeugt werden,⁷⁴ der aber eine hohe Resorptionsrate aufweist, sodass überkompensiert werden sollte.²⁹

1.4.2 Aufbaumaterialien

Zur Kieferknochenaugmentation können Knochentransplantate unterschiedlicher Herkunft und aus verschiedenen Materialien verwendet werden. Es gibt vier Transplantattypen. Autologer Knochen (1) entstammt vom gleichen Individuum wie der Empfänger, wohingegen allogener Knochen (2) von der gleichen Spezies, aber von einem anderen Individuum stammt.⁸ Xenogene Transplantate (3) sind von einer anderen Spezies und alloplastische Materialien (4) sind synthetisch hergestellte Knochenersatzmaterialien.⁸

Grundsätzlich gibt es drei wichtige Eigenschaften von Transplantaten: Osteogenese, Osteoinduktion und Osteokonduktion.⁴⁹ Osteogenese beschreibt die Bildung neuen Knochens durch lebende Stammzellen bzw. Osteoblasten- und Osteoklastenvorläuferzellen, die sich im Transplantat selbst befinden.³⁴ Bei Osteoinduktion werden Stammzellen des Wirts durch degenerierende Knochenbestandteile des Transplantates zur Einwanderung ins Transplantat angeregt, die sich dann zu knochenbildenden Zellen differenzieren.¹²⁹ Durch den Begriff Osteokonduktion wird ausgedrückt, dass das Transplantat als Gerüst fungiert.⁸ Es vereinfacht das Einwachsen von Kapillaren und das Einwandern von Zellen, die zur Knochenbildung benötigt werden.⁸ Hierbei handelt es sich um einen passiven Prozess, der durch die dreidimensionale Struktur der Transplantates begünstigt wird.⁸

Autologe Transplantate, also körpereigener Knochen, weist alle drei aufgezählten Eigenschaften auf.^{8,49} Durch die im Transplantat enthaltenen vitalen Zellen wird der Um- und Neubau des Knochens gefördert.⁸ Außerdem besteht kein Risiko der Übertragung von Krankheiten und es findet keine Immunreaktion gegen das Transplantat statt.²⁰ Aus diesen Gründen stellt autologer Knochen den Goldstandard bei Knochentransplantationen dar.^{8,20,40,49,74} Nachteilig ist allerdings, dass für die Knochengewinnung eine weitere Operation notwendig ist.²⁹ Intraoral stellen die Kinn- und Retromolarenregion Entnahmestellen dar, wobei dort lediglich geringe Knochenmengen zu gewinnen sind.¹⁰⁵ Extraoral werden u.a. der Beckenkamm, die Schädelkalotte oder die Fibula zur Knochengewinnung herangezogen.¹⁰⁵ Aufgrund der

guten Qualität und großen Menge verfügbaren Knochens wird Beckenkammknochen besonders häufig als Transplantat verwendet.⁴⁹ Hierbei sind jedoch postoperative Beschwerden durch die Knochenentnahme nicht selten,⁷⁴ wie z.B. Gangstörungen²⁹, kosmetische Beeinträchtigung durch Narbenbildung und Schmerzen.⁴⁹ Da es nach der Transplantation zu Resorptionsvorgängen kommt, wird empfohlen, eher zu große Transplantate zu verwenden.²⁹

Ein allogenes Transplantat ist Knochengewebe von einem anderen Menschen.⁸ Da hier die Gefahr von Krankheitsübertragung und die Auslösung einer Immunreaktion gegen das körperfremde Gewebe hoch ist, werden keine frischen Transplantate verwendet.⁴⁹ Durch Sterilisation und Gefriertrocknung werden die Risiken deutlich gesenkt.⁴⁹ Allerdings führen diese Prozesse auch zur Abtötung der vitalen Zellen, sodass allogene Transplantate hauptsächlich osteokondutive Eigenschaften aufweisen.⁴⁹ Die osteoinduktiven Fähigkeiten sind höchstens mittelmäßig.²⁰

Xenogene Transplantate entstammen einer anderen Spezies und werden oftmals von Rindern gewonnen.⁷⁴ Sie werden ebenfalls so prozessiert, dass sie keine organischen Bestandteile mehr enthalten.⁴⁰ Dadurch haben sie lediglich osteokondutive Eigenschaften.⁷⁴ Ob Krankheitsübertragungen und Immunreaktionen eine Rolle spielen, ist umstritten.⁴⁰

Alloplastische Materialien werden aus verschiedenen Stoffen, wie z.B. Kalziumphosphat-Komponenten oder Keramiken, synthetisch hergestellt.⁷⁴ Sie weisen keine osteogenetische oder osteoinduktive, dafür aber hohe osteokondutive Eigenschaften auf.²⁰ Hier besteht keine Gefahr der Krankheitsübertragung bei der Transplantation.⁷⁴

Allogene, xenogene und alloplastische Transplantate werden mit dem Begriff Knochenersatzmaterialien zusammengefasst und haben den Vorteil, dass keine zusätzliche Operation zur Knochenentnahme notwendig ist.⁸ Außerdem ist die Quantität der Transplante nicht begrenzt.⁸ Allerdings dienen sie durch ihre hauptsächlich osteokondtiven Eigenschaften lediglich als Baugerüst für die Knochenheilung und können daher in ihrer Qualität nicht als gleichwertig zu autologem Knochen angesehen werden.⁸

1.5 Plättchenreiches Plasma

Um bessere Ergebnisse von Knochenaufbauoperationen zu erzielen und die Beeinträchtigung der PatientInnen zu verringern, wird stetig versucht, die Augmentationstechniken zu verbessern und effizienter zu gestalten.¹²⁴ Marx et al.

zeigten 1998 erstmals, dass es bei der intraoperativen Verwendung von Plättchenreichem Plasma (PRP) zu einer schnelleren Knochenheilung im autologen Transplantat kommt.⁷² Seither wurden viele weitere Studien durchgeführt, die den Effekt von PRP in diesem Zusammenhang untersuchen.

PRP ist ein autologes Konzentrat von humanen Plättchen in einer geringen Menge Plasma.⁴⁸ Es weist eine drei- bis fünffach höhere Plättchenkonzentration als normales Blut auf.¹³⁵ Die in den Plättchen enthaltenen Wachstumsfaktoren spielen eine große Rolle bei der Wundheilung,⁹ daher wird PRP in der Implantologie zur Verbesserung der Knochenregeneration verwendet.⁹³

Blutplättchen sind an der Blutgerinnung beteiligt.⁹ Sie sind Fragmente der Megakaryozyten, werden im Knochenmark gebildet und stellen die kleinsten Blutzellen dar.⁹ Obwohl sie keine Zellkerne besitzen, enthalten die Zellen eine Vielzahl von Zellorganellen, Mikrotubuli und intrazellulärer Granula.⁹ Die Granula macht ca. zehn Prozent des Volumens eines Plättchens aus⁷⁰ und enthält ungefähr 30 verschiedene bioaktive Proteine.⁹ Diese Proteine haben bei ihrer Ausschüttung eine fundamentale Funktion bei der Hämostase und Gewebeheilung.⁹ Durch Verletzungen von Blutgefäßen wird Fibrin gebildet, was wiederum die Plättchenaggregation auslöst.⁹ Dadurch beginnt das Blut zu koagulieren.⁹ Durch die Aggregation werden die Plättchen dazu angeregt, den Inhalt der Granula auszuschütten.⁹

Die ausgeschütteten Proteine sind Wachstumsfaktoren, hämostatische Faktoren und andere Zytokine.⁷⁰ Zu den sezernierten Wachstumsfaktoren gehören z.B. der Blutplättchen-Wachstumsfaktor (Platelet-derived growth factor, PDGF) und der insulinähnlicher Wachstumsfaktor (Insulin-like growth factor, IGF). Sie sind wichtig für den Ablauf der Wundheilung.⁷¹ Die Wachstumsfaktoren binden an Rezeptoren anderer Zellmembranen und lösen dadurch komplexe Signalwege aus, welche zur Stimulation oder Inhibition von Zellproliferation und –Differenzierung führen können.⁷⁰ PDGF stimuliert zum Beispiel die Revaskularisierung, die Kollagensynthese und die Knochenregeneration.¹³⁵ Außerdem regt es Zellen zu Zellteilung an.¹³⁵ Durch IGF wird das Zusammenspiel von Knochenaufbau und Knochenresorption gesteuert.¹³⁵

Zur Herstellung von PRP wird eine venöse Eigenblutspende entnommen.⁷⁰ Anschließend werden mittels einer Zentrifuge die Blutbestandteile voneinander getrennt und die Plasmaschicht als PRP gewonnen.⁷⁰ Vor der Verwendung muss das PRP mit Thrombin und Kalziumchlorid aktiviert werden, damit die Plättchen die Wachstumsfaktoren ausschütten.⁹ Da die Ausschüttung der Granula innerhalb von zehn Minuten nach Aktivierung geschieht, sollte PRP in dieser Zeit verwendet werden.⁷¹

1.5.1 Verwendung von PRP bei Kieferaugmentation mit autologem Knochen

In der Zahnmedizin findet man PRP in mehreren Anwendungsbereichen.⁹⁸ Es wird z.B. bei parodontalen Knochendefekten und zur Nachbehandlung von Extraktionswunden, aber auch bei der Augmentation von Kiefern verwendet.⁹⁸ Man geht davon aus, dass PRP aufgrund der Wirkungen der Wachstumsfaktoren die Knochenheilung beschleunigt und Resorptionsvorgängen entgegenwirkt.¹²⁴ Darüber hinaus erhofft man sich eine schnellere und bessere Knochenneubildung, das vermehrte Einwachsen von Blutgefäßen in die Transplantate und schließlich eine verkürzte Behandlungszeit.²¹ Um diese Effekte zu belegen, wurde in vielen Studien der Einfluss von PRP auf den augmentierten autologen Knochen untersucht.

Die Studie von *Aimetti et al.* involvierte vier PatientInnen, bei denen ein bilateraler Knochenaufbau im Oberkiefer erfolgte.² Im Sinne des Split-Mouth-Designs wurde PRP nur auf einer Körperseite verwendet.² Die Autoren konnten einen höheren Knoche-Implantat-Kontakt auf der PRP-Seite nachweisen.²

Consolo et al. untersuchten an 17 PatientInnen den Effekt von PRP auf die Knochenregeneration.³² Die PatientInnen erhielten beidseitig Sinuslift-Operationen mit autologem Knochen. Dieser wurde auf einer Seite mit PRP angereichert.³² Es erfolgte eine radiologische und histologische Auswertung der Knochendichte.³² Die Autoren dokumentierten auf der PRP Seite eine erhöhte Knochendichte und vermehrte Knochenaktivität.³² Allerdings beobachteten sie auch, dass der positive Effekt von PRP nach ca. sechs Monaten abnimmt.³²

In der Studie von *Khairy et al.* wurden an 15 PatientInnen untersucht, ob durch die Verwendung von PRP eine bessere Knochenqualität erreicht werden kann.⁵⁸ Dazu erfolgten Sinuslift-Operationen mit autologem Knochen.⁵⁸ In der Testgruppe wurde zusätzlich PRP verwendet.⁵⁸ Nach drei Monaten konnten die Autoren keinen positiven Effekt von PRP nachweisen, sie konnten jedoch nach sechs Monaten eine erhöhte Knochendichte in der PRP-Gruppe entdecken.⁵⁸

Bettega et al. beschäftigten sich mit der Frage, ob die Verwendung von PRP bei Sinuslift-Operationen mit autologem Knochen zu einer höheren Knochenbildung führt.¹⁹ Dazu erfolgte die beidseitige Behandlung von 18 PatientInnen im Split-Mouth-Design.¹⁹ Der Knochen wurde histologisch und radiologisch untersucht.¹⁹ Die mittels Computertomographie (CT) ermittelte Knochendichte unterschied sich in den beiden Gruppen statistisch nicht signifikant und histologisch konnte kein Unterschied festgestellt werden.¹⁹

Die Forschungsarbeiten von *Raghoobar et al.* prüften den Effekt von PRP auf die Remodellation von autologen Knochentransplantaten.⁹⁹ Dazu erfolgte bei fünf

PatientInnen eine beidseitige Kieferknochenaugmentation, wobei PRP an einer zufällig ausgewählten Körperseite verwendet wurde.⁹⁹ Die Autoren konnten keine Verbesserung der Wundheilung oder der Knochen-Remodellation bei der Verwendung von PRP feststellen.⁹⁹

Die vorliegenden Studien können die Wirksamkeit von PRP in der präprothetischen Chirurgie folglich nicht eindeutig belegen. Laut *Aurora* et al. liegt dies vor allem an der mangelnden Standardisierung des Studienaufbaus und an den zu kleinen Populationsgrößen.¹² *Schaaf* et al. führten daher eine kontrollierte Studie mit 53 PatientInnen durch,^{112,111} die im Folgenden ausführlich erläutert wird.

1.6 Zusammenfassung der vorangegangenen Studie

1.6.1 Studiendesign und Ablauf der Studie

Um den Einfluss von PRP auf die Knochendichte zu untersuchen, wurde im Zeitraum von 2001 bis 2004 eine bizenrische klinische randomisierte Studie an den Universitätskliniken Gießen und Erlangen durchgeführt.¹¹⁰ Bei 53 PatientInnen mit atrophiertem Oberkiefer (siehe Abbildung 1.6 und Abbildung 1.7) wurde eine Sinuslift-Operation, wenn notwendig in Kombination mit einer Onlay-Osteoplastik, durchgeführt.¹¹⁰ Die PatientInnen wurden zufällig auf die Untersuchungsgruppe (Augmentation mit PRP) oder auf die Kontrollgruppe (Augmentation ohne PRP) aufgeteilt.¹¹⁰ Aufgrund des dentalen Befundes wurden 19 PatientInnen einseitig operiert, die übrigen 34 PatientInnen bilateral im Split-Mouth-Design.¹¹⁰ Dies bedeutet, dass eine Kieferseite mit PRP, die andere Seite ohne PRP behandelt wurde.¹¹⁰ Die Entscheidung, welche Seite mit PRP behandelt wurde, erfolgte ebenfalls randomisiert.¹¹⁰



Abbildung 1.6 Atrophierter Oberkiefer: klinische Situation



Abbildung 1.7 Atrophierter Oberkiefer: Darstellung im Röntgenbild

Vor der ersten Operation wurde das PRP nach einem standardisierten Protokoll aus einer Eigenblutspende der PatientInnen generiert.¹¹⁰ Die anschließende Augmentation wurde mit autogenen Beckenkammtransplantaten durchgeführt.¹¹⁰ Bei der Entnahme der Transplantate von anterior oder posterior erfolgte eine Biopsie vom Knochen zur späteren histologischen Untersuchung mittels Trepanbohrung.¹¹⁰

Für die Onlay-Osteoplastik wurden die Transplantate mit Osteosyntheseschrauben fixiert (siehe Abbildung 1.8).¹¹⁰ Der Sinuslift erfolgte mit gemahlener Beckenkammspongiosa.¹¹⁰ Bei der Untersuchungsgruppe wurde die gemahlene Spongiosa zusätzlich mit PRP vermengt.¹¹⁰

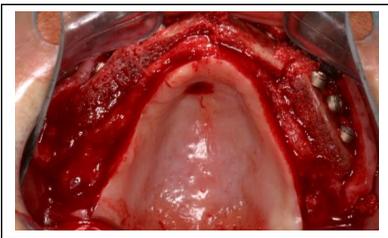


Abbildung 1.8 Erste Operation: Verschraubte Beckenkammtransplantate im Oberkiefer

Nach einer Einheilphase von vier Monaten wurden die Implantate mit Hilfe einer Bohrschablone inseriert (siehe Abbildung 1.9).¹¹⁰ Diese wurde durch 3D-Planung mit einem während der Einheilzeit angefertigtem CT hergestellt.¹¹⁰ Im Zuge dieser zweiten Operation wurden wieder Biopsien aus der Transplantatregion auf jeder behandelten Seite entnommen.¹¹⁰ Die Biopsien wurden histomorphometrisch bezüglich der Knochendichte ausgewertet.¹¹⁰ Im CT wurde die Knochendichte ebenfalls gemessen.¹¹⁰



Abbildung 1.9 Zweite Operation: Insetierte Implantate, abgedeckt mit Einheitschrauben

Orthopantomogramme (OPGs) wurden ebenfalls zu verschiedenen Zeitpunkten aufgenommen: vor Augmentation (siehe Abbildung 1.7), nach Implantation (siehe Abbildung 1.10) und im Recall nach sechs Monaten.¹¹⁰ In diesen OPGs wurde die Alveolarkammhöhe gemessen.¹¹⁰ Außerdem wurden sechs Monate nach der Implantation im Rahmen der Nachuntersuchung die Sondierungstiefen und die Periotest®-Werte der Implantate ermittelt.¹¹⁰



Abbildung 1.10 Röntgenologische Situation nach Augmentation des Oberkiefers und Insertion der Implantate

Die Auswertung der Daten wurde durch die die Arbeitsgruppe Medizinische Statistik des Instituts für Medizinische Informatik durchgeführt.¹¹⁰ Die beidseitig behandelten PatientInnen wurden beidseitig ausgewertet.¹¹⁰ Zusätzlich erfolgte eine einseitige Auswertung mit allen PatientInnen.¹¹⁰ Dabei wurden die beidseitig behandelten PatientInnen nur mit einer zufällig ausgewählten Seite berücksichtigt.¹¹⁰

1.6.2 Ergebnisse

Insgesamt konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen festgestellt werden.¹¹⁰ Die Knochendichte war weder histomorphologisch, noch röntgenologisch signifikant höher bei der Verwendung von PRP. Ebenso variierten die Verlustrate, die Veränderungen der Alveolarkammhöhe und die klinischen Parameter zwischen den Gruppen nicht signifikant.¹¹⁰ *Schaaf* kam deswegen zu der Schlussfolgerung, dass PRP keinen Einfluss auf die Knochendichte und die Knochenregeneration hat.¹¹⁰

1.7 Stand der Forschung

In dieser Arbeit soll geklärt werden, ob durch die Verwendung von PRP bei der Augmentation mit autologem Knochen langfristig ein höherer Implantationserfolg erreicht werden kann. Zum jetzigen Zeitpunkt lassen sich wenige Studien finden, die sich mit diesem Thema beschäftigen. Oftmals wird die Überlebensquote von Implantaten nur am Rande angegeben, zudem sind selten Angaben zum Implantationserfolg zu finden.

Zunächst veröffentlichten *Velich* et al. 2004 eine Studie, welche die Langzeitergebnisse von verschiedenen Augmentationsmaterialien bei Sinuslift-Operationen untersuchte.¹³¹ Hier erhielten 624 PatientInnen Augmentationen mit unterschiedlichen Knochenersatzmaterialien.¹³¹ Bei einer der zehn Untersuchungsgruppen wurde der Knochenaufbau mit alloplastischem Knochenersatzmaterial und PRP durchgeführt.¹³¹ Der Nachsorgezeitraum dieser Studie lag zwischen ein bis fünf Jahren. In der PRP Gruppe wurde eine Verlustrate von 3,6 Prozent erfasst, was aber im Vergleich zu den anderen Gruppen statistisch nicht signifikant war.¹³¹

Robiony et al. untersuchten mit ihrer Studie in 2008 die Verwendung von PRP bei der Distractionosteogenese bezüglich der Überlebensrate.¹⁰⁶ Dazu wurden zwölf PatientInnen untersucht, die eine solche Behandlung erhielten, eine Kontrollgruppe gab es nicht.¹⁰⁶ Der Recall der Studie betrug fünf Jahre.¹⁰⁶ Nach dieser Zeit dokumentierten die Autoren eine Überlebensrate von 97,9 Prozent und eine Erfolgsrate nach *Albrektsson* von 91,5 Prozent.¹⁰⁶

Die in 2013 veröffentlichte Studie von *Dasmah* et al. beschäftigte sich vorrangig mit dem krestalen Knochenabbau von Implantaten.³⁶ Es wurden 15 PatientInnen untersucht, die im Split-Mouth-Design Knochenaufbau im anterioren Bereich der Maxilla mit autologen Beckenkammtransplantaten mit anschließender Implantation erhielten.³⁶ Auf der einen Seite erfolgte der Knochenaufbau mit gemahlene Knochenespänen vermengt mit PRP,

auf der anderen Seite mit Knochenblöcken ohne PRP.³⁶ Nach einer Beobachtungszeit von fünf Jahren gab es keine Implantatverluste.³⁶

Schwartz-Arad et al. prüften im Jahr 2014 in ihrer Studie das langfristige Implantatüberleben nach Augmentation mit PRP.¹¹⁶ Die Studie involvierte 214 PatientInnen, die Onlay-Augmentationen mit intraoral gewonnenem autologen Knochen im Ober- und Unterkiefer erhielten.¹¹⁶ Zusätzlich wurde mit PRP vermengtes xenogenes Knochenersatzmaterial verwendet.¹¹⁶ Die Studie wurde ohne eine Kontrollgruppe durchgeführt. Der Untersuchungszeitraum der inserierten Implantate betrug im Mittel 3,3 Jahre.¹¹⁶ Die Überlebensrate der Implantate betrug 93,4 Prozent, die kumulierte Überlebenswahrscheinlichkeit nach 11,4 Jahren dokumentierten die Autoren mit 83 Prozent.¹¹⁶

Das Langzeitüberleben von Implantaten nach Sinuslift mit PRP wurde in einer 2017 publizierten Studie von *Khouly* et al. beurteilt.⁵⁹ 67 Patienten erhielten Knochenaugmentationen mit xenogenem Knochen und PRP.⁵⁹ Die Studie wurde ohne eine Kontrollgruppe durchgeführt. Der Recall betrug durchschnittlich 7,2 Jahre.⁵⁹ *Khouly* et al. geben eine kumulierte Überlebenswahrscheinlichkeit von 89,9 Prozent an.⁵⁹

Zusammenfassend ist festzustellen, dass man zum jetzigen Zeitpunkt in der Literatur keine AutorInnen findet, die in einer kontrollierten Studie den Erfolg von Implantaten nach der Augmentation von PRP untersuchen. Die vorhandenen Erkenntnisse lassen keine validen Rückschlüsse auf die Langzeitergebnisse der Implantate zu. Hier setzt die vorliegende Arbeit an und untersuchte die PatientInnen aus der Studie von *SchAAF*¹¹⁰ zwischen November 2015 und März 2018 erneut. Die Studie wurde kontrolliert und randomisiert durchgeführt und umfasst einen Nachsorgezeitraum von durchschnittlich 12,7 Jahren. So trägt diese Arbeit wesentlich zum Erkenntnisgewinn zu Langzeiterfolgen von dentalen Implantaten nach der Augmentation mit PRP bei.

1.8 Fragestellung dieser Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, zu ermitteln, ob die Verwendung von PRP während der Augmentation des Oberkiefers langfristig Einfluss auf den Implantationserfolg nimmt. Um den Implantationserfolg zu untersuchen, wurden die Überlebensraten erhoben und die Erfolgskriterien nach *Buser*²⁷ und *Albrektsson*⁷ angewendet.

Die folgende Hypothese soll geprüft werden:

- Implantate, die in mit PRP augmentierten Knochen gesetzt wurden, weisen höhere Überlebensraten und Erfolgsquoten, definiert nach *Buser*²⁷ und *Albrektsson*⁷, auf.

Darüber hinaus wird untersucht, ob Implantate langfristig bessere klinische Parameter haben, wenn sie in mit PRP augmentierten Knochen gesetzt wurden. Auf diese Weise soll geklärt werden, ob die Behandlung des autogenen Knochentransplantates mit PRP ein besseres Therapieergebnis bringt und somit eine standardmäßige Verwendung von PRP vor der Implantation indiziert.

2 PatientInnen und Methode

2.1 Patientenkollektiv

Die Studie baut auf den Forschungsarbeiten von *Schaaf*^{f10} auf, daher wurden alle 53 PatientInnen in die Studie einbezogen. Die Tauglichkeit der PatientInnen zur Studienteilnahme wurde anhand der unten genannten Ein- und Ausschlusskriterien überprüft.

Einschlusskriterien

- vorherige Teilnahme an der Studie von *Schaaf*^{f10}

Ausschlusskriterien

- Schwangerschaft
- Allgemein schlechte körperliche Verfassung bzw. unzureichende Geschäftstüchtigkeit

2.1.1 Rekrutierung der PatientInnen

In der vorangegangenen Studie wurde eine Patientenliste erstellt, die nach Abschluss der Studie 15 Jahre beim Leiter der Studie verbleiben sollte.¹¹⁰ Mithilfe dieser Liste wurden die PatientInnen identifiziert und kontaktiert. Zunächst erfolgte die Kontaktaufnahme postalisch mit einem Anschreiben (siehe 10.1), bei Bedarf wurde auch telefonisch Kontakt aufgenommen. Bei Umzug wurde die aktuelle Meldeadresse der PatientInnen über eine Melderegisterauskunft erfragt.

2.2 Studiendesign

Die Studie wurde als eine kontrollierte randomisierte einfach-verblindete retrospektive Studie durchgeführt.

Untersuchungsgruppen und Randomisierung

Die Gruppeneinteilung der vorangegangenen Studie wurde übernommen. Dort wurde ein Teil der PatientInnen beidseitig im Split-Mouth-Design behandelt, die anderen

PatientInnen wurden einseitig behandelt.¹¹⁰

Die PatientInnen, die unilateral behandelt wurden, verteilte man je nach behandelter Seite zufällig auf eine Untersuchungs- bzw. Kontrollgruppe.¹¹⁰ Die bilateral behandelten PatientInnen wurden anhand ihrer Subgruppen („rechts mit PRP, links ohne PRP“ bzw. „rechts ohne PRP, links mit PRP“) stratifiziert.¹¹⁰ Dies erfolgte mittels Telefonrandomisation.¹¹⁰

Es gab also insgesamt sechs Untersuchungsgruppen:

- Gruppe 1: zweiseitig operiert, rechts mit PRP, links ohne PRP
- Gruppe 2: zweiseitig operiert, rechts ohne PRP, links mit PRP
- Gruppe 3: einseitig operiert rechts, mit PRP
- Gruppe 4: einseitig operiert rechts, ohne PRP
- Gruppe 5: einseitig operiert links, mit PRP
- Gruppe 6: einseitig operiert links, ohne PRP

Verblindung

Die Untersuchungen und Auswertungen der Röntgenbilder wurden von der gleichen Behandlerin durchgeführt. Die Gruppezugehörigkeit der PatientInnen wurde der Behandlerin erst nach Abschluss der Datenerfassung mitgeteilt, sodass eine Verblindung gewährleistet werden konnte.

Untersucherin und Kalibrierung

Um die Validität der Messungen sicherzustellen, wurde die Untersucherin vor Beginn der Datenerhebung kalibriert. Dafür wurden bei zufällig ausgewählten PatientInnen alle in der Studie zu erfassenden klinischen Parameter an insgesamt 50 Implantaten gemessen und mit den Ergebnissen eines erfahrenen Oralchirurgen verglichen. Die Auswertung der Röntgenbilder erfolgte ebenfalls nach einer Kalibrierung, bei der zehn Bilder ausgewertet und verglichen wurden.

2.3 Primäre Parameter

Als primärer Parameter wurde der Langzeiterfolg der Implantate definiert. Wie in 1.3.3 beschrieben, gibt es verschiedene Möglichkeiten den Erfolg von dentalen Implantaten zu definieren. In dieser Studie wurden dazu die Überlebensrate und die Erfolgskriterien nach *Buser*²⁷ und *Albrektsson*⁷ verwendet.

2.3.1 Überlebensrate

Für die Überlebensrate wurden bei der klinischen Untersuchung die vorhandenen Implantate vermerkt und mögliche Implantatverluste im Patientenbogen (siehe 10.4) dokumentiert. Wenn Implantatverluste vorlagen, wurden in der Patientenakte der Grund und das Datum der Explantation ermittelt. Wenn die Explantation extern erfolgte, wurden diese Informationen von dem behandelnden Zahnarzt oder der behandelnden Zahnärztin eingeholt. Implantate, die nicht im Zuge der vorangegangenen Studie gesetzt wurden, wurden nicht in die Auswertung miteinbezogen. Dies gilt auch für alle nachfolgenden Parameter.

2.3.2 Erfolg nach *Buser*²⁷

Um den Implantationserfolg nach *Buser*²⁷ zu beurteilen, wurden die Implantate im Hinblick auf die entsprechenden Kriterien untersucht. Während der klinischen Untersuchung wurde jedes Implantat auf das Vorliegen einer eitrigen periimplantären Entzündung und auf Lockerung überprüft. Die prothetische Belastung der Implantate wurde ebenfalls begutachtet. Im Röntgenbild wurde untersucht, ob eine periimplantäre Aufhellung vorlag. Ein Fragebogen (siehe 10.3) erfasste mögliche subjektive Beschwerden (Schmerzen, Fremdkörpergefühl und Dysästhesie). Wenn die genannten Eigenschaften nicht zutrafen, zählte das Implantat als Erfolg. Wenn ein oder mehrere der Aspekte vorlagen, galt das Implantat als Misserfolg. Bereits explantierte Implantate zählten ebenfalls als Misserfolg.

2.3.3 Erfolg nach *Albrektsson*⁷

Entsprechend der definierten Kriterien wurden die Implantate auf das Vorhandensein von Lockerung und röntgenologischer Transluzenz überprüft. Nach Schmerzen, Neuropathien und Parästhesien wurden die PatientInnen ebenfalls im Fragebogen befragt. Da in dieser Studie nur Oberkieferimplantate eingeschlossen wurden, war die Verletzung des Mandibularkanals nicht von Relevanz. Eine irreversible periimplantäre Infektion im Sinne einer Periimplantitis wurde in dieser Arbeit wie folgt definiert:

- Sondierungstiefen ≥ 4 mm
- Blutung und / oder Pus-Exsudation beim Sondieren
- Krestaler Knochenabbau \geq errechneter Wert mittels unten genannter Formel

Wenn alle drei Punkte bei einem Implantat zutrafen, wurde dies als Vorliegen einer Periimplantitis gewertet. Der vertikale Knochenabbau wurde röntgenologisch beurteilt. Wie bei den Erfolgskriterien nach *Buser*²⁷, wurden Implantate, bei denen keiner der Aspekte zu traf, als Erfolg gewertet. Als Misserfolg galten Implantate beim Vorliegen von einer Eigenschaft oder mehr und explantierte Implantate.

Messung und Errechnung des vertikalen Knochenabbaus im OPG

Im Zuge der Untersuchung wurde von jedem/jeder Patienten/Patientin ein OPG angefertigt. Da nicht alle PatientInnen an der gleichen Klinik untersucht werden konnten, wurden verschiedene Röntgengeräte verwendet:

- Orthophos XG Plus (Dentsply Sirona, York, USA)
- Orthopantomograph OP 100 (Trophy Radiologie, Croissy Beaubourg, Frankreich)
- C5-900 (Caresteam Dental, Stuttgart, Deutschland)
- VistaPano (Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Deutschland)
- PM 2002 EC Proline (Planmeca, Helsinki, Finnland)

Alle Röntgengeräte besitzen Einstellhilfen, sodass die OPGs unter gleichen Bedingungen entstanden sind. Die meisten OPGs wurden digital angefertigt. Bei analoger Herstellung wurden die Röntgenbilder eingescannt und anschließend wie die anderen OPGs digital und mit der gleichen Software ausgewertet. Die Auswertung der Röntgenbilder erfolgte mit Hilfe des Programms Sidexis 4 Viewer® (Dentsply Sirona, York, USA). Die Messungen erfolgten digital und wurden auf eine Nachkommastelle gerundet dokumentiert.

Um den vertikalen Knochenabbau zu beurteilen wurden die erstellten Röntgenbilder zunächst kalibriert, da es beim Erstellen von OPGs zu Vergrößerungseffekten kommt.³¹ Dazu wurde die Länge von jedem Implantat ausgemessen (siehe Abbildung 2.1). Mit der tatsächlichen Länge konnte so der Vergrößerungsfaktor für jedes Implantat einzeln errechnet werden.

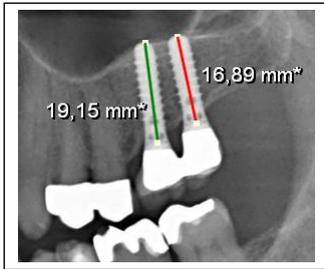


Abbildung 2.1 Kalibrierung des Röntgenbildes mittels Implantatlänge

Anschließend wurde an jedem Implantat mesial und distal die Strecke von der Implantatschulter bis zur Knochengrenze gemessen (Abbildung 2.2). Der gemessene Wert wurde dann durch den zuvor errechneten Vergrößerungsfaktor dividiert.

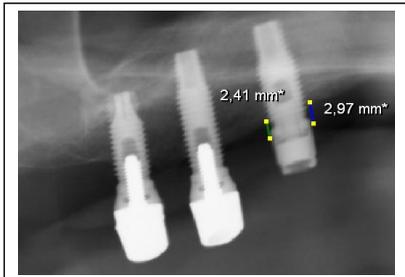


Abbildung 2.2 Messung des krestalen Knochenabbaus

Bei manchen PatientInnen lag das Röntgenbild, welches direkt nach Implantation erstellt wurde, vor, sodass überprüft werden konnte, ob die Implantatschulter sich auf Höhe des Knochens befand. Bei PatientInnen, wo die Implantatschulter höher lag, wurde die im alten OPG gemessene Strecke Knochengrenze-Implantatschulter von der im aktuellen Röntgenbild gemessenen Strecke abgezogen. Die Aufbewahrungspflicht von Röntgenbildern beträgt zehn Jahre, daher lagen nicht mehr alle Röntgenbilder der vorherigen Studie vor. In diesem Fall wurde davon ausgegangen, dass die Implantatschulter bei Implantation auf Höhe des Knochens endete. Bei Straumann Standard Plus® (Straumann, Basel, Schweiz) Implantaten wurde aufgrund des transgingivalen Designs der Implantate 1,8 mm von der kalibrierten Messung abgezogen.

Laut *Albrektsson* und *Isidor* soll der vertikale Knochenabbau nach dem ersten Jahr unter Belastung weniger als 0,2 mm pro Jahr betragen.³ Im ersten Jahr beträgt der

Knochenabbau der Autoren zufolge ca. 1,5 mm.³ Daher wurde mit der nachfolgenden Formel ein Grenzwert für den Knochenabbau errechnet:

$$y=1,5 \text{ mm}+0,2 \text{ mm}*(x-1)$$

y: Grenzwert Knochenabbau

x: Alter des Implantats in Jahren

War der gemessene Wert mesial und distal kleiner als der errechnete Wert, so lag der Knochenabbau an dem jeweiligen Implantat in dem von *Albrektsson* definierten Rahmen für ein erfolgreiches Implantat.⁷ Wurde mesial oder distal ein Wert gemessen, der gleich oder größer als der errechnete Wert war, so wurde das Implantat als Misserfolg gewertet.

2.4 Sekundäre Parameter

Klinische und röntgenologische Parameter wurden in dieser Studie als sekundäre Parameter definiert. Wie die primären Parameter, wurden auch die sekundären Parameter im Patienten- bzw. Fragebogen dokumentiert.

2.4.1 Klinische Parameter

Plaquesindex

Um die Plaquesbesiedlung am Implantat zu dokumentieren wurde der dafür konzipierte Plaquesindex nach *Mombelli*⁶⁰ mit den in Tabelle 2.1 aufgeführten Ausprägungen verwendet:

Tabelle 2.1 Plaquesindex nach *Mombelli*⁶⁰

Grad	Erläuterung
Grad 0	Keine Plaques erkennbar
Grad 1	Nur durch Sondieren erkennbare Plaques
Grad 2	sichtbare Plaquesablagerung
Grad 3	massive Plaquesablagerung

Sondierungstiefe

Die Sondierungstiefen um die Implantate wurden an vier Stellen (mesial, vestibulär, distal, palatinal) mithilfe einer Click-Sonde™ (Kerr Dental, Bioggio, Schweiz) aus Kunststoff gemessen. Es handelt sich hierbei um eine auf 0,25 Newton kalibrierte Sonde,¹¹ wodurch eine gewisse Reproduzierbarkeit beim Sondieren gewährleistet werden kann.⁸⁷

Blutungsindex

Die Blutungsneigung der Gingiva beim Sondieren wurde parallel zu den Sondierungstiefen gemessen. Eine vorhandene oder ausbleibende Blutung wurde ebenfalls an vier Stellen pro Implantat dokumentiert.

Lockerungsgrad

Der klinische Lockerungsgrad wurde bei jedem Implantat bestimmt. Die verschiedenen Grade unterscheiden sich wie in Tabelle 2.2 dargestellt:⁵⁵

Tabelle 2.2 Einteilung der Lockerungsgrade

Grad	Erläuterung
Grad 0	Keine erhöhte Beweglichkeit
Grad 1	Fühlbare und sichtbare horizontale Beweglichkeit bis 1 mm
Grad 2	Sichtbare Beweglichkeit über 1 mm horizontal
Grad 3	Bewegung durch Zungen- oder Lippendruck

Periotest®-Werte

Das Periotest® Classic – Gerät (Medizintechnik Gulden, Modautal, Deutschland) kann zur Beurteilung der Osseointegration von Implantaten verwendet werden.⁹¹ Das Gerät klopft mit einem Stößel an das Implantat und misst, wie stark der Stößel vom Implantat gedämpft wird.⁷⁶ Anschließend liefert es dem Anwender Zahlenwerte zwischen -10 und +50. Die Bedeutung der Zahlenwerte gibt Tabelle 2.3 wieder:

Tabelle 2.3 Bedeutung der Periotest®-Werte⁷⁶

Periotest®-Wert	Bedeutung
-8 bis 0	Zufriedenstellende Osseointegration
+1 bis +9	Klinische Prüfung des Implantats nötig
+10 bis +50	Unzureichende Osseointegration

Die Periotest®- Werte wurden an jedem Implantat erfasst. Um Messfehler zu minimieren, wurde so lange gemessen, bis drei Mal hintereinander der gleiche Wert gemessen wurde. Die Funktionsprüfung des Gerätes wurde gemäß der Herstellerangaben durchgeführt.⁷⁶

2.4.2 Röntgenologische Parameter

Neben dem krestalen Knochenabbau (siehe 2.3.3) wurde auch der Knochenverlust der augmentierten Knochenregion im Oberkiefer ermittelt. Dazu wurde die Alveolarkammhöhe im Oberkiefer im OPG gemessen. Mithilfe der nach Augmentation gemessenen Alveolarkammhöhe im Rahmen der vorherigen Studie wurde die Differenz als Knochenabbau ermittelt.

Röntgenologische Auswertung der augmentierten Knochenregion

Zur Messung der Alveolarkammhöhe wurde ebenfalls das Programm Sidexis 4 Viewer® verwendet. Die Messung erfolgte wie in der Studie von *Schaaf* in regio 15/16 bzw. 25/26.¹¹⁰ Ähnlich der Messung des krestalen Knochenabbaus wurde das OPG zunächst kalibriert. Es wurde nicht, wie in 2.3.3 beschrieben, die Länge des Implantats verwendet, da die Messung nicht direkt am Implantat erfolgte. Im OPG werden Objekte aufgrund der Aufnahmetechnik regional unterschiedlich vergrößert.³¹ Zusätzlich wird die Vergrößerung durch die verschiedenen Insertionswinkel der Implantate beeinflusst.³¹ Aufgrund der genannten Faktoren ist die Kalibrierung mit Hilfe der Implantatlänge in diesem Fall ungenau. Stattdessen wurde der Durchmesser der Implantate zur Kalibrierung genutzt. Die Implantate weisen einen kreisförmigen Querschnitt auf, dessen Durchmesser sich unabhängig vom Insertionswinkel des Implantates gleichmäßig auf das zweidimensionale Röntgenbild projiziert. Dazu wurde am Implantat in der Nähe der zu messenden Region der Durchmesser des Implantates ausgemessen (Abbildung 2.3) und mit dem tatsächlichen Durchmesser der Vergrößerungsfaktor errechnet. Dies wurde bei PatientInnen, die beidseits behandelt wurden, je Seite durchgeführt. Bei manchen PatientInnen wurden auf der gleichen Seite Implantate in regio 15 und 16 bzw. 25 und 26 gesetzt. In diesem Fall wurden beide Vergrößerungsfaktoren ausgerechnet und der Durchschnittswert ermittelt.

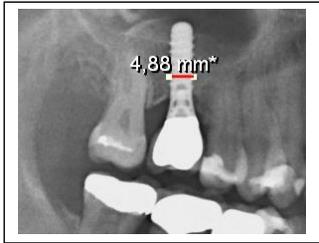


Abbildung 2.3 Kalibrierung des Röntgenbildes mittels Implantatdurchmesser

Anschließend wurde in regio 15/16 bzw. 25/26 die Strecke vom Sinusboden zum Alveolarkamm gemessen (Abbildung 2.4) und mit dem zuvor errechneten Vergrößerungsfaktor verrechnet. Es wurde immer die kleinstmögliche Strecke gemessen. Um den Knochenverlust zu errechnen, wurde die errechnete Alveolarkammhöhe von dem Wert, der in der vorangegangenen Studie vor der Implantat-OP gemessen wurde, subtrahiert. Die Messungen wurden auf eine Nachkommastelle gerundet.

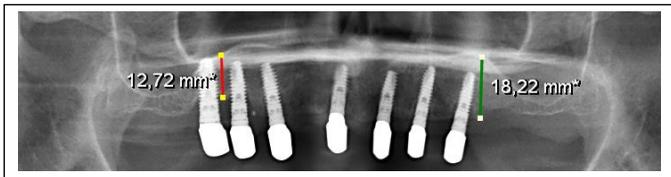


Abbildung 2.4 Messung der Alveolarkammhöhe

2.5 Zusätzliche Parameter

Über den Fragebogen und den während der Untersuchung ausgefüllte Patientenbogen wurden weitere zusätzliche Parameter erhoben.

Im Patientenbogen wurden das Alter der Implantate und die Art der supraimplantären Versorgung (Krone, Brücke, Stegversorgung oder Teleskopprothese) festgehalten.

Im Fragebogen wurden anamnestische Angaben der PatientInnen festgehalten. Außerdem sollten die PatientInnen Angaben zu ihrem Rauchverhalten in den folgenden Abstufungen machen:²⁵

- 1-5 Zigaretten am Tag

- 5-15 Zigaretten am Tag
- Mehr als 16 Zigaretten am Tag

Darüber hinaus wurde dokumentiert, ob tägliche Mundhygiene betrieben wurde und ob die PatientInnen regelmäßig eine professionelle Zahnreinigung durchführen ließen. Am Ende des Fragebogens wurden die PatientInnen zu ihrer Zufriedenheit bezüglich Kaufunktion, Sprechvermögen, Ästhetik und generelle Zufriedenheit mit den Implantaten, dem Zahnersatz und der Operation befragt. Dazu sollten sie die verschiedenen Aspekte mit Schulnoten bewerten.

2.6 Ablauf der klinischen Untersuchung

Ein Großteil der PatientInnen wurden in der Universitätsklinik Gießen untersucht. Außerdem fanden Untersuchungen im Erlanger Universitätsklinikum statt. Einige PatientInnen wurden aufgrund der langen Anreise von ihrem Wohnort in den Praxen ihrer Hauszahnärzte untersucht. Diese Zahnarztpraxen befanden sich in Witten, Werl, Aachen, Bad Homburg und Hofbieber bei Fulda. Trotzdem wurden alle Untersuchungen von der gleichen Untersucherin durchgeführt.

Um an der Studie teilnehmen zu können, wurden die PatientInnen mit Hilfe des Aufklärungsbogens (siehe 10.2) über den Studienablauf informiert. Vor Beginn der Untersuchung füllten die PatientInnen den Fragebogen aus. Anschließend wurden die Art der Suprakonstruktion, die Positionen der Implantate und mögliche Implantatverluste im Patientenbogen dokumentiert. Es folgte die klinische Untersuchung der Implantate und die Erhebung der klinischen Parameter. Daraufhin wurden intraorale Fotos und ein OPG angefertigt. Um die PatientInnen vor unnötiger Strahlenbelastung zu schützen, wurde nur geröntgt, wenn kein aktuelles OPG vorlag.

2.7 Datenverarbeitung

Die erhobenen Daten wurden von der Untersucherin in eine Excel-Tabelle (Microsoft® Office Excel 2019, Redmond, USA) eingetragen. Nach Abschluss der Datenerhebung wurde die Richtigkeit der Angaben erneut überprüft und die Liste zur statistischen Auswertung weitergegeben.

2.8 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde in Zusammenarbeit mit Dr. Jörg Pons-Kühnemann vom Institut für medizinische Informatik der Justus-Liebig-Universität Gießen durchgeführt. Die Auswertung der Daten erfolgte zweifach. Die beidseitig behandelten PatientInnen wurden in der Split-Mouth-Auswertung analysiert. In die einseitige Auswertung wurden alle untersuchten PatientInnen miteinbezogen, allerdings wurden die beidseitig behandelten PatientInnen, analog zur Auswertung von Schaaß¹⁰, nur mit einer Körperseite berücksichtigt. Es wurde die gleiche Körperseite wie in der vorherigen Studie ausgewählt.

Zunächst sollte nachgewiesen werden, dass sich die Untersuchungsgruppen in ihrer Struktur ähneln. Dazu wurden die Gruppen bezüglich Patientenanzahl, Geschlechterverteilung, Alter, Rauchverhalten, Anzahl der Implantate, verwendetes Implantatsystem und Alter der Implantate ausgewertet und miteinander verglichen. Bei dem Vergleich von Medianen wurde der Rangsummentest nach Mann-Whitney und Wilcoxon angewendet. Um Häufigkeiten zu vergleichen, wurde je nach Datenlage Fischers exakter Test oder der Chi-Quadrat-Test genutzt.

Anschließend erfolgte die Auswertung der primären Parameter. Dafür wurde jedes Implantat berücksichtigt, sodass die Grundgesamtheit N die Summe der gesetzten Implantate darstellte. Die Überlebens- bzw. Erfolgsraten wurden mit Fischers exaktem Test oder Chi-Quadrat-Test verglichen. Außerdem erfolgte eine Lebenszeit- bzw. Erfolgszeitanalyse mit der Kaplan-Meier-Methode. Dabei werden Implantate, die in der Beobachtungszeit in-Situ oder erfolgreich waren, zensiert und fließen so in die Berechnung der Überlebens- bzw. Erfolgswahrscheinlichkeiten mit ein.¹³⁷ Die Überlebens- und Erfolgswahrscheinlichkeiten wurden mit dem Logrank-Test verglichen. Die Auswertung der sekundären Parameter wurde ebenfalls implantatbezogen durchgeführt. Hier war N die Summe der untersuchten Implantate. Zum Vergleich der Gruppen wurde Fischers exakter Test oder der Chi-Quadrat-Test verwendet. Die Auswertung des Knochenverlustes der augmentierten Region wurde bezogen auf die Körperseite durchgeführt. Der Vergleich des Knochenverlustes erfolgte mit dem Rangsummentest nach Mann-Whitney und Wilcoxon. Die zusätzlichen Parameter wurden rein deskriptiv, unabhängig der Gruppenzugehörigkeit der PatientInnen, ausgewertet.

Für alle angewendeten statistischen Test wurde als Signifikanzniveau $\alpha=0,05$ festgelegt. Daher wurde bei einem p-Wert über 0,05 die Nullhypothese beibehalten, bei Werten unter 0,05 die Alternativhypothese angenommen.

2.9 Ethik und Datenschutz

Die Studienplanung wurde der Ethik-Kommission am 13.08.2015 vorgestellt. Die Ethik-Kommission erteilte die Erlaubnis, die Studie durchzuführen (Aktenzeichen 129/15, siehe 10.5).

Die PatientInnen wurden im Aufklärungsbogen darüber aufgeklärt, dass ihre intraoralen Fotos und Röntgenbilder gegebenenfalls in dieser Arbeit und in weiteren Veröffentlichungen anonymisiert verwendet werden. Außerdem wurden alle Daten in der Excel-Tabelle für den Statistiker zu Datenschutzzwecken mit Nummern pseudonymisiert.

3 Ergebnisse

3.1 Überblick

Es konnten nicht alle der ursprünglich geplanten 53 TeilnehmerInnen untersucht werden. Insgesamt gab es 16 Drop-Outs, sodass abschließend 37 PatientInnen untersucht wurden. Es haben 31 von 41 PatientInnen aus Gießen und sechs von ursprünglich zwölf PatientInnen aus Erlangen teilgenommen. Dies stellt Abbildung 3.1 dar.

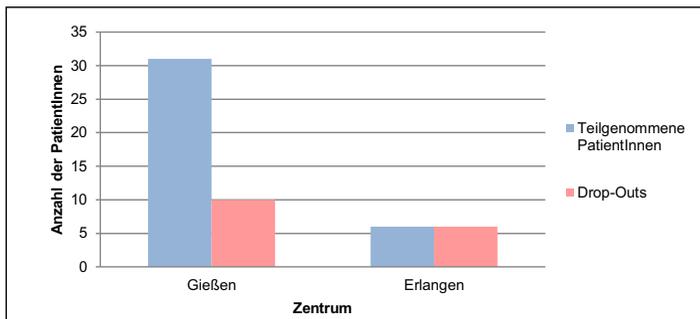


Abbildung 3.1 Übersicht über die Teilnahmestruktur in den Zentren Gießen und Erlangen

Die einzelnen Gründe für das Ausscheiden der PatientInnen und deren Häufigkeit sind in der nachfolgenden Tabelle 3.1 aufgelistet.

Tabelle 3.1 Gründe für Nichtteilnahme

Grund der Nichtteilnahme	Anzahl der PatientInnen
Verstorben	2
Schlechte körperliche Verfassung	2
Ablehnung der Teilnahme	7
Kontaktaufnahme nicht möglich	5
Insgesamt	16

Von den 37 untersuchten Personen waren 25 weiblich und 12 männlich, so dass der Frauenanteil insgesamt bei 67,6 Prozent lag. Der Anteil der Männer betrug 32,4 Prozent. Das Alter der PatientInnen lag zwischen 30 und 90 Jahren, der Median betrug 65 Jahre. In der Studie von *Schaa^{f10}* wurden ursprünglich 306 Implantate gesetzt. Durch das Ausscheiden von 16 PatientInnen konnten 96 Implantate nicht untersucht werden. Folglich wurden 210 Implantate in dieser Arbeit berücksichtigt. Dies entspricht 68,6

Prozent der ursprünglichen Implantatanzahl.

Aufgrund von acht Implantatverlusten wurden 202 Implantate klinisch untersucht. Die Implantate waren zwischen 11,3 und 15,1 Jahre alt. Der Median und der Mittelwert des Alters der Implantate lag bei 13 Jahren. Unabhängig von Kontroll- oder PRP-Gruppe konnte eine Verlustrate von 3,8 Prozent und eine Überlebensrate von 96,2 Prozent errechnet werden.

3.2 Split-Mouth-Auswertung

In die Split-Mouth-Auswertung wurden nur die beidseitig behandelten PatientInnen eingeschlossen. Es wurden daher alle PatientInnen der Gruppen 1 und 2 berücksichtigt. Dies sind insgesamt 23 PatientInnen. Die Verteilung der PatientInnen auf die beiden Gruppen ist in der Tabelle 3.2 dargestellt.

Tabelle 3.2 Verteilung der PatientInnen auf Gruppe 1 und 2

Untersuchungsgruppe	Anzahl der PatientInnen	Prozent
Gruppe 1: zweiseitig operiert, rechts mit PRP	13	56,5%
Gruppe 2: zweiseitig operiert, links mit PRP	10	43,5%
Insgesamt	23	100%

3.2.1 Patientenkollektiv

Es wurde eine Reihe von allgemeinen Daten des Patientenpools ausgewertet, um sicher zu stellen, dass sich die beiden Gruppen in ihrer Struktur ähneln. Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser Auswertung dargelegt.

Geschlecht der PatientInnen

In Gruppe 1 wurden vier Männer und neun Frauen untersucht. Aus Gruppe 2 nahmen vier Männer und sechs Frauen an der Studie teil (siehe Tabelle 3.3). Es konnte mit Fishers exaktem Test eine gleichmäßige Verteilung des Geschlechtes auf die zwei Untersuchungsgruppen nachgewiesen werden ($p=0,69$).

Tabelle 3.3 Geschlechterverteilung in Gruppe 1 und 2

	Gruppe 1		Gruppe 2	
	Anzahl der PatientInnen	Prozent	Anzahl der PatientInnen	Prozent
Männlich	4	30,8%	4	40%
Weiblich	9	69,2%	6	60%
Insgesamt	13	100%	10	100%

Alter der PatientInnen

Tabelle 3.4 zeigt die Verteilung des Alters der PatientInnen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung innerhalb der beiden Untersuchungsgruppen. Der Rangsummentest nach Mann-Whitney und Wilcoxon zeigte hinsichtlich des medianen Alters mit $p=0,58$ die Strukturgleichheit der beiden Gruppen.

Tabelle 3.4 Alter der PatientInnen in Gruppe 1 und 2

	Gruppe 1	Gruppe 2
Anzahl der PatientInnen	13	10
Mittelwert	58,5 Jahre	63,9 Jahre
Standardabweichung	22,4 Jahre	15,2 Jahre
Minimum	30 Jahre	34 Jahre
Median	61 Jahre	67,5 Jahre
Maximum	90 Jahre	80 Jahre

Rauchverhalten

Im Fragebogen wurden die PatientInnen zu ihrem Rauchverhalten befragt. Die Angaben und deren Verteilung innerhalb der zwei Gruppen wird in Tabelle 3.5 dargestellt. Es konnte mittels Fishers exaktem Test und $p=0,87$ gezeigt werden, dass sich das Rauchverhalten in beiden Untersuchungsgruppen gleichmäßig verteilte.

Tabelle 3.5 Verteilung des Rauchverhaltens in Gruppe 1 und 2

Rauchverhalten	Gruppe 1		Gruppe 2	
	Anzahl der PatientInnen	Prozent	Anzahl der PatientInnen	Prozent
NichtraucherInnen	10	76,9%	7	70%
1-5 Zigaretten pro Tag	0	0%	1	10%
6-15 Zigaretten pro Tag	2	15,4%	1	10%
>15 Zigaretten pro Tag	0	0%	0	0%
Ehemaliger RaucherInnen	1	7,7%	1	10%
Insgesamt	13	100%	10	100%

Anzahl der gesetzten Implantate

In den Gruppen 1 und 2 wurden zusammen 171 Implantate inseriert. Von den insgesamt 96 inserierten Implantaten in Gruppe 1 wurden 51 Implantate auf der PRP-Seite und 45 Implantate auf der Kontrollseite gesetzt. In Gruppe 2 wurden insgesamt 75 Implantate inseriert, davon 39 Implantate auf der PRP-Seite und 36 Implantate auf der Kontrollseite. Dies wird in Abbildung 3.2 veranschaulicht. Das dies eine gleichmäßige Verteilung darstellt, konnte mit Fischers exaktem Test und $p=1,0$ gezeigt werden.

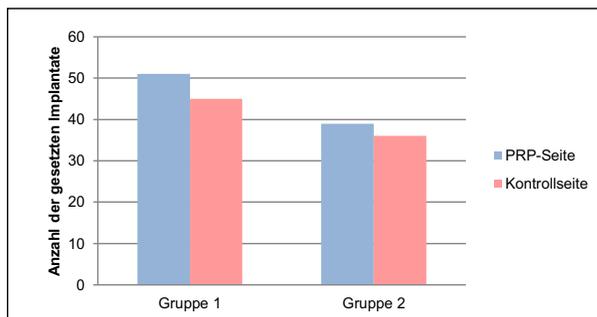


Abbildung 3.2 Anzahl der gesetzten Implantate in Gruppe 1 und 2

Implantanzahl pro PatientIn

In Gruppe 1 und 2 wurden zwischen 4 und 10 Implantate pro PatientIn gesetzt. Tabelle 3.6 stellt die genaue Verteilung innerhalb der Gruppen dar. Diesbezüglich konnte mittels Fishers exaktem Test mit $p=0,12$ noch eine Homogenität zwischen den beiden Untersuchungsgruppen gezeigt werden.

Tabelle 3.6 Verteilung der Implantatanzahl pro PatientIn in Gruppe 1 und 2

Implantatanzahl pro PatientIn	Gruppe 1		Gruppe 2	
	Anzahl der PatientInnen	Prozent	Anzahl der PatientInnen	Prozent
4	1	7,7%	1	10%
5	2	15,3%	0	0%
6	0	0%	1	10%
7	3	23,1%	0	0%
8	3	23,1%	7	70%
9	3	23,1%	1	10%
10	1	7,7%	0	0%
Insgesamt	13	100%	10	100%

Verwendete Implantatsysteme

Xive® Implantate (Dentsply Sirona, York, USA) waren mit 61,5 Prozent in Gruppe 1 und 70 Prozent in Gruppe 2 in beiden Gruppen das am häufigsten verwendete Implantatsystem. Danach waren in Gruppe 1 Straumann® Standard Plus und Brånemark MK III TiUnite® Implantate (Nobel Biocare, Kloten, Schweiz) mit 15,4 Prozent vertreten, Osseotite® Implantate (Biomet 3i, München, Deutschland) zu 7,7 Prozent. In Gruppe 2 waren 20 Prozent Straumann® Standard Plus Implantate und 10 Prozent Osseotite®. Implantate Brånemark MK III TiUnite® Implantate wurden in Gruppe 2 nicht verwendet. Eine Übersicht über Verteilung der Implantatsysteme innerhalb der beiden Gruppen zeigt Abbildung 3.3. Dass die Verteilung der Implantatsysteme innerhalb der Gruppen 1 und 2 gleichmäßig ist, konnte mit Fishers exaktem Test und $p=0,81$ dargelegt werden.

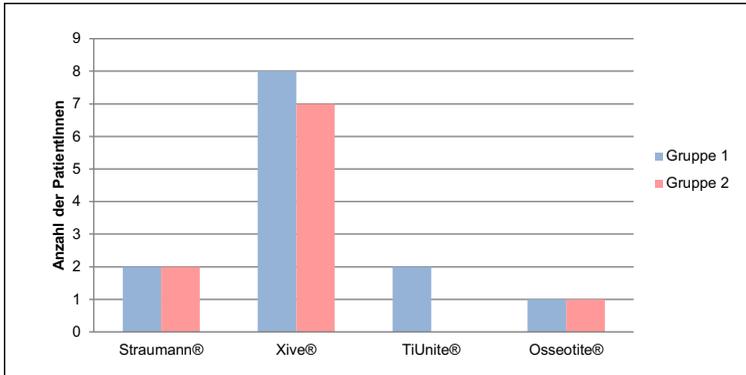


Abbildung 3.3 Verteilung der verwendeten Implantatsysteme in Gruppen 1 und 2

Alter der untersuchten Implantate

Die Altersstruktur der Implantate zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zeigt die Tabelle 3.7. Mit dem Rangsummentest nach Mann-Whitney und Wilcoxon konnte kein Unterschied zwischen den Untersuchungsgruppen nachgewiesen werden ($p=0,54$).

Tabelle 3.7 Alter der untersuchten Implantate in Gruppe 1 und 2

	Gruppe 1	Gruppe 2
Anzahl der untersuchten PatientInnen	13	10
Mittelwert	12,9 Jahre	13,2 Jahre
Standardabweichung	1,0 Jahre	1,3 Jahre
Minimum	11,6 Jahre	11,3 Jahre
Median	12,9 Jahre	13,2 Jahre
Maximum	14,6 Jahre	15,1 Jahre

3.2.2 Primäre Parameter

Überlebensrate

Die Verteilung von vorhandenen und verlorenen Implantaten, sowie deren Überlebens- und Verlustquoten werden in Tabelle 3.8 dargestellt. Es konnte mit Fishers exaktem Test kein Unterschied zwischen der PRP- und der Kontrollseite ermittelt werden ($p=0,45$).

Tabelle 3.9 gibt die Gründe für die Verluste und deren Verteilung wieder. Niemand verlor mehr als ein Implantat.

Tabelle 3.8 Verteilung von Implantatverlust und -Überleben (Split-Mouth-Auswertung)

	PRP-Seite		Kontrollseite	
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Überleben	85	94,4%	79	97,5%
Verlust	5	5,6%	2	2,5%
Insgesamt	90	100%	81	100%

Tabelle 3.9 Gründe für die Implantatverluste (Split-Mouth-Auswertung)

Grund für Implantatverlust	PRP-Seite	Kontrollseite	Insgesamt
Periimplantitis	3	1	4
Perforation des Sinus maxillaris	1	0	1
Fehlende Osseointegration	1	1	2
Insgesamt	5	2	7

Die Überlebenszeitanalyse für die PRP- und die Kontrollseite wird in Abbildung 3.4 mit der Kaplan-Meier-Kurve visualisiert. Auf der PRP-Seite ging das erste Implantat nach sechs Monaten verloren. Die 5-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit betrug 96,7 Prozent. Die 10-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit und 15-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit beliefen sich auf 94,4 Prozent. Die kumulierte Überlebenswahrscheinlichkeit betrug nach einer Liegezeit von 15,1 Jahren ebenfalls 94,4 Prozent. Der erste Implantatverlust ereignete sich auf der Kontrollseite ebenfalls nach sechs Monaten. Nach fünf Jahren waren die Implantate mit einer Wahrscheinlichkeit von 98,8 Prozent in Situ. Nach zehn und 15 Jahren überlebten die Implantate auf der Kontrollseite mit einer Wahrscheinlichkeit von 97,5 Prozent. Am Ende der Beobachtungszeit nach 15,1 Jahren lag die Überlebenswahrscheinlichkeit ebenso bei 97,5 Prozent. Ein Vergleich der Überlebenszeiten mit dem Logrank-Test konnte mit $p=0,31$ keinen Unterschied zwischen der PRP- und der Kontrollseite finden.

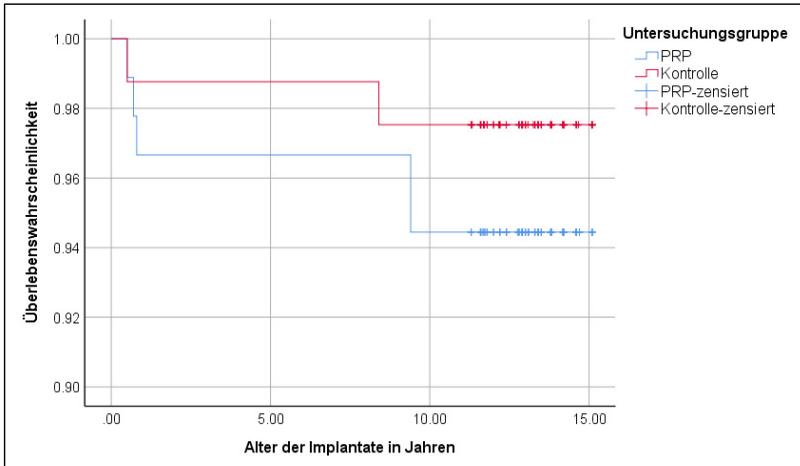


Abbildung 3.4 Überlebenswahrscheinlichkeiten der Implantate (Split-Mouth-Auswertung)

Die mittleren Überlebenszeiten werden in Tabelle 3.10 dargestellt. Die medianen Überlebenszeiten konnten nicht ermittelt werden, da die errechnete Überlebenswahrscheinlichkeit in der Beobachtungszeit auf beiden Seiten über 50 Prozent liegt.

Tabelle 3.10 Mittlere Überlebenszeit in Jahren (Split-Mouth-Auswertung)

	Mittelwert			
	Schätzer	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
			Untere Grenze	Obere Grenze
PRP-Seite	14,5	0,3	13,9	15,1
Kontroll-Seite	14,8	0,2	14,5	15,2

Erfolg nach Buser²⁷

Tabelle 3.11 stellt die Anzahl der erfolgreichen und nichterfolgreichen Implantate nach Buser²⁷ und deren Erfolgs- und Misserfolgsquoten dar. Fishers exakter Test konnte mit $p=0,28$ keinen Unterschied zwischen der PRP- und der Kontrollseite feststellen.

Zu den acht nicht erfolgreichen Implantaten zählten sieben Implantatverluste. Ein Implantat wurde aufgrund der Kriterien nach Buser²⁷ als Misserfolg eingestuft. Das Implantat wurde auf der PRP-Seite gesetzt und aufgrund einer eitrigen Entzündung als Misserfolg bewertet. Die anderen Kriterien nach Buser²⁷ fanden keine Anwendung. Bei niemandem war mehr als ein Implantat nicht erfolgreich.

Tabelle 3.11 Übersicht über erfolgreiche und nichterfolgreiche Implantate nach *Buser*²⁷ (Split-Mouth-Auswertung)

	PRP-Seite		Kontrollseite	
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Erfolg nach <i>Buser</i>²⁷	84	93,3%	79	97,5%
Misserfolg nach <i>Buser</i>²⁷	6	6,7%	2	2,5%
Insgesamt	90	100%	81	100%

Die Analyse der Erfolgszeit nach *Buser*²⁷ stellt die Kaplan-Meier-Kurve in Abbildung 3.5 dar. Der erste Misserfolg nach *Buser*²⁷ wurde auf der PRP-Seite nach sechs Monaten dokumentiert. Nach fünf Jahren wurden die Implantate mit einer Wahrscheinlichkeit von 96,7 Prozent als erfolgreich eingestuft. Nach zehn Jahren belief sich die Erfolgswahrscheinlichkeit auf 94,4 Prozent, nach 15 Jahren auf 91,1 Prozent. Am Ende der Beobachtungszeit nach 15,1 Jahren belief sich die Erfolgswahrscheinlichkeit nach *Buser*²⁷ ebenso auf 91,1 Prozent. Auf der Kontrollseite wurde nach sechs Monaten das erste Mal ein Misserfolg nach *Buser*²⁷ verzeichnet. Die 5-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit belief sich auf 98,8 Prozent. Die 10-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit und 15-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit betragen 97,5 Prozent. Nach dem Beobachtungszeitraum von 15,1 Jahren betrug die Erfolgswahrscheinlichkeit nach *Buser*²⁷ 97,5 Prozent. Die Erfolgszeiten auf der PRP- und der Kontrollseite wurden mit dem Logrank-Test verglichen. Mit $p=0,20$ war kein Unterschied zwischen den Seiten nachweisbar.

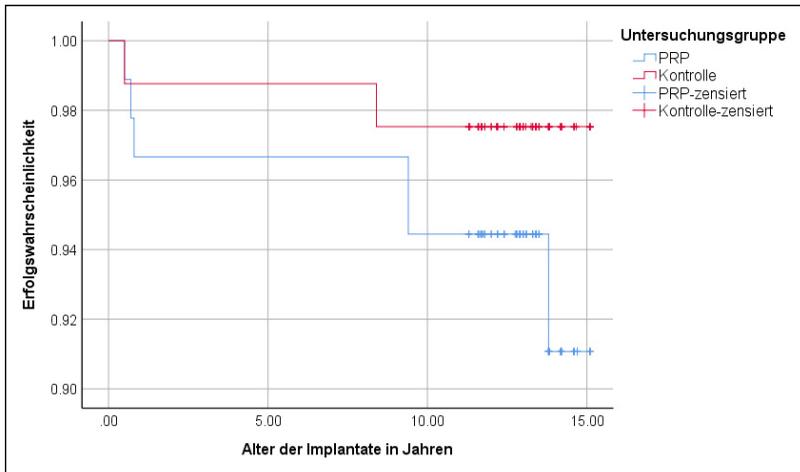


Abbildung 3.5 Erfolgswahrscheinlichkeiten der Implantate nach *Buser*²⁷ (Split-Mouth-Auswertung)

Die durchschnittlichen Erfolgszeiten nach *Buser*²⁷ zeigt Tabelle 3.12. Die mediane Erfolgszeit konnte nicht errechnet werden, da die Erfolgswahrscheinlichkeit in beiden Gruppen über 50 Prozent lag.

Tabelle 3.12 Mittlere Erfolgszeit nach *Buser*²⁷ in Jahren (Split-Mouth-Auswertung)

	Mittelwert			
	Schätzer	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
			Untere Grenze	Obere Grenze
PRP-Seite	14,5	0,3	13,9	15,0
Kontroll-Seite	14,8	0,2	14,5	15,2

Erfolg nach *Albrektsson*⁷

Die Verteilung von erfolgreichen und nichterfolgreichen Implantaten nach *Albrektsson*⁷, sowie deren Erfolgs- und Misserfolgsquoten werden in Tabelle 3.13 dargestellt. Auf der PRP-Seite gab es doppelt so viele nichterfolgreiche Implantate wie auf der Kontrollseite. Es konnte mit Fishers exaktem Test allerdings kein signifikanter Unterschied zwischen der PRP- und der Kontrollseite festgestellt werden ($p=0,08$).

Ergebnisse

Tabelle 3.13 Übersicht über erfolgreiche und nichterfolgreiche Implantate nach *Albrektsson*⁷ (Split-Mouth-Auswertung)

	PRP-Seite		Kontrollseite	
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Erfolg nach <i>Albrektsson</i>⁷	68	75,6%	70	86,4%
Misserfolg nach <i>Albrektsson</i>⁷	22	24,4%	11	13,6%
Insgesamt	90	100%	81	100%

Fünf (PRP-Seite) bzw. zwei (Kontrollseite) der Misserfolge waren verlorene Implantate. Folglich wurden 17 Implantate (PRP-Seite) bzw. neun Implantate (Kontrollseite) aufgrund der Kriterien nach *Albrektsson*⁷ als Misserfolg eingestuft. Tabelle 3.14 stellt dar, welche Erfolgskriterien zutrafen.

Tabelle 3.14 Vergebene Erfolgskriterien nach *Albrektsson*⁷ (Split-Mouth-Auswertung)

Erfolgskriterien nach <i>Albrektsson</i> ⁷		PRP-Seite		Kontrollseite	
		Anzahl der Implantate (N=85)	Prozent	Anzahl der Implantate (N=79)	Prozent
Lockerung	Ja	0	0%	0	0%
	Nein	85	100%	79	100%
Periimplantäre Radioluzenz	Ja	0	0%	0	0%
	Nein	85	100%	79	100%
Erhöhter vertikaler Knochenabbau	Ja	17	20%	9	11,4%
	Nein	68	80%	70	88,6%
Schmerzen	Ja	0	0%	0	0%
	Nein	85	100%	79	100%
Infektion	Ja	4	4,7%	3	3,7%
	Nein	81	95,3%	76	96,3%
Parästhesie	Ja	0	0%	0	0%
	Nein	85	100%	79	100%

Bei acht PatientInnen war mehr als ein Implantat nach *Albrektsson*⁷ nicht erfolgreich. Tabelle 3.15 stellt die Verteilung der Anzahl der Misserfolge pro PatientIn dar.

Tabelle 3.15 Anzahl der Misserfolge nach *Albrektsson*⁷ pro PatientIn (Split-Mouth-Auswertung)

Anzahl der Misserfolge	Anzahl der PatientInnen	Prozent
0	11	47,8%
1	4	17,4%
2	3	13%
3	1	4,4%
4	2	8,7%
5	0	0%
6	2	8,7%
Insgesamt	23	100%

Abbildung 3.6 visualisiert die Analyse der Erfolgszeit nach *Albrektsson*⁷ in einer Kaplan-Meier-Kurve. Auf der PRP-Seite wurde der erste Misserfolg nach *Albrektsson*⁷ nach sechs Monaten dokumentiert. Die 5-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit betrug 96,7 Prozent. Die 10-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit belief sich auf 94,4 Prozent und 15-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit auf 43,7 Prozent. Die Erfolgswahrscheinlichkeit nach *Albrektsson*⁷ fiel mit 12,4 Jahren unter 90 Prozent und betrug am Ende der Untersuchung nach 15,1 Jahren 43,7 Prozent. Der erste Misserfolg ereignete sich auf der Kontrollseite nach sechs Monaten. Nach fünf Jahren waren die Implantate mit einer Wahrscheinlichkeit von 98,8 Prozent erfolgreich. Nach zehn Jahren wurden die Implantate auf der Kontrollseite mit einer Wahrscheinlichkeit von 97,5 Prozent als erfolgreich eingestuft. Die 15-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit betrug auf der Kontrollseite 77 Prozent, ebenso am Ende der Beobachtungszeit nach 15,1 Jahren. Mit 13 Jahren fiel die Erfolgswahrscheinlichkeit unter 90 Prozent. Der Vergleich der Erfolgszeiten nach *Albrektsson*⁷ mittels Logrank-Test konnte mit $p=0,13$ keinen signifikanten Unterschied zwischen der PRP- und der Kontrollseite finden.

Ergebnisse

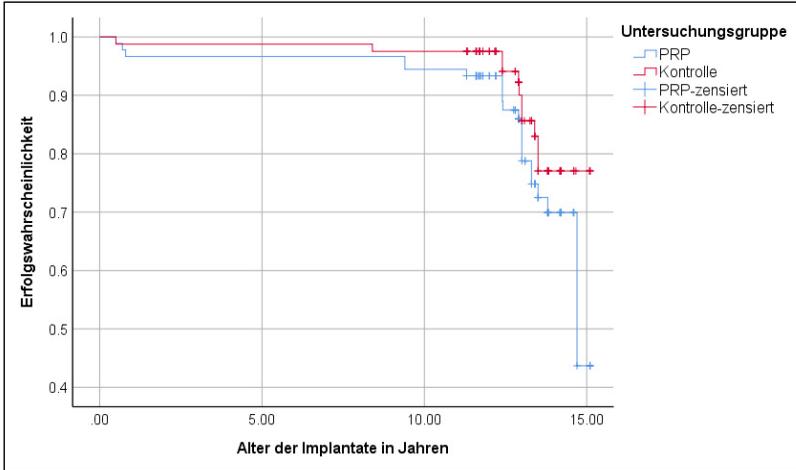


Abbildung 3.6 Erfolgswahrscheinlichkeiten der Implantate nach *Albrektsson*⁷ (Split-Mouth-Auswertung)

Tabelle 3.16 stellt die mittleren Erfolgszeiten nach *Albrektsson*⁷ dar. Die mediane Erfolgszeit konnte nur für die PRP-Seite ermittelt werden und liegt bei 14,7 Jahren (siehe Tabelle 3.17). Zu diesem Zeitpunkt fiel die Erfolgswahrscheinlichkeit unter 50 Prozent.

Tabelle 3.16 Mittlere Erfolgszeit nach *Albrektsson*⁷ in Jahren (Split-Mouth-Auswertung)

	Mittelwert			
	Schätzer	Standartfehler	95% Konfidenzintervall	
			Untere Grenze	Obere Grenze
PRP-Seite	13,9	0,3	13,3	14,4
Kontroll-Seite	14,4	0,2	14,0	14,9

Tabelle 3.17 Mediane Erfolgszeit nach *Albrektsson*⁷ in Jahren (Split-Mouth-Auswertung)

	Median			
	Schätzer	Standartfehler	95% Konfidenzintervall	
			Untere Grenze	Obere Grenze
PRP-Seite	14,7	0,4	13,9	15,6

3.2.3 Sekundäre Parameter

Da die klinischen Parameter an den sieben bereits verlorenen Implantaten nicht erhoben werden konnten, reduzierte sich die Anzahl der Implantate in der Auswertung der sekundären Parameter von N=171 auf N=164.

Plaqueindex

In Tabelle 3.18 sind die Ergebnisse der klinischen Untersuchung bezüglich der Plaquebesiedlung der Implantate aufgeführt. Durchschnittlich wurde auf der PRP-Seite ein Plaqueindex von 1 und auf der Kontrollseite von 1,2 dokumentiert. Es konnte mit Fishers exaktem Test und $p=0,57$ kein Unterschied zwischen der PRP- und der Kontrollseite ermittelt werden.

Tabelle 3.18 Verteilung des Plaqueindex an den Implantaten (Split-Mouth-Auswertung)

Plaqueindex nach Mombelli®	PRP-Seite		Kontrollseite	
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Grad 0: keine Plaque	26	30,6%	19	24%
Grad 1: Plaque durch Sondieren sichtbar	38	44,7%	33	41,8%
Grad 2: Sichtbare Plaqueansammlung	17	20%	21	26,6%
Grad 3: massive Plaqueansammlung	4	4,7%	6	7,6%
Insgesamt	85	100%	79	100%

Sondierungstiefe

Die maximal gemessene Sondierungstiefe an jedem Implantat wurde in der Auswertung berücksichtigt. Tabelle 3.19 gibt die Ergebnisse der Messungen wieder. Im Durchschnitt lagen die maximalen Sondierungstiefen auf der PRP-Seite bei 4,1 mm, auf der Kontrollseite bei 3,8 mm. Fishers exakter Test konnte keinen Unterschied zwischen der PRP- und der Kontrollseite nachweisen ($p=0,15$).

Tabelle 3.19 Verteilung der maximalen Sondierungstiefe (Split-Mouth-Auswertung)

Maximale Sondierungstiefe	PRP-Seite		Kontrollseite	
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
2 mm	8	9,4%	7	8,9%
3 mm	22	25,9%	29	36,7%
4 mm	27	31,8%	27	34,2%
5 mm	11	12,9%	8	10,1%
6 mm	16	18,8%	5	6,3%
7 mm	1	1,2%	3	3,8%
Insgesamt	85	100%	79	100%

Blutungsindex

Auf der PRP-Seite kam es bei 51 Implantaten (60 Prozent) zu keiner Blutung bei Sondierung, bei 35 Implantaten (40 Prozent) blutete es. Auf der Kontrollseite trat bei 22 Implantaten (27,8 Prozent) eine Blutung auf, bei 57 Implantaten (72,2 Prozent) blutete es nicht (siehe Abbildung 3.7). Es war mit Fishers exaktem Test und $p=0,14$ kein Unterschied feststellbar.

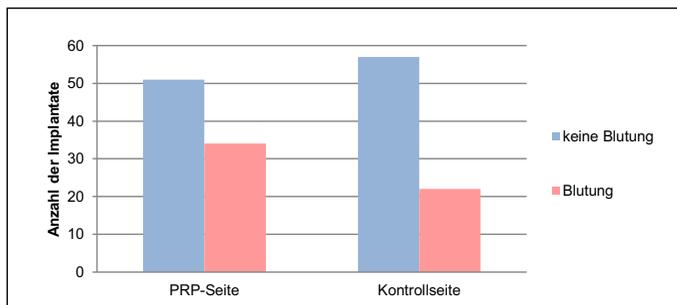


Abbildung 3.7 Blutung auf Sondieren an den Implantaten (Split-Mouth-Auswertung)

Lockerungsgrad

Keins der untersuchten Implantate zeigte klinisch eine erhöhte Beweglichkeit.

Periotest®-Wert

Tabelle 3.20 zeigt die Ergebnisse der Periotest®-Messung an den Implantaten. Zur besseren Übersicht wurden die Werte in drei Wertebereiche zusammengefasst. Bei zwei Implantaten je auf der PRP- und der Kontrollseite ergab die Periotest®-Messung einen

Wert über 10. Eins der Implantate hatte eine gelockerte Suprakonstruktion, das andere Implantat zeigte außer dem auffälligen Periotest®-Wert keine weiteren klinischen oder röntgenologischen Besonderheiten. Im Mittel wurde auf der PRP- und der Kontrollseite ein Periotest®-Wert von 1,3 ermittelt. Fishers exakter Test ergab mit $p=0,69$ keinen Unterschied zwischen der PRP- und der Kontrollseite.

Tabelle 3.20 Verteilung der Periotest®-Wertebereiche (Split-Mouth-Auswertung)

Periotest®-Wertebereiche	PRP-Seite		Kontrollseite	
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Werte von -8 bis 0: Zufriedenstellende Osseointegration	64	75,3%	54	68,3%
Werte von 1 bis 9: Klinische Prüfung des Implantats nötig	20	23,5%	24	30,4%
Werte ≥ 10: Unzureichende Osseointegration	1	1,2%	1	1,3%
Insgesamt	85	100%	79	100%

Alveolarkammhöhe

Als Alveolarkammhöhe wurde die Strecke vom Sinusboden zum Alveolarkamm im OPG in der augmentierten Region gemessen. Tabelle 3.21 fasst die Ergebnisse diesbezüglich zusammen. Der Rangsummentest nach Mann-Whitney und Wilcoxon weist mit $p=0,72$ auf keine Differenz zwischen der PRP- und der Kontrollseite hin.

Tabelle 3.21 Alveolarkammhöhe der augmentierten Region (Split-Mouth-Auswertung)

	PRP-Seite	Kontrollseite
Anzahl der PatientInnen	23	23
Mittelwert	14,0 mm	13,9 mm
Standardabweichung	3,4 mm	4,1 mm
Minimum	9,6 mm	9,4 mm
Median	13,3 mm	12,7 mm
Maximum	21,9 mm	23,9 mm

Abbildung 3.8 veranschaulicht die Alveolarkammhöhe im Behandlungsverlauf.

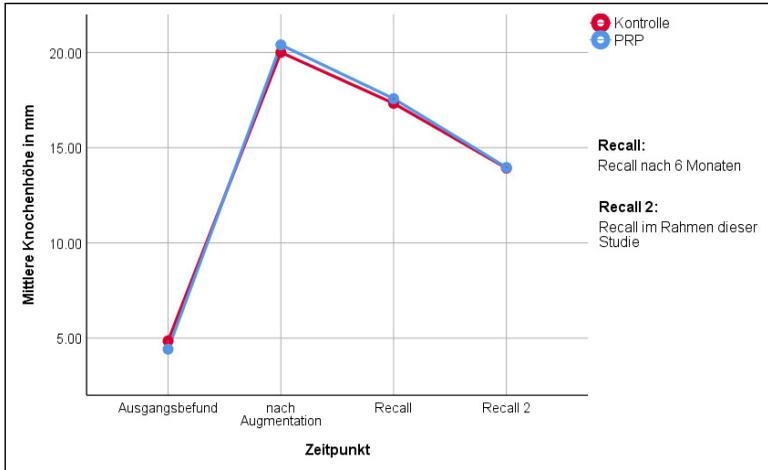


Abbildung 3.8 Die Alveolarkammhöhe im Behandlungsverlauf (Split-Mouth-Auswertung)

Knochenverlust der augmentierten Region

In Tabelle 3.22 wird ein Überblick über den absoluten Knochenverlust der augmentierten Regionen gegeben. Der absolute Knochenverlust stellt die Differenz der Alveolarkammhöhe nach Augmentation und der gemessenen Alveolarkammhöhe in dieser Studie dar. Mit dem Rangsummentest nach Mann-Whitney und Wilcoxon konnte kein Unterschied zwischen den medianen Knochenverlustwerten der PRP-Seite und der Kontrollseite festgestellt werden ($p=0,88$).

Tabelle 3.22 Absoluter Knochenverlust der augmentierten Region (Split-Mouth-Auswertung)

	PRP-Seite	Kontrollseite
Anzahl der PatientInnen	23	23
Mittelwert	6,4 mm	6,1 mm
Standardabweichung	4,5 mm	5,5 mm
Minimum	1,3 mm	0,4 mm
Median	5,4 mm	4,6 mm
Maximum	19,3 mm	21,3 mm

Der prozentuale Knochenverlust stellt das Verhältnis des absoluten Knochenverlustes zur Knochenhöhe nach Augmentation dar. Die Ergebnisse werden in Tabelle 3.23 dargestellt. Es war mit dem Rangsummentest nach Mann-Whitney und Wilcoxon kein Unterschied zwischen den beiden Seiten nachweisbar ($p=0,53$).

Tabelle 3.23 Prozentualer Knochenverlust der augmentierten Region (Split-Mouth-Auswertung)

	PRP-Seite	Kontrollseite
Anzahl der PatientInnen	23	23
Mittelwert	29,6%	27,3%
Standardabweichung	13,5%	18%
Minimum	8,6%	2,5%
Median	31,5%	25,6%
Maximum	64,3%	66,6%

Krestaler Knochenabbau

Im Zuge der Auswertung des Implantationserfolgs nach *Albrektsson*⁷ wurde der krestale Knochenabbau an den Implantaten gemessen. Tabelle 3.24 zeigt eine Übersicht über die Verteilung des krestalen Knochenabbaus auf der PRP- und der Kontrollseite. Mit dem Rangsummentest nach Mann-Whitney und Wilcoxon konnte kein Unterschied ermittelt werden ($p=0,10$).

Tabelle 3.24 Übersicht über den krestalen Knochenabbau (Split-Mouth-Auswertung)

	PRP-Seite	Kontrollseite
Anzahl der Implantate	85	79
Mittelwert	2,7 mm	2,3 mm
Standardabweichung	1,6 mm	1,4 mm
Minimum	0 mm	0 mm
Median	2,9 mm	2,1 mm
Maximum	6,2 mm	7 mm

Die genaue Verteilung des Knochenabbaus in drei Kategorien ist der Tabelle 3.25 abzulesen. Der exakte Test nach Fisher konnte mit $p=0,25$ keinen Unterschied zwischen der PRP- und der Kontrollseite feststellen.

Tabelle 3.25 Verteilung des krestalen Knochenabbaus (Split-Mouth-Auswertung)

Krestaler Knochenabbau	PRP-Seite		Kontrollseite	
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
0 bis 0,5 mm	10	11,8%	9	11,4%
über 0,5 mm bis 3,5 mm	52	61,2%	57	72,1%
über 3,5 mm	23	27%	13	16,5%
Insgesamt	85	100%	79	100%

3.3 Einseitige Auswertung

In der vorherigen Studie wurden die PatientInnen auf sechs Untersuchungsgruppen aufgeteilt. Die Verteilung der 37 untersuchten PatientInnen auf diese Gruppen wird in Tabelle 3.26 dargestellt.

Tabelle 3.26 Verteilung der PatientInnen auf die Untersuchungsgruppen

Untersuchungsgruppe	Anzahl der PatientInnen	Prozent
Gruppe 1: zweiseitig operiert, rechts mit PRP	13	35,2%
Gruppe 2: zweiseitig operiert, links mit PRP	10	27%
Gruppe 3: einseitig operiert, rechts mit PRP	4	10,8%
Gruppe 4: einseitig operiert, rechts ohne PRP	5	13,5%
Gruppe 5: einseitig operiert, links mit PRP	1	2,7%
Gruppe 6: einseitig operiert, links ohne PRP	4	10,8%
Insgesamt	37	100%

Die PatientInnen der Gruppen 1 und 2 wurden zufällig mit einer Körperseite in die Auswertung miteinbezogen, sodass die TeilnehmerInnen entweder zur PRP- oder zur Kontrollgruppe gehörten. Abschließend waren von den 37 PatientInnen 20 in der Kontrollgruppe, 17 PatientInnen gehörten der PRP-Gruppe an.

3.3.1 Patientenkollektiv

Wie in der Split-Mouth-Auswertung werden zunächst die Ergebnisse der Auswertung zur Strukturgleichheit der beiden Untersuchungsgruppen dargestellt.

Geschlecht der PatientInnen

Aus der PRP-Gruppe nahmen fünf Männer und 12 Frauen an der Studie teil. In der Kontrollgruppe wurden sieben Männer und 13 Frauen untersucht (siehe Tabelle 3.27). Mit Fischers exaktem Test konnte die gleichmäßige Geschlechterverteilung zwischen den Gruppen nachgewiesen werden ($p=1,0$).

Tabelle 3.27 Geschlechterverteilung in PRP- und Kontrollgruppe

	PRP-Gruppe		Kontrollgruppe	
	Anzahl der PatientInnen	Prozent	Anzahl der PatientInnen	Prozent
Männlich	5	29,4%	7	35%
Weiblich	12	70,6%	13	65%
Insgesamt	17	100%	20	100%

Alter der PatientInnen

Die Altersstruktur in der PRP- und der Kontrollgruppe ist in Tabelle 3.28 dargestellt. Mit dem Rangsummentest nach Mann-Whitney und Wilcoxon und $p=0,25$ konnte gezeigt werden, dass sich die beiden Untersuchungsgruppen im Hinblick auf das mediane Alter ähneln.

Tabelle 3.28 Alter der PatientInnen in PRP- und Kontrollgruppe

	PRP-Gruppe	Kontrollgruppe
Anzahl der PatientInnen	17	20
Mittelwert	65,9 Jahre	60,1 Jahre
Standardabweichung	16,6 Jahre	15,8 Jahre
Minimum	31 Jahre	30 Jahre
Median	68 Jahre	63,5 Jahre
Maximum	90 Jahre	81 Jahre

Rauchverhalten

Tabelle 3.29 veranschaulicht, wie sich die Angaben der PatientInnen zum Rauchverhalten verteilen. Fischers exakter Test wies diesbezüglich mit $p=0,67$ auf die Strukturgleichheit der beiden Gruppen hin.

Tabelle 3.29 Verteilung des Rauchverhaltens in PRP- und Kontrollgruppe

Rauchverhalten	PRP-Gruppe		Kontrollgruppe	
	Anzahl der PatientInnen	Prozent	Anzahl der PatientInnen	Prozent
Nichtraucher	12	70,6%	15	75%
1-5 Zigaretten pro Tag	1	5,9%	1	5%
6-15 Zigaretten pro Tag	1	5,9%	3	15%
>15 Zigaretten pro Tag	1	5,9%	1	5%
Ehemaliger Raucher	2	11,7%	0	0%
Insgesamt	17	100%	20	100%

Anzahl der gesetzten Implantate

Es wurden insgesamt 127 Implantate inseriert. Davon wurden 58 Implantate (45,7 Prozent) in der PRP-Gruppe und 69 Implantate (54,3 Prozent) in der Kontrollgruppe gesetzt (siehe Abbildung 3.9).

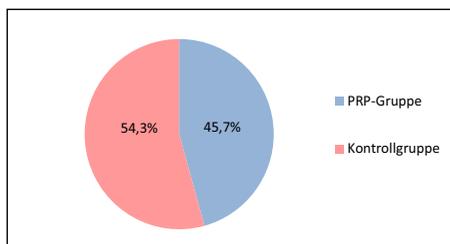


Abbildung 3.9 Prozentuale Verteilung der gesetzten Implantate auf PRP- und Kontrollgruppe

Implantatanzahl pro PatientIn

In der PRP-Gruppe wurden zwischen zwei und fünf Implantate gesetzt, in der Kontrollgruppe zwischen ein und sechs Implantate. Die genaue Verteilung der Implantatanzahl in den beiden Gruppen wird in Tabelle 3.30 dargestellt. Mit Fishers exaktem Test und $p=0,53$ konnte die Homogenität der beiden Gruppen bezüglich der Implantatanzahl pro PatientIn gezeigt werden.

Tabelle 3.30 Verteilung der Implantanzahl pro PatientIn in PRP- und Kontrollgruppe

Implantanzahl pro PatientIn	PRP-Gruppe		Kontrollgruppe	
	Anzahl der PatientInnen	Prozent	Anzahl der PatientInnen	Prozent
1	0	0%	1	5%
2	5	29,4%	3	15%
3	2	11,8%	6	30%
4	8	47%	7	35%
5	2	11,8%	2	10%
6	0	0%	1	5%
Insgesamt	17	100%	20	100%

Verwendete Implantatsysteme

In der PRP-Gruppe waren Xive® Implantate mit 52,9 Prozent das am meisten verwendete Implantatsystem. Straumann® Standard Plus Implantate wurden bei 35,3 Prozent der PatientInnen verwendet, Brånemark MK III TiUnite® und Osseotite® Implantate bei 5,9 Prozent. Osseospeed® (Astra Tech, Dentsply Sirona, York, USA) Implantate wurden in der PRP-Gruppe nicht gesetzt.

In der Kontrollgruppe waren Xive® Implantate ebenfalls mit 70 Prozent am häufigsten vertreten. Bei 10 Prozent der PatientInnen wurden Straumann Standard Plus® und Osseotite® Implantate verwendet. Osseospeed® und Brånemark MK III TiUnite® Implantate wurden bei 5 Prozent der TeilnehmerInnen inseriert.

Abbildung 3.10 stellt die Verteilung der verwendeten Implantatsysteme in den beiden Gruppen dar. Die Strukturgleichheit zwischen den Gruppen konnte mit Fischers exaktem Test und $p=0,37$ nachgewiesen werden.

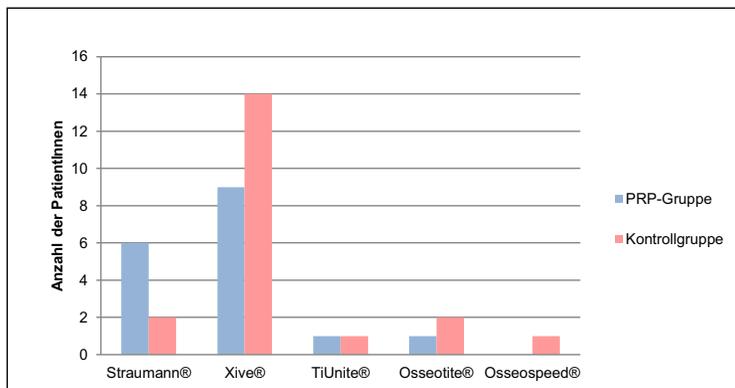


Abbildung 3.10 Verteilung der verwendeten Implantatsysteme in PRP- und Kontrollgruppe

Alter der untersuchten Implantate

Tabelle 3.31 fasst die Altersstruktur der Implantate zusammen. Der Rangsummentest nach Mann-Whitney und Wilcoxon konnte mit $p=0,95$ die Strukturgleichheit zwischen der PRP- und der Kontrollgruppe nachweisen.

Tabelle 3.31 Alter der untersuchten Implantate in PRP- und Kontrollgruppe

	PRP-Gruppe	Kontrollgruppe
Anzahl der untersuchten PatientInnen	17	20
Mittelwert	13,0 Jahre	12,9 Jahre
Standardabweichung	0,9 Jahre	1,1 Jahre
Minimum	11,6 Jahre	11,3 Jahre
Median	13,0 Jahre	13,0 Jahre
Maximum	14,6 Jahre	15,1 Jahre

3.3.2 Primäre Parameter

Überlebensrate

Tabelle 3.32 gibt einen Überblick über die Verteilung von Implantatüberleben und – Verlust in der PRP- und der Kontrollgruppe. Fishers exakter Test konnte mit $p=0,33$ keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen nachweisen. In Tabelle 3.33 sind die Gründe für die Implantatverluste und deren Verteilung dargestellt. Pro PatientIn ging maximal ein Implantat verloren.

Tabelle 3.32 Verteilung von Implantatverlust und –Überleben (einseitige Auswertung)

	PRP-Gruppe		Kontrollgruppe	
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Überleben	55	94,8%	68	98,6%
Verlust	3	5,2%	1	1,4%
Insgesamt	58	100%	69	100%

Tabelle 3.33 Gründe für die Implantatverluste (einseitige Auswertung)

Grund für Implantatverlust	PRP-Gruppe	Kontrollgruppe	Insgesamt
Periimplantitis	3	0	3
Perforation des Sinus maxillaris	0	0	0
Fehlende Osseointegration	0	1	1
Insgesamt	3	1	4

Mit der Kaplan-Meier-Kurve in Abbildung 3.11 wird die Überlebenszeitanalyse für die PRP- und die Kontrollgruppe visualisiert. Der erste Implantatverlust ereignete sich in der PRP-Gruppe nach fünf Monaten. Die 5-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit betrug 96,6 Prozent. Die 10-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit belief sich auf 94,8 Prozent. In der PRP-Gruppe wurde das letzte Implantat mit 14,6 Jahren nachuntersucht, sodass keine 15-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit errechnet werden konnte. Die kumulierte Überlebenswahrscheinlichkeit nach 14,6 Jahren betrug 94,8 Prozent. In der Kontrollgruppe ging nur ein Implantat nach sechs Monaten verloren. Daher waren die Implantate mit einer Wahrscheinlichkeit von 98,6 Prozent nach fünf, zehn und 15 Jahren in Situ. Nach einer Beobachtungszeit von 15,1 Jahren betrug die kumulierte Überlebenswahrscheinlichkeit ebenfalls 98,6 Prozent. Der mit dem Logrank-Test durchgeführte Vergleich der Überlebenszeiten ergab $p=0,24$ und fand somit keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

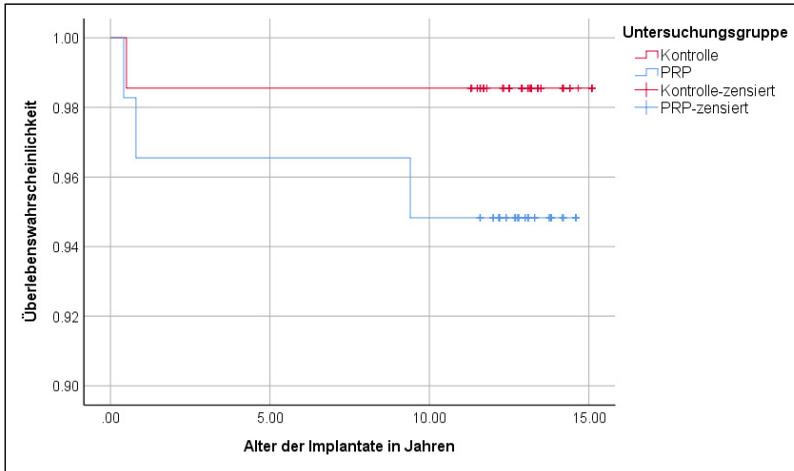


Abbildung 3.11 Überlebenswahrscheinlichkeiten der Implantate (einseitige Auswertung)

Tabelle 3.34 fasst die mittleren Überlebenszeiten der Kontroll- und PRP-Gruppe zusammen. Da die 50-prozentige Überlebenswahrscheinlichkeit nicht unterschritten wurde, konnten die medianen Überlebenszeiten nicht ermittelt werden.

Tabelle 3.34 Mittlere Überlebenszeit in Jahren (einseitige Auswertung)

	Mittelwert			
	Schätzer	Standartfehler	95% Konfidenzintervall	
			Untere Grenze	Obere Grenze
PRP-Gruppe	14,0	0,4	13,4	14,7
Kontroll-Gruppe	14,9	0,2	14,5	15,3

Erfolg nach *Buser*²⁷

In Tabelle 3.35 werden die Ergebnisse der Beurteilung des Implantationserfolges nach *Buser*²⁷ visualisiert. Ein Unterschied zwischen der PRP- und der Kontrollgruppe war mit Fishers exaktem Test und einem Wert von $p=0,18$ nicht nachweisbar. Vier der fünf Misserfolge waren Implantatverluste. Ein Implantat aus der PRP-Gruppe wurde aufgrund einer eitrigen periimplantären Entzündung als Misserfolg eingestuft. Die anderen Kriterien nach *Buser*²⁷ lagen bei den untersuchten Implantaten nicht vor. Es gab pro PatientIn höchstens ein Misserfolg.

Tabelle 3.35 Übersicht über erfolgreiche und nichterfolgreiche Implantate nach *Buser*²⁷ (einseitige Auswertung)

	PRP-Gruppe		Kontrollgruppe	
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Erfolg nach <i>Buser</i>²⁷	54	93,1%	68	98,6%
Misserfolg nach <i>Buser</i>²⁷	4	6,9%	1	1,4%
Insgesamt	58	100%	69	100%

Die Kaplan-Meier-Kurve in Abbildung 3.12 veranschaulicht die Erfolgszeitanalyse nach *Buser*²⁷. In der PRP-Gruppe wurde nach fünf Monaten der erste Misserfolg nach *Buser*²⁷ verzeichnet. Nach fünf Jahren wurden die Implantate mit einer Wahrscheinlichkeit von 96,6 Prozent als erfolgreich eingestuft. Die Erfolgswahrscheinlichkeit nach zehn Jahren belief sich in der PRP-Gruppe auf 94,8 Prozent. Der Beobachtungszeitraum endete nach 14,6 Jahren mit einer kumulierten Erfolgswahrscheinlichkeit von 89,2 Prozent. In der Kontrollgruppe wurde nur ein Misserfolg nach *Buser*²⁷ nach sechs Monaten erfasst. Die 5-Jahres-, 10-Jahres- und 15-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit betragen 98,6 Prozent. Nach einer Beobachtungszeit von 15,1 Jahren belief sich die kumulierte Erfolgswahrscheinlichkeit ebenfalls auf 98,6 Prozent. Mit dem Logrank-Test wurden die Erfolgswahrscheinlichkeiten verglichen. Ein Unterschied zwischen der PRP- und der Kontrollgruppe konnte mit $p=0,13$ nicht ermittelt werden.

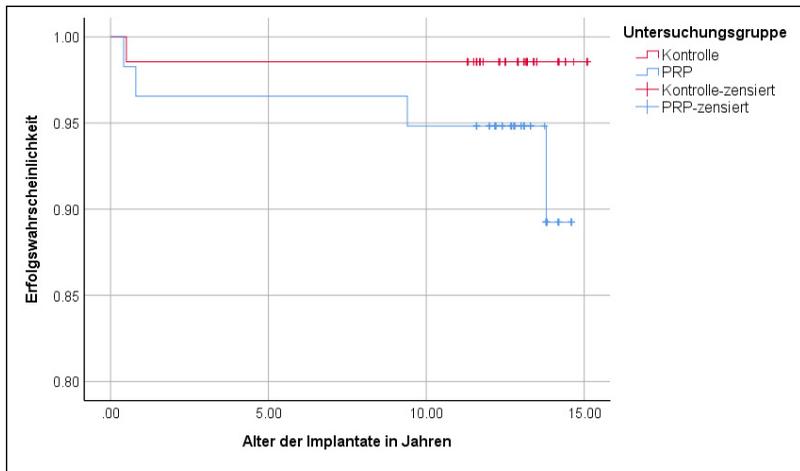


Abbildung 3.12 Erfolgswahrscheinlichkeiten der Implantate nach *Buser*²⁷ (einseitige Auswertung)

In Tabelle 3.36 werden die mittleren Erfolgszeiten nach *Buser*²⁷ der PRP- und Kontroll-Gruppe dargestellt. Die mediane Erfolgszeit konnte ebenfalls nicht errechnet werden.

Tabelle 3.36 Mittlere Erfolgszeit nach *Buser*²⁷ in Jahren (einseitige Auswertung)

	Mittelwert			
	Schätzer	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
			Untere Grenze	Obere Grenze
PRP-Gruppe	14,0	0,4	13,3	14,7
Kontroll-Gruppe	14,9	0,2	14,5	15,3

Erfolg nach *Albrektsson*⁷

Tabelle 3.37 veranschaulicht die Verteilung von erfolgreichen und nichterfolgreichen Implantaten nach *Albrektsson*⁷, sowie deren Erfolgs- und Misserfolgsquoten. In der PRP-Gruppe wurden im Vergleich zur Kontrollgruppe doppelt so viele Implantate als Misserfolg nach *Albrektsson*⁷ eingestuft. Mit einem Wert von $p=0,053$ ist jedoch mit Fischers exaktem Test noch kein statistisch signifikanter Unterschied zu konstatieren.

Tabelle 3.37 Übersicht über erfolgreiche und nichterfolgreiche Implantate nach *Albrektsson*⁷ (einseitige Auswertung)

	PRP-Gruppe		Kontrollgruppe	
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Erfolg nach <i>Albrektsson</i>⁷	44	75,9%	62	89,9%
Misserfolg nach <i>Albrektsson</i>⁷	14	24,1%	7	10,1%
Insgesamt	58	100%	69	100%

In der PRP-Gruppe waren drei der Misserfolge Implantatverluste, in der Kontrollgruppe war dies bei einem Implantat der Fall. Elf (PRP-Gruppe) bzw. sechs Implantate (Kontrollgruppe) galten als nicht erfolgreich aufgrund der angewendeten Erfolgskriterien nach *Albrektsson*⁷. Welche der Kriterien zutrafen, wird in Tabelle 3.38 dargelegt.

Tabelle 3.38 Vergebene Erfolgskriterien nach *Albrektsson*⁷ (einseitige Auswertung)

Erfolgskriterien nach <i>Albrektsson</i> ⁷		PRP-Gruppe		Kontrollgruppe	
		Anzahl der Implantate (N=55)	Prozent	Anzahl der Implantate (N=68)	Prozent
Lockerung	Ja	0	0%	0	0%
	Nein	55	100%	68	100%
Periimplantäre Radioluzenz	Ja	0	0%	0	0%
	Nein	55	100%	68	100%
Erhöhter vertikaler Knochenabbau	Ja	11	20%	6	8,8%
	Nein	44	80%	62	91,2%
Schmerzen	Ja	0	0%	0	0%
	Nein	55	100%	68	100%
Infektion	Ja	3	5,5%	3	4,4%
	Nein	52	94,5%	65	95,6%
Parästhesie	Ja	0	0%	0	0%
	Nein	55	100%	68	100%

Bei sechs PatientInnen war mehr als ein Implantat nicht erfolgreich. Tabelle 3.39 veranschaulicht die Verteilung der Anzahl der Misserfolge.

Tabelle 3.39 Anzahl der Misserfolge nach *Albrektsson*⁷ pro PatientIn (einseitige Auswertung)

Anzahl der Misserfolge	Anzahl der PatientInnen	Prozent
0	26	70,3%
1	5	13,5%
2	4	10,8%
3	0	0%
4	2	5,4%
Insgesamt	37	100%

Die Kaplan-Meier-Kurve in Abbildung 3.13 visualisiert die Analyse der Erfolgszeit nach *Albrektsson*⁷. Der erste Misserfolg in der PRP-Gruppe wurde nach fünf Monaten dokumentiert. Die 5-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit belief sich auf 96,6 Prozent. Die 10-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit betrug 94,8 Prozent. Der Beobachtungszeitraum endete in der PRP-Gruppe nach 14,6 Jahren, wobei eine kumulierte Erfolgswahrscheinlichkeit von 64,5 Prozent errechnet wurde. Mit 12,4 Jahren fiel die Erfolgswahrscheinlichkeit unter 90 Prozent. In der Kontrollgruppe ereignete sich der erste Misserfolg nach *Albrektsson*⁷ nach sechs Monaten. Nach fünf und zehn Jahren

betrug die Erfolgswahrscheinlichkeit 98,6 Prozent. Die 15-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit, sowie die kumulierte Erfolgswahrscheinlichkeit zum Ende der Beobachtungszeit nach 15,1 Jahren wurden mit 78,2 Prozent ermittelt. Die Erfolgswahrscheinlichkeit fiel nach 13,4 Jahren unter 90 Prozent. Mit dem Logrank-Test wurden die Erfolgszeiten nach *Albrektsson*⁷ verglichen. Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen der PRP- und der Kontrollgruppe nachgewiesen werden ($p=0,07$).

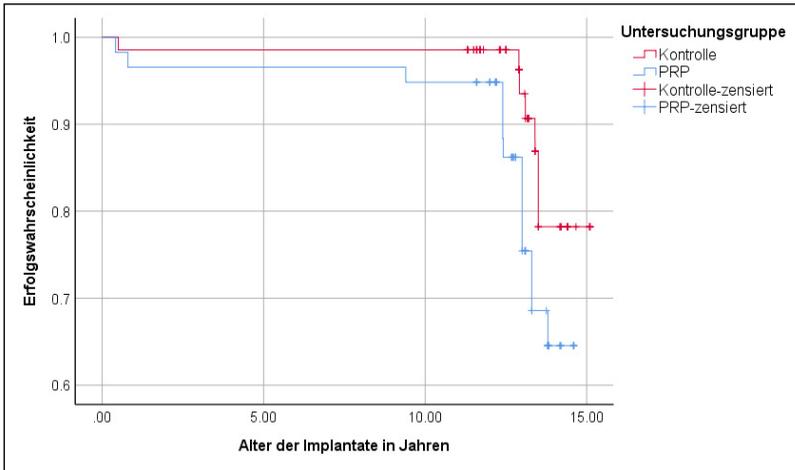


Abbildung 3.13 Erfolgswahrscheinlichkeiten der Implantate nach *Albrektsson*⁷ (einseitige Auswertung)

Tabelle 3.40 stellt die durchschnittlichen Erfolgszeiten nach *Albrektsson*⁷ dar. Da die Erfolgswahrscheinlichkeit nicht unter 50 Prozent fiel, konnte keine mediane Erfolgszeit ermittelt werden.

Tabelle 3.40 Mittlere Erfolgszeit nach *Albrektsson*⁷ in Jahren (einseitige Auswertung)

	Mittelwert			
	Schätzer	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	
			Untere Grenze	Obere Grenze
PRP-Gruppe	13,6	0,4	12,9	14,2
Kontroll-Gruppe	14,5	0,3	14,0	15,0

3.3.3 Sekundärer Parameter

Aufgrund der verlorenen vier Implantate reduzierte sich die Anzahl der Implantate bei der Auswertung der klinischen Parameter von N=127 auf N=123.

Plaueindex

Tabelle 3.41 zeigt die Verteilung des Plaueindex nach *Mombelli*^{®0} in der PRP- und der Kontrollgruppe. Im Durchschnitt wurde in der PRP-Gruppe ein Plaueindex von 0,9 und in der Kontrollgruppe von 1,1 ermittelt. Mit Fishers exaktem Test ließ sich kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen nachweisen ($p=0,28$).

Tabelle 3.41 Verteilung des Plaueindex an den Implantaten (einseitige Auswertung)

Plaueindex nach <i>Mombelli</i> ^{®0}	PRP-Gruppe		Kontrollgruppe	
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Grad 0: keine Plaue	21	38,2%	15	22,1%
Grad 1: Plaue durch Sondieren sichtbar	22	40%	34	50%
Grad 2: Sichtbare Plaueansammlung	10	18,2%	16	23,5%
Grad 3: massive Plaueansammlung	2	3,6%	3	4,4%
Insgesamt	55	100%	68	100%

Sondierungstiefe

In Tabelle 3.42 wird die Verteilung der maximal gemessenen Sondierungstiefen an den Implantaten in der PRP- und der Kontrollgruppe dargestellt. Im Mittel beliefen sich die Sondierungstiefen in der PRP-Gruppe auf 4,2 mm, in der Kontrollgruppe auf 3,6 mm. Fishers exakter Test ergab, dass mit $p=0,04$ ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen besteht.

Tabelle 3.42 Verteilung der maximalen Sondierungstiefe (einseitige Auswertung)

Maximale Sondierungstiefe	PRP-Gruppe		Kontrollgruppe	
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
2 mm	5	9,1%	8	11,7%
3 mm	13	23,6%	28	41,2%
4 mm	17	30,9%	24	35,3%
5 mm	9	16,4%	3	4,4%
6 mm	9	16,4%	4	5,9%
7 mm	1	1,8%	1	1,5%
8 mm	1	1,8%	0	0%
Insgesamt	55	100%	68	100%

Blutungsindex

Bei 22 Implantaten (40 Prozent) aus der PRP-Gruppe kam es zu einer Blutung bei Sondierung, bei 33 Implantaten (60 Prozent) trat keine Blutung auf. In der Kontrollgruppe blutete es bei 19 Implantaten (27,9 Prozent), bei 49 Implantaten (72,1 Prozent) blutete es nicht. Abbildung 3.14 visualisiert diese Verteilung. Es konnte mit Fischers exaktem Test kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen nachgewiesen werden ($p=0,18$).

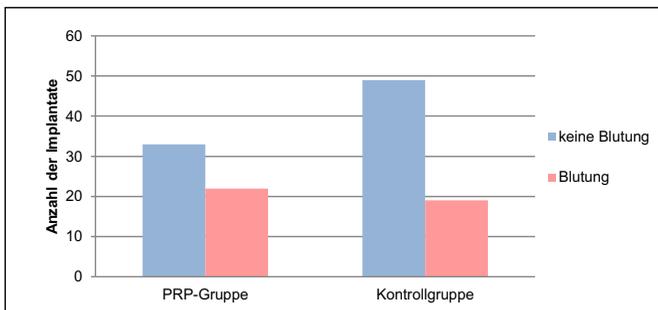


Abbildung 3.14 Blutung auf Sondieren an den Implantaten (einseitige Auswertung)

Lockerungsgrad

Alle untersuchten Implantate hatten einen Lockerungsgrad von 0.

Periotest®-Wert

Tabelle 3.43 gibt einen Überblick über die Verteilung der erfassten Periotest®-Werte. Die Darstellung der Werte erfolgt in Wertebereiche. Durchschnittlich wurde in der PRP-Gruppe ein Periotest®-Wert von 1,3 gemessen, in der Kontrollgruppe lag dieser Wert bei 1,2. Fischers exakter Test konnte mit $p=0,84$ keinen Unterschied zwischen der PRP- und der Kontrollgruppe feststellen.

Tabelle 3.43 Verteilung der Periotest®-Wertebereiche (einseitige Auswertung)

Periotest®-Wertebereiche	PRP-Gruppe		Kontrollgruppe	
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Werte von -8 bis 0: Zufriedenstellende Osseointegration	41	74,5%	52	76,5%
Werte von 1 bis 9: Klinische Prüfung des Implantats nötig	14	25,5%	16	23,5%
Werte ≥ 10: Unzureichende Osseointegration	0	0%	0	0%
Insgesamt	55	100%	68	100%

Alveolarkammhöhe

Die Strecke vom Sinusboden zum Alveolarkamm wurde im OPG in der augmentierten Region gemessen. In Tabelle 3.44 werden die Ergebnisse der Messung aufgeführt. Mit dem Rangsummentest nach Mann-Whitney und Wilcoxon konnte mit $p=0,96$ keine Differenz zwischen der PRP- und der Kontrollgruppe nachgewiesen werden.

Tabelle 3.44 Alveolarkammhöhe der augmentierten Region (einseitige Auswertung)

	PRP-Gruppe	Kontrollgruppe
Anzahl der PatientInnen	17	20
Mittelwert	13,4 mm	13,2 mm
Standardabweichung	4,2 mm	3,2 mm
Minimum	7,1 mm	8,0 mm
Median	12,8 mm	12,8 mm
Maximum	21,9 mm	23,9 mm

Abbildung 3.15 stellt die mittlere Alveolarkammhöhe im zeitlichen Verlauf von Beginn der vorangegangenen Studie bis zur Nachuntersuchung in dieser Studie dar.

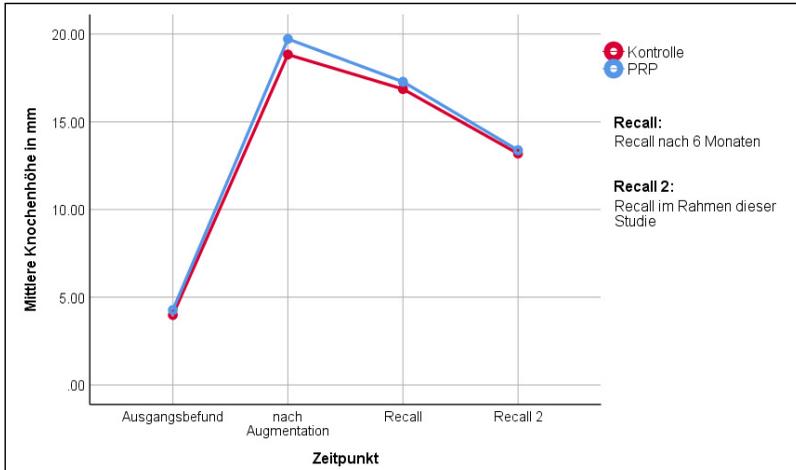


Abbildung 3.15 Die Alveolarkammhöhe im Behandlungsverlauf (einseitige Auswertung)

Knochenverlust der augmentierten Region

Der absolute Knochenverlust, der aus der Differenz der Alveolarkammhöhe nach Augmentation und der im Zuge dieser Arbeit gemessenen Alveolarkammhöhe errechnet wurde, wird in Tabelle 3.45 zusammengefasst.

Tabelle 3.45 Absoluter Knochenverlust der augmentierten Region (einseitige Auswertung)

	PRP-Gruppe	Kontrollgruppe
Anzahl der PatientInnen	17	20
Mittelwert	6,3 mm	5,7 mm
Standardabweichung	3,9 mm	4,6 mm
Minimum	1,3 mm	0,4 mm
Median	5,4 mm	4,9 mm
Maximum	16,7 mm	21,3 mm

Ein Vergleich der medianen Knochenverlustwerte der PRP- und der Kontrollgruppe mit dem Rangsummentest nach Mann-Whitney und Wilcoxon konnte mit $p=0,46$ keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen nachweisen.

Das Verhältnis des absoluten Knochenverlustes zur Knochenhöhe nach Augmentation wurde als prozentualer Knochenverlust berechnet. Einen Überblick über die Ergebnisse gibt Tabelle 3.46. Es konnte mit dem Rangsummentest nach Mann-Whitney und

Wilcoxon kein Unterschied zwischen der PRP- und der Kontrollgruppe ermittelt werden ($p=0,70$).

Tabelle 3.46 Prozentualer Knochenverlust der augmentierten Region (einseitige Auswertung)

	PRP-Gruppe	Kontrollgruppe
Anzahl der PatientInnen	17	20
Mittelwert	31,3%	28,2%
Standardabweichung	15%	16,3%
Minimum	8,6%	2,5%
Median	35%	27,2%
Maximum	60,6%	66,6%

Krestaler Knochenabbau

Tabelle 3.47 veranschaulicht den krestalen Knochenabbau in der PRP- und der Kontrollgruppe. Der Rangsummentest nach Mann-Whitney und Wilcoxon konnte mit $p=0,91$ keinen Unterschied zwischen den beiden Gruppen nachweisen.

Tabelle 3.47 Übersicht über den krestalen Knochenabbau (einseitige Auswertung)

	PRP-Gruppe	Kontrollgruppe
Anzahl der Implantate	55	68
Mittelwert	2,5 mm	2,4 mm
Standardabweichung	1,6 mm	1,5 mm
Minimum	0 mm	0 mm
Median	2,9 mm	2,1 mm
Maximum	6 mm	7 mm

In Tabelle 3.48 wird die genauere Verteilung des krestalen Knochenabbaus in den beiden Gruppen dargestellt. Mit Fischers exaktem Test ist kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen auszumachen ($p=0,20$).

Tabelle 3.48 Verteilung des krestalen Knochenabbaus (einseitige Auswertung)

Krestaler Knochenabbau	PRP-Gruppe		Kontrollgruppe	
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
0 bis 0,5 mm	10	18,2%	5	7,3%
über 0,5 mm bis 3,5 mm	32	58,2%	45	66,2%
über 3,5 mm	13	23,6%	18	26,5%
Insgesamt	55	100%	68	100%

3.4 Gesamtauswertung

Tabelle 3.49 stellt die 28 untersuchten Parameter der Split-Mouth-Auswertung und der einseitigen Auswertung in einer Gesamtübersicht dar. Insgesamt waren die Werte aus der PRP-Gruppe bei drei Parametern (10,7 Prozent) besser als in der Kontrollgruppe. Die Werte der Kontrollgruppe waren bei 23 Parametern (82,1 Prozent) besser als in der PRP-Gruppe. Bei zwei Parametern waren die Werte beider Gruppen gleich (7,1 Prozent).

Tabelle 3.49 Gesamtauswertung

	Parameter	PRP-Gruppe		Kontrollgruppe		
		Wert	Bewertung	Wert	Bewertung	
Split-Mouth-Auswertung	Überlebensrate	94,4%	-	97,5%	+	
	Kumulierte Überlebensrate	94,4%	-	97,5%	+	
	Erfolg nach <i>Buser</i> ²⁷	93,3%	-	97,5%	+	
	Kumulierte Erfolgsrate nach <i>Buser</i> ²⁷	91,1%	-	97,5%	+	
	Erfolg nach <i>Albrektsson</i> ⁷	75,6%	-	86,4%	+	
	Kumulierte Erfolgsrate nach <i>Albrektsson</i> ⁷	43,7%	-	77%	+	
	Plaueindex (Durchschnitt)	1,0	+	1,2	-	
	Sondierungstiefe (Durchschnitt)	4,1 mm	-	3,8 mm	+	
	Blutung bei Sondierung	40%	-	27,8%	+	
	Periotest®-Wert (Durchschnitt)	1,3	=	1,3	=	
	Alveolarkammhöhe (Median)	13,3 mm	+	12,7 mm	-	
	Knochenverlust absolut (Median)	5,4 mm	-	4,6 mm	+	
	Knochenverlust prozentual (Median)	31,5%	-	25,6%	+	
	Krestaler Knochenabbau (Median)	2,9 mm	-	2,1 mm	+	
	Einseltige Auswertung	Überlebensrate	94,8%	-	98,6%	+
		Kumulierte Überlebensrate	94,8%	-	98,6%	+
Erfolg nach <i>Buser</i> ²⁷		93,1%	-	98,6%	+	
Kumulierte Erfolgsrate nach <i>Buser</i> ²⁷		89,2%	-	98,6%	+	
Erfolg nach <i>Albrektsson</i> ⁷		75,9%	-	89,9%	+	
Kumulierte Erfolgsrate nach <i>Albrektsson</i> ⁷		64,5%	-	78,2%	+	
Plaueindex (Durchschnitt)		0,9	+	1,1	-	
Sondierungstiefe (Durchschnitt)		4,2 mm	-	3,6 mm	+	
Blutung bei Sondierung		40%	-	27,9%	+	
Periotest®-Wert (Durchschnitt)		1,3	-	1,2	+	
Alveolarkammhöhe (Median)		12,8 mm	=	12,8 mm	=	
Knochenverlust absolut (Median)		5,4 mm	-	4,9 mm	+	
Knochenverlust prozentual (Median)		35%	-	27,2%	+	
Krestaler Knochenabbau (Median)		2,9 mm	-	2,1 mm	+	

+: Wert ist besser als in der anderen Gruppe, -: Wert ist schlechter als in der anderen Gruppe, =: Wert ist in beiden Gruppen gleich

3.5 Auswertung der zusätzlichen Parameter

3.5.1 Implantat-bezogene Parameter

Suprakonstruktion

Es befanden sich verschiedene Suprakonstruktionen auf den untersuchten Implantaten. Die einzelnen Versorgungsarten und deren Häufigkeit sind in Tabelle 3.50 dargestellt. Kronen stellten mit 40,5 Prozent die am meisten verwendete Suprakonstruktion dar.

Tabelle 3.50 Verteilung der Versorgungsarten

Versorgungsart	Anzahl der PatientInnen	Prozent
Teleskopprothese	11	29,7%
Steg	2	5,4%
Brücke	9	24,3%
Krone	15	40,5%
Insgesamt	37	100%

Reparatur des Zahnersatzes

Eine Reparatur des Zahnersatzes erfolgte bis zum Untersuchungszeitpunkt bei elf PatientInnen (29,7 Prozent), bei den restlichen 26 PatientInnen (70,3 Prozent) musste die Suprakonstruktion bisher nicht repariert werden.

Keratinisierte Gingiva

Bei 178 Implantaten der 202 untersuchten Implantate (88,1 Prozent) konnte man befestigte Gingiva feststellen. Bei 24 Implantaten (11,9 Prozent) lag diese nicht vor.

3.5.2 Patientenbezogene Parameter

Zahnpflege und Professionelle Zahnreinigung

Alle 37 PatientInnen berichteten, regelmäßige tägliche Zahnpflege zu betreiben. 22 PatientInnen gaben an, regelmäßig eine professionelle Zahnreinigung (PZR) durchführen zu lassen. Sie stellen mit 59,5 Prozent die Mehrheit der PatientInnen dar. Bei fünf PatientInnen (13,5 Prozent) erfolgte selten eine PZR, zehn PatientInnen (27 Prozent) ließen keine PZR durchführen.

Bewertung der Kaufunktion

In Tabelle 3.51 wird dargestellt, wie die PatientInnen die Kaufunktion des Zahnersatzes in Schulnoten bewerteten.

Tabelle 3.51 Notenverteilung zur Bewertung der Kauffunktion

Bewertung der Kauffunktion	Anzahl der PatientInnen	Prozent
Note 1: Sehr gut	22	59,5%
Note 2: Gut	12	32,4%
Note 3: Befriedigend	2	5,4%
Note 4: Ausreichend	1	2,7%
Note 5: Mangelhaft	0	0%
Note 6: Ungenügend	0	0%
Insgesamt	37	100%

Bewertung des Sprechvermögens

23 PatientInnen (62,2 Prozent) bewerten das Sprechvermögen mit „sehr gut“, 13 PatientInnen (35,1 Prozent) empfindet es als „gut“. Ein/e TeilnehmerIn der Studie machte diesbezüglich keine Angaben.

Bewertung des OP-Erfolges

Die Bewertung des OP-Erfolges durch die PatientInnen wird in Tabelle 3.52 veranschaulicht.

Tabelle 3.52 Notenverteilung zur Bewertung des OP-Erfolges

Bewertung des OP-Erfolges	Anzahl der PatientInnen	Prozent
Note 1: Sehr gut	19	51,4%
Note 2: Gut	11	29,7%
Note 3: Befriedigend	5	13,5%
Note 4: Ausreichend	0	0%
Note 5: Mangelhaft	1	2,7%
Note 6: Ungenügend	0	0%
Keine Angabe	1	2,7%
Insgesamt	37	100%

Bewertung des ästhetischen Erfolges

Tabelle 3.53 visualisiert, wie die PatientInnen den ästhetischen Erfolg der Implantatversorgung in Schulnoten beurteilen.

Tabelle 3.53 Notenverteilung zur Bewertung des ästhetischen Erfolges

Bewertung des ästhetischen Erfolges	Anzahl der PatientInnen	Prozent
Note 1: Sehr gut	22	59,5%
Note 2: Gut	11	29,7%
Note 3: Befriedigend	2	5,4%
Note 4: Ausreichend	1	2,7%
Note 5: Mangelhaft	0	0%
Note 6: Ungenügend	0	0%
Keine Angabe	1	2,7%
Insgesamt	37	100%

Bewertung der Zufriedenheit

Die Einschätzung der Zufriedenheit mit den Implantaten und dem Zahnersatz durch die PatientInnen wird in Tabelle 3.54 dargestellt.

Tabelle 3.54 Notenverteilung zur Bewertung der Zufriedenheit

Bewertung der Zufriedenheit	Anzahl der PatientInnen	Prozent
Note 1: Sehr gut	20	54,1%
Note 2: Gut	15	40,5%
Note 3: Befriedigend	1	2,7%
Note 4: Ausreichend	0	0%
Note 5: Mangelhaft	1	2,7%
Note 6: Ungenügend	0	0%
Insgesamt	37	100%

4 Diskussion

4.1 Diskussion von Patientenkollektiv und Methodik

4.1.1 Studiendesign, Patientenkollektiv und statistische Auswertung

Diese Studie analysiert den Einfluss von PRP auf den Implantationserfolg. Ein Vergleich zum Implantationserfolg ohne PRP wurde durch eine Kontrollgruppe bzw. eine Kontrollseite ermöglicht. Die Verteilung der PatientInnen auf die Untersuchungsgruppen erfolgte zufällig. Da die Gruppenzugehörigkeit der ProbandInnen verdeckt gehalten wurde, konnte die Verblindung der Untersucherin während der Datenaufnahme sichergestellt werden.

Die vorliegende Arbeit stellt durch die retrospektive Datenerhebung eine nichtexperimentelle Therapiestudie dar¹³³ und weist damit im Vergleich zu einer klassischen kontrollierten randomisierten Studie einen geringeren Evidenzgrad auf.¹²⁸ Dennoch muss betont werden, dass es bisher keine kontrollierte Studie zum Einfluss von PRP auf den langfristigen Implantationserfolg gibt und diese Untersuchung daher diesbezüglich wichtige Erkenntnisse liefert.

Durch die Randomisierung und Stratifizierung der vorangegangenen Forschungsarbeit wurde eine Strukturgleichheit innerhalb der einzelnen Gruppen erzielt. Da der vorliegenden Untersuchung dasselbe Patientenkollektiv zugrunde liegt, sollte die Strukturgleichheit beibehalten werden. Die Analyse in 3.2.1 und 3.3.1 zeigt, dass dies trotz der Drop-Outs gelungen ist.

Es handelt sich bei dieser Arbeit außerdem um eine bizenrische Studie, da PatientInnen aus Gießen und Erlangen untersucht wurden. Durch mehrere Zentren kann die externe Validität einer Studie gesteigert werden.¹⁰⁷ Obwohl der Anteil der Erlanger PatientInnen geringer ist, verbessert das bizenrische Design die Vergleichbarkeit der Ergebnisse dieser Studie.

Die Anzahl der untersuchten PatientInnen ist kritisch zu betrachten. Insgesamt wurden 37 PatientInnen untersucht. Statistisch gesehen stellt dies eine kleine Patientenpopulation dar. Durch größere Untersuchungspopulationen lassen sich die Ergebnisse von Studien besser auf die Allgemeinheit übertragen.³⁷ Ergebnisse solcher Studien sind also repräsentativer für andere Patientenfälle.³⁷ Da es sich hier um eine Nachfolgestudie handelt, war das Patientenkollektiv allerdings von der vorherigen Studie abhängig. *Schaaf* untersuchte 53 PatientInnen,¹¹⁰ von denen 16 PatientInnen nicht nachuntersucht werden konnten. Die Gründe dafür waren unterschiedlich. Vier PatientInnen waren verstorben oder in zu schlechter körperlicher Verfassung. Sieben PatientInnen lehnten eine Teilnahme an dieser Studie ab. Bei fünf PatientInnen war die

Kontaktaufnahme trotz aller Bemühungen nicht möglich, da keine aktuelle Telefonnummer vorlag und auf Briefe mit der Bitte zur Teilnahme keine Rückmeldung folgte.

Die Auswertung der primären und sekundären Parameter erfolgte hauptsächlich nicht personen-, sondern implantatbezogen. So sind PatientInnen, abhängig davon wie viele Implantate sie erhalten haben, unterschiedlich oft in die Auswertung miteingeflossen. Dies kann zu Verzerrung der Ergebnisse führen, da diese Daten nicht unabhängig voneinander sind.¹³²

4.1.2 Primäre Parameter

Die Überlebensrate und der Implantationserfolg nach *Albrektsson*⁷ und *Buser*²⁷ wurden in dieser Studie als primäre Parameter definiert. Wie unter 1.3.3 bereits erwähnt, eignet sich die Überlebensrate allein nicht als Kriterium für den Implantationserfolg. Sie wurde in dieser Studie trotzdem dokumentiert und ausgewertet, da sie eine Basisgröße darstellt und reproduzierbar ist. Zudem existieren viele verschiedene Erfolgskriterien, sodass die Überlebensrate den Vergleich mit anderen Forschungsarbeiten leichter zulässt.

Die Hauptzielparameter wurden mit dem Kaplan-Meier-Verfahren ausgewertet. Dies bietet den Vorteil, dass nicht ein einfacher Quotient von verlorenen Implantaten bzw. nicht erfolgreichen Implantaten zu gesetzten Implantaten gebildet wird, sondern die Liegezeit mitberücksichtigt wird. Außerdem werden auch Implantate, die in der Beobachtungszeit nicht verloren gingen oder nicht als Misserfolg eingestuft wurden, in die Analyse mit einberechnet.¹³⁷ *Neukam* empfiehlt die Lebenszeitanalyse als statistisches Verfahren zur Auswertung von Erfolgsdaten dentaler Implantate.⁸⁸

Von der Vielzahl in der Literatur verfügbaren Erfolgskriterien wurden die Kriterien nach *Albrektsson*⁷ und *Buser*²⁷ ausgewählt. Auf internationaler Ebene stellen sie häufig verwendete Kriterien zur Beurteilung des Implantationserfolges dar.^{24,94} Sie wurden in dieser Arbeit zur Beurteilung des Implantationserfolges genutzt, um die Ergebnisse auf diese Weise in die aktuelle Forschungslage einordnen zu können. Eine offizielle, einheitliche und internationale Übereinkunft darüber, wie man Erfolg in der Implantologie definiert und mit welchen Kriterien dieser gemessen wird, fehlt allerdings bis heute.⁸⁴

Bei den Kriterien nach *Buser*²⁷ werden Implantate als nicht erfolgreich eingestuft, wenn sehr schwerwiegende Probleme vorliegen. Ein Kriterium für den Misserfolg ist beispielsweise die Lockerung des Implantates.²⁷ Eine Lockerung von Implantaten tritt nur im Endstadium des Knochenabbaus auf, das heißt, wenn das Implantat nicht mehr vom Knochen umgeben ist.⁸¹ Auch die durchgehende Radioluzenz im Röntgenbild, die

ein weiterer Faktor für den Misserfolg eines Implantates nach *Buser* darstellt,²⁷ zeigt sich ausschließlich bei nicht mehr vorhandenen Osseointegration des Implantates. Ein solches Implantat kann nicht mehr in der Mundhöhle verbleiben.⁷⁷ Auch die anderen Kriterien von *Buser*²⁷ sind Zustände, bei deren Vorliegen das betroffene Implantat mit größter Wahrscheinlichkeit entfernt werden muss. Somit wird nach *Buser*²⁷ ein Implantat als nicht erfolgreich eingestuft, wenn die klinische Situation bereits so verheerend ist, dass es explantiert werden muss. Die vorherige Phase, in der durch konservierende oder chirurgische Maßnahmen noch versucht werden kann, das Implantat zu erhalten, wird bei den Kriterien nach *Buser*²⁷ nicht berücksichtigt.

Die Anwendung der Kriterien nach *Buser*²⁷ in der vorliegenden Arbeit muss in einem Punkt kritisch hinterfragt werden: Nach *Buser* soll keine wiederkehrende eitrige Infektion vorliegen.²⁷ In dieser Studie wurden die gesetzten Implantate einmalig in einer Nachuntersuchung beurteilt, sodass lediglich eine Momentaufnahme der periimplantären Situation erfasst wurde. Ob eine eitrige Suppuration einmalig oder wiederholt vorkam, konnte somit nicht ermittelt werden. Kam es bei einem Implantat zu Pus-Austritt aus dem Sulkus, wurde in dieser Arbeit das Implantat nach *Buser*²⁷ als nicht erfolgreich eingestuft. Daher kann es zu einer zu strengen Bewertung gekommen sein. Die von *Albrektsson* et al.⁷ abgegrenzten Kriterien berücksichtigen ähnliche Faktoren wie *Buser*²⁷, allerdings wird hier zusätzlich der jährliche Knochenabbau der Implantate berücksichtigt. Wenn der Knochenabbau bei einem Implantat oberhalb der gesetzten Grenze ist, wird das Implantat als nicht erfolgreich eingestuft.⁷ Ein vollständiger Knochenabbau um den gesamten Implantatkörper herum ist nicht nötig für diese Einschätzung. Das führt dazu, dass ein Misserfolg nach *Albrektsson*⁷ früher festgestellt werden kann, als es bei den Kriterien nach *Buser*²⁷ möglich ist.

Die Erfolgskriterien nach *Albrektsson*⁷ sind teilweise nicht eindeutig definiert, was die Anwendung der Kriterien erschwerte. Nach *Albrektsson*⁷ soll bei einem erfolgreichen Implantat keine irreversible periimplantäre Infektion vorliegen.⁷ Die genaue Definition einer solchen Entzündung wird allerdings nicht aufgeführt. In der vorliegenden Arbeit wurde diese Infektion als Periimplantitis interpretiert, denn Periimplantitis beinhaltet nicht nur eine Entzündung des periimplantären Gewebes, sondern auch krestalen Knochenabbau. So konnten die beiden Kriterien von *Albrektsson*⁷ bezüglich Entzündung und Knochenabbau verbunden werden. Daher ging die Untersucherin beim Vorliegen einer Blutung, bei Sondierungstiefen über 4 mm und bei krestalem Knochenabbau oberhalb des errechneten Grenzwertes von einer Infektion aus. Es gibt keine internationale Übereinkunft darüber, ab wann man von einer Periimplantitis spricht, daher könnten auch andere Grenzen gesetzt werden. So sprechen zum Beispiel *Nguyen-Hieu* et al. bei Sondierungstiefen ≥ 5 mm und einem Knochenabbau ≥ 2 mm von

einer Periimplantitis.⁸⁹ Dies stellt eine strengere Beurteilung als in dieser Studie dar, sodass es sein kann, dass die vorliegenden Daten zu Erfolgsrate nach *Albrektsson*⁷ unterschätzt wurden.

Des Weiteren soll bei einem erfolgreichen Implantat nach *Albrektsson* nach dem ersten Jahr unter Belastung nicht mehr als 0,2 mm krestaler Knochenverlust auftreten.⁷ In den Kriterien wird allerdings nicht festgelegt, wie viel Knochenabbau im ersten Jahr stattfinden darf. In der vorliegenden Arbeit wurde der Wert von *Albrektsson* und *Isidor* verwendet.³ Die Autoren verlangen für erfolgreiche Implantate einen Knochenabbau von weniger als 1,5 mm im ersten Jahr der Belastung.³ In der Literatur lassen sich aber auch andere Werte finden. *Tarnow* et al. beschreiben im ersten Jahr einen Knochenabbau zwischen 1,5 und 2 mm,¹²³ *Roos-Jansåker* et al. von 1,8 mm.¹⁰⁹ So stellt der Wert von *Albrektsson* und *Isidor*³ einen eher strengen Grenzwert dar. Es bleibt zu berücksichtigen, dass mit Grenzwerten, die sich an die anderen Forschungsarbeiten orientieren, die Anzahl erfolgreicher Implantate nach *Albrektsson*⁷ entsprechend niedriger ausgefallen wäre.

In der vorliegenden Studie wurde der jährliche Knochenabbau schon ab der Implantation berücksichtigt, da keine Röntgenbilder zum Zeitpunkt der prothetischen Belastung der Implantate vorlagen. Der Knochenabbau wurde dadurch strenger beurteilt, weil es auch schon vor der Belastung der Implantate zu Knochenabbau kommen kann.¹²³

Die Messung des krestalen Knochenabbaus erfolgte digital an den angefertigten Röntgenbildern. Beim Röntgen kommt es zu Vergrößerungseffekten, sodass es zu Messfehlern kommen kann. Um diese zu minimieren, wurden die Röntgenbilder anhand der Längen der Implantate kalibriert. Diese Kalibrierung erfolgte an jedem Implantat, da die Vergrößerung innerhalb eines OPGs nicht gleichmäßig ist.³¹ Vor allem durch falsche Positionierung der Patienten kann es zu unterschiedlichen Vergrößerungen innerhalb eines Röntgenbildes kommen.⁹⁶ Die schräge Positionierung von Implantaten kann dies ebenso bewirken. Diese möglichen darstellungsbedingten Unterschiede der Vergrößerungen wurden durch die einzelne Kalibrierung an jedem Implantat berücksichtigt und dadurch kontrolliert.

Analoge Röntgenbilder wurden mit einem geeigneten Scanner digitalisiert, damit sie mit der gleichen Software digital ausgewertet werden konnten. Durch den Scanprozess kann es zur Verschlechterung der Bildqualität kommen, sodass sich die Röntgenbilder schlechter auswerten ließen. Aufgrund dessen können ebenfalls Messfehler entstehen. Allerdings bleibt zu berücksichtigen, dass in dieser Arbeit nur fünf analoge Röntgenaufnahmen ausgewertet wurden. Der Großteil der OPGs wurde digital angefertigt.

In Deutschland müssen Röntgenbilder zehn Jahre aufbewahrt werden. Da die

Nachuntersuchung durchschnittlich 13 Jahre nach Implantation stattfand, lag bei der Mehrheit der PatientInnen das Röntgenbild, welches direkt nach Implantation erstellt wurde, nicht mehr vor. So konnte nicht überprüft werden, ob sich die Implantatschulter auf Höhe des Knochens befunden hat oder ob ein Implantat etwas über dem Knochniveau endete. Es kann also sein, dass die Ergebnisse des krestalen Knochenabbaus dadurch schlechter als in der Realität sind.

Da es sich bei dieser Studie um eine retrospektive Arbeit handelt und keine jährlich angefertigten Röntgenbilder vorlagen, wurde der Grenzwert des periimplantären Knochenabbaus für die Lebensdauer der Implantate zusammenfassend berechnet. *Buch* et al. argumentieren, dass der krestale Knochenverlust bei den *Albrektsson*-Kriterien nicht beurteilt werden kann, wenn keine Verlaufsdaten vorliegen.²⁴ Jedoch berücksichtigt die hier verwendete Formel jedes einzelne Jahr mit seinen Grenzwerten. Wenn der Knochenabbau eines Implantates insgesamt höher als der errechnete Grenzwert war, muss in einem der Jahre ein vermehrter Knochenabbau stattgefunden haben, weil sonst der Grenzwert nicht überschritten würde. Trotzdem kann es sein, dass der Knochenabbau nicht in jedem Jahr oberhalb der geforderten 0,2 mm lag. Für die Einschätzung, ob ein Implantat nach *Albrektsson*⁷ erfolgreich ist oder nicht, ist es aber unerheblich, zu welchem konkreten Zeitpunkt zu viel Knochenabbau stattgefunden hat. Es genügt festzustellen, dass der aktuelle gemessene Knochenabbau oberhalb der zu tolerierenden Grenze liegt.

Insgesamt sind beide Erfolgskriterien 'Schwarz-Weiß-Kriterien'; sie unterscheiden lediglich in Erfolg und Misserfolg. Erfolgreiche Implantate sind ausschließlich gesunde Implantate. Nicht erfolgreiche Implantate sind bereits explantierte Implantate und nicht gesunde Implantate. Es sind keine Vorstufen zum vollständigen Misserfolg definiert, sodass Implantate, die eine Tendenz zum Misserfolg aufweisen, nicht als solche erkannt werden können. Die Erfolgskriterien sind demnach zu undifferenziert, um die wirkliche Situation eines Implantates abbilden zu können. Deshalb leiten sich aus der Unterteilung in erfolgreiche und nicht erfolgreiche Implantate weder Therapiemöglichkeiten noch -empfehlungen ab, die den Implantatverlust abwenden könnten. Ein weiteres Defizit der hier angewendeten Erfolgskriterien ist, dass die Patientenzufriedenheit völlig außer Acht gelassen wird. Letztendlich ist das Ziel von Zahnersatz, verlorene Zähne so zu ersetzen, dass der/die Patient/in ohne Einschränkung mit der Versorgung zurechtkommt. Aus medizinischer Sicht erfolgreiche Implantate können trotzdem von PatientInnen als nicht erfolgreich empfunden werden, zum Beispiel wenn sie ästhetischen oder funktionellen Ansprüchen der PatientInnen nicht gerecht werden.

4.1.3 Sekundäre Parameter

Als ein sekundärer Parameter wurde in dieser Studie die Sondierungstiefe definiert. Deren Messung kann bei Implantaten aufgrund der Gestaltung der Suprakonstruktion mitunter schwierig sein. Besonders wenn Molaren mit Einzelkronen ersetzt werden, müssen die Kronen in mesio-distaler Richtung im zervikalen Bereich trichterförmig gestaltet werden, da die Krone breiter ist als das Implantat. Dadurch kann es beim Sondieren schwer sein, überhaupt den tatsächlichen Sulkusboden zu erreichen. Außerdem können Sondierungstiefen in solchen Fällen auch höher als real vorhanden gemessen werden (Pseudotaschen), da die Sonde stark gekippt werden muss, um in den Sulkus zu gelangen. Auch bei Brücken- oder Stegkonstruktionen kann die Sondierungstiefenmessung aus denselben Gründen erschwert sein. Somit ist die Sondierungstiefenmessung nicht objektiv.⁷⁷ Darüber hinaus kann aus ästhetischen Gründen Weichgewebe oberhalb des Implantates vorhanden sein, wodurch eine Pseudotasche messbar ist.⁷⁹

Neben dem Lockerungsgrad wurde das Periotest®-Gerät verwendet, um die Befestigung der Implantate im Knochen zu beurteilen. Für diese Messung wurden die Suprakonstruktionen nicht von den Implantaten genommen, da der Großteil der untersuchten PatientInnen zementierte Versorgungen aufwies. Zementierte Versorgungen lassen sich häufig nur durch Beschädigung des Zahnersatzes vom Implantat lösen. So wurde mit dem Periotest®-Gerät jedoch nicht nur die Verankerung des Implantates im Knochen, sondern auch der Verbund der Suprakonstruktion mit dem Implantat gemessen. Folglich kann durch eine feste Suprakonstruktion eine mangelnde Osseointegration des Implantates kaschiert werden. Gleichzeitig können Periotest®-Werte über 0 auch aufgrund einer nicht vollständig starren Verbindung der Suprakonstruktion zum Implantat entstehen.

Zusätzlich zur Messung des krestalen Knochenabbaus erfolgte eine Messung der Höhe des Sinusbodens, um die Werte mit der vorherigen Studie von *Schaaf* vergleichen zu können. Wie von *Schaaf* beschrieben, wurde die Messung im Bereich der Position der Zähne 16/15 bzw. 25/26 durchgeführt.¹¹⁰ Da die genaue Messstelle der vorherigen Studie nicht dokumentiert wurde und daher nicht nachzuvollziehen war, kann es sein, dass die erste und zweite Messung nicht an der exakt gleichen Stelle durchgeführt wurde. In der vorliegenden Arbeit wurde aber immer die kleinste Strecke in der betreffenden Region gemessen. Dadurch sollte verhindert werden, dass die Ungenauigkeit der Messung in zu optimistische Ergebnisse resultiert. Der durch die Messung errechnete Knochenverlust ist daher als pessimistisch anzusehen.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

4.2.1 Primäre Parameter

Der Implantationserfolg ist das wichtigste Maß der hier geprüften Behandlungsmethode. Von besonderer Relevanz zur Einordnung in die aktuelle Forschungslage ist die Überlebensrate. Wie in 1.7 bereits erwähnt, lassen sich keine kontrollierten Studien finden, die sich hauptsächlich mit dem langfristigen Erfolg von Implantaten, die in mit PRP behandelten Knochen gesetzt wurden, beschäftigen. Deswegen werden auch Studien, die den langfristigen Erfolg von Implantaten untersuchen ohne PRP zu berücksichtigen,^{13,24,45} zum Vergleich mit den Ergebnissen aus der Kontrollgruppe herangezogen. Außerdem werden Studien, die ohne Kontrollgruppe den Effekt von PRP auf den Implantationserfolg untersuchen,^{59,106,116} mit den Ergebnissen der PRP-Gruppe verglichen.

Überlebensrate

In dieser Arbeit wurde in der PRP-Gruppe eine Überlebensrate von 94,4 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) und 94,8 Prozent (einseitige Auswertung) ermittelt. In der Kontrollgruppe überlebten 97,5 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) und 98,6 Prozent (einseitige Auswertung) der Implantate. Die kumulierte Überlebenswahrscheinlichkeit betrug in der PRP-Gruppe 94,4 Prozent nach 15,1 Jahren (Split-Mouth-Auswertung) und 94,8 Prozent nach 14,6 Jahren (einseitige Auswertung). In der Kontrollgruppe belief sich die kumulierte Überlebenswahrscheinlichkeit nach 15,1 Jahren auf 97,5 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) bzw. auf 98,6 Prozent (einseitige Auswertung). Somit entsprachen die Überlebensraten den kumulierten Überlebenswahrscheinlichkeiten. Zwischen den beiden Gruppen konnte kein statistisch signifikanter Unterschied ermittelt werden. Der durchschnittliche und mediane Nachsorgezeitraum dieser Studie lag bei 13 Jahren.

In der Studie von *Dasmah* et al. wurden bei 15 PatientInnen im Split-Mouth-Design Knochenaufbau mit PRP und ohne PRP durchgeführt.³⁶ Nach einer Beobachtungszeit von fünf Jahren lagen die Überlebensraten der Implantate in beiden Gruppen bei 100 Prozent.³⁶ Die Erkenntnisse weichen von den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit ab, weil sich die Überlebensraten von *Dasmah* et al.³⁶ in den beiden Gruppen nicht unterscheiden. Im Gegensatz zu *Dasmah* et al.³⁶ basieren die Ergebnisse der vorliegenden Studie auf einem größeren Patientenkollektiv und einer längeren Nachsorgezeit. Bei einem medianen Alter der Implantate von 13 Jahren ist eine Überlebensrate von 100 Prozent unwahrscheinlich.

Demgegenüber verglichen *Velich* et al. zehn unterschiedliche Augmentationsmaterialien bei Sinuslift-Operationen an 614 PatientInnen.¹³¹ PRP wurde zusammen mit

alloplastischem Knochenersatzmaterial verwendet und mit den anderen Gruppen verglichen.¹³¹ Die Autoren dokumentieren nach maximal fünf Jahren eine Überlebensrate von 96,4 Prozent in der PRP-Gruppe und konnten zwischen den zehn Untersuchungsgruppen keinen statistisch signifikanten Unterschied feststellen.¹³¹ Diese Ergebnisse bestätigen die Erkenntnisse der vorliegenden Arbeit. Einschränkend bleibt indes zu beachten, dass ein Vergleich von zehn Untersuchungsgruppen wenig Aussagekraft hat, weil keine echte Kontrollgruppe vorliegt.

Mit Blick auf das Implantatüberleben konnte in den Reviews von *Del Fabbro* et al. und *Lemos* et al. kein Vorteil von PRP gegenüber den Kontrollgruppen nachgewiesen werden.^{38,67} Auch die Metaanalyse von *Bae* et al. kommt zu diesem Ergebnis.¹⁷ Ferner bestätigen diese Erkenntnisse die Resultate der vorliegenden Arbeit. Es muss allerdings darauf hingewiesen werden, dass der Nachsorgezeitraum der berücksichtigten Studien in der Metaanalyse maximal zwei Jahre¹⁷, in den Übersichtsarbeiten maximal zwei⁶⁷ bzw. 5 Jahre³⁸ betrug. Sie können also, anders als die vorliegende Arbeit, den langfristigen Effekt von PRP auf das Implantatüberleben nicht beurteilen.

Die Überlebensrate weiterer Studien ins Auge fassend, wurde in der Studie von *Schwartz-Arad* et al. eine Kombination aus autologen Knochenblöcken, xenogenem Knochenersatzmaterial und PRP zur Augmentation verwendet.¹¹⁶ Es gab keine Kontrollgruppe und die inserierten Implantate wurden durchschnittlich 3,3 Jahre untersucht.¹¹⁶ Die AutorInnen gaben eine Überlebensrate von 93,4 Prozent und eine kumulierte Überlebenswahrscheinlichkeit von 83 Prozent nach 11,4 Jahren an.¹¹⁶ Die Überlebensraten der PRP-Gruppe dieser Arbeit gleichen jener von *Schwartz-Arad* et al.¹¹⁶ Allerdings ist die kumulierte Überlebenswahrscheinlichkeit von *Schwartz-Arad* et al.¹¹⁶ über zehn Prozent kleiner als in der PRP-Gruppe der vorliegenden Arbeit. Ein Grund für das abweichende Ergebnis könnte sein, dass die Datengrundlage der beiden Studien völlig verschieden ist: Die Studie von *Schwartz-Arad* et al.¹¹⁶ weist eine größere Patientenpopulation auf und wendet eine andere OP-Technik an. In der vorliegenden Studie ist hingegen der durchschnittliche Nachsorgezeitraum deutlich länger. Außerdem gibt es eine Kontrollgruppe, die im Vergleich zur PRP-Gruppe keinen signifikanten Unterschied aufweist. Daher ist davon auszugehen, dass das Ergebnis in der vorliegenden Studie für die untersuchte Population repräsentativ ist.

Außerdem erforschten *Robiony* et al. die Langzeitergebnisse vom Knochenaufbau mittels Distraktionsosteogenese zusammen mit PRP und anschließender Implantation ohne eine Kontrollgruppe.¹⁰⁶ Sie ermittelten eine Überlebensrate der Implantate von 97,9 Prozent nach fünf Jahren.¹⁰⁶ Die Überlebenszeitwerte von *Robiony* et al.¹⁰⁶ und die Daten der PRP-Gruppe der vorliegenden Studie sind trotz der unterschiedlichen Studiendesigns als gleichwertig anzusehen.

Ferner beurteilten *Khouly et al.* das Langzeitüberleben von Implantaten nach erfolgtem Sinuslift mit xenogenem Knochenersatzmaterial und PRP nach durchschnittlich 7,2 Jahren.⁵⁹ Die Autoren dokumentierten eine kumulierte Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate von 89,9 Prozent, eine Kontrollgruppe gab es nicht.⁵⁹ Diese Ergebnisse decken sich mit den Werten der PRP-Gruppe aus der vorliegenden Studie.

Schließlich untersuchten *Attia et al.* den Langzeiterfolg von Implantaten bei PatientInnen mit Nichtanlage eines Zahnes.¹³ Die AutorInnen gehören zur gleichen Arbeitsgruppe wie die Verfasserin dieser Arbeit und verwendeten ein ähnliches Studiendesign.¹³ Das mediane Alter der Implantate bei der Nachuntersuchung betrug 10,3 Jahre.¹³ Nach 15,8 Jahren betrug die kumulierte Überlebensrate 98,7 Prozent.¹³ Dies stimmt mit den Ergebnissen der Kontrollgruppe aus der vorliegenden Arbeit überein.

Insgesamt lassen sich die Resultate der vorliegenden Arbeit mehrheitlich in die aktuellen Forschungserkenntnisse einbetten.

Erfolg nach *Buser*²⁷

In der PRP-Gruppe dieser Studie lag die Erfolgsrate nach *Buser*²⁷ bei 93,3 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) und 93,1 Prozent (einseitige Auswertung). 97,5 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) und 98,6 Prozent (einseitige Auswertung) der Implantate waren in der Kontrollgruppe nach *Buser*²⁷ erfolgreich. Die kumulierte Erfolgswahrscheinlichkeit nach *Buser*²⁷ lag in der PRP-Gruppe nach 15,1 Jahren bei 91,1 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) und nach 14,6 Jahren bei 89,2 Prozent (einseitige Auswertung). In der Kontrollgruppe wurde eine kumulierte Erfolgswahrscheinlichkeit nach 15,1 Jahren mit 97,5 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 98,6 Prozent ermittelt (einseitige Auswertung). Es ließ sich weder bei der Erfolgsrate, noch bei der kumulierten Erfolgswahrscheinlichkeit nach *Buser*²⁷ ein statistischer Unterschied zwischen der PRP- und der Kontrollgruppe nachweisen.

Dem gegenüber untersuchten *Buch et al.* 119 PatientInnen bezüglich unterschiedlicher Erfolgskriterien mit einer mittleren Liegedauer von 3,5 Jahren.²⁴ Die Erfolgsrate nach *Buser* betrug 88 Prozent.²⁴ Diese Werte und die Ergebnisse der Kontrollgruppe der vorliegenden Studie sind nicht gleichwertig, da hier in beiden Auswertungen Erfolgsraten von über 95 Prozent dokumentiert wurden. Indes betrug die In-Situ-Rate bei *Buch et al.* 95 Prozent²⁴ und ist somit analog zu den Werten der vorliegenden Arbeit. Daher sind nicht die Implantatverluste, sondern die einzelnen *Buser*-Kriterien²⁷ bei *Buch et al.* stärker ins Gewicht gefallen. *Buch et al.* geben an, dass vier Implantate beweglich waren.²⁴ In der vorliegenden Studie konnte jedoch bei keinem Implantat eine Lockerung festgestellt werden. Folglich ist die Datengrundlage der beiden Studien verschieden und ein Vergleich nur begrenzt möglich.

Anders als die vorliegende Arbeit involvierte die Langzeitstudie von *Ferrigno* et al. 233 PatientInnen und 1286 Implantate.⁴⁵ Der Recall-Zeitraum betrug 10 Jahre⁴⁵ und ist mit dem der vorliegenden Studie vergleichbar. Die kumulierte Erfolgsrate nach *Buser* betrug 92,7 Prozent⁴⁵ und stimmt mit den Ergebnissen der Kontrollgruppe aus der vorliegenden Studie überein.

Die Studie von *Attia* et al. dokumentiert eine Erfolgsrate nach *Buser* von 96,8 Prozent und eine kumulierte Erfolgswahrscheinlichkeit nach 15,8 Jahren von 96 Prozent.¹³ Vor diesem Hintergrund können die Resultate von *Attia* et al.¹³ und die Ergebnisse der Kontrollgruppe aus dieser Arbeit als äquivalent aufgefasst werden.

Schließlich ist zu beobachten, dass die Ergebnisse hinsichtlich der Erfolgsrate nach *Buser*²⁷ der vorliegenden Studie mit vergleichbaren Forschungsarbeiten im Einklang sind.

Erfolg nach *Albrektsson*⁷

In dieser Arbeit wurde in der PRP-Gruppe eine Erfolgsrate nach *Albrektsson*⁷ von 75,6 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) und 75,9 Prozent (einseitige Auswertung) ermittelt. In der Kontrollgruppe lagen die Werte bei 86,4 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) und 89,9 Prozent (einseitige Auswertung). Die kumulierte Erfolgswahrscheinlichkeit nach *Albrektsson*⁷ betrug in der PRP-Gruppe 43,7 Prozent nach 15,1 Jahren (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 64,5 Prozent nach 14,6 Jahren (einseitige Auswertung). In der Kontrollgruppe wurden 77 Prozent nach 15,1 Jahren (Split-Mouth-Auswertung) und 78,2 Prozent nach 15,1 Jahren (einseitige Auswertung) dokumentiert. Die PRP-Gruppe wies also deutlich kleinere Werte auf als die Kontrollgruppe. Statistisch konnte zwischen der PRP- und der Kontrollgruppe aber kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. *Robiony* et al. ermittelten eine Erfolgsrate der Implantate nach *Albrektsson* von 91,5 Prozent nach fünf Jahren.¹⁰⁶ Der Knochenaufbau vor Implantation wurde mit PRP durchgeführt.¹⁰⁶ Die Ergebnisse der PRP-Gruppe aus der vorliegenden Studie sind schlechter. Dafür lassen sich zwei Gründe anführen. Erstens muss der deutlich längere Nachsorgezeitraum der vorliegenden Studie bedacht werden. Zweitens ist in der Studie von *Robiony* et al. keine Kontrollgruppe vorhanden.¹⁰⁶ Dies stellt einen bedeutenden Nachteil dar, denn lediglich mit einem kontrollierten und randomisierten Studiendesign wie in der vorliegenden Studie lässt sich valide überprüfen, ob die Behandlung mit PRP wirksam ist.¹²¹

Die Erfolgsrate nach *Albrektsson* von *Attia* et al. betrug 88,4 Prozent.¹³ Die kumulative Erfolgswahrscheinlichkeit nach *Albrektsson* geben die AutorInnen mit 61,1 Prozent nach 15,8 Jahren an.¹³ Bezüglich der Erfolgsrate stimmt die Studie von *Attia* et al.¹³ mit den Daten der Kontrollgruppe der vorliegenden Studie überein. Allerdings ist die kumulative

Erfolgswahrscheinlichkeit von *Attia et al.*¹³ erkennbar kleiner. Dies lässt sich mit mehr Misserfolgen erklären, die *Attia et al.*¹³ bei einer längeren Beobachtungszeit dokumentierten. Dies macht sich rechnerisch im Kaplan-Meyer-Verfahren bemerkbar. Schließlich ermittelten *Buch et al.* eine Erfolgsrate nach *Albrektsson* von 88 Prozent.²⁴ Dies ist äquivalent zu den Erkenntnissen der Kontrollgruppe dieser Studie. Ein Vergleich der beiden Studien ist jedoch nur unter Vorbehalt möglich, da der Beobachtungszeitraum bei *Buch et al.* deutlich kürzer ist und der krestale Knochenabbau für die Erfolgskriterien nach *Albrektsson* nicht erfasst wurde.²⁴

Die Ergebnisse der angeführten Studien sind uneinheitlich und nur schwer mit der vorliegenden Arbeit zu vergleichen. Erkennbar ist indes, dass sowohl in der vorliegenden Arbeit, als auch in der aufgeführten Literatur die Erfolgsrate nach *Albrektsson* niedriger ausfällt als die Überlebensrate.^{13,24,106} Vergleicht man außerdem die Erfolgsraten nach *Buser*²⁷ mit den Erfolgsraten nach *Albrektsson*⁷, weisen bei *Attia et al.*¹³, sowie in der vorliegenden Studie, die Erfolgsraten nach *Albrektsson*⁷ schlechtere Ergebnisse auf. Dies veranschaulicht zum einen, dass überlebende Implantate nicht mit erfolgreichen Implantaten gleichzusetzen sind und die Überlebensrate nicht ausreicht, um den Implantationserfolg umfassend beurteilen zu können. Zum anderen zeigte sich, dass die Ergebnisse je nach angewendeten Erfolgskriterien unterschiedlich ausfallen.

Es ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass *Buch et al.* identische Erfolgsraten nach *Buser* und *Albrektsson* dokumentieren.²⁴ Jedoch berücksichtigten die AutorInnen bei den Kriterien nach *Albrektsson* den krestalen Knochenabbau nicht.²⁴ Wenn dieses Kriterium ignoriert wird, unterscheiden sich die Kriterien von *Buser*²⁷ und *Albrektsson*⁷ kaum und liefern daher ähnliche Erfolgsraten. Vor diesem Hintergrund stellt der Knochenabbau ein essentiellen und ausschlaggebenden Bestandteil der Kriterien nach *Albrektsson*⁷ dar. Die vorliegenden Resultate stützen diese Beobachtung eindeutig: Denn abgesehen von den Implantatverlusten wiesen alle nach *Albrektsson*⁷ nicht erfolgreichen Implantate einen zu hohen krestalen Knochenabbau auf. Bei keinem anderen Teilaspekt der Kriterien nach *Albrektsson*⁷ war dies noch der Fall. Zudem kann durch die Messung des Knochenabbaus ein Misserfolg nach den *Albrektsson*-Kriterien⁷ früher erkannt werden, als nach *Buser*²⁷, wie in 4.1.2 bereits erläutert wurde. Auf diese Weise erklärt sich auch die niedrigere Erfolgsrate nach *Albrektsson*⁷ der vorliegenden Studie.

4.2.2 Sekundäre Parameter

In Bezug auf die sekundären Parameter mangelte es an gleichwertigen Forschungsarbeiten, um die Erkenntnisse mit aktueller Literatur vergleichen zu können. Deshalb wurden Studien, die PRP außer Acht lassen^{13,18,114,118,130}, im Folgenden berücksichtigt und den Ergebnissen der Kontrollgruppe gegenüber gestellt.

Plaquesindex

Es wurde der Plaquesindex nach *Mombelli*⁸⁰ erhoben. In der PRP-Gruppe wiesen 75,3 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 78,2 Prozent (einseitige Auswertung) der Implantate keine oder geringe Plaquesbesiedlung (Grad 0 oder 1) auf. In der Kontrollgruppe war dies bei 65,8 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 72,1 Prozent (einseitige Auswertung) der Implantate der Fall. Dies lässt auf eine mehrheitlich gute Mundhygiene der PatientInnen schließen. Mäßige bis massive Plaquesbesiedlung (Grad 2 oder 3) fand sich in der PRP-Gruppe bei 24,7 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 21,8 Prozent (einseitige Auswertung) der Implantate und in der Kontrollgruppe bei 34,2 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 27,9 Prozent (einseitige Auswertung). Es ließ sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Untersuchungsgruppen feststellen. Durchschnittlich betrug der Plaquesindex in der PRP-Gruppe 1 (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 0,9 (einseitige Auswertung) und in der Kontrollgruppe 1,2 (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 1,1 (einseitige Auswertung).

Die Implantate in der Studie von *Attia* et al. wiesen zu 75,2 Prozent einen Plaquesindex von 0 oder 1 auf.¹³ Bei 24,8 Prozent der Implantate konnten die Autoren den Plaquesindex 2 oder 3 feststellen.¹³ Dies entspricht den Ergebnissen der Kontrollgruppe aus der vorliegenden Studie.

Hinsichtlich der Plaquesbesiedlung untersuchten *Simonis* et al. 131 Implantate nach zehn bis 16 Jahren.¹¹⁸ Es wurde der Plaquesindex nach *Silness* und *Löe*¹¹⁷ angewendet, der mit dem in der vorliegenden Studie genutzten Plaquesindex nach *Mombelli*⁸⁰ vergleichbar ist. Der durchschnittliche Plaquesindex wird von *Simonis* et al. mit 1,1 angegeben¹¹⁸ und stimmt somit den Daten der Kontrollgruppe aus der vorliegenden Arbeit überein.

Sondierungstiefe

Durchschnittlich lagen die gemessenen Taschentiefen in der PRP-Gruppe bei 4,1 mm (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 4,2 mm (einseitige Auswertung) und in der Kontrollgruppe bei 3,8 mm (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 3,6 mm (einseitige Auswertung). Sondierungstiefen über 4 mm gelten bei Implantaten als pathologisch.⁸⁹ In der vorliegenden Studie wiesen in der PRP-Gruppe 67,1 Prozent (Split-Mouth-

Auswertung) bzw. 63,6 Prozent (einseitige Auswertung) der Implantate Sondierungstiefen bis 4 mm auf. In der Kontrollgruppe war dies bei 79,8 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 88,2 Prozent (einseitige Auswertung) der Implantate der Fall. Pathologische Taschentiefen von über 4 mm wurden in der PRP-Gruppe bei 32,9 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) und 36,4 Prozent (einseitige Auswertung) der Implantate dokumentiert, in der Kontrollgruppe bei 20,2 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) und 11,8 Prozent (einseitige Auswertung) der Implantate. In der Split-Mouth-Auswertung konnte bezüglich der Sondierungstiefen statistisch kein relevanter Unterschied zwischen den Gruppen nachgewiesen werden. In der einseitigen Auswertung wies die PRP-Gruppe allerdings signifikant höhere Sondierungstiefen auf. Hier muss berücksichtigt werden, dass, wie in 4.1.3 erläutert, die Messung von Sondierungstiefen aufgrund von Pseudotaschen und der Gestaltung des Zahnersatzes verfälscht werden kann. Bei Pseudotaschen liegt trotz erhöhter Sondierungstiefe kein äquivalenter marginaler Knochenverlust vor. In der Auswertung des krestalen Knochenabbaus wurde in der einseitigen Auswertung kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen nachgewiesen. Es ist daher davon auszugehen, dass sich das Ergebnis der Sondierungstiefen durch Pseudotaschen verschlechterte.

Zum Vergleich: In der Studie von *Attia* et al. hatten 84,1 Prozent der Implantate Sondierungstiefen bis 4 mm.¹³ An 15,7 Prozent der Implantate wurden Taschentiefen über 4 mm gemessen.¹³ Diese Werte bestätigen die Ergebnisse aus der Kontrollgruppe der vorliegenden Arbeit.

Außerdem untersuchten *Van Velzen* et al. in ihrer prospektiven Studie 177 PatientInnen und 374 Implantate.¹³⁰ Nach 10 Jahren wurden Sondierungstiefen von durchschnittlich 3,7 mm an den Implantaten gemessen.¹³⁰ Auch dieses Resultat stimmt mit denen der Kontrollgruppe aus der vorliegenden Arbeit überein.

Blutungsindex

In der PRP-Gruppe wurde in beiden Auswertungen bei 60 Prozent der Implantate keine Blutung bei Sondierung festgestellt. In der Kontrollgruppe kam es in beiden Auswertungen bei 72 Prozent der Implantate zu keiner Blutung. Zwischen den beiden Untersuchungsgruppen konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Becker et al. untersuchten 388 Implantaten nach durchschnittlich 14 Jahren und konnten bei 79,1 Prozent der Implantate keine Blutung auf Sondierung erkennen.¹⁸ Dies steht im Einklang mit den Werten der Kontrollgruppe aus der vorliegenden Studie.

Im Gegensatz hierzu dokumentierten *Attia* et al. bei 60,8 Prozent der Implantate eine Blutung bei Sondieren.¹³ Die Implantate der Kontrollgruppe aus der vorliegenden Arbeit bluteten vergleichsweise also weniger. Eine Sondierungsblutung weist auf eine

Entzündung des periimplantären Gewebes hin.⁶⁹ Sowohl von *Attia* et al.¹³, als auch in der vorliegenden Arbeit wurde bei den *Albrektsson*-Kriterien⁷ eine Infektion als Periimplantitis interpretiert. Allerdings muss bedacht werden, dass die Feststellung einer Blutung allein nicht ausreicht, um eine reversible Entzündung (periimplantäre Mukositis) von einer irreversiblen Entzündung (Periimplantitis) zu unterscheiden (siehe 1.3.1). Die Promotionsarbeit von *Schaper*¹¹³ stellt die Grundlage der Veröffentlichung von *Attia* et al.¹³ dar. *Schaper* gibt an, dass bei 7,2 Prozent der Implantate eine Infektion vorlag.¹¹³ In der vorliegenden Arbeit ist dies in der Kontrollgruppe bei 3,7 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) und 4,3 Prozent (einseitige Auswertung) der Fall. In diesem aussagekräftigeren Parameter unterscheiden sich die beiden Arbeiten folglich nicht.

Lockerungsgrad

Kein Implantat wies zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung eine Lockerung auf. Somit besteht zwischen der PRP- und der Kontrollgruppe bezogen auf den Lockerungsgrad kein Unterschied.

Attia et al. geben an, dass bei keinem der untersuchten Implantate eine Lockerung festzustellen war.¹³ Dies ist im Einklang mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie.

Periotest®-Wert

Periotest®-Werte von -8 bis 0 deuten auf eine zufriedenstellende Osseointegration des getesteten Implantates hin.⁷⁶ Bei Werten bis 9 sollte das Implantat klinisch überprüft werden und Werte ab 10 signalisieren eine mangelnde Osseointegration.⁷⁶ In der vorliegenden Arbeit wiesen in beiden Untersuchungsgruppen deutlich mehr als die Hälfte der Implantate Werte von -8 bis 0 auf (68,3 bis 76,5 Prozent). Bei zwischen 23,5 und 30,4 Prozent der Implantate lieferte das Periotest®-Gerät Werte von 1 bis 9. Werte über 10 wurden nur bei maximal 1,3 Prozent der Implantate ermittelt. In den beiden Auswertungen konnte zwischen der PRP- und der Kontrollgruppe kein Unterschied nachgewiesen werden. Wie bereits in 4.1.3 erläutert, ist die Periotest®-Messung in dieser Studie wenig objektiv, da die Suprakonstruktionen nicht abgenommen wurden. Aufgrund des ähnlichen Studiendesigns ist ein Vergleich mit den Ergebnissen von *Attia* et al.¹³ dennoch möglich. *Schaper* gibt an, dass eines der 148 getesteten Implantate einen Periotest®-Wert über 10 aufwies.¹¹³ Dies entspricht 0,7 Prozent, was mit den Werten der Kontrollgruppe aus der vorliegenden Arbeit übereinstimmt.

Alveolarkammhöhe

Der Median der Alveolarkammhöhe betrug in der PRP-Gruppe 13,3 mm (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 12,8 mm (einseitige Auswertung) und in der Kontrollgruppe 12,7 mm

(Split-Mouth-Auswertung) bzw. 12,8 mm (einseitige Auswertung). In Abbildung 3.8 und Abbildung 3.15 (siehe Seite 55 und 71) wird der Verlauf der Alveolarkammhöhe dargestellt. Hier erkennt man, dass die PRP-Gruppe bis zum ersten Recall im Rahmen der Studie von *Schaaf*¹⁰ etwas mehr Knochenhöhe als die Kontrollgruppe aufwies. Im Laufe der Zeit nähern sich die Gruppen immer mehr an. Dies macht sich auch bei Betrachtung der Mediane bemerkbar: in der Split-Mouth-Auswertung liegen die Mediane der Untersuchungsgruppen nah bei einander, in der einseitigen Auswertung sind sie sogar identisch. Dies deutet darauf hin, dass der Einfluss von PRP auf die Knochenhöhe der augmentierten Region wenn überhaupt kurzfristig ist. Dazu passt, dass statistisch kein Unterschied zwischen den Gruppen ermittelt werden konnte.

Knochenverlust der augmentierten Region

Der prozentuale Knochenverlust der augmentierten Region setzt den absoluten Knochenverlust mit dem Ausgangswert in Relation. Dadurch ist die prozentuale Veränderung ein aussagekräftiges Maß für die Resorption der augmentierten Kieferregion. Der Median des prozentualen Knochenverlustes betrug in der PRP-Gruppe 31,5 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 35 Prozent (einseitige Auswertung). In der Kontrollgruppe lagen die Werte bei 25,6 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) und 27,2 Prozent (einseitige Auswertung). Die statistische Analyse konnte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen nachweisen.

Zum Vergleich: *Schmitt* et al. untersuchten 25 PatientInnen, die Augmentationen im Oberkiefer erhalten hatten.¹¹⁴ Nach zehn Jahren ermittelten die Autoren eine Resorption des augmentierten Knochens von 30,2 Prozent.¹¹⁴ Diese Erkenntnisse und die der vorliegenden Arbeit sind als gleichwertig zu betrachten.

Krestaler Knochenabbau

Der krestale Knochenabbau an den Implantaten betrug in der PRP-Gruppe durchschnittlich 2,7 mm (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 2,5 mm (einseitige Auswertung) und in der Kontrollgruppe 2,3 mm (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 2,4 mm (einseitige Auswertung). Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen konnte statistisch nicht nachgewiesen werden.

Einerseits ermittelten *Dasmah* et al. nach fünf Jahren einen marginalen Knochenabbau von durchschnittlich 2,0 mm in der PRP-Gruppe und 2,3 mm in der Kontrollgruppe.³⁶ Dies gleicht den Werten der vorliegenden Studie.

Andererseits dokumentierten *Robiony* et al. nach der Augmentation mittels Distractionsosteogenese und PRP einen durchschnittlichen Knochenverlust an den Implantaten von 1,5 mm.¹⁰⁶ Die Daten der PRP-Gruppe aus der vorliegenden Studie

weichen davon geringfügig ab, was sich jedoch mit dem unterschiedlichen Studiendesign erklären lässt.

Abschließend ist zu beobachten, dass sich die beiden Untersuchungsgruppen bezüglich der klinischen und röntgenologischen Parameter bis auf eine Ausnahme nicht unterscheiden. Außerdem reihen sich die Ergebnisse der vorliegenden Studie mehrheitlich in die aktuelle Literatur ein.

4.2.3 Zusätzliche Parameter

Suprakonstruktion

Mit knapp 65 Prozent waren festsitzende Kronen und Brücken die häufigsten Suprakonstruktionen. Wie in 1.3 beschrieben, ist festsitzender Zahnersatz auf Implantaten gerade bei reduziertem Restgebiss oder zahnlosem Kiefer nur mit vielen Implantaten möglich. Dazu passt, dass in der Split-Mouth-Auswertung über 77 Prozent der PatientInnen sieben Implantate oder mehr erhielten.

Reparatur des Zahnersatzes

Mit 70,3 Prozent musste bei der Mehrheit der Patienten der eingegliederte Zahnersatz nicht repariert werden. Dies zeigt, dass langfristig stabiler Implantat-getragener Zahnersatz eingegliedert wurde.

Keratinisierte Gingiva

Aktuelle Studien zeigen, dass das Vorliegen von keratinisierter Schleimhaut an Implantaten für anhaltende gesunde periimplantäre Gewebeverhältnisse wichtig ist.^{23,68} Eben dieser Zusammenhang wird in der vorliegenden Studie bekräftigt: Die Ergebnisse bezüglich Plaqueindex, Sondierungstiefe, Blutungsneigung und krestalen Knochenabbau belegen, dass bei der Mehrheit der Implantate das periimplantäre Gewebe gesund ist. Gleichzeitig wurde bei 88,1 Prozent der Implantate das Vorhandensein keratinisierter Gingiva dokumentiert.

Zahnpflege und professionelle Zahnreinigung

Alle PatientInnen gaben an, tägliche Zahnpflege zu betreiben. Dies stimmt mit den mehrheitlich guten Werten bezüglich des Plaqueindex der Implantate überein. Zur Prophylaxe von Periimplantitis wird regelmäßige Nachsorge zusammen mit einer PZR empfohlen.¹¹⁹ 40,5 Prozent der PatientInnen ließ keine gezielte PZR durchführen.

In der vorliegenden Arbeit waren einige Implantate aufgrund von Periimplantitis-bedingtem Knochenabbau nach *Albrektsson*⁷ nicht erfolgreich. Mangelnde prophylaktische Nachsorge der Implantate kann als Grund dafür angesehen werden.

Bewertung der PatientInnen

Über 90 Prozent der PatientInnen sind mit der Kaufunktion, dem Sprechvermögen und der Behandlung insgesamt „gut“ oder „sehr gut“ zufrieden. Das ästhetische Ergebnis empfinden knapp 90 Prozent der PatientInnen als „gut“ oder „sehr gut“. Der OP-Erfolg schnitt etwas schlechter ab, über 80 Prozent der PatientInnen bewerteten ihn mit „gut“ oder „sehr gut“. Die PatientInnen beklagten häufig die langanhaltenden Schmerzen nach der OP und die Narbenbildung an der Entnahmestelle.

Auffällig ist, dass die hohe Zufriedenheit der PatientInnen nicht im Einklang ist mit den vergleichsweise niedrigeren Erfolgsraten nach *Albrektsson*⁷. 34,8 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 16,2 Prozent (einseitige Auswertung) der PatientInnen hatten mehr als einen Misserfolg nach *Albrektsson*⁷, trotzdem gibt nur ein/e PatientIn an, nicht mit dem Ergebnis der Behandlung zufrieden zu sein (Note „mangelhaft“). Dies veranschaulicht den in 4.1.2 angesprochenen Nachteil der angewendeten Kriterien: die Zufriedenheit der Patienten wird nicht berücksichtigt.

4.3 Schlussfolgerungen

Die vorliegende Studie sollte prüfen, ob PRP in der Verwendung bei Oberkieferaugmentationen auf den Langzeiterfolg von Implantaten einen positiven Einfluss nimmt. Dies konnte durch die Auswertung der drei Hauptparameter (Überlebensrate, Erfolg nach *Buser*²⁷ und Erfolg nach *Albrektsson*⁷) nicht bestätigt werden. Auch bezüglich der klinischen und röntgenologischen Parameter ließ sich mehrheitlich keinen signifikanten Unterschied zwischen der PRP-Gruppe und der Kontrollgruppe nachweisen. Die in 1.8 definierte Hypothese konnte somit nicht belegt werden. Diese Ergebnisse entsprechen mehrheitlich der aktuellen Literatur und schließen sich den Erkenntnissen der vorangegangenen Studie von *Schaaf et al.*^{112,111} an. So zeigte sich beim gleichen Patientenkollektiv kurzfristig und langfristig kein positiver Effekt von PRP in der Verwendung bei Oberkieferaugmentationen. Das Ziel der Knochenaugmentation ist eine optimale Knochensituation für die Implantation zu schaffen, damit die Implantate langfristig erfolgreich sind. In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass die Verwendung von PRP das Langzeitergebnis nicht positiv beeinflusst. Gleichwohl bleibt festzuhalten, dass die Erfolgsraten der Implantate beider Gruppen

nach durchschnittlich 13 Jahren zufriedenstellend sind. Eine standardisierte Verwendung von PRP beim Knochenaufbau ist für langfristig erfolgreiche Implantate daher nicht notwendig.

An der Gesamtauswertung (siehe Tabelle 3.49 auf Seite 74) sieht man, dass bei mehr als 80 Prozent der Parameter in der PRP-Gruppe schlechtere Werte vorliegen als in der Kontrollgruppe. Deswegen stellt sich die Frage, ob PRP möglicherweise einen negativen Einfluss auf das langfristige Ergebnis nimmt. In der einseitigen Auswertung lagen signifikant höhere Sondierungstiefen in der PRP-Gruppe vor. Außerdem war die Misserfolgsrate nach *Albrektsson*⁷ in der PRP-Gruppe der einseitigen Auswertung deutlich größer. Der p-Wert der statistischen Analyse lag dort nahe der Signifikanzgrenze ($p=0,053$). Bei den meisten Parametern war der Unterschied zwischen den Gruppen jedoch nicht signifikant. Um zu klären, ob PRP das Langzeitergebnis von Implantaten langfristig verschlechtert, sind weitere, kontrollierte Studien mit größeren Patientenkollektiven nötig.

In der vorliegenden Studie wurden die zwei international anerkannten Erfolgskriterien nach *Buser*²⁷ und *Albrektsson*⁷ angewendet. Die Erfolgsraten fielen abhängig vom angewendeten Erfolgskriterium unterschiedlich aus. Verglichen mit den Erfolgskriterien nach *Buser*²⁷ wurden mit den Erfolgskriterien nach *Albrektsson*⁷ niedrigere Erfolgsraten ermittelt, da zusätzlich der periimplantäre Knochenabbau berücksichtigt wurde. Jedoch weisen beide Erfolgskriterien Defizite auf, da sie den Zustand des Implantates und des umliegenden Gewebes nicht differenziert genug wiedergeben und die Patientenzufriedenheit unberücksichtigt lassen. *Buch et al.*²⁴ und *Attia et al.*¹³ forderten bereits die Entwicklung von einem Erfolgsscore. Dieser sollte klinische, röntgenologische, prothetische und patientenbezogene Parameter der Implantate, sowie die Liegedauer berücksichtigen. Darüber hinaus ist eine internationale Übereinkunft zur Messung des Implantaterfolges nötig, da die Vielzahl der verfügbaren Kriterien den Vergleich der Erfolgswerte deutlich erschwerte.

5 Zusammenfassung

Für langfristig erfolgreiche Implantate ist bei Kieferatrophie vor Implantation eine Knochenaugmentation notwendig. In diesem Kontext überprüften *Schaaf et al.*, ob der Einsatz von plättchenreichem Plasma (PRP) bei der Augmentation im Oberkiefer das postoperative Ergebnis verbessert.^{111,112} Kurzfristig konnten sie keinen positiven Einfluss von PRP nachweisen.^{111,112} Ziel der vorliegenden Studie war es, zu untersuchen, ob PRP sich positiv auf den langfristigen Erfolg dentaler Implantate auswirkt.

In der vorangegangenen Studie von *Schaaf et al.* erhielten 53 PatientInnen mit Atrophie im Oberkiefer Knochenaufbau mit autologen Beckenkammtransplantaten.¹¹¹ Die Behandlung erfolgte bei 34 PatientInnen beidseitig im Split-Mouth-Design.¹¹¹ Dabei wurde eine zufällig ausgewählte Seite zusätzlich mit PRP behandelt, die andere Seite fungierte als Kontrollgruppe.¹¹¹ 19 PatientInnen wurden einseitig behandelt und randomisiert der PRP- oder der Kontrollgruppe zugeordnet.¹¹¹ Die Implantation fand vier Monate nach Augmentation statt.¹¹¹ Es konnte keine verbesserte Knochenheilung in der PRP-Gruppe nachgewiesen werden.¹¹⁰ Auch bezüglich der Implantatverluste unterschieden sich die Gruppen nach einem Nachsorgezeitraum von sechs Monaten nicht signifikant.¹¹⁰

Diese Studie untersucht den langfristigen Einfluss von PRP auf den Implantationserfolg. Dafür erfolgte eine klinische und röntgenologische Nachuntersuchung der PatientInnen der vorangegangenen Studie nach durchschnittlich 13 Jahren. Es wurden die Überlebensraten der Implantate ermittelt. Der Implantationserfolg wurde mit den Erfolgskriterien nach *Buser*²⁷ und *Albrektsson*⁷ evaluiert. Mit klinischen und röntgenologischen Parametern erfolgte die Beurteilung des periimplantären Gewebes. Außerdem erfasste ein Fragebogen die Zufriedenheit der PatientInnen.

Aufgrund von 16 Drop-Outs wurden 37 PatientInnen (25 Frauen und 12 Männer) in dieser Studie berücksichtigt. Darunter waren 23 beidseitig behandelte PatientInnen und 14 einseitig behandelte PatientInnen. Das mediane Alter der PatientInnen bei der Untersuchung betrug 65 Jahre. Es wurden 202 Implantate untersucht und insgesamt acht Implantatverluste dokumentiert.

Die Überlebensrate betrug in der PRP-Gruppe 94,4 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 94,8 Prozent (einseitige Auswertung) und in der Kontrollgruppe 97,5 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 98,6 Prozent (einseitige Auswertung). Die Erfolgsrate nach *Buser*²⁷ belief sich in der PRP-Gruppe auf 93,3 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 93,1 Prozent (einseitige Auswertung) und in der Kontrollgruppe auf 97,5 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) bzw. 98,6 Prozent (einseitige Auswertung). Die Erfolgsrate nach *Albrektsson*⁷ wurde in der PRP-Gruppe mit 75,6 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) bzw.

75,9 Prozent (einseitige Auswertung) und in der Kontrollgruppe mit 86,4 Prozent (Split-Mouth-Auswertung) und 89,9 Prozent (einseitige Auswertung) ermittelt. Zwischen den beiden Untersuchungsgruppen konnte bezüglich der Überlebens- und Erfolgsraten kein statistisch signifikanter Unterschied nachgewiesen werden.

Die klinischen und röntgenologischen Parameter ließen auf größtenteils gesunde Verhältnisse des periimplantären Gewebes schließen. In der Mehrheit dieser Parameter unterschieden sich die PRP-Gruppe und die Kontrollgruppe nicht signifikant. Die Gesamtauswertung zeigte, dass die PRP-Gruppe bei über 80 Prozent der insgesamt 28 Parameter schlechtere Werte als die Kontrollgruppe erzielte. Es konnte eine hohe Patientenzufriedenheit bestimmt werden.

Die vorliegende Studie kann vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse keinen positiven Effekt von PRP auf den Langzeiterfolg von Implantaten nachweisen und somit keine Empfehlung für die standartmäßige Verwendung von PRP bei der Oberkieferaugmentation aussprechen. Es zeigte sich vielmehr eine Tendenz von schlechteren Langzeitergebnissen in der PRP-Gruppe. Um diesen Zusammenhang nachzuprüfen, müssen weitere kontrollierte Studien durchgeführt werden.

Die angewendeten Erfolgskriterien für Implantate lieferten voneinander abweichende Ergebnisse. Die Erfolgskriterien nach *Albrektsson*⁷ stufen durch die Berücksichtigung des krestalen Knochenabbaus Implantate früher als Misserfolg ein. Verglichen mit den Erfolgsraten nach *Buser*²⁷ wurden daher niedrigere Erfolgsraten nach *Albrektsson*⁷ ermittelt. Zusätzlich konnten Schwachpunkte der beiden Kriterien identifiziert werden. Zum einen geben die Kriterien den Zustand der Implantate nicht differenziert genug wieder. Zum anderen wird die Patientenzufriedenheit nicht berücksichtigt. In der Literatur lassen sich außerdem viele unterschiedliche Erfolgskriterien finden, sodass die Erfolgswerte schwer zu vergleichen sind. Deswegen sind differenzierte und international standardisierte Erfolgskriterien sind notwendig, um repräsentative und vergleichbare Daten zum langfristigen Erfolg von dentalen Implantaten zu ermitteln.

6 Summary

In case of atrophy, bone augmentation before implantation is necessary for long-term successful implants. *Schaaf* et al. examined if the use of platelet-rich Plasma (PRP) during maxillary augmentation improves the postoperative outcome.^{111,112} They could not prove a short-term positive effect of PRP.^{111,112} The aim of this study was to evaluate if PRP has a positive impact on the long-term success of dental implants.

In the previous study by *Schaaf* et al., 53 patients with maxillary atrophy received augmentation with autologous bone grafts from the iliac crest.¹¹¹ Treatment was carried out on both sides in 34 patients with a split-mouth-design.¹¹¹ One randomly chosen side was treated additionally with PRP, the other side was the control-side.¹¹¹ 19 patients were treated only on one side and were assigned to the PRP- or the control group randomly.¹¹¹ The implantation took place four months after augmentation.¹¹¹ Improved bone healing in the PRP-group could not be verified.¹¹⁰ Furthermore, the groups did vary regarding implant loss after a follow-up of six months.¹¹⁰

This study examines the long-term effect of PRP on implant success. Therefore, a clinical and radiographic follow-up examination of the patients from the previous study was carried out after an average time of 13 years. Survival rates of the implants were established. Implant success was evaluated using the success criteria defined by *Buser*²⁷ and *Albrektsson*⁷. The periimplant tissue was appraised with clinical and radiographic parameters. A questionnaire assessed the patients' satisfaction.

Because of 16 drop-outs, 37 patients (25 women and 12 men) were included in this study. Amongst them were 23 bilaterally treated patients and 14 unilaterally treated patients. The patients' median age at the follow-up examination was 65 years. 202 implants were examined and a total of eight implants were lost.

The survival rate in the PRP-group was 94.4 percent (split-mouth-evaluation) and 94.8 percent (one sided evaluation) and in the control group 97.5 percent (split-mouth-evaluation) and 98.6 percent (one sided evaluation). The success rate by *Buser*²⁷ mounted up to 93.3 percent (split-mouth-evaluation) and 93.1 percent (one sided evaluation) in the PRP-group and to 97.5 percent (split-mouth-evaluation) and 98.6 percent (one sided evaluation) in the control group. The success rate by *Albrektsson*⁷ was calculated to be 75.6 percent (split-mouth-evaluation) and 75.9 percent (one sided evaluation) in the PRP-group and 86.4 percent (split-mouth-evaluation) and 89.9 percent (one sided evaluation) in the control group. No statistically significant difference could be detected between both study groups regarding survival and success rates.

Clinical and radiographic parameters suggested overall healthy conditions of the periimplant tissue. The PRP-group and the control group did not differ significantly in the

majority of the parameters. The overall evaluation showed that the data of the PRP-group was inferior to the data of the control group in more than 80 percent of the 28 parameters. On the whole, the patients' satisfaction was high.

With regard to these results, the present study cannot provide evidence of a positive effect of PRP on the long-term implant success and therefore cannot promote the standard use of PRP for maxillary augmentation. In fact, a tendency towards inferior long-term results in the PRP-group was detected. Further controlled trials need to be conducted to investigate this correlation.

The applied implant success criteria provided divergent results. The success criteria defined by *Albrektsson*⁷ categorize implants as failure earlier by factoring in the crestal bone loss. Therefore, lower success rates by *Albrektsson*⁷ were appraised compared to success rates by *Buser*²⁷. Additionally, deficiencies of the criteria were identified. Firstly, the criteria do not reflect the condition of the implants in a differentiated way. Secondly, patients' satisfaction is not factored in. Moreover, there are many different success criteria to be found in literature, which makes it difficult to compare success data. That is why differentiated and internationally standardized success criteria are necessary to collect representative and comparable data concerning the long-term success of dental implants.

7 Abkürzungsverzeichnis

Bzw.	Beziehungsweise
CT	Computertomographie
IGF	Insulin-like growth factor
mm	Millimeter
N	Grundgesamtheit
OPG	Orthopantomogramm
PDGF	Platelet-derived growth factor
PRP	Plättchenreiches Plasma
PZR	Professionelle Zahnreinigung
z.B.	Zum Beispiel

8 Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

8.1 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1 Plaqueindex nach <i>Mombelli</i> ⁶⁰	32
Tabelle 2.2 Einteilung der Lockerungsgrade	33
Tabelle 2.3 Bedeutung der Periotest®-Werte ⁷⁶	33
Tabelle 3.1 Gründe für Nichtteilnahme	39
Tabelle 3.2 Verteilung der PatientInnen auf Gruppe 1 und 2	40
Tabelle 3.3 Geschlechterverteilung in Gruppe 1 und 2	41
Tabelle 3.4 Alter der PatientInnen in Gruppe 1 und 2	41
Tabelle 3.5 Verteilung des Rauchverhaltens in Gruppe 1 und 2	42
Tabelle 3.6 Verteilung der Implantanzahl pro PatientIn in Gruppe 1 und 2	43
Tabelle 3.7 Alter der untersuchten Implantate in Gruppe 1 und 2	44
Tabelle 3.8 Verteilung von Implantatverlust und -Überleben (Split-Mouth- Auswertung)	45
Tabelle 3.9 Gründe für die Implantatverluste (Split-Mouth-Auswertung)	45
Tabelle 3.10 Mittlere Überlebenszeit in Jahren (Split-Mouth-Auswertung)	46
Tabelle 3.11 Übersicht über erfolgreiche und nichterfolgreiche Implantate nach <i>Buser</i> ²⁷ (Split-Mouth-Auswertung)	47
Tabelle 3.12 Mittlere Erfolgszeit nach <i>Buser</i> ²⁷ in Jahren (Split-Mouth-Auswertung)	48
Tabelle 3.13 Übersicht über erfolgreiche und nichterfolgreiche Implantate nach <i>Albrektsson</i> ⁷ (Split-Mouth-Auswertung)	49
Tabelle 3.14 Vergebene Erfolgskriterien nach <i>Albrektsson</i> ⁷ (Split-Mouth- Auswertung)	49
Tabelle 3.15 Anzahl der Misserfolge nach <i>Albrektsson</i> ⁷ pro PatientIn (Split-Mouth- Auswertung)	50
Tabelle 3.16 Mittlere Erfolgszeit nach <i>Albrektsson</i> ⁷ in Jahren (Split-Mouth- Auswertung)	51
Tabelle 3.17 Mediane Erfolgszeit nach <i>Albrektsson</i> ⁷ in Jahren (Split-Mouth- Auswertung)	51
Tabelle 3.18 Verteilung des Plaqueindex an den Implantaten (Split-Mouth- Auswertung)	52
Tabelle 3.19 Verteilung der maximalen Sondierungstiefe (Split-Mouth-Auswertung)	53
Tabelle 3.20 Verteilung der Periotest®-Wertebereiche (Split-Mouth-Auswertung)	54
Tabelle 3.21 Alveolarkammhöhe der augmentierten Region (Split-Mouth- Auswertung)	54
Tabelle 3.22 Absoluter Knochenverlust der augmentierten Region (Split-Mouth-	

Auswertung)	55
Tabelle 3.23 Prozentualer Knochenverlust der augmentierten Region (Split-Mouth- Auswertung)	56
Tabelle 3.24 Übersicht über den krestalen Knochenabbau (Split-Mouth- Auswertung)	56
Tabelle 3.25 Verteilung des krestalen Knochenabbaus (Split-Mouth-Auswertung)	57
Tabelle 3.26 Verteilung der PatientInnen auf die Untersuchungsgruppen	57
Tabelle 3.27 Geschlechterverteilung in PRP- und Kontrollgruppe.....	58
Tabelle 3.28 Alter der PatientInnen in PRP- und Kontrollgruppe.....	58
Tabelle 3.29 Verteilung des Rauchverhaltens in PRP- und Kontrollgruppe	59
Tabelle 3.30 Verteilung der Implantatanzahl pro PatientIn in PRP- und Kontrollgruppe	60
Tabelle 3.31 Alter der untersuchten Implantate in PRP- und Kontrollgruppe.....	61
Tabelle 3.32 Verteilung von Implantatverlust und –Überleben (einseitige Auswertung)	62
Tabelle 3.33 Gründe für die Implantatverluste (einseitige Auswertung).....	62
Tabelle 3.34 Mittlere Überlebenszeit in Jahren (einseitige Auswertung).....	63
Tabelle 3.35 Übersicht über erfolgreiche und nichterfolgreiche Implantate nach <i>Buser</i> ²⁷ (einseitige Auswertung)	64
Tabelle 3.36 Mittlere Erfolgszeit nach <i>Buser</i> ²⁷ in Jahren (einseitige Auswertung).....	65
Tabelle 3.37 Übersicht über erfolgreiche und nichterfolgreiche Implantate nach <i>Albrektsson</i> ⁷ (einseitige Auswertung)	65
Tabelle 3.38 Vergebene Erfolgskriterien nach <i>Albrektsson</i> ⁷ (einseitige Auswertung)...	66
Tabelle 3.39 Anzahl der Misserfolge nach <i>Albrektsson</i> ⁷ pro PatientIn (einseitige Auswertung)	66
Tabelle 3.40 Mittlere Erfolgszeit nach <i>Albrektsson</i> ⁷ in Jahren (einseitige Auswertung)	67
Tabelle 3.41 Verteilung des Plaqueindex an den Implantaten (einseitige Auswertung)	68
Tabelle 3.42 Verteilung der maximalen Sondierungstiefe (einseitige Auswertung)	69
Tabelle 3.43 Verteilung der Periotest®-Wertebereiche (einseitige Auswertung)	70
Tabelle 3.44 Alveolarkammhöhe der augmentierten Region (einseitige Auswertung)	70
Tabelle 3.45 Absoluter Knochenverlust der augmentierten Region (einseitige Auswertung)	71
Tabelle 3.46 Prozentualer Knochenverlust der augmentierten Region (einseitige Auswertung)	72

Tabelle 3.47 Übersicht über den krestalen Knochenabbau (einseitige Auswertung)....	72
Tabelle 3.48 Verteilung des krestalen Knochenabbaus (einseitige Auswertung).....	73
Tabelle 3.49 Gesamtauswertung	74
Tabelle 3.50 Verteilung der Versorgungsgarten.....	75
Tabelle 3.51 Notenverteilung zur Bewertung der Kaufunktion.....	76
Tabelle 3.52 Notenverteilung zur Bewertung des OP-Erfolges	76
Tabelle 3.53 Notenverteilung zur Bewertung des ästhetischen Erfolges	77
Tabelle 3.54 Notenverteilung zur Bewertung der Zufriedenheit.....	77

8.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1 <i>Pietrokovski et al.</i> ⁹⁷ : Frontale (links) und laterale (rechts) Darstellung zahnloser Kiefer	4
Abbildung 1.2 <i>Zohrabian et al.</i> ¹³⁶ : Das subperiostale Implantat.....	5
Abbildung 1.3 <i>Albrektsson et al.</i> ⁶ : Osseointegration als Fremdkörperreaktion.....	6
Abbildung 1.4 Herausnehmbarer, implantatgetragener Zahnersatz im zahnlosen Oberkiefer (links ohne Prothese, rechts mit Prothese).....	8
Abbildung 1.5 <i>Romeo et al.</i> ¹⁰⁸ Röntgenbild von einem Implantat mit verllorener Osseointegration	12
Abbildung 1.6 Atrophierter Oberkiefer: klinische Situation.....	21
Abbildung 1.7 Atrophierter Oberkiefer: Darstellung im Röntgenbild	22
Abbildung 1.8 Erste Operation: Verschraubte Beckenkammtransplantate im Oberkiefer.....	22
Abbildung 1.9 Zweite Operation: Insetrierte Implantate, abgedeckt mit Einheitschrauben.....	23
Abbildung 1.10 Röntgenologische Situation nach Augmentation des Oberkiefers und Insertion der Implantate	23
Abbildung 2.1 Kalibrierung des Röntgenbildes mittels Implantatlänge.....	31
Abbildung 2.2 Messung des krestalen Knochenabbaus	31
Abbildung 2.3 Kalibrierung des Röntgenbildes mittels Implantatdurchmesser.....	35
Abbildung 2.4 Messung der Alveolarkammhöhe	35
Abbildung 3.1 Übersicht über die Teilnahmestruktur in den Zentren Gießen und Erlangen	39
Abbildung 3.2 Anzahl der gesetzten Implantate in Gruppe 1 und 2.....	42
Abbildung 3.3 Verteilung der verwendeten Implantatsysteme in Gruppen 1 und 2	44
Abbildung 3.4 Überlebenswahrscheinlichkeiten der Implantate (Split-Mouth-	

Auswertung)	46
Abbildung 3.5 Erfolgswahrscheinlichkeiten der Implantate nach <i>Buser</i> ²⁷ (Split-Mouth-Auswertung).....	48
Abbildung 3.6 Erfolgswahrscheinlichkeiten der Implantate nach <i>Albrektsson</i> ⁷ (Split-Mouth-Auswertung).....	51
Abbildung 3.7 Blutung auf Sondieren an den Implantaten (Split-Mouth-Auswertung) ..	53
Abbildung 3.8 Die Alveolarkammhöhe im Behandlungsverlauf (Split-Mouth-Auswertung)	55
Abbildung 3.9 Prozentuale Verteilung der gesetzten Implantate auf PRP- und Kontrollgruppe	59
Abbildung 3.10 Verteilung der verwendeten Implantatsysteme in PRP- und Kontrollgruppe	61
Abbildung 3.11 Überlebenswahrscheinlichkeiten der Implantate (einseitige Auswertung)	63
Abbildung 3.12 Erfolgswahrscheinlichkeiten der Implantate nach <i>Buser</i> ²⁷ (einseitige Auswertung)	64
Abbildung 3.13 Erfolgswahrscheinlichkeiten der Implantate nach <i>Albrektsson</i> ⁷ (einseitige Auswertung).....	67
Abbildung 3.14 Blutung auf Sondieren an den Implantaten (einseitige Auswertung) ...	69
Abbildung 3.15 Die Alveolarkammhöhe im Behandlungsverlauf (einseitige Auswertung)	71

9 Literaturverzeichnis

1. Abraham C. M. A brief historical perspective on dental implants, their surface coatings and treatments. *The Open Dentistry Journal*; 8: 50–55; 2014.
2. Aimetti M., Romano F., Dellavia C., De Paoli S. Sinus grafting using autogenous bone and platelet-rich plasma: histologic outcomes in humans. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*; 28: 585–591; 2008.
3. Albrektsson T., Isidor F. Consensus Report of Session IV. In: Lang N. P., Karring T. Proceedings of the 1st European Workshop on Periodontology. London: Quintessence: 365-368; 1994.
4. Albrektsson T., Brånemark P. I., Hansson H. A., Lindström J. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthopaedica Scandinavica*; 52: 155–170; 1981.
5. Albrektsson T., Chrcanovic B., Jacobsson M., Wennerberg A. Osseointegration of Implants Osseointegration of Implants – A Biological and Clinical Overview. *JSM Dental Surgery*; 2; 2017.
6. Albrektsson T., Chrcanovic B., Östman P.-O., Sennerby L. Initial and long-term crestal bone responses to modern dental implants. *Periodontology 2000*; 73: 41–50; 2017.
7. Albrektsson T., Zarb G., Worthington P., Eriksson A. R. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 1: 11–25; 1986.
8. Al-Nawas B., Schiegnitz E. Augmentation procedures using bone substitute materials or autogenous bone - a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Oral Implantology*; 7 Suppl 2: 219-34; 2014.
9. Alsousou J., Thompson M., Hulley P., Noble A., Willett K. The biology of platelet-rich plasma and its application in trauma and orthopaedic surgery: a review of the literature. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*; 91: 987–996; 2009.
10. Araújo M. G., Silva C. O., Misawa M., Sukekava F. Alveolar socket healing: what can we learn? *Periodontology 2000*; 68: 122–134; 2015.

11. Araújo Nobre M. A. de, Maló P. The influence of rehabilitation characteristics in the incidence of peri-implant pathology: a case-control study. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*; 23: 21–30; 2014.
12. Arora N. S., Ramanayake T., Ren Y.-F., Romanos G. E. Platelet-Rich Plasma in Sinus Augmentation Procedures: A Systematic Literature Review: Part II. *Implant Dentistry*; 19: 145–157; 2010.
13. Attia S., Schaper E., Schaaf H., Pons-Kühnemann J., Schlenz M. A., Streckbein P., Böttger S., Howaldt H.-P., Wilbrand J.-F. Evaluation of Implant Success in Patients with Dental Aplasia. *BioMed Research International*; 2019; 2019.
14. Attia S., Wiltfang J., Streckbein P., Wilbrand J.-F., El Khassawna T., Mausbach K., Howaldt H.-P., Schaaf H. Functional and aesthetic treatment outcomes after immediate jaw reconstruction using a fibula flap and dental implants. *Journal of Cranio-maxillo-facial surgery: Official Publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery*; 1205–1210; 2019.
15. Atwood D. A. Some clinical factors related to rate of resorption of residual ridges. 1962. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 86: 119–125; 2001.
16. Aumüller G., Wurzinger L. J. Anatomie. 208 Tabellen. Duale Reihe. 2. überarb. Aufl. Stuttgart: *Georg Thieme Verlag*; 2010.
17. Bae J.-H., Kim Y.-K., Myung S.-K. Effects of platelet-rich plasma on sinus bone graft: meta-analysis. *Journal of Periodontology*; 82: 660–667; 2011.
18. Becker S. T., Beck-Broichsitter B. E., Rossmann C. M., Behrens E., Jochens A., Wiltfang J. Long-term Survival of Straumann Dental Implants with TPS Surfaces: A Retrospective Study with a Follow-up of 12 to 23 Years. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 18: 480–488; 2016.
19. Bettega G., Brun J.-P., Boutonnat J., Cracowski J.-L., Quesada J.-L., Hegelhofer H., Drillat P., Richard M. J. Autologous platelet concentrates for bone graft enhancement in sinus lift procedure. *Transfusion*; 49: 779–785; 2009.
20. Bostrom M. P. G., Seigerman D. A. The clinical use of allografts, demineralized bone matrices, synthetic bone graft substitutes and osteoinductive growth factors: a survey study. *HSS journal : the Musculoskeletal Journal of Hospital for Special Surgery*; 1: 9–18; 2005.
21. Boyapati L., Wang H.-L. The role of platelet-rich plasma in sinus augmentation: a critical review. *Implant Dentistry*; 15: 160–170; 2006.

22. Brånemark P. I., Adell R., Albrektsson T., Lekholm U., Lundkvist S., Rockler B. Osseointegrated titanium fixtures in the treatment of edentulousness. *Biomaterials*; 4: 25–28; 1983.
23. Brito C., Tenenbaum H. C., Wong B. K. C., Schmitt C., Nogueira-Filho G. Is keratinized mucosa indispensable to maintain peri-implant health? A systematic review of the literature. *Journal of Biomedical Materials Research. Part B, Applied Biomaterials*; 102: 643–650; 2014.
24. Buch R. S. R., Weibrich G., Wagner W. Erfolgskriterien in der Implantologie. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie : MKG*; 7: 42–46; 2003.
25. Busenlechner D., Fürhauser R., Haas R., Watzek G., Mailath G., Pommer B. Long-term implant success at the Academy for Oral Implantology: 8-year follow-up and risk factor analysis. *Journal of Periodontal & Implant Science*; 44: 102–108; 2014.
26. Buser D., Sennerby L., Bruyn H. de. Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions. *Periodontology 2000*; 73: 7–21; 2017.
27. Buser D., Weber H. P., Lang N. P. Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. *Clinical Oral Implants Research*; 1: 33–40; 1990.
28. Cawood J. I., Howell R. A. A classification of the edentulous jaws. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*; 17: 232–236; 1988.
29. Chiapasco M., Casentini P., Zaniboni M. Bone augmentation procedures in implant dentistry. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 24 Suppl: 237–259; 2009.
30. Chrcanovic B. R., Albrektsson T., Wennerberg A. Reasons for failures of oral implants. *Journal of Oral Rehabilitation*; 41: 443–476; 2014.
31. Conrad C. Vergleich der metrischen Genauigkeit von extraoralen Röntgenverfahren: Digitale Volumetomographie versus konventionelle und digitale Orthopantomographie. In vitro Studie an humanen Schädelpräparaten. 1. Auflage. Gießen: VVB Laufersweiler; 2011.
32. Consolo U., Zaffe D., Bertoldi C., Ceccherelli G. Platelet-rich plasma activity on maxillary sinus floor augmentation by autologous bone. *Clinical Oral Implants Research*; 18: 252–262; 2007.

33. Copeland L. B., Krall E. A., Brown L. J., Garcia R. I., Streckfus C. F. Predictors of tooth loss in two US adult populations. *Journal of Public Health dentistry*; 64: 31–37; 2004.
34. Cypher T. J., Grossman J. P. Biological principles of bone graft healing. *The Journal of Foot and Ankle surgery: Official Publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*; 35: 413–417; 1996.
35. Danesh-Sani S. A., Engebretson S. P., Janal M. N. Histomorphometric results of different grafting materials and effect of healing time on bone maturation after sinus floor augmentation: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Periodontal Research*; 52: 301–312; 2017.
36. Dasmah A., Thor A., Ekestubbe A., Sennerby L., Rasmusson L. Marginal bone-level alterations at implants installed in block versus particulate onlay bone grafts mixed with platelet-rich plasma in atrophic maxilla. a prospective 5-year follow-up study of 15 patients. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 15: 7–14; 2013.
37. Deinzer R. Allgemeine Grundlagen wissenschaftlichen Arbeitens in der Medizin. Ein Leitfaden für die empirische Promotion und Habilitation. 1. Auflage. Stuttgart: Kohlhammer Verlag; 2007.
38. Del Fabbro M., Bortolin M., Taschieri S., Weinstein R. L. Effect of autologous growth factors in maxillary sinus augmentation: a systematic review. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 15: 205–216; 2013.
39. Derks J., Tomasi C. Peri-implant health and disease. A systematic review of current epidemiology. *Journal of Clinical Periodontology*; 42 Suppl 16: 158-171; 2015.
40. Esposito M., Grusovin M. G., Felice P., Karatzopoulos G., Worthington H. V., Coulthard P. Interventions for replacing missing teeth: horizontal and vertical bone augmentation techniques for dental implant treatment. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*; 2009.
41. Esposito M., Hirsch J. M., Lekholm U., Thomsen P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (I). Success criteria and epidemiology. *European Journal of Oral Sciences*; 106: 527–551; 1998.
42. Esposito M., Hirsch J. M., Lekholm U., Thomsen P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (II). Etiopathogenesis. *European Journal of Oral Sciences*; 106: 721–764; 1998.

43. Esposito M., Thomsen P., Ericson L. E., Lekholm U. Histopathologic observations on early oral implant failures. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 14: 798–810; 1999.
44. Esposito M., Thomsen P., Ericson L. E., Sennerby L., Lekholm U. Histopathologic observations on late oral implant failures. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 2: 18–32; 2000.
45. Ferrigno N., Laureti M., Fanali S., Grippaudo G. A long-term follow-up study of non-submerged ITI implants in the treatment of totally edentulous jaws. Part I: Ten-year life table analysis of a prospective multicenter study with 1286 implants. *Clinical Oral Implants Research*; 13: 260–273; 2002.
46. Fure S. Ten-year incidence of tooth loss and dental caries in elderly Swedish individuals. *Caries Research*; 37: 462–469; 2003.
47. Geckili O., Bilhan H., Geckili E., Cilingir A., Mumcu E., Bural C. Evaluation of possible prognostic factors for the success, survival, and failure of dental implants. *Implant Dentistry*; 23: 44–50; 2014.
48. Georgakopoulos I., Tsantis S., Georgakopoulos P., Korfiatis P., Fanti E., Martelli M., Costaridou L., Petsas T., Panayiotakis G., Martelli F. S. The impact of Platelet Rich Plasma (PRP) in osseointegration of oral implants in dental panoramic radiography: texture based evaluation. *Clinical Cases in Mineral and Bone metabolism: the Official Journal of the Italian Society of Osteoporosis, Mineral Metabolism, and Skeletal Diseases*; 11: 59–66; 2014.
49. Giannoudis P. V., Dinopoulos H., Tsiridis E. Bone substitutes: an update. *Injury*; 36 Suppl 3: 20-27; 2005.
50. Griffin S. O., Jones J. A., Brunson D., Griffin P. M., Bailey W. D. Burden of oral disease among older adults and implications for public health priorities. *American Journal of Public Health*; 102: 411–418; 2012.
51. Hansson S., Halldin A. Alveolar ridge resorption after tooth extraction: A consequence of a fundamental principle of bone physiology. *Journal of Dental Biomechanics*; 3; 2012.
52. Hassel A. J., Safaltin V., Grill S., Schröder J., Wahl H.-W., Klotz A.-L., Habibi E., Rammelsberg P., Zenthöfer A. Risk factors for tooth loss in middle and older age after up to 10 years: An observational cohort study. *Archives of Oral Biology*; 86: 7–12; 2018.

53. Heitz-Mayfield L. J. A. Peri-implant diseases: diagnosis and risk indicators. *Journal of Clinical Periodontology*; 35: 292–304; 2008.
54. Heitz-Mayfield L. J. A., Lang N. P. Comparative biology of chronic and aggressive periodontitis vs. peri-implantitis. *Periodontology 2000*; 53: 167–181; 2010.
55. Hellwig E., Klimek J., Attin T. Einführung in die Zahnerhaltung. Prüfungswissen Kariologie, Endodontologie und Parodontologie. 6. überarbeitete Auflage. Köln: *Deutscher Zahnärzte Verlag*; 2013.
56. Kassebaum N. J., Bernabé E., Dahiya M., Bhandari B., Murray C. J. L., Marcenes W. Global Burden of Severe Tooth Loss: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Dental Research*; 93: 20S-28S; 2014.
57. Kerschbaum T. Zahnverlust. In: Micheelis W., Hoffmann T., Schiffner U., John M. T., Kerschbaum T., Potthoff P., Reis U., Reiter F., Schroeder E., Reich E., Weitkamp J., Fedderwitz J. Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie - (DMS IV). Neue Ergebnisse zu oralen Erkrankungsprävalenzen, Risikogruppen und zum zahnärztlichen Versorgungsgrad in Deutschland 2005. Köln: *Deutscher Zahnärzte Verlag*; 290–293; 2006.
58. Khairy N. M., Shendy E. E., Askar N. A., El-Rouby D. H. Effect of platelet rich plasma on bone regeneration in maxillary sinus augmentation (randomized clinical trial). *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*; 42: 249–255; 2013.
59. Khouly I., Pardiñas López S., Aliaga I., Froum S. J. Long-Term Implant Survival After 100 Maxillary Sinus Augmentations Using Plasma Rich in Growth Factors. *Implant Dentistry*; 26: 199–208; 2017.
60. Kim S., Jung U.-W., Cho K.-S., Lee J.-S. Retrospective radiographic observational study of 1692 Straumann tissue-level dental implants over 10 years: I. Implant survival and loss pattern. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 20: 860–866; 2018.
61. Koldslund O. C., Scheie A. A., Aass A. M. The association between selected risk indicators and severity of peri-implantitis using mixed model analyses. *Journal of Clinical Periodontology*; 38: 285–292; 2011.
62. Konsensuskonferenz Implantologie. Indikationsbeschreibung für die Regelfallversorgung in der Implantologie. *Oralchirurgie Journal*: 28–29; 2015.
63. Laguzzi P. N., Schuch H. S., Medina L. D., Amores A. R. de, Demarco F. F., Lorenzo S. Tooth loss and associated factors in elders: results from a national survey in Uruguay. *Journal of Public Health dentistry*; 76: 143–151; 2016.

64. Lang N. P., Berglundh T. Periimplant diseases: where are we now?--Consensus of the Seventh European Workshop on Periodontology. *Journal of Clinical Periodontology*; 38 Suppl 11: 178–181; 2011.
65. Lee C.-T., Huang Y.-W., Zhu L., Weltman R. Prevalences of peri-implantitis and peri-implant mucositis: systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*; 62: 1–12; 2017.
66. Lehmann K. M., Hellwig E., Wenz H.-J. Zahnärztliche Propädeutik. Einführung in die Zahnheilkunde. 11. überarbeitete und erweiterte Auflage. Köln: *Deutscher Zahnärzte Verlag*; 2009.
67. Lemos C. A. A., Mello C. C., dos Santos D. M., Verri F. R., Goiato M. C., Pellizzer E. P. Effects of platelet-rich plasma in association with bone grafts in maxillary sinus augmentation: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*; 45: 517–525; 2016.
68. Lin G.-H., Chan H.-L., Wang H.-L. The significance of keratinized mucosa on implant health: a systematic review. *Journal of Periodontology*; 84: 1755–1767; 2013.
69. Lindhe J., Meyle J. Peri-implant diseases: Consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *Journal of Clinical Periodontology*; 35: 282–285; 2008.
70. Malhotra A., Pelletier M. H., Yu Y., Walsh W. R. Can platelet-rich plasma (PRP) improve bone healing? A comparison between the theory and experimental outcomes. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*; 133: 153–165; 2013.
71. Marx R. E. Platelet-rich plasma: evidence to support its use. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*; 62: 489–496; 2004.
72. Marx R. E., Carlson E. R., Eichstaedt R. M., Schimmele S. R., Strauss J. E., Georgeff K. R. Platelet-rich plasma: Growth factor enhancement for bone grafts. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*; 85: 638–646; 1998.
73. Mavrogenis A. F., Dimitriou R., Parvizi J., Babis G. C. Biology of implant osseointegration. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*; 9: 61–71; 2009.
74. McAllister B. S., Haghghat K. Bone augmentation techniques. *Journal of Periodontology*; 78: 377–396; 2007.

75. McCaul L. K., Jenkins W. M., Kay E. J. The reasons for the extraction of various tooth types in Scotland: a 15-year follow up. *Journal of Dentistry*; 29: 401–407; 2001.
76. Medizintechnik Gulden e.K. PERIOTEST classic. Gebrauchsanweisung deutsch. Elektrisches Messinstrument für Zahnheilkunde und dentale Implantologie. Link: www.med-gulden.com/downloads/01_german/02_Bedienungsanleitungen/Periotest_Classic.pdf (abgerufen am: 14.09.2019); 2015.
77. Misch C. E., Perel M. L., Wang H.-L., Sammartino G., Galindo-Moreno P., Trisi P., Steigmann M., Rebaudi A., Palti A., Pikos M. A., Schwartz-Arad D., Choukroun J., Gutierrez-Perez J.-L., Marenzi G., Valavanis D. K. Implant success, survival, and failure: the International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference. *Implant Dentistry*; 17: 5–15; 2008.
78. Mohajerani H., Roozbayani R., Taherian S., Tabrizi R. The Risk Factors in Early Failure of Dental Implants: a Retrospective Study. *Journal of Dentistry (Shiraz, Iran)*; 18: 298–303; 2017.
79. Mombelli A. Microbiology and antimicrobial therapy of peri-implantitis. *Periodontology 2000*; 28: 177–189; 2002.
80. Mombelli A., Lang N. P. Clinical parameters for the evaluation of dental implants. *Periodontology 2000*; 4: 81–86; 1994.
81. Mombelli A., Lang N. P. The diagnosis and treatment of peri-implantitis. *Periodontology 2000*; 17: 63–76; 1998.
82. Mombelli A., Müller N., Cionca N. The epidemiology of peri-implantitis. *Clinical Oral Implants Research*; 23 Suppl 6: 67–76; 2012.
83. Mombelli A., van Oosten M. A., Schurch E., Land N. P. The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants. *Oral Microbiology and Immunology*; 2: 145–151; 1987.
84. Moraschini V., Poubel L. A. d. C., Ferreira V. F., Barboza E. d. S. P. 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. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*; 44: 377–388; 2015.
85. Müller A., Hussein K. Meta-analysis of teeth from European populations before and after the 18th century reveals a shift towards increased prevalence of caries and tooth loss. *Archives of Oral Biology*; 73: 7–15; 2017.

86. Müller F., Naharro M., Carlsson G. E. What are the prevalence and incidence of tooth loss in the adult and elderly population in Europe? *Clinical Oral Implants Research*; 18 Suppl 3: 2–14; 2007.
87. Müller H.-P. Checklisten der Zahnmedizin Parodontologie. 3. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2012.
88. Neukam F. Lebenserwartung von Implantaten und Implantatlager. *Wissenschaftliche Stellungnahme der DGZMK*; 2000.
89. Nguyen-Hieu T., Borghetti A., Aboudharam G. Peri-implantitis: from diagnosis to therapeutics. *Journal of Investigative and Clinical dentistry*; 3: 79–94; 2012.
90. Nishimura I., Szabo G., Flynn E., Atwood D. A. A local pathophysiologic mechanism of the resorption of residual ridges: prostaglandin as a mediator of bone resorption. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 60: 381–388; 1988.
91. Noguero B., Muñoz R., Mesa F., Dios Luna J. de, O'Valle F. Early implant failure. Prognostic capacity of Periotest: retrospective study of a large sample. *Clinical Oral Implants Research*; 17: 459–464; 2006.
92. Olmedo-Gaya M. V., Manzano-Moreno F. J., Cañaveral-Cavero E., Dios Luna-del Castillo J. de, Vallecillo-Capilla M. Risk factors associated with early implant failure: A 5-year retrospective clinical study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 115: 150–155; 2016.
93. Ortolani E., Guerriero M., Coli A., Di Giannuario A., Minniti G., Polimeni A. Effect of PDGF, IGF-1 and PRP on the implant osseointegration. An histological and immunohistochemical study in rabbits. *Annali di Stomatologia*; 5: 66–68; 2014.
94. Paspaspyridakos P., Chen C.-J., Singh M., Weber H.-P., Gallucci G. O. Success criteria in implant dentistry: a systematic review. *Journal of Dental Research*; 91: 242–248; 2012.
95. Parithimarkalaignan S., Padmanabhan T. V. Osseointegration: an update. *Journal of Indian Prosthodontic Society*; 13: 2–6; 2013.
96. Pasler F. A., Visser H. Taschenatlas der zahnärztlichen Radiologie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2003.
97. Pietrokovski J., Starinsky R., Arensburg B., Kaffe I. Morphologic characteristics of bony edentulous jaws. *Journal of Prosthodontics: Official Journal of the American College of Prosthodontists*; 16: 141–147; 2007.

98. Plachokova A. S., Nikolidakis D., Mulder J., Jansen J. A., Creugers N. H. J. Effect of platelet-rich plasma on bone regeneration in dentistry: a systematic review. *Clinical Oral Implants Research*; 19: 539–545; 2008.
99. Raghoobar G. M., Schortinghuis J., Liem R. S. B., Ruben J. L., van der Wal J. E., Vissink A. Does platelet-rich plasma promote remodeling of autologous bone grafts used for augmentation of the maxillary sinus floor? *Clinical Oral Implants Research*; 16: 349–356; 2005.
100. Recent advances in oral health. Report of a WHO expert committee. WHO technical report series; 1992.
101. Reich E., Hiller K. A. Reasons for tooth extraction in the western states of Germany. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*; 21: 379–383; 1993.
102. Renvert S., Polyzois I. Risk indicators for peri-implant mucositis: a systematic literature review. *Journal of Clinical Periodontology*; 42 Suppl 16: 172-186; 2015.
103. Renvert S., Quirynen M. Risk indicators for peri-implantitis. A narrative review. *Clinical Oral Implants Research*; 26 Suppl 11: 15–44; 2015.
104. Richter E.-J. Implantatprothetik. In: Gernet W., Biffar R., Schwenger N., Ehrenfeld M., Grimm G. Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde. Lehrbuchreihe zur Aus- und Weiterbildung/Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde: Zahnärztliche Prothetik. 4. unveränderte Auflage. Stuttgart: *Georg Thieme Verlag*; 84–131; 2011.
105. Riediger D. Präprothetische Chirurgie. In: Schwenger N., Eckelt U. Zahnärztliche Chirurgie. 4., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: *Georg Thieme Verlag*; 198–216; 2009.
106. Robiony M., Zorzan E., Polini F., Sembronio S., Toro C., Politi M. Osteogenesis distraction and platelet-rich plasma: combined use in restoration of severe atrophic mandible. Long-term results. *Clinical Oral Implants Research*; 19: 1202–1210; 2008.
107. Röhrig B., Du Prel J.-B., Blettner M. Study design in medical research: part 2 of a series on the evaluation of scientific publications. *Deutsches Arzteblatt International*; 106: 184–189; 2009.
108. Romeo E., Lops D., Margutti E., Ghisolfi M., Chiapasco M., Vogel G. Long-term survival and success of oral implants in the treatment of full and partial arches: a 7-year prospective study with the ITI dental implant system. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 19: 247–259; 2004.

109. Roos-Jansåker A.-M., Lindahl C., Renvert H., Renvert S. Nine- to fourteen-year follow-up of implant treatment. Part II: presence of peri-implant lesions. *Journal of Clinical Periodontology*; 33: 290–295; 2006.
110. Schaaf H. Einfluss von plättchenreichem Plasma (PRP) in der präimplantologischen Kieferosteoplastik. 1. Auflage. Gießen: VVB Laufersweiler; 2007.
111. Schaaf H., Streckbein P., Lendeckel S., Heidinger K., Görtz B., Bein G., Boedeker R.-H., Schlegel K. A., Howaldt H.-P. Topical use of platelet-rich plasma to influence bone volume in maxillary augmentation: a prospective randomized trial. *Vox Sanguinis*; 94: 64–69; 2008.
112. Schaaf H., Streckbein P., Lendeckel S., Heidinger K. S., Rehmann P., Boedeker R.-H., Howaldt H.-P. Sinus lift augmentation using autogenous bone grafts and platelet-rich plasma: radiographic results. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*; 106: 673–678; 2008.
113. Schaper E. Erfolg enossaler Implantate bei Patienten mit dentaler Aplasie. 1. Auflage. Gießen: VVB Laufersweiler Verlag; 2019.
114. Schmitt C., Karasholi T., Lutz R., Wiltfang J., Neukam F.-W., Schlegel K. A. Long-term changes in graft height after maxillary sinus augmentation, onlay bone grafting, and combination of both techniques: a long-term retrospective cohort study. *Clinical Oral Implants Research*; 25: 38-46; 2014.
115. Schnitman P. A. Dental implants benefit & risk. Proceedings of an NIH-Harvard Consensus Development Conference held at Harvard School of Dental Medicine June 13 - 14 1978. Bethesda, Maryland: U.S. Department of Health and Human Services; 1980.
116. Schwartz-Arad D., Ofec R., Elyahu G., Ruban A., Sterer N. Long Term Follow-Up of Dental Implants Placed in Autologous Onlay Bone Graft. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 18: 449–461; 2016.
117. Silness J., Löe H. Periodontal Disease in Pregnancy II. Correlation Between Oral Hygiene and Periodontal Condition. *Acta Odontologica Scandinavica*; 22: 121–135; 1964.
118. Simonis P., Dufour T., Tenenbaum H. Long-term implant survival and success: a 10-16-year follow-up of non-submerged dental implants. *Clinical Oral Implants Research*; 21: 772–777; 2010.

119. Smeets R., Henningsen A., Jung O., Heiland M., Hammächer C., Stein J. M. Definition, etiology, prevention and treatment of peri-implantitis--a review. *Head & Face Medicine*; 10; 2014.
120. Smith D. E., Zarb G. A. Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 62: 567–572; 1989.
121. Stang A. Randomized controlled trials-an indispensable part of clinical research. *Deutsches Aerzteblatt International*; 108: 661–662; 2011.
122. Tallgren A. The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: a mixed-longitudinal study covering 25 years. 1972. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 89: 427–435; 2003.
123. Tarnow D. P., Cho S. C., Wallace S. S. The effect of inter-implant distance on the height of inter-implant bone crest. *Journal of Periodontology*; 71: 546–549; 2000.
124. Thor A., Franke-Stenport V., Johansson C. B., Rasmusson L. Early bone formation in human bone grafts treated with platelet-rich plasma: preliminary histomorphometric results. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*; 36: 1164–1171; 2007.
125. Tiwari T., Scarbro S., Bryant L. L., Puma J. Factors Associated with Tooth Loss in Older Adults in Rural Colorado. *Journal of Community Health*; 41: 476–481; 2016.
126. Tolstunov L. Dental implant success-failure analysis: a concept of implant vulnerability. *Implant Dentistry*; 15: 341–346; 2006.
127. Unger J. W., Ellinger C. W., Gunsolley J. C. An analysis of the effect of mandibular length on residual ridge loss in the edentulous patient. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 67: 827–830; 1992.
128. United States Department of Health and Human Services. Acute Pain Management: Operative or Medical Procedures and Trauma. Clinical Practice Guideline No. 1. AHCPR Publication No. 92-0023: 107. Rockville (MD): *Agency for Health Care Policy and Research (AHCPR)*; 1993.
129. Urist M. R. Bone: formation by autoinduction. *Science (New York, N. Y.)*; 150: 893–899; 1965.
130. van Velzen F. J. J., Ofec R., Schulten E. A. J. M., Bruggenkate C. M. ten. 10-year survival rate and the incidence of peri-implant disease of 374 titanium dental implants with a SLA surface: a prospective cohort study in 177 fully and partially edentulous patients. *Clinical Oral Implants Research*; 26: 1121–1128; 2015.

131. Velich N., Németh Z., Tóth C., Szabó G. Long-term results with different bone substitutes used for sinus floor elevation. *The Journal of Craniofacial Surgery*; 15: 38–41; 2004.
132. Watzek G., Fürhauser R., Mailath G. Zahnärztliche Implantate. In: Schwenzer N., Eckelt U. Zahnärztliche Chirurgie. 4., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart: *Georg Thieme Verlag*: 227–271; 2009.
133. Weiß C. Basiswissen Medizinische Statistik. Springer-Lehrbuch. Berlin, Heidelberg: *Springer*; 2013.
134. Wolff J. Das Gesetz der Transformation der Knochen. Berlin: *Hirschwald*; 1892.
135. Zhang N., Wu Y.-P., Qian S.-J., Teng C., Chen S., Li H. Research Progress in the Mechanism of Effect of PRP in Bone Deficiency Healing. *The Scientific World Journal*; 2013; 2013.
136. Zohrabian V. M., Sonick M., Hwang D., Abrahams J. J. Dental Implants. *Seminars in Ultrasound, CT, and MR*; 36: 415–426; 2015.
137. Zwiener I., Blettner M., Hommel G. Survival Analysis. *Deutsches Aerzteblatt Online*; 2011.

10 Anhang

10.1 Patientenanschreiben

Sehr geehrte / geehrter



UNIVERSITÄTSKLINIKUM
GIESSEN UND MARBURG

Klinik und Poliklinik für Mund-,
Kiefer- und Gesichtschirurgie
Justus-Liebig-Universität Gießen
Direktor:
Prof. Dr.med. Dr.med.dent. H.-P.
Howaldt
Klinikstraße 33
36385 Gießen

Nachuntersuchung der Knochentransplantate und Implantate

In der Vergangenheit wurden sie in der Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießens behandelt und haben dabei an einer Studie teilgenommen. In dieser Studie sollte getestet werden, ob die Wundheilung durch Plättchen aus einer Eigenblutspende (Plättchenreiches Plasma) gefördert wird.

In einer ersten Operation wurde zunächst ihr Oberkieferknochen mit eigenem Knochenmaterial aus dem Beckenkamm aufgebaut. Der Zufall entschied, ob Sie mit plättchenreichem Plasma behandelt wurden oder nicht. In der zweiten Operation haben Sie Implantate bekommen, auf die dann später der Zahnersatz befestigt wurde.

Wir planen nun eine Nachfolgestudie, in der wir den langfristigen Einfluss von plättchenreichem Plasma untersuchen wollen.

Auf diesem Wege möchten wir Sie fragen, ob Sie erneut bereit sind an einer Studie teilzunehmen.

Bei einer Teilnahme werden ihre Implantate genau untersucht und ein Röntgenbild von Ihnen angefertigt.

Die Untersuchung wird im Uniklinikum Gießen stattfinden und insgesamt ungefähr eine Stunde dauern. Zu Beginn erfolgen die ausführliche Aufklärung und das Ausfüllen der Einverständniserklärung durch den Prüfarzt.

Dann werden Sie darum gebeten, einen kurzen Fragebogen auszufüllen. Anschließend beginnen wir mit der klinischen Untersuchung, bei der wir unter anderem testen, ob die Implantate fest im Knochen verankert sind und wie tief die Zahnfleischtaschen um das

Implantat sind. Diese Untersuchung wird sehr vorsichtig durchgeführt, sodass Sie keine Schmerzen haben sollten.

Im Anschluss wird das Röntgenbild angefertigt.

Wir wären Ihnen sehr dankbar, wenn Sie die Studie durch Ihre Teilnahme unterstützen würden.

Bei Interesse finden Sie unsere Kontaktdaten zur Terminvereinbarung oder zur Klärung weiterer Fragen unten in diesem Schreiben.

Mit freundlichen Grüßen,

Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt
Direktor der Klinik

Dr. S. Attia
Fachzahnarzt für Oralchirurgie

C. Narberhaus
Wissenschaftliche
Mitarbeiterin

Bei Interesse an der Studie melden Sie sich bitte in der Abteilung für Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgie am Universitätsklinikum Gießen bei Frau Pfeffer um einen Untersuchungstermin zu vereinbaren!

- Telefon: 0641/994611

- Fax: 0641/9946109

-Email: Clara.Narberhaus@dentist.med.uni-giessen.de

10.2 Aufklärungsbogen

Patientenaufklärungsbogen



Langzeiterfolg von Implantaten nach Sinusbodenaugmentation mit PRP

Klinik und Poliklinik für Mund-,
Kiefer- und Gesichtschirurgie
Justus-Liebig-Universität Gießen
Direktor:
Prof. Dr.med. Dr.med.dent. H.-P.
Howaldt
Klinikstraße 33
35385 Gießen

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

Vielen Dank, dass Sie an dieser Studie teilnehmen.

Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie ist freiwillig. Sie werden in diese Prüfung also nur dann einbezogen, wenn Sie dazu schriftlich Ihre Einwilligung erklären. Sofern Sie nicht an der klinischen Studie teilnehmen oder später aus ihr ausscheiden möchten, erwachsen Ihnen daraus keine Nachteile.

Sie wurden bereits auf die geplante Studie angesprochen. Der nachfolgende Text soll Ihnen die Ziele und den Ablauf genauer erläutern. Anschließend wird ein Prüfarzt das Aufklärungsgespräch mit Ihnen führen. Bitte zögern Sie nicht, alle Punkte anzusprechen, die Ihnen unklar sind. Sie werden danach ausreichend Bedenkzeit erhalten, um über Ihre Teilnahme zu entscheiden.

Mit freundlichen Grüßen,

Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt
Direktor der Klinik

Dr. S. Attia
Fachzahnarzt für Oralchirurgie

C. Narberhaus
Wissenschaftliche
Mitarbeiterin

Prüfstelle: Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen und Marburg, Standort Gießen

Prüfartz: Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt, Dr. S. Attia

Ziel und Hintergrund der Studie

In der Studie, an der Sie bereits teilgenommen haben, wurde geprüft, ob die Wundheilung durch Plättchen aus einer Eigenblutspende (Plättchenreiches Plasma) verbessert wird.

In einer ersten Operation wurde zunächst ihr Oberkieferknochen mit eigenem Knochenmaterial aus dem Beckenkamm aufgebaut. Der Zufall entschied, ob Sie mit plättchenreichem Plasma behandelt wurden oder nicht. In der zweiten Operation haben Sie Implantate bekommen, auf die dann später der Zahnersatz befestigt wurde.

In dieser Studie wollen wir nun den langfristigen Einfluss der Behandlung mit plättchenreichem Plasma auf die Implantate überprüfen. So können wir dann besser beurteilen, ob eine solche Behandlung Vorteile bringt.

Ablauf der Untersuchung

Die Untersuchung wird insgesamt ungefähr eine Stunde dauern. Zu Beginn erfolgen die ausführliche Aufklärung und das Ausfüllen der Einverständniserklärung durch den Prüfartz.

Dann werden Sie darum gebeten, einen kurzen Fragebogen auszufüllen. Anschließend beginnen wir mit der klinischen Untersuchung, bei der wir testen, ob die Implantate fest im Knochen verankert sind und wie tief die Zahnfleischtaschen um das Implantat sind. Außerdem wird überprüft, ob das Zahnfleisch entzündet ist und wie viel weiche Beläge sich am Implantat befinden. Diese Untersuchung wird sehr vorsichtig durchgeführt, sodass Sie keine Schmerzen haben sollten. Desweiteren wollen wir Fotos von den Implantaten machen.

Im Anschluss wird das Röntgenbild angefertigt.

Persönlicher Nutzen

Sie werden durch die Teilnahme an dieser Studie außer einer ärztlichen Untersuchung voraussichtlich keinen persönlichen Gesundheitsnutzen haben. Die Ergebnisse der Studie können aber möglicherweise dazu beitragen, die Behandlung mit plättchenreichem Plasma in der Implantatchirurgie besser beurteilen zu können.

Risiken

Die in dieser Studie angewendeten Untersuchungsmethoden werden routinemäßig bei der Untersuchung von Implantaten angewendet und sind risikofrei.

Ausschlusskriterien

Da wir ein Röntgenbild von Ihnen anfertigen, dürfen schwangere Frauen nicht an dieser Studie teilnehmen. Sollten Sie schwanger sein oder den Verdacht haben, teilen Sie uns dies bitte mit.

Kosten und Aufwandsentschädigung

Durch Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie entstehen für Sie keine zusätzlichen Kosten. Leider können wir Ihnen keine Aufwandsentschädigung anbieten.

Patientenversicherung

Bei der klinischen Studie sind Sie gemäß der Betriebshaftpflichtversicherung des Klinikums versichert. Der Umfang des Versicherungsschutzes ergibt sich aus den Versicherungsunterlagen, die Sie auf Wunsch ausgehändigt bekommen.

Wenn Sie vermuten, dass durch die Teilnahme an der klinischen Prüfung Ihre Gesundheit geschädigt oder bestehende Leiden verstärkt wurden, müssen Sie dies unverzüglich dem Versicherer direkt anzeigen, gegebenenfalls mit Unterstützung durch Ihren Prüfarzt, um Ihren Versicherungsschutz nicht zu gefährden. Sofern Ihr Prüfarzt Sie dabei unterstützt, erhalten Sie eine Kopie der Meldung. Sofern Sie Ihre Anzeige direkt an den Versicherer richten, informieren Sie bitte zusätzlich Ihren Prüfarzt.

Bei der Aufklärung der Ursache oder des Umfangs eines Schadens müssen Sie mitwirken und alles unternehmen, um den Schaden abzuwenden und zu mindern.

Auf Wunsch erhalten Sie ein Exemplar der Versicherungsbedingungen.

Wir weisen Sie ferner darauf hin, dass Sie auf dem Weg von und zur Prüfstelle nicht unfallversichert sind/in folgender Weise versichert sind.

Ausscheiden aus der Studie

Sie können jederzeit, auch ohne Angabe von Gründen, Ihre Teilnahme beenden, ohne dass Ihnen dadurch irgendwelche Nachteile bei Ihrer medizinischen Behandlung entstehen.

Unter gewissen Umständen ist es aber auch möglich, dass der Prüfarzt oder der für die Studie Verantwortliche entscheidet, Ihre Teilnahme an der klinischen Prüfung zu beenden, falls Sie in einem generell schlechten Gesundheitszustand oder mangelnd geschäftsfähig sind.

Datenschutz

Während der klinischen Studie werden medizinische Befunde und persönliche Informationen von Ihnen erhoben und in der Prüfstelle in Patientenbögen niedergeschrieben. Die für die klinische Studie wichtigen Daten werden zusätzlich in pseudonymisierter Form elektronisch gespeichert, ausgewertet und gegebenenfalls weitergegeben. Pseudonymisiert bedeutet hier, dass keine Angaben von Namen oder Initialen verwendet werden, sondern nur ein Nummerncode.

Außerdem werden intraorale Fotos und Röntgenbilder von Ihnen angefertigt, die anonym für eventuelle Veröffentlichungen verwendet werden können.

Aufbewahrung der Röntgenbilder

Im Anschluss der Studie werden die von Ihnen digital angefertigten Röntgenbilder bei uns in der Poliklinik auf einem gesichertem Server gespeichert.

Weitere Fragen

Bei weiteren Fragen wenden Sie sich bitte an den Prüfarzt oder an die wissenschaftliche Mitarbeiterin, die Sie betreut.

Datenschutz:

Mir ist bekannt, dass bei dieser klinischen Prüfung personenbezogene Daten, insbesondere medizinische Befunde über mich erhoben, gespeichert und ausgewertet werden sollen. Die Verwendung der Angaben über meine Gesundheit erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor der Teilnahme an der klinischen Prüfung folgende freiwillig abgegebene Einwilligungserklärung voraus, das heißt ohne die nachfolgende Einwilligung kann ich nicht an der klinischen Prüfung teilnehmen.

1. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser klinischen Studie personenbezogene Daten, insbesondere Angaben über meine Gesundheit, über mich erhoben und in Papierform sowie auf elektronischen Datenträgern aufgezeichnet werden. Soweit erforderlich, dürfen die erhobenen Daten pseudonymisiert (verschlüsselt) weitergegeben werden, den Verantwortlichen oder eine von diesem beauftragte Stelle zum Zwecke der wissenschaftlichen Auswertung.
2. Außerdem erkläre ich mich damit einverstanden, dass autorisierte und zur Verschwiegenheit verpflichtete Beauftragte des Verantwortlichen sowie die zuständigen Überwachungsbehörden in meine beim Prüfarzt vorhandenen personenbezogenen Daten, insbesondere meine Gesundheitsdaten, Einsicht nehmen, soweit dies für die Überprüfung der ordnungsgemäßen Durchführung der Studie notwendig ist. Für diese Maßnahme entbinde ich den Prüfarzt von der ärztlichen Schweigepflicht.
3. Ich bin bereits darüber aufgeklärt worden, dass ich jederzeit die Teilnahme an der klinischen Prüfung beenden kann. Im Fall eines solchen Widerrufs meiner Einwilligung, an der Studie teilzunehmen, erkläre ich mich damit einverstanden, dass die bis zu diesem Zeitpunkt gespeicherten Daten weiterhin verwendet werden dürfen, soweit dies erforderlich ist, um sicherzustellen, dass meine schutzwürdigen Interessen nicht beeinträchtigt werden. Falls ich meine Einwilligung, an der Studie teilzunehmen, widerrufe, müssen alle Stellen, die meine personenbezogenen Daten, insbesondere Gesundheitsdaten, gespeichert haben, unverzüglich prüfen, inwieweit die gespeicherten Daten zu dem vorgenannten Zweck noch erforderlich sind. Nicht mehr benötigte Daten sind unverzüglich zu löschen.
4. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Daten nach Beendigung oder Abbruch der Studie zehn Jahre aufbewahrt werden. Danach werden meine personenbezogenen Daten gelöscht, soweit nicht gesetzliche, satzungsmäßige oder vertragliche Aufbewahrungsfristen entgegenstehen.

Langzeiterfolg von Implantaten nach Sinusbodenaugmentation mit PRP

Einwilligungserklärung

Ich bin in einem persönlichen Gespräch durch den Prüfarzt

.....

Name der Ärztin/des Arztes

ausführlich und verständlich über die zu prüfende Behandlungsmethode und die Vergleichsmethode sowie über Wesen, Bedeutung, Risiken und Tragweite der klinischen Studie aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text der Patienteninformation sowie die hier nachfolgend abgedruckte Datenschutzerklärung gelesen und verstanden. Ich hatte die Gelegenheit, mit dem Prüfarzt über die Durchführung der klinischen Prüfung zu sprechen. Alle meine Fragen wurden zufrieden stellend beantwortet.

Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden.

Mir ist bekannt, dass ich jederzeit und ohne Angabe von Gründen meine Einwilligung zur Teilnahme an der Prüfung zurückziehen kann (mündlich oder schriftlich), ohne dass mir daraus Nachteile für meine medizinische Behandlung entstehen.

Ich erkläre mich bereit, an der oben genannten klinischen Studie freiwillig teilzunehmen.

Ein Exemplar der Patienten-Information und -Einwilligung habe ich erhalten. Ein Exemplar verbleibt im Prüfzentrum.

.....

Name des Patienten in Druckbuchstaben

.....

Datum

Unterschrift des Patienten

Ich habe das Aufklärungsgespräch geführt und die Einwilligung des Patienten eingeholt.

.....
Name des Pröfärztes/der Pröfärzlin in Druckbuchstaben

.....
Datum

.....
Unterschrift des aufklärenden Pröfärztes/der Pröfärzlin

10.3 Fragebogen

Fragebogen



UNIVERSITÄTSKLINIKUM
GIESSEN UND MARBURG

**Klinik und Poliklinik für Mund-,
Kiefer- und Gesichtschirurgie
Justus-Liebig-Universität Gießen**
Direktor:
Prof. Dr.med. Dr.med.dent. H.-P.
Hewaldt
Klinikstraße 33
35386 Gießen

-Patientenaufkleber-

Bitte füllen Sie diesen Fragebogen sorgfältig aus:

1. Leiden Sie an chronischen Erkrankungen (Diabetes, Herz- oder Lungenerkrankungen etc.)

JA NEIN

Wenn JA welche?
.....

2. Nehmen Sie regelmäßig Medikamente ein?

JA NEIN

Wenn JA welche?

Medikament	Grund

3. Rauchen Sie? JA NEIN

Wenn JA: 1-5 Zigaretten pro Tag 6-15 Zigaretten pro Tag ≥16 Zigaretten pro Tag

4. Musste Ihr Zahnersatz in der Vergangenheit repariert werden?

JA NEIN

5. Hatten Sie seit dem Einsetzen der Implantate Beschwerden?

JA NEIN

Wenn JA, welche?

Schmerzen Zahnfleischbeschwerden

Andere:.....

6. Empfinden Sie die Implantate als Fremdkörper?

JA NEIN

7. Haben Sie an den Implantaten Missempfindungen (z.B. Überempfindlichkeit auf Reize, abnorme Empfindungen, verminderte Empfindlichkeit)?

JA NEIN

8. Wie empfinden Sie die Kaufunktion durch die Implantate und den Zahnersatz?

Sehr gut ungenügend

1 2 3 4 5 6

9. Wie empfinden Sie das Sprechvermögen durch die Implantate und den Zahnersatz?

Sehr gut ungenügend

1 2 3 4 5 6

10. Wie zufrieden sind Sie insgesamt mit den Implantaten und dem Zahnersatz?

Sehr gut ungenügend

1 2 3 4 5 6

11. Wie empfinden Sie den Gesamterfolg der Operation?

Sehr gut ungenügend

1 2 3 4 5 6

12. Wie empfinden Sie den ästhetischen Gesamterfolg?

Sehr gut ungenügend

1 2 3 4 5 6

13. Reinigen Sie Ihre Zähne, Ihre Implantate und Ihren Zahnersatz regelmäßig?

JA NEIN

Wenn JA, wie häufig pro Tag?

Wenn NEIN, warum?

14. Lassen Sie eine professionelle Zahnreinigung bei Ihrem Zahnarzt durchführen?

JA, regelmäßig JA, selten NEIN

Vielen Dank für Ihre Unterstützung.

.....
Datum

.....
Unterschrift

10.4 Patientenbogen

PATIENTENBOGEN		 UNIVERSITÄTSKLINIKUM GIESSEN UND MARBURG
- Patientenaufkleber -		Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Justus-Liebig-Universität Gießen Direktor: Prof. Dr.med. Dr.med.dent. H.-P. Howald Klinikstraße 33 36385 Gießen
Patientennummer:		Datum:
Alter des Patienten:		
Männlich <input type="checkbox"/>	Weiblich <input type="checkbox"/>	
Datum Sinuslift-OP:.....		
Datum Implantation:.....		
Implantsystem:.....		
Ausschlusskriterien:	JA	NEIN
Schwangerschaft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Allgemein schlechte körperliche Verfassung bzw. unzureichende Geschäftsfähigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Versorgungsart		
<i>herausnehmbar</i>	Teleskopprothese	<input type="checkbox"/>
	Steg	<input type="checkbox"/>
<i>feststehend</i>	Krone	<input type="checkbox"/>
	Brücke	<input type="checkbox"/>

Anzahl Implantatverluste:

Regio:

Wann:

Warum?.....

.....

Klinische Untersuchung

Anzahl Implantate:.....

Implantat (Regio)																			
Plaque-Index																			
ST (mm)	o a m v																		
BoP (+)	o a m v																		
Periotest																			
Lockerungsgrad																			
Periimplantäre Infektion Ja/Nein																			
Keratinisierte Gingiva Ja/Nein																			

OPG Auswertung

Seite (Region 5/6)	Rechts	Links
Alveolarkammhöhe (mm) in Schaaf-Studie		
Alveolarkammhöhe (mm)		
Knochenverlust (mm) insgesamt		

Periimplantäre Transluzenz an Implantat Regio:

Implantationserfolg nach Buser

Anzahl Erfolge:

Anzahl Misserfolge:

Erfolg nach Albrektsson

Implantat regio										
Lockerung										
Radioluzenz										
Schmerz/Infektion/Neuropathie/ Parästhesie										
Knochenabbau mesial										
Knochenabbau distal										
Errechner Knochenabbau $1,5+0,2*(\text{Jahre}-1)$										
Bewertung Knochen *										
Erfolg?										

0= nein 1=ja

* 0 = reeller Wert kleiner als errechneter Wert 1=reeller Wert größer/gleich errechneter Wert

10.5 Votum der Ethik-Kommission



FACHBEREICH 11
MEDIZIN



Ethik-Kommission, Klinikstr. 29 (Aite Chirurgie), D-35385 Gießen

Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt
Klinik und Poliklinik für MKG-Chirurgie
Klinikstr. 33
35385 Gießen

ETHIK-KOMMISSION
des FB Medizin

Vorsitzender: Prof. Dr. H. Tillmanns

Klinikstr. 29 (Aite Chirurgie)
D -35385 Gießen

Tel.: (0641)99-42470 / 47660
Fax: (0641)99-42479
E-Mail: ethik.kommission@aharna.med.uni-giessen.de

Gießen, den 10. Januar 2017
Az. Dr. Kr./erb

Votum der Ethik-Kommission

Sehr geehrter Herr Prof. Dr. Dr. Howaldt, *lieber Hans-Peter*

das Projekt (**129/15: Langzeiterfolg von Implantaten nach Sinusaugmentation mit PRP**) wurde in der Sitzung am 13.08.2015 erörtert. Es handelt sich um die Untersuchung des langfristigen Einflusses der Verwendung von plättchenreichem Plasma in der dentalen Implantatchirurgie, besonders im Hinblick auf Knochenverlust und Implantatqualität. Dabei ist die Teilnahme an der vorhergegangenen Studie (AZ: 81/01: *Autologe Thrombozytherapie zur Knochenregeneration in der Implantatchirurgie*) einziges Einschlusskriterium. Damals ging es um den Kurzeiterfolg, wobei in der Untersuchungszeit von 10 Monaten kein signifikanter Einfluss des PRP nachweisbar war. Daher soll nun bei den gleichen Patienten durch eine klinische und radiologische Nachuntersuchung der Stellenwert des Einsatzes von PRP erneut überprüft werden. Die Kontrolluntersuchung ist klinisch indiziert und stellt keine zusätzliche Belastung für die Patienten dar.

Bei der ausführlichen Diskussion wurden keinerlei rechtliche oder wissenschaftliche Mängel festgestellt. Seitens der Ethik-Kommission bestehen keinerlei Einwände gegen die Durchführung des Projektes, sie wünscht gutes Gelingen.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr. H. Tillmanns
Vorsitzender der Ethik-Kommission

11 Veröffentlichungen

1. Publikationsart: Mündlicher Vortrag

Autoren: Sameh Attia, Clara Narberhaus, Friedrich Wilhelm Neukam, Hans-Peter Howaldt, Heidrun Schaaf

Titel: Long-term treatment outcome of dental implants placed after sinuslift using iliac crest graft and platelet-rich plasma

Ort: The 23rd European Association for Cranio Maxillo-Facial Surgery Congress, EACMFS 2016, London

Datum: 14. September 2016

2. Publikationsart: Mündlicher Vortrag

Autoren: Sameh Attia, Clara Narberhaus, Friedrich Wilhelm Neukam, Christian Schmitt, Jan-Falco Wilbrand, Heidrun Schaaf, Hans-Peter Howaldt

Titel: Erste Ergebnisse einer implantologischen Langzeitstudie nach Sinusbodenaugmentation mit Beckenkammtransplantaten und PRP

Ort: 67. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Kieferchirurgie, 38. Jahrestagung des Arbeitskreises für Oralpathologie und Oralmedizin

Datum: 25. Juni 2017

12 Nutzungsgenehmigungen für Abbildungen aus fremden Quellen

Nutzungsgenehmigung für Abbildung 1.1, Seite 4: Lizenznummer 4659420936373,
John Wiley and Sons; Copyright Clearance Center

Nutzungsgenehmigung für Abbildung 1.2, Seite 5: Lizenznummer 4659401485119,
Elsevier; Copyright Clearance Center

Nutzungsgenehmigung für Abbildung 1.3, Seite 6: Lizenznummer 4659401223761,
John Wiley and Sons; Copyright Clearance Center

Nutzungsgenehmigung für Abbildung 1.5, Seite 12: Lizenznummer 4673490163157,
Quintessence Publishing Company Inc; Copyright Clearance Center

13 Erklärung

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, oder habe diese nachstehend spezifiziert. Die vorgelegte Arbeit wurde weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Borken, 29.09.2020

Ort, Datum



Unterschrift

14 Danksagung

Zunächst möchte ich Prof. Dr. Dr. Hans-Peter Howaldt für die Unterstützung und die Überlassung des Promotionsthemas danken.

Meinem Betreuer Dr. Sameh Attia danke ich besonders für das Engagement, die stetige Motivation und die hilfreichen Anregungen während der Durchführung der Studie und beim Verfassen dieser Arbeit.

Ich danke Dr. Dr. Heidrun Schaaf für ihre Forschungsarbeit, die diese Studie möglich gemacht hat. Außerdem möchte ich ihr für die Unterstützung bei der Studienplanung und für das Korrekturlesen dieser Arbeit danken.

Dr. Jörn Pons-Kühnemann danke ich für die hilfreiche und angenehme Zusammenarbeit bei der statistischen Auswertung.

Meiner Arbeitsgruppe möchte ich ebenfalls für die Unterstützung danken, speziell Dr. Ella Maria Schaper, die mir immer mit Rat und Tat zur Seite stand.

Meiner Cousine Sophia Egbert gilt besonderer Dank für das Korrekturlesen dieser Arbeit und für jedes ermutigende Wort.

Ich bedanke mich zudem bei meiner Schwester Anna dafür, dass sie mir in Berlin einen Rückzugsort zum effizienten Arbeiten bot, aber auch für die nötige Ablenkung sorgte.

Dr. Karin Terlau möchte ich für die Freiräume im Praxisalltag danken, die es mir ermöglicht haben, diese Arbeit fertigstellen zu können.

Abschließend danke ich meiner Familie und vor allem meinem Freund Simon für die Ermutigung zur Promotion, die stetige Unterstützung auf dem Weg dorthin und die Entlastung in stressigen Phasen.

15 Lebenslauf

Der Lebenslauf wurde aus Datenschutzgründen entfernt.



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFENBERGRING 15
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890
redaktion@doktorverlag.de
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-6890-5



9 783835 196890 5