

Aus dem Muskuloskeletalen Universitätszentrum München (MUM)  
Zentrum der der Universität München

Direktor:

Prof. Dr. med. Wolfgang Böcker

Prof. Dr. med. Boris Holzapfel

vormals

Klinik und Poliklinik für Orthopädie, Physikalische Medizin und Rehabilitation  
Klinik der Universität München

**Sofortimplantation versus Spätimplantation  
in der Zahnmedizin  
- eine Literaturübersicht**

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnmedizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Lilian Maren Ohling

aus

München

Jahr

2022

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. Wolfgang Plitz

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Michael Stimmelmayer  
Prof. Dr. Dr. M. Folwaczny  
Prof. Dr. Ulrich Mansmann

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter:

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 08.12.2022

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Einführung in die orale Implantologie.....</b>	<b>2</b>
<b>3.</b>	<b>Präoperative Planung .....</b>	<b>7</b>
3.1	<i>Medizinische Anamnese .....</i>	7
3.2	<i>Zahnmedizinische und klinische Befunde.....</i>	12
3.3	<i>Radiologischer Befund.....</i>	14
3.4	<i>Wahl des Implantationszeitpunktes.....</i>	16
3.5	<i>Auswahl des Implantats .....</i>	18
<b>4.</b>	<b>Sofortimplantation.....</b>	<b>21</b>
4.1	<i>Definition.....</i>	21
4.2	<i>Prinzip und Behandlungsablauf der Sofortimplantation .....</i>	22
4.3	<i>Vorteile der Sofortimplantation .....</i>	30
4.4	<i>Nachteile der Sofortimplantation.....</i>	32
<b>5.</b>	<b>Spätimplantation.....</b>	<b>34</b>
5.1	<i>Definition.....</i>	34
5.2	<i>Prinzip und Behandlungsablauf der Spätimplantation .....</i>	35
5.3	<i>Vorteile der Spätimplantation.....</i>	37
5.4	<i>Nachteile der Spätimplantation.....</i>	38
<b>6.</b>	<b>Problemstellung der Arbeit .....</b>	<b>40</b>
<b>7.</b>	<b>Material und Methoden mit Auswahl der Studien.....</b>	<b>40</b>
<b>8.</b>	<b>Aktueller Forschungsstand .....</b>	<b>52</b>
<b>9.</b>	<b>Ergebnisse der Literaturrecherche anhand folgender Parameter:.....</b>	<b>55</b>
9.1	<i>Erfolgsrate.....</i>	55
9.2	<i>Überlebensrate und Fehlerrate .....</i>	57
9.3	<i>Ästhetik .....</i>	59
9.4	<i>Knochenverhältnisse .....</i>	61
9.5	<i>Patientenzufriedenheit.....</i>	64
9.6	<i>Parodontale Parameter.....</i>	65
9.7	<i>Komplikationen oder postoperative Probleme.....</i>	66
9.8	<i>Implantatstabilität .....</i>	68
<b>10.</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>69</b>
<b>11.</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>75</b>
<b>12.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>77</b>
<b>13.</b>	<b>Affidavit.....</b>	<b>100</b>

## 1. Einleitung

Aus der heutigen modernen Zahnmedizin ist die orale Implantologie nicht mehr wegzudenken. Derzeit werden in Deutschland jährlich über eine Million Implantate inseriert [Ritzert, 2018]. Ein hoher Patientenkomfort durch eine stabile Verankerung des Zahnersatzes und langfristig überzeugende Ergebnisse sind die wesentlichen Vorteile dieser Therapie.

In keinem Bereich der Zahnmedizin konnte eine so rasante Entwicklung in den letzten Jahrzehnten beobachtet werden, wie in der Implantattherapie.

Die Geschichte der oralen Implantologie geht auf die Mitte der 1960er Jahre zurück. Während dieser Zeit wurde nur eine geringe Anzahl an Implantaten gesetzt, wobei vor allem Blattimplantate oder subperiostale Gitter verwendet wurden. Die klinischen Erfahrungen wurden dabei allerdings nicht ausreichend wissenschaftlich dokumentiert [Buser et al., 2017b].

1965 setzte Brånemark als Erster klinisch ein orales Implantat. Die damaligen Erfolgsraten waren mit 50 % allerdings noch gering und es existierten zu wenige klinische Ergebnisse. Brånemarks erste Erkenntnisse legten nahe, dass sich körperfremde Materialien in der Mundhöhle nicht bewährten, vor allem aufgrund des damit verbundenen Infektionsrisikos. Innerhalb der folgenden 5 Jahre verbesserten sich die Erfahrungen am Patienten entscheidend und mit der Definition der „Osseointegration“ wurde bewiesen, dass ein Implantat im Knochen erfolgreich einwachsen kann [Brånemark, 1985].

Das von Brånemark entwickelte konventionelle Behandlungsprotokoll setzte eine Zeit von 3 bis 6 Monaten Wartezeit nach der Extraktion eines Zahnes voraus, bis das Implantat inseriert und belastet werden konnte. Die komplette Heilung des Knochen- und Weichgewebes galt somit lange Zeit als Bedingung für eine Implantation, bis 1976 erstmals von Schulte und Heimke das sogenannte Sofortimplantat eingeführt wurde [Schulte et al., 1976]. Durch die Verwendung von raueren Implantatoberflächen wurde eine Implantation in die Extraktionsalveole ermöglicht. Außerdem wurden verschiedene Belastungsprotokolle entwickelt, die neue Perspektiven für den Patienten und den Behandler schufen.

Mittlerweile hat sich die Sofortimplantation neben der konventionellen Implantation als Standardverfahren etabliert.

## 2. Einführung in die orale Implantologie

Um eine Implantattherapie in Erwägung ziehen zu können, sollte sich der Behandler gemeinsam mit dem Patienten die Frage stellen, wann und ob eine Implantation Sinn macht und warum implantiert werden soll.

Implantate dienen dazu, einzelne oder mehrere Zähne, beziehungsweise eine komplette Dentition zu ersetzen. Nicht erhaltungswürdige Zähne mit Karies, Wurzelresorptionen sowie mit starken parodontalen Attachmentverlusten oder mit tiefer Furkationsbeteiligung stellen dabei die häufigsten Gründe für eine Extraktion dar. Weitere Ursachen für ein Lückengebiss sind Traumata, Wurzelfrakturen oder Nichtanlagen [Becker, 2006].

Bevor ein Zahn extrahiert wird, sollte geprüft werden, ob eine restaurative Behandlung zielführend ist. Dabei sprechen ein Knochenverlust von über 75 % und ein Lockerungsgrad III für die Entfernung des Zahnes [Zitzmann et al., 2010]. Weiterhin gelten Zähne, die bis auf Gingivaniveau zerstört sind, nicht mehr vital sind und eine Wurzellänge von unter 13 Millimetern aufweisen, als nicht erhaltungswürdig. Eine endodontische Therapie wäre erfolglos und die Extraktion stellt die einzige Lösung dar [Becker, 2005].

Ist eine Wurzelkanalbehandlung möglich, sollte der Erhalt des Zahnes angestrebt werden. In einer Studie von Vahdati et al. [2019] wurden die Überlebensraten endodontisch behandelter Zähne mit denen von Zahnimplantaten verglichen. Dabei konnte gezeigt werden, dass sowohl nach einer Implantation als auch nach einer Wurzelkanalbehandlung gleich hohe Ergebnisse erreicht werden können. Diese lagen mit einer durchschnittlichen Beobachtungszeit von 7,5 Jahren bei 95 %.

In einer neueren Studie von Tomasi et al. [2021] wurde die Überlebensrate festsitzender, implantatgetragener „full-arch“ Prothesen gegenüber zahngetragenen „full-arch“ Prothesen bei Patienten mit einer parodontalen Vorerkrankung untersucht. Als Einschlusskriterium galt dabei eine fortgeschrittene Parodontitis im Stadium IV. Wurden zahngetragene Prothesen eingegliedert, erfolgte im Voraus eine parodontologische Behandlung der Restzähne. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass im 10-Jahresvergleich weniger Zahnverluste (1,1 %) als Implantatverluste (3,6 %) zu verzeichnen waren. Beim Verlust der prothetischen Arbeiten zeigte sich kein signifikanter Unterschied in beiden Gruppen. Technische Probleme traten vermehrt bei den

implantatgetragenen Restaurationen auf. Es ist dennoch sehr umstritten, wann ein mit Parodontitis erkrankter Zahn erhalten werden kann und wann eine Extraktion mit anschließender Implantation bevorzugt werden sollte.

Das vorrangige Ziel besteht immer in der Wiederherstellung einer optimalen Kaufunktion für den Patienten. Der Patientenkomfort entscheidet über eine herausnehmbare oder festsitzende Arbeit. Bei der Wahl der Therapie spielen nicht zuletzt auch der ästhetische Anspruch sowie der zeitliche und finanzielle Aufwand eine wichtige Rolle.

Bei Vorhandensein einer Lücke gibt es verschiedene Optionen, diese zu versorgen. Einerseits die konventionelle Versorgung über festsitzenden oder herausnehmbaren Zahnersatz, andererseits die Implantattherapie mit Kronen, Brücken oder Prothesen. Die Langzeitprognosen von verschiedenen zahn- oder implantatgetragenen Restaurationen sind in Tabelle 1 und Tabelle 2 auf Seite 6 anhand ausgewählter in vivo Studien dargestellt.

Eine Lücke, die von intakten Nachbarzähnen begrenzt wird, kann bei der konventionellen Versorgung im Frontzahnbereich mit einer Adhäsivbrücke therapiert werden. Dabei werden die Zähne nur minimal beschliffen, die Brücke wird rein adhäsiv verankert, also geklebt. Nach 10 Jahren liegen die Überlebensraten hierfür bei 61,5 % (Tabelle 1) [Okuni et al., 2022]. Diese Therapie eignet sich vor allem für jugendliche Patienten, bei denen meist noch ein vollständig intaktes Gebiss und ein noch nicht abgeschlossenes Kieferwachstum vorliegt. Eine Implantation ist in diesem Fall nicht indiziert.

Bei Erwachsenen kann die Lückenversorgung einer Schalllücke über das Präparieren der Ankerzähne und das Einsetzen einer konventionellen Brücke erreicht werden. Dabei ist allerdings das Risiko für biologische Komplikationen bei den Pfeilerzähnen laut einer neuen Studie von Okuni et al. [2022] erhöht. Durch den Zahnhartsubstanzverlust bei der Präparation scheinen kariöse und parodontale Läsionen sowie Frakturen häufiger zu sein. Die 10-Jahres-Überlebensrate hierfür liegt bei 68,2 % (Tabelle 1). Alternativ können Einzelzahnkronen auf Implantaten eingesetzt werden, die eine Überlebensrate von 93,8 % bis 99 % nach 10 Jahren erzielen (Tabelle 2) [Okuni et al., 2022, Teichmann et al., 2017].

Freiendsituationen, also verkürzte Zahnreihen, werden konventionell durch Extensionsbrücken versorgt. Dabei sollte die Brücke im Regelfall von mindestens

2 miteinander verblockten Pfeilerzähnen getragen werden und der Anhänger maximal die Breite eines Prämolaren aufweisen. Weiterhin soll das Attachment der Ankerzähne mindestens doppelt so groß sein wie das des zu ersetzenden Zahnes [Gernet et al., 2017]. Die Überlebensrate von Extensionsbrücken liegt nach 8 Jahren bei 84,5 % (Tabelle 1) [Rehmann et al., 2015].

Die Versorgung von Schalt- und Frendlücken mit konventionellen Brücken war in früheren Behandlungsansätzen, ohne die Option der Implantation, der häufigste Therapieansatz. Heute wird nach Möglichkeit das Inserieren von Implantaten vorgezogen, unter Umgehung des Präparierens zusätzlicher Zähne. Im implantologischen Bereich können für die Versorgung einer Freundsituation ein Implantat oder mehrere Implantate mit einer Kronensuprakonstruktion eingesetzt werden, um die Zahnreihe zu verlängern. Implantatgestützte Brücken erzielen dabei nach 10 Jahren Überlebensraten von 80,1 % (Tabelle 2) [Pjetursson et al., 2012]. Weiterhin gibt es die Möglichkeit, sogenannte Hybridbrücken zu verwenden, die sowohl auf Zähnen als auch auf Implantaten gestützt sind. Hierfür werden Überlebensraten von 91,27 % in einem Beobachtungszeitraum von 5 Jahren beschrieben (Tabelle 2) [Muddugangadhar et al., 2015].

Im teilbezahnten Gebiss mit multiplen Lücken werden meist Teilprothesen, wie beispielsweise Modellgussprothesen, eingesetzt. Eine Langzeitstudie konnte für herausnehmbare Teilprothesen eine Überlebensrate von 56 % nach 10 Jahren ermitteln (Tabelle 1) [Aquilino et al., 2001]. Soll eine festsitzende Restauration angestrebt werden, kann wiederum ein konventioneller Brückenersatz eingegliedert werden. Alternativ können teilbezahnte Patienten mit mehreren Implantaten versorgt werden, die daraufhin entweder Einzelzahnkronen, implantatgetragene Brücken oder implantatgetragene Teilprothesen erhalten. Nach 10 Jahren liegt die Überlebensrate der Implantatbrücken bei 80,1 % (Tabelle 2) [Pjetursson et al., 2012]. Herausnehmbare, implantatretinierte Teilprothesen erzielen nach 11 Jahren eine Überlebensrate von 88,2 % (Tabelle 2) [Kang et al., 2020].

Verfügt der Patient nur noch über wenige Restzähne, können herausnehmbare Teleskopprothesen eingesetzt werden, bei denen die Pfeilerzähne präpariert und mit Doppelkronen versorgt werden. Hierfür liegen die Überlebensraten bei 94,7

% nach 10 Jahren (Tabelle 1) [Yoshino et al., 2019]. Zudem ist es möglich, Implantate zur strategischen Pfeilervermehrung zu inserieren und anschließend eine Hybridprothese, gestützt auf Zähnen und Implantaten, einzugliedern. Diese Variante erzielt eine hohe Stabilität und erreicht Überlebensraten von bis zu 97,2 % nach 5 Jahren (Tabelle 2) [Fobbe et al., 2019].

Zahnlose Patienten können mit einer Totalprothese versorgt werden. Diese zeigt nach 10 Jahren eine Überlebensrate von 51 % und verfügt laut Studien über eine geringere Retention, Stabilität sowie eine schlechtere Okklusion gegenüber implantatgetragenen Prothesen (Tabelle 1) [Elsyad et al., 2019, Kerschbaum et al., 2007]. Auch der Komfort und die Zufriedenheit der Patienten mit konventionellen Prothesen ist vermindert [Oh et al., 2016]. Alternativ kann bei Zahnlosen eine implantatgetragene Restauration eingesetzt werden. Abhängig von der Position und der Anzahl der Implantate sowie der Dimension des Kieferknochens kann dabei eine Prothese herausnehmbar oder festsitzend gestaltet werden. Für eine herausnehmbare Prothese werden im zahnlosen Oberkiefer mindestens 4 Implantate und im zahnlosen Unterkiefer mindestens 2 Implantate benötigt [Gernet et al., 2017]. Der Zahnersatz wird hierbei sowohl tegumental als auch auf den Implantaten abgestützt. In der Literatur kann für herausnehmbare, implantatgestützte Deckprothesen eine 5-Jahres-Überlebensrate von 96,2 bis 100 % beobachtet werden (Tabelle 2) [Klotz et al., 2021, Ortensi et al., 2019, Slot et al., 2016]. Eine festsitzende Versorgung erfordert dabei durch die reine Implantatverankerung eine deutliche Erhöhung der Implantatanzahl. Laut der aktuellen Leitlinie der „DGZMK“ zum Thema „Implantatprothetische Versorgung des zahnlosen Oberkiefers“ können allerdings auch 4 Implantate im Oberkiefer festsitzend versorgt werden [Kern et al., 2020]. Dabei ist jedoch eine exakte Implantatpositionierung, axial im anterioren und anguliert im posterioren Bereich, erforderlich. Dieses Verfahren erfordert somit eine genaue Patientenselektion und Planung im Vorfeld. Nach Möglichkeit sollte für festsitzende prothetische Versorgungen im zahnlosen Oberkiefer eine größere Implantatanzahl, von meist 6 bis 8 Implantaten, angestrebt werden. Mehr als 6 Implantate können entweder einteilig, als „Full-Arch-Prothese“, oder mehrteilig versorgt werden [Kern et al., 2020]. Für den zahnlosen Unterkiefer sind 4 bis 6 Implantate in der interforaminalen Region für eine festsitzende Restauration ausreichend, auf denen eine



extendierende Kronen-Brücken-Konstruktion eingegliedert wird [Gernet et al., 2017]. Die Überlebensrate festsitzender „full arch“ Prothesen auf Implantaten liegt nach 10 Jahren bei 93,3 % (Tabelle 2) [Chrcanovic et al., 2020].

*Tabelle 1: Überlebensraten ausgewählter in vivo Studien zahngetragener Restaurationen mit entsprechendem Beobachtungszeitraum*

<b>Zahnersatz bei natürlichen Zähnen</b>	<b>Name der Studie</b>	<b>Beobachtungszeitraum</b>	<b>Überlebensrate</b>
Krone	[Teichmann et al., 2017]	10 Jahre	86,1 %
Adhäsivbrücke	[Okuni et al., 2022]	10 Jahre	61,5 %
Konventionelle Brücke	[Okuni et al., 2022]	10 Jahre	68,2 %
Extensionsbrücke	[Rehmann et al., 2015]	5 Jahre	93 %
		8 Jahre	84,5 %
Teilprothese	[Aquilino et al., 2001]	10 Jahre	56 %
Teleskopprothese	[Yoshino et al., 2019]	10 Jahre	94,7 %
		20 Jahre	70,8 %
Totalprothese	[Kerschbaum et al., 2007]	5 Jahre	83 %
		10 Jahre	51 %

*Tabelle 2: Überlebensraten ausgewählter in vivo Studien implantatgetragener Restaurationen mit entsprechendem Beobachtungszeitraum*

<b>Zahnersatz bei Implantaten</b>	<b>Name der Studie</b>	<b>Beobachtungszeitraum</b>	<b>Überlebensrate</b>
Implantatkrone	[Teichmann et al., 2017]	10 Jahre	93,8 %
	[Okuni et al., 2022]	10 Jahre	99 %
Implantatbrücke	[Pjetursson et al., 2012]	5 Jahre	96,4 %
		10 Jahre	80,1 %
Hybridbrücke	[Muddugangadhar et al., 2015]	5 Jahre	91,27 %
Hybridprothese	[Fobbe et al., 2019]	5 Jahre	97,2 %
Teilprothese	[Kang et al., 2020]	11 Jahre	88,2 %
herausnehmbare Prothese (z.B. Teleskopprothese)	[Slot et al., 2016]	5 Jahre	100 %
	[Ortensi et al., 2019]	5 Jahre	97,8 %
	[Klotz et al., 2021]	5 Jahre	96,2 %
festsitzende „full arch“ Prothese	[Chrcanovic et al., 2020]	10 Jahre	93,3 %
	[Papaspolidakis et al., 2020]	5 Jahre	91,6 %

Allerdings kommt für viele Patienten eine Implantation nicht infrage, sei es aus Angst vor einer Operation, vor postoperativen Komplikationen und Schmerzen oder aufgrund finanzieller Einschränkungen. Zudem können auch anatomische Limitationen und verschiedene Erkrankungen eine Implantation verhindern [Al-Johany et al., 2016]. Für andere Patienten stellt eine Implantation die beste Option dar, da durch Idealisieren der Kaufunktion und des Sprechvermögens auch das Selbstvertrauen des Patienten gestärkt werden kann [Oh et al., 2016].

### 3. Präoperative Planung

#### 3.1 Medizinische Anamnese

Vor der Implantation sollte eine detaillierte Anamnese und präoperative Untersuchung des Patienten erfolgen, um ein individuelles Risikoprofil erstellen zu können.

Diverse Krankheiten, die Nebenwirkung von Medikamenten oder andere Faktoren, wie beispielsweise ein Nikotinabusus, können die Prognose von Implantaten negativ beeinflussen. Es ist demnach unerlässlich, eventuell vorhandene Risikofaktoren für eine Implantattherapie zu ermitteln und sorgfältig abzuwägen, ob sich durch die Implantation ein Nutzen für den Patienten ergibt oder ein alternativer Behandlungsansatz gesucht werden sollte.

Raucher sind im Rahmen implantologischer Eingriffe einer hohen Risikogruppe zuzuordnen. Nikotinkonsum hat einen negativen Einfluss auf die Wundheilung. Das beim Rauchen freigesetzte Kohlenmonoxid reduziert die Oxygenierung des Gewebes sowie die Durchblutung durch seine vasokonstriktive Wirkung. Dies wirkt sich negativ auf eine Osseointegration aus, da die Wundheilung essentieller Bestandteil dessen ist [Liddel et al., 2011].

Eine Metaanalyse aus dem Jahr 2021 konnte zeigen, dass eine Implantation bei Rauchern die Fehlerrate um 140 % gegenüber der Implantation bei Nichtrauchern erhöht. Zugleich ist das Risiko für eine Periimplantitis und einen periimplantären Knochenverlust nach Implantation bei Rauchern erhöht [Mustapha et al., 2021].

Patienten unter einer Antiresorptiva-Therapie stellen eine weitere Risikogruppe für die Zahnimplantation dar.

Antiresorptive Medikamente führen über eine Hemmung der Osteoklasten und der Angiogenese des Knochens zu einem reduzierten Knochenumbau und einer schlechteren Durchblutung des Knochens. Eine Zahnimplantation kann hierbei ein Risikofaktor für die Entstehung von Bisphosphonat-assoziierten Kiefernekrosen sein.

In einigen Studien konnte bewiesen werden, dass sowohl während als auch nach der oralen oder intravenösen Einnahme von Bisphosphonaten das Risiko für die Entstehung einer Bisphosphonat-assoziierten Kiefernekrose mit der Insertion von Implantaten erhöht ist [Holzinger et al., 2014, Jacobsen et al., 2013, López-Cedrún et al., 2013]. Konsens der vorliegenden Studien ist, dass eine Implantatinsertion besser vor Beginn der Medikamenteneinnahme durchgeführt werden sollte, um die Entwicklung einer durch Bisphosphonate ausgelösten Nekrose des Knochens zu vermindern.

Hinsichtlich der Osseointegration und Prognose von Zahnimplantaten bei Patienten mit einer oralen Bisphosphonattherapie lassen sich keine Unterschiede zu Patienten ohne einer Behandlung mit Bisphosphonaten feststellen [Al-Sabbagh et al., 2015, Memon et al., 2012, Stavropoulos et al., 2018].

Das Risiko für die Entwicklung einer Osteonekrose nach Implantation sollte demnach individuell, je nach Grunderkrankung, Dauer, Frequenz und Art der Medikamentenapplikation eingeschätzt werden. Weiterhin sollte die Mundhygiene sowie die Compliance des Patienten evaluiert werden. Bei einer bereits stattgefundenen Osteonekrose und bestehenden Infektionsherden sollte eine Implantation vermieden werden. Zusätzliche systemische Faktoren, wie ein Nikotinabusus, oder Allgemeinerkrankungen, die zu einer schlechteren Wundheilung führen können, sollten ebenfalls in die Entscheidung für oder gegen eine Implantation einfließen [Grötz et al., 2016]. Von Kieferaugmentationen sollte nach der aktuellen Leitlinie „Zahnimplantate bei medikamentöser Behandlung mit Knochenantiresorptiva“ der „DGZMK“ abgesehen werden, da das Risiko eines Misserfolges für Implantate und die Entwicklung einer Osteonekrose deutlich erhöht ist [Grötz et al., 2016]. Kann durch das Setzen von Implantaten die Entstehung von Druckstellen, die durch den Zahnersatz hervorgerufen werden können, vermindert werden, sollte eine Implantation durchgeführt werden.

Perioperativ wird eine systemische Antibiotika-Prophylaxe empfohlen [Grötz et al., 2012].

Weiterhin spielen Diabeteserkrankungen in der zahnärztlichen Implantologie eine wichtige Rolle, da davon ausgegangen wird, dass im Zusammenhang mit einer gestörten Wundheilung und einer verminderten knöchernen Integration gehäuft Implantate verloren gehen und die Patienten öfter eine Periimplantitis entwickeln [Wiltfang et al., 2016].

Dieser Zusammenhang wird jedoch nicht von allen Publikationen belegt.

Während in der Untersuchung von Ormianer et al. [2018] eine ähnliche Implantaterfolgsrate für Typ-II-Diabetiker und nicht vorerkrankte Patienten festgestellt wurde, wurde in einer anderen Studie eine verminderte Erfolgsrate für Diabetespatienten beobachtet [Morris et al., 2000]. Zudem beweisen manche Studien, dass bei Diabetikern das Risiko für die Entwicklung einer Periimplantitis mit der Zeit nach der Implantation signifikant ansteigt [Daubert et al., 2015, Gómez-Moreno et al., 2015]. Bei gut eingestellten Diabetikern, die einen HbA1c-Wert zwischen 6,1 und 8 % aufweisen, wird eine Implantattherapie nicht negativ beeinträchtigt [Aguilar-Salvatierra et al., 2016]. Bei schlecht eingestellten Diabetikern, also einem HbA1c-Wert von 10 % oder mehr, konnte gezeigt werden, dass die initiale Stabilität des Implantats geringer ist und die Osseointegration damit verzögert stattfindet. Daher sollte die Indikation für eine sofortige oder frühe Belastung des Implantats kritisch gestellt werden [Wiltfang et al., 2016]. Dennoch konnte ein Jahr nach Implantation kein Unterschied zwischen gut und schlecht eingestellten Diabetikern im Hinblick auf die Implantatstabilität beobachtet werden [Oates et al., 2014].

Von großer Bedeutung sind außerdem Krankheiten, die den Knochenstoffwechsel des Patienten negativ beeinflussen und dadurch eine verminderte Osseointegration des Implantats zur Folge haben können.

Dazu zählt beispielsweise die Osteoporose, eine in der Allgemeinbevölkerung weit verbreitete Erkrankung, bei der es zu einer Abnahme der Knochendichte kommt. Die Bedenken bezüglich einer Implantation liegen darin begründet, dass möglicherweise keine ausreichende initiale Stabilität erzielt werden kann, da weniger spongiöser Knochen vorhanden ist [Gómez-de Diego, 2014]. Studien haben allerdings belegt, dass auch bei Patienten mit Osteoporose eine

suffiziente Osseointegration und nahezu gleich hohe Überlebensraten für Implantate erzielt werden können wie bei gesunden Patienten [De Medeiros et al., 2018, Rozema, 2020].

Patienten mit einer stattgefundenen Chemo- und/oder Radiotherapie im Kopf-Hals-Bereich zeigen eine gestörte Immunabwehr des Körpers und eine verminderte Hämatopoese. Eine adäquate Wundheilung könnte postoperativ beeinträchtigt sein, das Risiko für die Entwicklung einer infizierten Osteoradionekrose wäre somit erhöht. Deshalb sollte die Indikation für eine Implantation streng gestellt werden. Grundsätzlich können jedoch auch im bestrahlten Knochen hohe Überlebensraten für Implantate erreicht werden [Anderson et al., 2013, Nooh, 2013, Schiegnitz et al., 2014]. Manche Studien geben einen Zusammenhang zwischen der Dosis der Röntgenstrahlung und den Implantatfehlerraten an. Dabei scheinen die Implantate bei Dosierungen von über 50 Gray eine schlechtere Prognose zu haben [Klein et al., 2009, Sammartino et al., 2011]. Bei bereits stattgefundenener infizierter Osteoradionekrose, einer unzureichenden Mundhygiene des Patienten, anderen Allgemeinerkrankungen, die die Prognose der Implantate negativ beeinflussen können, und zusätzlicher Einnahme von Bisphosphonaten, sollte jedoch von einer Implantation im bestrahlten Kiefer abgesehen werden [Schiegnitz et al., 2015].

Eine Hypothyreose führt durch den Mangel an Trijodthyronin und Thyroxin zu einer Unterdrückung des Knochenstoffwechsels – der Formation und der Resorption des Knochens. Dies könnte sich bei einer Implantation negativ auf die Osseointegration auswirken.

Auf dieser Theorie basieren die Erkenntnisse von Attard et al. [2002], bei denen mehr weichgewebige Komplikationen sowie ein erhöhter Knochenverlust bei Implantaten in Hypothyreosepatienten beobachtet wurden. Dennoch waren die Fehlerrate nicht signifikant höher als in der Kontrollgruppe. Auch in der Studie von Al-Hindi et al. [2021] waren alle inserierten Implantate bei Patienten mit einer Hypothyreose und entsprechender Medikation mit L-Thyroxin erfolgreich.

Immunsupprimierte Patienten, bei denen eine Implantation stattfinden soll, benötigen eine besondere Planung und präoperative Untersuchung, da sowohl

die Grunderkrankung als auch die immunsuppressive Medikation einen entscheidenden Einfluss auf den Erfolg der Implantation haben kann.

So kann bei einer Infektion mit dem humanen Immundefizienzvirus (HIV) die Immunabwehr des Patienten deutlich herabgesetzt sein. Neuere Studien konnten jedoch zeigen, dass Implantate auch bei diesen Patienten erfolgreich inseriert werden können und postoperative Komplikationen nicht vermehrt auftreten [Ata-Ali et al., 2015, Gherlone et al., 2016, Sivakumar et al., 2021]. Letztendlich hängt die Prognose der Implantate von der individuellen Anzahl der CD4-Zellen sowie dem Allgemeinzustand des Patienten ab [Baron et al., 2004]. Auch Autoimmunerkrankungen, wie zum Beispiel das Sjögren-Syndrom, ein oraler Lichen planus oder die rheumatoide Arthritis, welche oft in Kombination auftreten, haben einigen Studien zufolge keinen negativen Einfluss auf die Prognose von Zahnimplantaten [Binon, 2005, Esposito et al., 2003, Weinlander et al., 2010].

Weiterhin scheint die Einnahme von immunmodulierenden Medikamenten nach einer Organtransplantation die Überlebensrate von Implantaten nicht negativ zu beeinträchtigen [Nakagawa et al., 2014].

Der Zusammenhang zwischen einer verminderten Implantatosseointegration sowie postoperativen, periimplantären Infektionen und der Einnahme von Chemotherapeutika ist noch nicht abschließend geklärt [Chrcanovic et al., 2016]. Eine Implantation sollte der aktuellen Leitlinie zufolge erst nach Abschluss der Chemotherapie und nur in enger Zusammenarbeit mit dem Onkologen erfolgen [Grötz et al., 2019].

Zuletzt spielt das Alter des Patienten eine wichtige Rolle bei der Planung einer Implantation. In einer Übersichtsarbeit von Bohner et al. [2019] konnte dargelegt werden, dass Implantationen bei Kindern und Jugendlichen aufgrund des noch nicht abgeschlossenen Wachstums von Ober- und Unterkiefer prothetische Komplikationen nach sich ziehen können. Das Risiko einer Dislokation, Infraokklusion oder eines Verlustes des Implantats wäre deutlich erhöht. Eine Zahnimplantation sollte erst nach abgeschlossenem skeletalen und dentalen Wachstum stattfinden. Eine Ausnahme stellt dabei die ektodermale Dysplasie dar [Mankani et al., 2014].

### 3.2 Zahnmedizinische und klinische Befunde

An die medizinische Anamnese schließt sich eine gründliche intraorale Befundung an. Dazu gehört zunächst ein üblicher Zahnstatus mit einem ausführlichen Parodontalbefund. Dabei werden die Sondierungstiefen an jeweils 6 Stellen um alle Zähne gemessen, Blutungsindizes sowie Rezessionen und Zahnlockerungen werden eruiert. Ziel hierbei ist es, eine vorhandene Parodontitis zu erkennen, da diese einen ernstzunehmenden, lokalen Risikofaktor für eine Zahnimplantation darstellt. Einerseits ist die Wahrscheinlichkeit für die Entwicklung einer Periimplantitis durch die pathologische Veränderung der parodontalen Strukturen deutlich erhöht. Nach einer Implantation käme es zu erhöhten marginalen Knochenverlusten sowie erhöhten Sondierungstiefen mit Blutungen auf Sondierung [Young et al., 2021]. Andererseits sind die Überlebensraten der Implantate bei Parodontitispatienten einigen Studien zufolge deutlich reduziert, selbst wenn engmaschige postoperative Kontrollen inklusive einer subgingivalen Implantatreinigung erfolgen [Lin et al., 2020b, Theodoridis et al., 2017].

Weiterhin sollte das Weichgewebe in Qualität und Quantität analysiert werden [Chen et al., 2014a]. Hierbei spielt vor allem die Breite und Dicke der keratinisierten Gingiva eine Rolle.

Zudem werden Zustand und Anatomie der zahnlosen Kieferabschnitte befundet. Dabei kann der Aufwand einer möglichen Implantation abgeschätzt werden. Die Dimensionen der vorhandenen Lücke sollten analysiert werden, um später den passenden Implantatdurchmesser und die richtige Implantatlänge auswählen zu können [Buser et al., 2004].

Auch der Mundhygienestatus und die Compliance des Patienten sollten erfasst werden, da diese Faktoren wesentlich für den Erfolg der prothetischen Restauration sind. Eine Implantation setzt eine gute Mundhygiene sowie Mitarbeit des Patienten voraus [Romandini et al., 2021, Strub et al., 2011].

Die Funktions- und Okklusionsanalyse spielt eine wichtige Rolle in der präimplantologischen Planung. Ziel hierbei ist es, okklusale Relationen und die Mobilität des Unterkiefers zu bestimmen. Funktionsstörungen erfordern eine

weiterführende Diagnostik und gegebenenfalls eine entsprechende präprothetische Therapie [Strub et al., 2011]. Außerdem sollte ein Bruxismus ausgeschlossen werden, da eine Metaanalyse aus dem Jahr 2016 beweisen konnte, dass starker Bruxismus das Risiko für technische sowie biologische Komplikationen und damit die Wahrscheinlichkeit eines Implantatverlustes deutlich erhöht [Zhou et al., 2016].

Bereits vorhandener Zahnersatz sollte auf Passgenauigkeit, Retention und Kaustabilität überprüft und bewertet werden [Strub et al., 2011].

Außerdem sollte der Behandler die Erhaltungswürdigkeit und die prothetische Wertigkeit aller Zähne überprüfen und gegebenenfalls Extraktionen vornehmen [Gernet et al., 2017]. Der Grund für den zu erwartenden oder schon erfolgten Zahnverlust ist dabei von Interesse. Lag ein Trauma vor, ist die Wahrscheinlichkeit für zusätzlichen Knochenverlust groß. War eine Wurzelkanalentzündung Ursache für den Zahnverlust, vernarbt das ehemals apikal entzündete Gewebe, sofern dieses nicht ausreichend entfernt wurde. Eine Implantation wäre in diesem Fall erschwert. Kariöse Zähne stellen kein Hindernis für eine spätere Implantation dar, da sie keinen Einfluss auf umgehende Strukturen haben, wenn sie vorher schonend extrahiert wurden [Grunder, 2015].

Die Beurteilung der Lachlinie stellt eine Schnittstelle zwischen intra- und extraoralem Befund dar und sollte vor allem bei Implantationen im ästhetischen Bereich erfolgen. Dabei wird zwischen einer hohen, mittleren und tiefen Lachlinie unterschieden. Eine hohe Lachlinie erfordert maximale Anforderungen an optimale Weichgewebsverhältnisse, da mehr Zahnfleisch exponiert wird [Buser et al., 2004].

Zudem werden Form, Größe und Achse des zu ersetzenden Zahnes und der Nachbarzähne festgehalten sowie die dentale Mitte [Buser et al., 2004].

Zur extraoralen Befundung gehören die Palpation der Lymphknoten, die Dokumentation von eventuell vorhandenen Asymmetrien, eine Drucksensibilitätsprüfung der Trigemini-nervenaustrittspunkte, die Untersuchung der Kaumuskelatur und der skelettalen Lagebeziehung der Kiefer zueinander [Strub et al., 2011].



Anhand der zahnärztlichen Befunde wird zunächst eine prothetische Vorbehandlung durchgeführt. Gingivale und parodontale Entzündungen sollten dabei sowohl durch die Beseitigung iatrogenen Faktoren als auch durch die Zahnsteinentfernung behandelt werden. Weiterhin sollten konservierende Maßnahmen durchgeführt werden, um kariöse Zähne zu therapieren. Gegebenenfalls werden Wurzelkanalbehandlungen oder Wurzelkanalrevisionen vorgenommen. Auch eine kieferorthopädische und eine funktionelle Behandlung zur Therapie von kranio-mandibulären Dysfunktionen können von Nöten sein. Ineffiziente prothetische Restaurationen sollten für eine Hygienisierung durch provisorische Versorgungen ersetzt werden [Gernet et al., 2017]. Die Schmerztherapie hat dabei oberste Priorität [Strub et al., 2011]. Das Ergebnis der Vorbehandlung hat einen entscheidenden Einfluss auf die Langzeitprognose des Zahnersatzes [Grunder, 2015].

### 3.3 Radiologischer Befund

Die radiologische Befundung kann mit Einzelröntgenbildern, einem Orthopantomogramm, der Computertomographie (CT) und der digitalen Volumetomographie (DVT) erfolgen.

Laut der Leitlinie „Indikationen zur implantologischen 3D-Röntgendiagnostik und navigationsgestützten Implantologie“ der „DGZMK“ soll das Knochenangebot vor einer Implantation quantitativ und qualitativ beurteilt werden, wozu die zweidimensionale Röntgendiagnostik ausreichend sein kann. Für eine exakte Planung der Implantatposition und Analyse des Knochens kann zusätzlich eine dreidimensionale Bildgebung erfolgen [Nitsche et al., 2012]. Ein DVT ist dabei dem CT in Bezug auf die Strahlenbelastung überlegen. Demgegenüber ist es mit einem CT möglich, die Knochendichte zu bestimmen [Weber, 2010].

Zudem werden die Achsneigung und das Attachmentniveau des Nachbarzahnes analysiert. Das Knochengewebe wird dabei in Qualität, Quantität, Volumen, Profil, Breite und Höhe genau beurteilt [Grunder, 2015]. Verfügt der Patient über eine verminderte Knochendichte oder ein geringes Knochenvolumen, ist die Fehlerrate für Implantate deutlich erhöht [Van Steenberghe et al., 2002]. Bis zu einer minimalen Höhe und Breite des Kieferknochens von jeweils 6 Millimetern

können Implantate mit hoher operationstechnischer Sicherheit inseriert werden [Eufinger et al., 2021].

Weiterhin ermöglichen Röntgenbilder, am besten dreidimensionale, den Abstand zu anatomischen Strukturen zu beurteilen. Im Unterkiefer sollte dabei nach Eufinger et al. [2021] ein Abstand von mindestens 1 bis 2 Millimetern zum Alveolarkanal eingehalten werden. Mesial des Foramen mentale sind 4 Millimeter Mindestabstand wegen des bogenförmigen Verlaufs des Nervus mentalis Voraussetzung. Anderenfalls sollte vorher eine Knochenaugmentation erfolgen. Um diesen Sicherheitsabstand zu gewährleisten, stellen Bohrschablonen zur navigierten Implantation bei der Vorbereitung des Implantatbettes ein unverzichtbares Hilfsmittel dar. Anderenfalls kann es durch die iatrogene Nervenläsion zur Minderung, Steigerung oder gar zu einem Verlust der Sensibilität von Zähnen, Mukosa und Haut kommen [Greenstein et al., 2008].

Im Oberkiefer sollte eine Penetration des Sinus maxillaris sowie des Nasenbodens vermieden werden. Ist dies aufgrund eines geringen Knochenangebots nicht möglich, kann anhand von dreidimensionalen Aufnahmen eine indirekte oder direkte Sinusaugmentation mit anschließender Implantation erfolgen [Strietzel, 2004]. Früher wurde die Implantation im Falle einer Kieferhöhlenperforation abgebrochen. Heute kann, sobald eine ausreichender Primärstabilität erreicht ist, sofern der Kieferhöhlenboden maximal um 1 bis 2 Millimeter überragt wird und die Kieferhöhlenschleimhaut nicht verletzt wurde, die Implantation fortgeführt werden [Eufinger et al., 2021]. Dabei können Überlebensraten von 95,6 % erzielt werden [Ragucci et al., 2019].

Anhand der klinischen und röntgenologischen Befunde sowie einer Modellanalyse wird im Sinne einer Rückwärtsplanung, dem sogenannten Backward Planning, abhängig vom Restzahnbestand, die zukünftige prothetische Versorgung erarbeitet. Entscheidend dabei ist, ob herausnehmbar oder feststehend versorgt wird und welche Suprakonstruktion angestrebt werden soll. Ästhetische Ansprüche des Patienten spielen dabei eine wichtige Rolle. Anhand der prothetischen Planung werden anschließend Dimension, Anzahl und Position der Implantate sowie der Zeitpunkt der Implantation festgelegt [Weber, 2010].

### 3.4 Wahl des Implantationszeitpunktes

Für die Wahl des Implantationszeitpunktes und die Entscheidung, ob eine Sofortimplantation möglich ist, spielen die im Folgenden aufgeführten Faktoren eine entscheidende Rolle.

Zunächst ist der gingivale Phänotyp von Bedeutung für den Behandler. Dabei wird zwischen einem dicken und einem dünnen gingivalen Phänotyp unterschieden. Der dicke gingivale Phänotyp ist charakterisiert durch ein dichtes, fibröses Weichgewebe auf voluminösem Knochen. Ein dünner gingivaler Phänotyp zeichnet sich dahingegen durch filigranes Weichgewebe aus, wobei der darunterliegende Knochen meist fenestriert oder von Dehiscenzen durchsetzt ist [Merli, 2013]. Für die Durchführung einer Sofortimplantation sollte ein dicker gingivaler Phänotyp vorhanden sein, da sonst das Risiko eines ästhetischen Misserfolges mit Rezessionen deutlich erhöht ist [Grunder, 2015]. Dennoch bestünde bei einem dünnen gingivalen Phänotyp die Möglichkeit, im Vorfeld oder zeitgleich zur Implantation, mukogingivale Operationen zur Verdickung der Gingiva durchzuführen [Zuhr et al., 2011].

Für die Wahl des Implantationsverfahrens ist außerdem die Höhe des vestibulären Gingivarandes relevant. Dabei sollte dessen Lage mit der des Antagonisten verglichen werden. Liegt der Gingivarand des zu ersetzenden Zahnes auf gleicher Höhe oder apikal davon, sollte eine Sofortimplantation vermieden werden. Für eine Implantation in die Extraktionsalveole, also eine Sofortimplantation, sollte der Gingivarand möglichst koronal zum kontralateralen Zahn verlaufen [Merli, 2013].

Weiterhin spielt die Höhe des interproximalen Alveolarknochenkammes eine Rolle für die Wahl des Implantationszeitpunktes. Dabei wird in einer Studie von Salama et al. [2001] angegeben, dass der interproximale Knochen zwischen Zahn und Implantat einen Abstand von 4 bis 5 Millimetern zum Kontaktpunkt sowie von 2 Millimetern zur Schmelz-Zement-Grenze des Nachbarzahnes aufweisen sollte, um eine adäquate Papille ausbilden zu können. Becker [2006] folgerte hieraus, dass eine Sofortimplantation im ästhetischen Bereich nur in Erwägung gezogen werden sollte, wenn der Abstand des interproximalen

Alveolarknochenkammes bis zum Kontaktpunkt 5 Millimeter, beziehungsweise 2 Millimeter bis zur Schmelz-Zement-Grenze, oder weniger beträgt. Anderenfalls wäre das ästhetische Endergebnis kompromissbehaftet, da die Ausbildung der Papille zwischen Zahn und Implantat eine gute knöcherne Unterstützung erfordert.

Nicht nur im interproximalen Bereich, sondern auch im vestibulären Bereich sollte die Höhe des Alveolarknochenkammes beurteilt werden. Nach Kois [1994] wird zwischen einem hohen, normalen und niedrigen Knochenkamm unterschieden. Der hohe Knochenkamm ist charakterisiert durch einen Abstand von weniger als 3 Millimeter des koronalen Knochenanteils zum freien Gingivarand. Beim normalen Knochenkamm beträgt der Abstand 3 Millimeter und beim niedrigen mehr als 3 Millimeter. Wichtig ist dies für die Weichgewebsheilung nach der Implantation. Ein hoher sowie ein normaler Knochenkamm versprechen einen stabilen Verlauf des Weichgewebes in der Heilungsphase, während beim niedrigen eher ein instabiler Verlauf zu erwarten ist. Somit sollte die Sofortimplantation nur bei normal oder koronal verlaufendem Knochenkamm durchgeführt werden [Merli, 2013].

Zuletzt sei noch die Dicke der vestibulären Alveolarknochenlamelle zu beurteilen. Laut Eufinger et al. [2021] sollte die bukkale Lamelle des Alveolarknochens eine Mindestdicke von 1,5 Millimetern aufweisen, damit das periimplantäre Gingivaprofil langfristig stabil ist. Die Analyse dieses Kriteriums kann schon im Vorfeld bei der dreidimensionalen Röntgenuntersuchung erfolgen oder intraoperativ. Ist die vestibuläre Lamelle dünner als 1,5 Millimeter, könnte eine Implantatinsertion direkt nach Extraktion zur Rezession des Weichgewebes, Freilegung der Implantatschulter und reduzierten ästhetischen Ergebnissen führen.

Somit ist eine suffiziente Höhe und Dicke der Knochenwand entscheidend für die Langzeitstabilität einer harmonischen Weichgewebssituation um Implantate und Nachbarzähne herum.

Nach einer Studie von Funato et al. [2007] können Prognosen für den Erfolg einer Sofortimplantation anhand der Verfügbarkeit des vestibulären Knochens und des Weichgewebsprofils gestellt werden. Dabei lassen sich die besten Ergebnisse erzielen, wenn sowohl ein dicker gingivaler Phänotyp als auch eine intakte

bukkale Knochenwand vorliegen. Liegt ein dünner gingivaler Phänotyp aber genügend Knochen vor, können zufriedenstellende Resultate erreicht werden, vor allem, wenn unterstützend mukogingivale Eingriffe erfolgen. Unzureichend wären die Ergebnisse nach einer Sofortimplantation, wenn der bukkale Knochen große Defekte aufweist.

In einer Studie von Bell et al. [2011] konnte beobachtet werden, dass eine periapikale Radioluzenz des Nachbarzahnes das Ergebnis einer Sofortimplantation negativ beeinflusst. Liegt eine chronische Infektion des zu ersetzenden Zahnes vor, kann die Implantation in die Extraktionsalveole dennoch mit hohen Erfolgsraten durchgeführt werden. Voraussetzung ist jedoch, dass die bestehende Infektion ausreichend therapiert wird und eine Primärstabilität erreicht werden kann [Becker, 2006].

Hierfür sollte nach Extraktion des entzündeten Zahnes noch genügend vitaler Knochen apikal sowie palatinal beziehungsweise bukkal vorhanden sein, um eine korrekte dreidimensionale Implantatposition zu erreichen [Buser et al., 2017a].

Weist der zu ersetzende Zahn eine radikuläre Zyste auf oder ist stark mit dem Knochen ankylosiert, sollte eine Spätimplantation einer Sofortimplantation vorgezogen werden, da das Knochenangebot im apikalen Bereich dann nicht suffizient wäre. Eine vollständige Ausheilung des Knochendefekts sollte abgewartet werden [Buser et al., 2017a].

Zusammenfassend legte Kois [2001] 5 diagnostische Kriterien fest, die vor einer Sofortimplantation beurteilt werden sollten. Dazu zählen die Zahnposition in Bezug zum freien Zahnfleischrand, die Form und der Phänotyp des Parodontiums, die Zahnform und die Knochenhöhe vor einer Zahnextraktion.

### 3.5 Auswahl des Implantats

Nachdem entschieden wurde, zu welchem Zeitpunkt die Implantatinsertion erfolgen soll, wird das passende Implantat ausgewählt. Voraussetzung dafür ist, eine dreidimensionale Positionierung des Implantats im Vorfeld zu planen und die vorhandenen Platzverhältnisse zu bestimmen. Dabei werden die orofaziale, die mesiodistale und die apikokoronale Dimension analysiert und

dementsprechend das Implantat in Länge und Durchmesser des Apex sowie der Implantatschulter ausgewählt. Es stehen ein- oder zweiteilige Implantate, verschiedene Implantattypen sowie -materialien zur Verfügung. Zweiteilige Implantate bestehen aus Implantatkörper und Abutment, welche mithilfe einer Schraube miteinander verbunden sind. Für den Behandler besteht hierbei die Möglichkeit, das Abutment zu individualisieren. Bei einteiligen Implantaten stellen der enossale sowie der suprakrestale Aufbau des Implantats einen Teil dar. Einteilige Implantate erfordern deshalb eine offene Einheilung. Vor allem keramische Implantate werden meist einteilig hergestellt [Strub et al., 2011]. In Langzeitanalysen zeigen sowohl einteilige als auch zweiteilige Implantate ähnlich gute radiographische und klinische Ergebnisse [Liu et al., 2021].

Weiterhin kann zwischen sogenannten Tissue-Level- und Bone-Level-Implantaten ausgewählt werden. Tissue-Level-Implantate werden suprakrestal inseriert, wobei die Implantatschulter auf Gingivaniveau zu liegen kommt. Bone-Level-Implantate werden auf Knochenhöhe oder subkrestal gesetzt. Die Implantatschulter schließt also auf Knochenniveau ab oder liegt unterhalb dessen. Einer Studie zufolge werden mit beiden Implantattypen ähnliche Ergebnisse in Bezug auf den Knochenverlust nach Implantation erzielt [Bilhan et al., 2021].

Außerdem können Platform-Matching-Implantate von Platform-Switching-Implantaten unterschieden werden. Beim Platform-Matching entspricht der Durchmesser des Abutments demjenigen des Implantats. Beim Platform-Switching wird der Durchmesser des Abutments geringer als der des Implantats gestaltet. Dabei soll die biologische Breite von der Vertikalen in die Horizontale verlagert werden. Laut einer Metaanalyse von 2021 kann mit Platform-Switching-Implantaten der periimplantäre Knochen besser erhalten werden [Mishra et al., 2021].

Die Implantate von Brånemark und Schulte bestanden aus Titan oder Titanlegierungen [Brånemark et al., 1977]. Dabei gilt Titan nach wie vor als Goldstandard. Heutzutage werden aus ästhetischen Gründen oft vollkeramische Implantate, vor allem aus Zirkoniumdioxid, eingesetzt [Strub et al., 2011]. Auch diese Implantate zeigen vielversprechende Resultate [Sivaraman et al., 2018].

In vestibulooralen Richtung sollte, wie bereits im vorherigen Abschnitt erwähnt, eine Restdicke von mindestens 1,5 Millimetern der bukkalen Knochenwand erhalten bleiben, um eine Knochenresorption und infolgedessen eine Weichgewebsrezession zu verhindern. Andernfalls können entweder zum Zeitpunkt der Implantation oder in einem zweiten Eingriff augmentative Maßnahmen, wie eine gesteuerte Knochenregeneration, durchgeführt werden [Eufinger et al., 2021].

Während die bukkale Knochendicke von 1,5 Millimetern eingehalten werden sollte, darf die Implantatposition auch nicht zu weit palatinal gewählt werden, um ein optimales Emergenzprofil der prothetischen Versorgung erreichen zu können [Buser et al., 2004]. Einer neuen Studie zufolge kann die Implantatposition je nach Knochenangebot bis zu 2 Millimeter nach oral verschoben werden [Eufinger et al., 2021].

Der Abstand zwischen dem Implantat und dem Nachbarzahn sollte mindestens 1,5 Millimeter betragen. Andernfalls kann es zu einem vertikalen Knochenverlust am Nachbarzahn und zur Reduktion der Interdentalpapille kommen [Funato et al., 2007].

Auch bezüglich der apikalen Dimensionierung gibt es Grenzen. Hier würde ein zu weit apikal inseriertes Implantat zu vertikalen Knochenresorptionen und Weichgewebsrezessionen führen [Buser et al., 2004]. Befindet sich das Implantat zu weit koronal, sind die Platzverhältnisse für die Suprastruktur limitiert, im ungünstigsten Fall könnte die Implantatschulter im bukkalen Bereich sichtbar werden [Grunder, 2015]. Im ästhetischen Bereich sollten Bone-Level-Implantate so tief inseriert werden, dass ein Abstand von 3 bis 4 Millimetern zwischen Implantatschulter und späterem Gingivarand garantiert ist, bei Tissue-Level-Implantaten sind 2 Millimeter ausreichend [Buser et al., 2004].

Nur so kann ein ideales Emergenzprofil, das sich an der Weichgewebsarchitektur des Nachbarzahnes orientiert, erreicht werden [Gamborena et al., 2016].

Ein ausreichender Abstand zum Alveolarkanal und zum Foramen mentale im Unterkiefer sollte zudem eingehalten werden [Piattelli et al., 2003].

Bezüglich der Angulation sollte sich die Position des Implantats an der Inzisalkante des zu ersetzenden Zahnes oder des Nachbarzahnes orientieren. Die Toleranzgrenze liegt hierfür bei 15 bis 20 Grad, um eine zufriedenstellende prothetische Versorgung zu ermöglichen [Gamborena et al., 2016]. Zudem würde

laut Grunder [2015] ein zu weit bukkal gesetztes Implantat zur erhöhten Knochenresorption im labialen Bereich führen.

Die Auswahl des Implantatdurchmessers darf sich nicht an der vorherigen Dimension des natürlichen Zahnes orientieren, sondern sollte kleiner gewählt werden. Wird ein zu großer Durchmesser gewählt, könnte das Implantat zu nah an den Nachbarzahn reichen, was wiederum zur Reduktion des interproximalen Knochens führen kann und letztendlich das Risiko eines Implantatverlustes erhöhen würde [Merli, 2013].

In den meisten Publikationen variierte der Implantatdurchmesser zwischen 3,3 und maximal 5,5 Millimetern. In einer Studie wurden für die Sofortimplantation breitere Implantate mit einem Durchmesser von 6 bis 8 Millimetern verwendet, um einen Vergleich zu schmaleren, konventionell gesetzten Implantaten herzustellen. Dabei ergaben sich schlechtere Ergebnisse sowohl hinsichtlich der Ästhetik als auch der Knochenresorption für die breiteren Implantate, die direkt nach Extraktion inseriert wurden [Checchi et al., 2017].

Bezüglich der Länge des Implantats geben die meisten Autoren einen Mindestwert von 10 Millimetern an, um eine ausreichende Stabilität zu erreichen, vor allem, wenn das Implantat sofort belastet werden soll [Peñarrocha-Oltra et al., 2013].

In anderen Studien wurden auch kürzere Implantate verwendet, wobei die minimale Länge 7 Millimeter betrug [Esposito et al., 2015].

Werden mehrere Implantate gesetzt, sollte nach Grunder [2015] ein Mindestabstand von 3 Millimetern zwischen den Implantaten gewährleistet werden, damit ein Knochenverlust verhindert wird.

## 4. Sofortimplantation

### 4.1 Definition

Die Sofortimplantation wurde erstmalig von Schulte und Heimke im Jahr 1976 beschrieben [Schulte et al., 1976].

Bis 2003 gab es keine einheitliche Bezeichnung für eine Implantation in die Extraktionsalveole [Buser et al., 2017a].



2004 klassifizierte Hämmerle deshalb verschiedene Typen des Implantationszeitpunktes auf Basis der Knochen- und Weichgewebsheilung. Dabei beschreibt Typ I die Implantation unmittelbar nach Zahnextraktion, bei der eine feste Verankerung zwischen Implantat und Knochenwänden angestrebt wird. Typ II definiert eine Implantatinserion 4 bis 8 Wochen nach Entfernung eines Zahnes, nachdem das Weichgewebe weitgehend verheilt ist. Beim Typ III wird nach 12 bis 16 Wochen implantiert, nach weitgehendem Abschluss der dimensional Veränderungen der Alveole. Typ IV beschreibt die Implantation in eine vollständig knöchern verheilte Alveole [Chen et al., 2009].

Chen und Buser fassten anschließend die Typen II und III als „frühe Implantation“ zusammen, während Typ I als sofortige und Typ IV als späte Implantation bezeichnet wurden [Buser et al., 2017a].

Basierend auf dieser Klassifikation werden heutzutage in der Literatur meistens die Begriffe „Sofortimplantation“, „frühe Implantation“ und „Spätimplantation“ in Bezug auf die Zeit nach einer Zahnextraktion verwendet.

Definitionsgemäß wird somit bei der Sofortimplantation direkt in die Extraktionsalveole implantiert.

Dabei kann entweder mit oder ohne Knochenersatzmaterial gearbeitet werden, um den Spalt zwischen Implantat und Knochen aufzufüllen. In jedem Fall kommt es im Vorfeld der Implantation weder zu einer Weichgewebs- noch zu einer Knochenheilung [Tonetti et al., 2019].

#### 4.2 Prinzip und Behandlungsablauf der Sofortimplantation

Vor jeder Implantation sollten Situationsmodelle des Ober- und Unterkiefers per Scan oder auf konventionelle Weise hergestellt werden. Im Labor wird anschließend ein diagnostisches Wax up angefertigt. Dieses dient der genauen Positionierung des zu setzenden Implantats nach prothetischen und ästhetischen Richtlinien. Bei zahnlosen Patienten sollte die laborgefertigte Wachsaufstellung, welche die Gestaltung der späteren Prothese widerspiegelt, anprobiert und getestet werden [Kern et al., 2020]. Das Wax up, das die prothetische Zahnposition wiedergibt, wird anschließend in eine Bohrschablone überführt.

Bei der navigierten Implantation findet zunächst ein Matching der Datensätze von dreidimensionalen Röntgenaufnahmen und dem Scan des Situationsmodells oder eines Intraoralscans statt. Basierend auf den Daten wird virtuell ein Wax up

erstellt und anschließend die Implantatposition festgelegt. Es folgt die Gestaltung der Bohrschablone, die gedruckt oder gefräst werden kann [Lin et al., 2020a].

Im Vorfeld der Operation sollte die Bohrschablone im Mund des Patienten eingepasst und auf korrekten Sitz überprüft werden [Eufinger et al., 2021].

Der Ablauf der Implantation stellt sich wie folgt dar:

Zu Beginn der Sofortimplantation wird im Operationsgebiet ein Lokalanästhetikum verabreicht. Danach wird die Extraktion des entsprechenden Zahnes durchgeführt. Dafür sollte der Behandler möglichst minimalinvasiv und atraumatisch vorgehen. Eine lappenlose Technik ist zu favorisieren, denn so kann die Blutzufuhr und die Anatomie des Weichgewebes besser erhalten werden [Tarnow et al., 2020]. Gelingt keine lappenlose Extraktion, sollte vorsichtig ein Lappen gebildet werden. In einer Studie von Buser et al. [2004] wird beispielsweise bei einer Extraktion des Frontzahnes eine palatinale, krestale Inzision mit einer Länge von 2 bis 3 Millimetern, die bis zum Sulkus des Nachbarzahnes ausgedehnt wird, durchgeführt. Mithilfe von zwei vestibulären Entlastungsschnitten wird der Lappen nach bukkal für die Darstellung des Operationsbereichs abpräpariert.

Nach Koh et al. [2010] wird ein 15c-Skalpell für eine intrasulkäre Inzision verwendet, um den Zahn suprakrestal von seinen, ihn in den Knochen verankernden, Fasern zu trennen. Wichtig dabei ist der vollständige Erhalt der Interdentalpapille.

Um anschließend das parodontale Ligament zirkulär zu erweitern, wird ein Periotom verwendet. Daraufhin wird der Zahn vorsichtig mit kleinen Hebeln mobilisiert und sollte am besten in einer rotierenden Bewegung entfernt werden. Dabei ist darauf zu achten, die Alveole nicht zu schwächen und vor allem die bukkale Knochenwand nicht zu beschädigen. Bei wurzelkanalbehandelten Zähnen, stark gekrümmten Wurzeln oder Zähnen mit mehreren Wurzeln kann eine Osteotomie erforderlich sein, die unter Vermeidung größerer Knochenverluste durchgeführt werden sollte [Koh et al., 2010]. Außerdem kann hierbei das Benex-Extraktionssystem verwendet werden. Dieses System beruht auf einer minimalinvasiven Extraktion ohne Aufweiten des Alveolarknochens durch die Anwendung einer axialen Zugkraft [Walter et al., 2013].

Weiterhin besteht die Möglichkeit, vor der Sofortimplantation, die sogenannte Socket Shield Technik durchzuführen. Diese Technik der partiellen

Zahnextraktion wurde entwickelt, um Resorptionsvorgängen entgegenzuwirken und stabilere ästhetische Ergebnisse zu erzielen. Dabei wird bei der Zahnextraktion der bukkale Anteil der Zahnwurzel belassen. Das Sofortimplantat wird dann oral davon gesetzt. Das verbliebene Wurzelfragment reduziert den Rückgang des Bündelknochens und wirkt Weichgewebsresorptionen entgegen. Der Wurzelanteil ankylosiert oder resorbiert langfristig [Hürzeler et al., 2010].

Nach der Zahnentfernung sollte die Alveole ausreichend kürettiert, eventuell zusätzlich ausgefräst und gereinigt werden. Ziel dabei ist, vorhandenes entzündetes Gewebe zu eliminieren und die Bildung eines Blutkoagulum zu erreichen, welches Voraussetzung für eine adäquate Wundheilung ist. Anschließend analysiert der Behandler die Knochen- und Weichgewebssituation in Qualität sowie in Quantität. Dabei liegt der Fokus vor allem auf der bukkalen Knochenlamelle sowie der apikalen Region. Vestibulär sollte der Knochen eine ausreichende Dicke von mindestens 1,5 Millimetern ohne größere Defekte aufweisen [Eufinger et al., 2021]. Apikal sollte genügend Knochen vorhanden sein, damit das Implantat für eine ausreichende Primärstabilität 3 bis 5 Millimeter über den Extraktionssitus hinaus verankert werden kann [Koh et al., 2010]. Wird in der Oberkiefer- Frontzahnregion implantiert, sollte unbedingt auf die Lage des Foramen nasopalatinum geachtet werden [Buser et al., 2004].

Bei der Sofortimplantation wird entweder nach der „Flapless-Technik“ vorgegangen oder unter Bildung eines Lappens. Beide Techniken zeigen einer Studie von 2013 zufolge ähnliche Erfolgsraten [Bashutski et al., 2013]. Andere Studien kamen hingegen zu deutlich schlechteren Ergebnissen für Implantationen mit Lappenbildung, die mit häufigeren postoperativen Schwellungen des Weichgewebes und Schmerzen zusammenhingen [Gao et al., 2021, Nkenke et al., 2007]. Die „Flapless-Technik“ setzt voraus, dass dreidimensionale digitale volumetomographische Röntgenaufnahmen und Bohrschablonen zur navigierten Implantation angefertigt werden. Sie gilt als minimalinvasiv, da hier kein Aufklappen des Operationssitus erfolgt. Die konventionelle Technik, unter Zuhilfenahme einer Lappenbildung, erfolgt mittels prothetischer Bohrschablonen ohne dreidimensionaler Planung im Vorfeld oder im Einzelfall sogar ganz ohne Bohrschablone.

Die navigierte Implantation kann teilnavigiert oder vollnavigiert erfolgen. Bei der teilnavigierten Implantatinsertion wird lediglich die Pilotbohrung durch die

Bohrschablone durchgeführt. Bei der vollnavigierten Implantation können sowohl die Osteotomie als auch die Implantatinsertion durch die Bohrschablone hindurch erfolgen [Eufinger et al., 2021]. Die vollnavigierte Implantation zeigt nach einer Metaanalyse von 2020 am wenigsten Abweichungen in der Realisation der geplanten Implantatposition und sollte daher einer teilnavigierten oder freien Implantation vorgezogen werden [Gargallo-Albiol et al., 2020].

Wird keine navigierte Bohrschablone verwendet, sollte der Extraktionssitus im Vorfeld ausgemessen werden, um die korrekte Implantatposition und den Durchmesser des Implantats festzulegen. Bei den dabei verwendeten „prothetischen“ Bohrschablonen entscheidet der Behandler „frei“ über die Position des Implantats und kann diese zusätzlich durch Positionieren von Bohrern in die Alveole visualisieren [Buser et al., 2004].

Nach dem Positionieren der Bohrschablone und dem Festlegen der Implantatposition wird eine Vorbohrung mit einem Rosenbohrer durchgeführt, deren Lage dann kontrolliert wird. Die anschließende Pilotbohrung wird erneut unter Zuhilfenahme der Bohrschablone vorgenommen und erreicht die volle, vorher festgelegte Implantatlänge [Strub et al., 2011].

Für die anschließende Erweiterung des Bohrlochs werden je nach Implantatsystem verschiedene Spiralbohrer mit steigendem Durchmesser verwendet. Nach jeder Spiralbohrung wird nochmals die Achse und die Position des Implantats überprüft und gegebenenfalls korrigiert. Während der Präparation des Knochens kann sich der Behandler sogenannter Tiefenmesslehren bedienen, um die Implantatinsertionstiefe kontrollieren zu können.

Anschließend wird das Implantat mit einer Einbringhilfe inseriert und mittels einer Handratsche oder maschinell festgesetzt. Ziel ist das Erreichen einer ausreichenden Primärstabilität, die in Newtonzentimetern angegeben wird. Es wird eine Deckschraube auf das Implantat gesetzt, die das Implantat abdeckt und gleichzeitig über der Implantatschulter liegt. Sie dient dazu, ein Knochenwachstum über die Implantatschulter zu vermeiden und das Weichgewebe stabil zu halten [Buser et al., 2004, Habashneh et al., 2019]. Erneut sollte die Position der Implantatschulter überprüft werden. Diese sollte je nachdem, ob Tissue-Level- oder Bone-Level-Implantate verwendet werden, 2 beziehungsweise 3 bis 4 Millimeter apikal des zukünftigen Gingivarandes liegen [Tarnow et al., 2020].

Nach der Implantation kann der labiale Spalt zwischen Implantat und Knochenwänden mit autologem Knochen, Xenograftmaterialien oder synthetischen Knochenersatzmaterialien aufgefüllt werden [Grunder, 2015]. Hierbei deuten Studien darauf hin, dass eine bessere Bewahrung der labialen Knochenwand besteht, wenn der Spalt aufgefüllt wird [Moeintaghavi et al., 2016, Saadoun et al., 2004]. Dabei ist eine Auffüllung dann obligat, wenn der Spalt breiter als 2 Millimeter ist [Hämmerle et al., 2004].

Nach erfolgter Implantation fertigt der Behandler zur Kontrolle der Implantatposition ein abschließendes Röntgenbild an [Buser et al., 2004].

Generell können Sofortimplantate offen oder geschlossen einheilen.

Bei der geschlossenen Einheilung wird die Extraktionsalveole in der Regel mit einem Knochenersatzmaterial aufgefüllt und anschließend mit einem Weichgewebstransplantat versiegelt [Zuhr et al., 2011]. Für diese sogenannte Socket Seal Technik kommen meist Bindegewebstransplantate oder freie Schleimhauttransplantate zum Einsatz [López-Pacheco et al., 2021, Negri et al., 2016]. Einer Studie zufolge kann bei Verwendung eines subepithelialen Bindegewebstransplantats zur Deckung der Extraktionsalveole sowohl ein größeres Weichgewebsvolumen als auch eine Reduktion von Knochenverlusten und gingivalen Rezessionen erreicht werden [De Angelis et al., 2021].

Wird die offene Einheilung gewählt, kann das Sofortimplantat unmittelbar belastet und provisorisch versorgt werden. Dies wird als „Sofortbelastung“ bezeichnet. Die provisorische Suprakonstruktion kann entweder mit oder ohne okklusalen Kontakt zum Antagonisten gestaltet werden [Kern et al., 2020]. Durch die Sofortbelastung kann ein auf das Implantat gesetztes Provisorium die Weichgewebssituation stabilisieren. Besonders im Frontzahnbereich ist dies aus ästhetischer Sicht von Vorteil, zudem wird der Patientenkomfort dadurch verbessert.

Zur Herstellung der provisorischen Versorgung wird intraoperativ die Implantatposition mithilfe eines aufgeschraubten provisorischen Abutments und eines okklusalen Schlüssels oder eines digitalen Scans festgehalten. Anschließend erfolgt die Provisorienherstellung im Labor. Falls die natürliche Zahnkrone keine großen Defekte aufwies, kann diese als vorläufige Krone verwendet werden. Der Behandler kann allerdings das Provisorium auch selbst

mithilfe von vorgefertigten, sogenannten Frascokronen herstellen, die an die jeweilige Situation angepasst werden.

Neben der Sofortbelastung wird zwischen einem frühen und einem späten Belastungsprotokoll unterschieden. Bei ersterem wird das Implantat frühestens nach einer Woche und spätestens nach 2 Monaten belastet. Die späte Belastung erfordert eine Einheilzeit von mehr als 2 Monaten, bevor das Implantat versorgt wird [Kern et al., 2020].

Eine Sofortbelastung war dabei lange Zeit umstritten, da davon ausgegangen wurde, dass das Risiko eines Implantatverlustes erhöht ist. Neuere Ergebnisse zeigen, dass die Prognose hinsichtlich der Implantatüberlebensrate für eine Sofortimplantation mit Sofortbelastung vergleichbar ist mit einer Sofortimplantation und einem späteren Belastungsprotokoll [Chrcanovic et al., 2014, Esposito et al., 2013]. Sowohl die Primärstabilität als auch die Auswahl des Patienten, die Länge der Implantate sowie die Knochenqualität scheinen dabei einen großen Einfluss auf den Erfolg der Sofortbelastung zu haben [Strub et al., 2012]. Bei unzureichender Primärstabilität kann die provisorische Krone auch adhäsiv am Nachbarzahn befestigt werden, um das Weichgewebe belastungsfrei auszuformen [Eufinger et al., 2021].

Die provisorische Versorgung ist darüber hinaus auch mittels eines definitiven Abutments möglich, auf dem dann die provisorische Versorgung befestigt wird. Das Abutment muss später nicht mehr entfernt werden und kann für die Eingliederung der definitiven Arbeit belassen werden [Grunder, 2015].

Wurde Knochenersatzmaterial verwendet, ist eine antibiotische Abdeckung sowie eine antiinflammatorische Medikation indiziert, um eine Infektion zu verhindern [Koh et al., 2010].

Die Nähte werden 7 bis 10 Tage nach Implantatinserterion entfernt. In 7-Tages-Abständen bis zum 21. postoperativen Tag wird die Wunde regelmäßig examiniert und mittels Chlorhexidin gereinigt. Innerhalb der ersten beiden Wochen nach der Operation sollte eine mechanische Zahnreinigung unterlassen werden [Buser et al., 2004].

Die zweite Sitzung erfolgt nach Tarnow et al. [2020] 12 bis 24 Wochen nach Implantatinserterion, sobald das Weichgewebe verheilt ist, und umfasst die Abformung des Implantats. Dafür dient ein individueller Löffel, der zwischenzeitlich im Labor angefertigt wurde. Das Implantat kann auch digital mithilfe eines Intraoralscanners abgeformt werden.

Wurde die offene Einheilung mit Sofortbelastung gewählt, wird zunächst das Provisorium entfernt und ein Abformpfosten auf das Implantat geschraubt. Um die periimplantäre Weichgewebssituation exakt erfassen zu können, kann zusätzlich Pattern Resin für die Abformung der Gingiva verwendet werden [Tarnow et al., 2020]. Anschließend führt der Behandler die Implantatabformung durch.

Die geschlossene Einheilung mit einem späteren Belastungsprotokoll erfordert eine separate Sitzung zur Implantatfreilegung, bevor die Abformung durchgeführt werden kann. Die Freilegung wird im Zusammenhang mit dem Ablauf der Spätimplantation genauer beschrieben.

Das zahntechnische Labor kann anschließend mit der Herstellung der Restauration beginnen. Am Ende der Behandlung wird erneut das Provisorium eingesetzt.

In einer letzten Sitzung erfolgt die Eingliederung der definitiven Restauration. Diese erfordert die Entfernung des Provisoriums und das Einsetzen der endgültigen Restauration.

Der festsitzende, implantatgetragene Zahnersatz kann dabei entweder verschraubt oder zementiert werden. Nach einer Studie aus dem Jahr 2020 können sowohl zementierte als auch verschraubte Suprakonstruktionen auf Sofortimplantaten hohe Überlebensraten sowie stabile Knochen- und Weichgewebsverhältnisse erzielen [Shi et al., 2020].

Verschraubte Restaurationen können leichter wieder entfernt werden, sollten Reparatur- oder Hygienemaßnahmen notwendig sein [Sailer et al., 2012]. Vor allem bei limitierten vertikalen Platzverhältnissen wird eine Verschraubung favorisiert [Assaf et al., 2014]. Zu den Nachteilen verschraubter Restaurationen zählen eher technische Komplikationen, wie ein Chipping der Verblendkeramik [Wittneben et al., 2014]. Zudem kann die Angulation des Implantats ein Hindernis für die Verschraubung der Suprakonstruktion darstellen [Strub et al., 2011].

Bei zementierten Suprakonstruktionen überwiegen vielmehr biologische Komplikationen, hervorgerufen durch Zementüberschüsse im Sulkus. Diese sind Hauptursache für das Entstehen einer Periimplantitis oder eines periimplantären Knochenverlustes. Demgegenüber sind die Ergebnisse hinsichtlich der Ästhetik und der Funktion dem verschraubten Zahnersatz oft überlegen [Lv et al., 2021]. Zudem ist es mit der Zementierung möglich, eine inkorrekte Inklination der Implantate zu kompensieren [Hamed et al., 2020].

Beide Arten der Befestigung weisen also sowohl Vorteile als auch Nachteile auf und der Behandler sollte patientenindividuell, je nach Position und Art der Suprakonstruktion, abwägen [Hamed et al., 2020, Wittneben et al., 2014].

Die Auswahl des Materials der Suprakonstruktion richtet sich vor allem nach ästhetischen Anforderungen.

Abutments werden meist aus Metall oder Titan hergestellt, im Frontzahnbereich vor allem aus Zirkon- oder Aluminiumoxid. Die 5-Jahres-Überlebensrate liegt nach Sailer et al. [2009] bei 99,1 % für keramische und bei 97,4 % für metallische Abutments und ist demnach ähnlich hoch. Oxidkeramische Abutments zeigen eine bessere Ästhetik, da es seltener zu Verfärbungen des Zahnfleischs kommt [Sailer et al., 2009].

Die Restauration kann entweder aus einer Metallkeramik, einer monolithischen Glaskeramik oder aus einer monolithischen sowie verblendeten Oxidkeramik hergestellt werden. Die Überlebensraten bewegen sich jeweils in einem ähnlich hohen Bereich [Pjetursson et al., 2018]. Ein Chipping scheint bei monolithischen keramischen Kronen im Vergleich zu verblendeten Keramikronen seltener zu sein [Pjetursson et al., 2021]. Im Frontzahnbereich wird meist sowohl das Abutment als auch die Suprakonstruktion aus Vollkeramik hergestellt.

Im Seitenzahnbereich ist eine metallische oder oxidkeramische Unterkonstruktion mit einer keramischen Verblendung aus Stabilitätsgründen von Vorteil [Strub et al., 2011].

Für die Verankerung eines herausnehmbaren Zahnersatzes gibt es viele verschiedene Möglichkeiten. Beispielsweise können Magnete, Knopfanker, Doppelkronen und Steggeschiebe verwendet werden. Diese zeigen Unterschiede in der Retentionskraft, der Mundhygienefähigkeit sowie in technischen und biologischen Komplikationen. Ein Review von 2018 zeigte hierbei gleichwertige Ergebnisse hinsichtlich prothetischer Erfolgsraten, Patientenzufriedenheit und -präferenzen, prothetischer Nachsorgemaßnahmen sowie Kosten, unabhängig vom gewählten Verankerungssystem [Payne et al., 2018].



### 4.3 Vorteile der Sofortimplantation

Eine Sofortimplantation bringt Vorteile sowohl für den Behandler als auch für den Patienten mit sich.

Der wesentliche Vorteil der Sofortimplantation ist der zeitliche Aspekt.

Die Gesamtdauer der Behandlung von der Zahnextraktion bis hin zum Einsetzen der definitiven Restauration wird deutlich herabgesetzt. Gleichzeitig reduziert sich die Anzahl operativer Eingriffe, was von Patienten als positiv empfunden wird. In einer Behandlungssitzung kann sowohl die Extraktion des Zahnes mit anschließender Implantation, unter eventuellem Einsatz von Knochenfüllern, als auch die abschließende Eingliederung eines Provisoriums erfolgen [Tarnow et al., 2020]. Auf diese Weise lassen sich außerdem die Gesamtkosten enorm vermindern.

Dadurch, dass das Implantat direkt im Anschluss versorgt und eventuell zusätzlich belastet werden kann, ist der Patient weder an eine herausnehmbare Prothese noch an das Belassen einer Zahnücke gebunden. Dies führt zu einem erhöhten Patientenkomfort, nicht nur im ästhetischen, sondern auch im funktionellen und psychologischen Sinn [Chen et al., 2009].

Ein weiterer Vorteil der Sofortimplantation besteht darin, dass der Behandler die weichgewebige Struktur mithilfe des direkt nach der Extraktion eingegliederten Provisoriums aufrechterhalten und schützen kann. Die Kontur des Weichgewebes nach Implantation entspricht dann weitgehend der präoperativen Situation. Auch ein zweiter Eingriff zur Ausformung der periimplantären Gingiva, wie dies bei der Spätimplantation der Fall ist, fällt weg [Tarnow et al., 2020].

Außerdem konnte in einer Studie von Jemt [1997] gezeigt werden, dass es nach der konventionellen Implantation zu einer deutlichen Reduktion der Interdentalpapillen, vor allem der distalen Papille, kommt, nachdem der Approximalkontakt zur Extraktion des Zahnes zum Nachbarzahn aufgelöst wurde. Die ursprüngliche Höhe der Papille lässt sich mit der Spätimplantation nicht vollständig wiederherstellen. Hierbei ist die Implantation in den Extraktionssitus laut Tarnow [2020] überlegen, bei der eine Regeneration der Papille besser erreicht werden kann. Auch Grunder [2015] konnte zeigen, dass sich die Papillen, wenn sie durch ein direkt eingesetztes Provisorium auf dem Sofortimplantat unterstützt werden, im Vergleich zur Ausgangssituation kaum

verändern. Zudem kann die Verwendung eines definitiven Abutments den horizontalen Weichgewebsverlust reduzieren. Letztendlich lassen sich somit die ästhetischen Endresultate verbessern.

Als entscheidender Vorteil wird von den Patienten die Möglichkeit der minimalinvasiven Operation empfunden. Dies wird durch den Einsatz von Bohrschablonen zur navigierten Implantation ermöglicht. Eine Lappenbildung im Operationssitus ist dabei nicht notwendig. Voraussetzung ist ein ausreichendes Knochen- und Weichgewebsangebot. Da eine Lappenbildung zu vermehrten Knochenresorptionen, Weichgewebsdefekten und Narbenbildungen führen kann, ist die Sofortimplantation, vor allem im ästhetischen Bereich, von Vorteil [Tallarico et al., 2018]. Die lappenlose, vollnavigierte Implantation kann auch bei der Spätimplantation durchgeführt werden. Im Falle eines Vorliegens von Knochen- oder Weichgewebsdefekten sollten jedoch zusätzlich Augmentationen vorgenommen werden, wobei die Bildung eines Mukoperiostlappens unerlässlich ist [Eufinger et al., 2021].

Manche Autoren geben als zusätzlichen Vorteil der Sofortimplantation die Aufrechterhaltung der knöchernen Dimension der Extraktionsalveole an. Physiologische Umbauprozesse und Resorptionen der knöchernen Alveole sollen damit zuverlässiger vermieden werden können. Dadurch kann eine optimale dreidimensionale Positionierung des Implantats, noch bevor die Alveole an Höhe und Breite verloren hat, stattfinden. Außerdem kann das Ausmaß einer eventuell später durchzuführenden Knochenaugmentation durch die Bewahrung der knöchernen Wände gering gehalten werden [Schropp et al., 2016]. Einer neuen Metaanalyse zufolge kann vor allem mit der „Socket Shield Technik“, bei der der bukkale Wurzelanteil des zu extrahierenden Zahnes belassen wird, eine Linderung der horizontalen und vertikalen Resorption des Alveolarknochens sowie eine verbesserte Weichgewebskonturierung nach der Sofortimplantation erreicht werden. Die Ergebnisse sind dabei der konventionellen Implantation überlegen, dennoch sind weitere Langzeituntersuchungen notwendig [Zhang et al., 2022].

Die Theorie einer Reduktion der Alveolarknochenresorption durch die Sofortimplantation wird jedoch nicht von allen Autoren unterstützt. Konsens einer systematischen Übersichtsarbeit von Chen et al. [2018] war, dass es nach

Sofortimplantation genauso zu vertikalen sowie horizontalen Resorptionen der Alveole kommen kann. Es konnte allerdings auch beobachtet werden, dass die horizontale Resorption der Alveole geringer war, wenn zum Zeitpunkt der Insertion des Sofortimplantats zusätzlich Knochenfüllmaterial verwendet wurde.

Als zusätzlicher Vorteil der Sofortimplantation wird von manchen Studien angegeben, dass bei der Implantation in die Extraktionsalveole eine größere Kontaktfläche zwischen Implantat und Knochen als bei konventioneller Implantation geschaffen werden kann [Passoni et al., 2016]. Dieser sogenannte Bone-Implant-Contact (BIC) wird in Prozent angegeben. Bei der Sofortimplantation können Werte von 42,61 % erreicht werden, sofern lappenlos implantiert wird und ein Abstand zur bukkalen Knochenwand durch eine palatinale Implantatpositionierung bewahrt wird. Durch den Spalt zwischen Implantat und vestibulärer Knochenwand werden gute Voraussetzungen für die Strukturierung des Blutkoagulums und die Formation von dichtem Knochen geschaffen. Dies erhöht letztendlich quantitativ den Knochen-Implantat-Kontakt. Demgegenüber ist der BIC für die Spätimplantation mit 37,69 % niedriger [Rafael et al., 2016]. Es sei allerdings zu beachten, dass die Studienlage zu diesem Thema noch sehr gering ist und die jeweiligen Untersuchungen bei Hunden durchgeführt wurden.

#### 4.4 Nachteile der Sofortimplantation

Sofortimplantationen stellen eine große Herausforderung für den Behandler dar. Die Position des Implantats ist durch die Morphologie der Extraktionsalveole vorgegeben. Dadurch kann es für den Behandler deutlich schwieriger sein, das Implantat korrekt zu positionieren, gerade, wenn viel Knochen durch eine Entzündung verloren gegangen ist oder die Alveole einen zu großen Durchmesser aufweist. Für die spätere Restauration stellt jedoch die korrekte Implantatlage in allen 3 Ebenen des Raumes sowie dessen Achse eine unabdingbare Voraussetzung dar [Chen et al., 2009].

Gleichzeitig kann die vorgegebene Position der Alveole auch einen Vorteil für den Behandler darstellen, da die Osteotomie und anschließende Insertion des Implantats erleichtert werden kann [Tarnow et al., 2020].

Nach der Extraktion von mehrwurzeligen Zähnen stellt sich die Extraktionsalveole unter Umständen in Größe und Form als nicht kongruent zur Dimension des zu inserierenden Implantats dar [Schropp et al., 2016]. Dies führt dazu, dass das Erreichen einer Primärstabilität techniksensitiver sein kann als bei der konventionellen Implantation [Chrcanovic et al., 2015]. Für eine initiale Implantatstabilität sollte das Sofortimplantat über die Extraktionsalveole hinaus im apikalen Knochen verankert werden, wozu eine ausreichende Implantatlänge erforderlich ist [Figliuzzi et al., 2015]. Um eine möglichst große Knochen-Implantat-Kontaktfläche schaffen zu können, kann die Inkongruenz zwischen Alveole und Implantat außerdem durch die Breite des Implantats kompensiert werden [Tallarico et al., 2016]. Liegen kleinere Knochendefekte vor, die die Primärstabilität nicht beeinträchtigen, kann zeitgleich zur Implantation eine Augmentation stattfinden [Eufinger et al., 2021].

Die Implantation in die Extraktionsalveole erfordert demnach eine sorgfältige präoperative Planung der Position, Dimension und Art des Implantats sowie der Knochenqualität und -quantität, um eine gute Primärstabilität und Osseointegration erreichen zu können.

Wang et al. [2012] konnten in einer Studie zeigen, dass es nach einer Sofortimplantation zu unvorhersehbaren Knochenresorptionen und infolgedessen zu biologischen Veränderungen sowie zu periimplantären Dimensionsveränderungen kommen kann. Dies erhöht wiederum das Risiko für eine Rezession und das ästhetische Endergebnis kann negativ beeinträchtigt werden. Vor allem Patienten mit einer dünnen facialen Knochenwand sind hierfür prädisponiert. Bei inadäquater Patientenauswahl im Vorfeld, wenn beispielsweise Patienten mit einem dünnen gingivalen Phänotyp nicht ausgeschlossen wurden, würde eine Implantation direkt nach Sofortimplantation zudem das Weichgewebe schädigen [Cosyn et al., 2011].

Bei unzureichendem Angebot von Knochen und befestigter Gingiva besteht auch bei der Sofortimplantation die Möglichkeit, zusätzliche Hart- und Weichgewebsaugmentationen vorzunehmen. Augmentationsmaßnahmen erhöhen zwar den technischen Aufwand und die Anforderungen an den Behandler, führen jedoch, einer aktuellen Metaanalyse zufolge, zu einer Reduktion von gingivalen Rezessionen und periimplantären Knochenverlusten [De Angelis et al., 2021].

Zuletzt können bestehende Infektionen der Alveole die Überlebensrate von Sofortimplantaten negativ beeinflussen. Vor allem Parodontitis kann dabei aufgrund von größeren, periradikulären Knochendefekten die Primärstabilität des Implantats vermindern [Polizzi et al., 2000]. Dadurch kann das Risiko für intra- oder postoperative Komplikationen bei Sofortimplantaten gegenüber Spätimplantaten erhöht sein [Chen et al., 2014b]. In diesen Fällen sollte eine Heilung des Defekts abgewartet, und damit eine spätere Implantation vorgezogen werden.

## 5. Spätimplantation

### 5.1 Definition

Die Spätimplantation entspricht dem konventionellen Standardverfahren. Grundlage dieses im Jahr 1965 beschriebenen Konzeptes von Brånemark war, dass nach einer Extraktion die Heilung von Knochen- und Weichgewebe ermöglicht werden sollte, bevor implantiert werden konnte. Bis 1976 das bereits beschriebene Sofortimplantat erfunden wurde, war dies das einzig existente Implantationsverfahren.

Basierend auf den bereits beschriebenen Erkenntnissen differenzierte Hämmerle im Jahre 2004 eine späte Implantation nach dem Status der Mineralisation des Alveolarknochens. Typ III wird definiert als „delayed implant placement“ oder „partial bone healing“, demnach kommt es 12 bis 16 Wochen nach Extraktion zu einer partiellen Knochenheilung. Typ IV bezeichnet die konventionelle Methode, eine Implantation in den vollständig verheilten Knochen, bei der üblicherweise erst nach 16 Wochen implantiert wird [Tonetti et al., 2019].

Zum Teil differieren die Begrifflichkeiten, beispielsweise wurde in einer Studie von Esposito aus dem Jahr 2010 der Begriff der „verzögerten Implantation“ anstelle von der „späten Implantation“ verwendet. Damit beschreibt Esposito jegliche Implantatinsertion, die innerhalb von 8 Wochen oder später nach Zahnextraktion stattfindet. In der Literatur wird oft der Begriff der „konventionellen Implantation“ verwendet, da diese Implantation nach wie vor den Goldstandard in der oralen Implantologie darstellt. Somit wurden für die Recherche sowohl die

Begriffe „delayed tooth implantation“ als auch „late tooth implantation“ und „conventional tooth implantation“ im Vergleich zur „immediate tooth implantation“ oder „implantation in post-extraction sites“ verwendet.

## 5.2 Prinzip und Behandlungsablauf der Spätimplantation

Der erste Schritt, die Extraktion des Zahnes, läuft, genau wie bei der Sofortimplantation, möglichst schonend ab.

Um die Stabilität der Alveole zu gewährleisten, wird diese in manchen Fällen mit einem Knochenersatzmaterial aufgefüllt. Dabei kann xenogenes oder synthetisches Material verwendet werden, seltener autologes Füllmaterial. Handelt es sich um ein trockenes Granulat, sollte das Knochenmaterial für eine Befeuchtung mit dem Blut des Patienten vermischt werden, um das Befüllen der Alveole zu verbessern. Manche Knochenersatzmaterialien liegen schon in Pastenform vor, da sie mit Hyaluronsäure aufbereitet sind. Das Knochenersatzmaterial wird dann vorsichtig bis auf Höhe der koronalen Knochenbegrenzung drucklos verdichtet [Irinakis et al., 2007].

Anschließend kann das eingebrachte Material mit einer resorbierbaren Membran, beispielsweise aus Kollagen, abgedeckt werden. Dafür erfolgt eine unterminierende, schonende Präparation der lingualen und vestibulären Gingiva mithilfe eines Periotoms. Die Membran kann dann zwischen Periost und Gingiva eingelegt und mit einer Kreuznaht fixiert werden [Irinakis et al., 2007]. Die Kombination aus einem autogenen Knochentransplantat und einer Kollagenmembran ist laut einer Studie von Iasella [2003] die beste Methode, um die Dimensionen des Knochens möglichst aufrechtzuerhalten und Resorptionsvorgänge zu vermindern. Die Technik des Auffüllens der Alveole mit unterschiedlichen Füllkörpern und das anschließende Abdecken wird als „Socket-Ridgepreservation“ bezeichnet. Diese Technik soll einen Kollaps der Alveole verhindern und die Knochensituation für die spätere Implantation verbessern [Barone et al., 2008].

Die Verwendung des Knochenfüllers unterstützt dabei die Stabilität der Membran und verhindert ihren Kollaps. Gleichzeitig wird das Knochenmaterial mit der Membran stabilisiert [Irinakis et al., 2007].

Bei unzureichendem Weichgewebsangebot kann die Deckung des Extraktionssitus zusätzlich mithilfe eines autologen Gingivatransplantats

erfolgen. Dieses wird vom Gaumen oder aus dem Tuberbereich in entsprechender Dimension entnommen. Alternativ stehen auch verschiedene Formen von resorbierbaren und nicht resorbierbaren Membranen zur Verfügung. Das entsprechende Transplantat wird über der Alveole mit Nähten fixiert. Die Verwendung eines Gingivatransplantats ermöglicht einen primären Wundverschluss, beschleunigt den Heilungsprozess und stellt die gewünschte Weichgewebisdichte und -dicke für die späte Implantation her. Wird auf ein Transplantat oder eine Membran verzichtet, die Wunde also offen, ohne weitere Stabilisierungsmaßnahmen, belassen, heilt diese sekundär zu. Dabei kommt es nach Ausbildung des Blutkoagulums zu einer von den Rändern ausgehenden Epithelbedeckung und zuerst zu einer bindegewebigen, dann zu einer knöchernen Umwandlung [Gutwald et al., 2010]. Als Resultat der sekundär verheilenden Alveole findet sich eine dünne Weichgewebsdecke, die bei der Implantation schwierig zu handhaben ist [Gamborena et al., 2016].

Medikamentös sollte der Patient mit Analgetika, einer antiinflammatorischen Medikation sowie Antibiotika abgedeckt werden. Eine regelmäßige Wunddesinfektion mit Chlorhexidin empfiehlt sich [Buser et al., 2004].

Nach einer Wartezeit von 4 bis 6 Monaten erfolgt die Insertion des Implantats, die wie bereits beschrieben abläuft.

Das Implantat kann anschließend offen oder geschlossen einheilen, wobei in den meisten Fällen die geschlossene Einheilung favorisiert wird [Hämmerle et al., 2001].

Dabei wird eine Einheilkappe auf das Implantat gesetzt und die Wunde möglichst spannungsfrei mit Einzelknopf- und Matratzennähten verschlossen. Abschließend wird dem Patienten eine provisorische Restauration eingegliedert. Meist werden an den Nachbarzähnen fixierte Provisorien oder herausnehmbare Prothesen eingesetzt. Im Einzelfall kann auch der extrahierte Zahn als Provisorium verwendet werden. Dieser wird nach Abtrennung der Wurzel mittels Adhäsivtechnik an den Nachbarzähnen befestigt. Bei allen Formen der provisorischen Versorgung sollte das Weichgewebe maximal geschützt werden, eine Überlastung dessen gilt es zu vermeiden. Ziel dabei ist, die Ästhetik, Phonetik und Kaufunktion aufrechtzuerhalten [Buser et al., 2004].

Wurde die geschlossene Einheilung gewählt, muss in einer weiteren Sitzung die Implantatfreilegung stattfinden. Normalerweise erfolgt dieser Eingriff 3 bis 6 Monate nach Insertion des Implantats, sobald dieses osseointegriert ist.

Hierfür wird eine leicht nach palatinal versetzte Inzision, meist mithilfe eines 13b Skalpells, durchgeführt und das keratinisierte Weichgewebe schonend nach bukkal und proximal abpräpariert, um einen Zugang zur Deckschraube des Implantats zu erreichen [Buser et al., 2004]. Alternativ würde sich auch die sogenannte Punch Technik anbieten, bei der das Weichgewebe über dem Implantat mithilfe einer Stanze entfernt wird [Buser et al., 2017a].

Soll gleichzeitig die labiale Gingiva um das Implantat verdickt werden, kann die modifizierte Rollappentechnik angewendet werden. Dabei wird der entepithelialisierte Anteil des palatinal gelegenen Weichgewebes nach bukkal eingeklappt, nachdem dort unterminierend gearbeitet worden ist. Es wird kein Gewebe exzidiert und eine Stabilisierung der bukkalen Schleimhaut wird erreicht [Zuhr et al., 2011].

Bei dem Eingriff der Freilegung wird die Deckschraube des Implantats entfernt und durch einen passenden Gingivaformer ersetzt. Dieser dient der korrekten Ausformung des periimplantären Weichgewebes. Anschließend wird unter eventueller Zuhilfenahme mukogingivaler Operationsverfahren zur Verdickung und Stabilisierung des Weichgewebes der präparierte Mukosalappen zurückgesetzt und mit Einzelknopf- und Matratzennähten vernäht. Im Anschluss kann erneut die provisorische Versorgung eingegliedert werden, herausnehmbare Prothesen sollten hierfür ausgeschliffen und unterfüttert werden [Strub et al., 2011]. Die Nahtentfernung erfolgt 7 bis 10 Tage später. Nach erfolgreicher Ausheilung des periimplantären Weichgewebes, die üblicherweise 2 bis 4 Wochen dauert, wird, wie bereits beschrieben, die Abformung für die Herstellung der endgültigen Restauration durchgeführt. In einer letzten Sitzung, etwa 2 Wochen später, kann die finale Arbeit eingegliedert werden.

### 5.3 Vorteile der Spätimplantation

Bei der konventionellen Implantation können in der Literatur Erfolgsraten von 93 bis 100 % beobachtet werden. Damit stellt diese Implantationsform nach wie vor eine sichere, klinisch bewährte Methode mit langjähriger Erfahrung dar.



Zu den wesentlichen Vorteilen gehört einerseits die vollständige Knochenheilung im Vorfeld der Implantation. Diese erhöht die Chance auf eine Primärstabilität des Implantats. Eine erfolgreiche Osseointegration wird durch den Kontakt zwischen Implantat und neu gebildetem Knochen erzielt [Tettamanti et al., 2017]. Andererseits ist durch die Heilungsphase post extractionem nicht nur das Hart- sondern auch das Weichgewebe vollständig ausgeheilt. Vor allem nach einer Deckung der Alveole mit einem Gingivatransplantat werden gute Weichgewebsverhältnisse für die späte Implantation geschaffen. Es steht somit ausreichend keratinisierte Gingiva zur Verfügung, eventuell notwendige mukogingivale Operationen werden reduziert und eine Lappenadaptation kann problemlos erfolgen [Chen et al., 2009].

Im Gegensatz zur Sofortimplantation ist die Position des Implantats durch die Dimension der Extraktionsalveole bei der Spätimplantation nicht vorgegeben. Somit kann vor Implantation die ideale Position für die prothetische Versorgung ermittelt werden und das Implantat dementsprechend inseriert werden.

Studien, die die Prognose von Sofortimplantaten in infizierte Extraktionsalveolen untersuchen, sind teilweise widersprüchlich. Einige Autoren deuten darauf hin, dass bei Vorliegen einer Infektion eher abgewartet werden sollte, bis ein Implantat inseriert wird. In diesem Fall sollte die Spätimplantation, die der Studie zufolge hohe Erfolgsraten erzielt, der Sofortimplantation vorgezogen werden [Zhao et al., 2016]. Dies kann somit als weiterer Vorteil für die konventionelle Implantation gesehen werden.

Wird nach der Extraktion eines Zahnes mit einer apikalen Entzündung ausreichend kürettiert und ein Debridement durchgeführt, können laut einer Studie von Kakar et al. [2020] ähnlich gute Erfolgsraten für Sofortimplantate erzielt werden wie bei einer Implantation in gesunde Extraktionsalveolen. Hierbei wird zusätzlich meist ein alloplastisches Knochenersatzmaterial verwendet, um die Lücke zwischen Implantat und Knochen zu füllen.

#### 5.4 Nachteile der Spätimplantation

Dennoch gibt es auch bei der Spätimplantation einige Nachteile. Der Patient muss sich sowohl auf mehrere operative Eingriffe mit insgesamt verlängerter Behandlungszeit als auch auf höhere Kosten einstellen. Meist vergeht

mindestens ein Jahr, bis dem Patienten nach der Entfernung eines Zahnes die endgültige Arbeit, gestützt auf einem Implantat oder mehreren Implantaten, eingesetzt wird [Koh et al., 2010]. In einem ersten operativen Eingriff muss der Zahn extrahiert werden. Erst nach 3 bis 4 Monaten kann das Implantat inseriert werden. Nach der Implantation erfolgt eine dritte Operation zur Freilegung des Implantats und zum Einsetzen eines Gingivaformers. Es schließt sich eine erneute Sitzung für die Implantatabformung an, worauf der finale Termin zum Einsetzen der endgültigen Arbeit stattfindet [Tarnow et al., 2020]. Dies stellt für den Patienten eine nicht zu unterschätzende physiologische und psychologische Einschränkung dar, da die Zahnlücke häufig mit herausnehmbaren Prothesen, also Langzeitprovisorien, überbrückt wird.

Das Risiko einer Knochenresorption zwischen der Extraktion und der Implantation ist bei der späten Implantation im Vergleich zu den anderen Therapieformen am größten [Tettamanti et al., 2017]. Knochenresorptionen bewirken, dass das Knochenvolumen für eine Implantation unter Umständen nicht mehr ausreicht. Zudem erhöht sich mit der Wartezeit die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung von Defekten der alveolären Knochenwände [Chen et al., 2009].

Vor allem im Frontzahnbereich können Resorptionsvorgänge zu reduzierten ästhetischen Ergebnissen führen, eine Sofortimplantation scheint nach Eufinger et al. [2021] hier überlegen zu sein. Neuere Studien zeigen jedoch, dass eine Sofortimplantation die Resorption des Alveolarknochens nicht verhindern kann [Clementini et al., 2015, Mao et al., 2021]. Zudem sind die Resorptionsvorgänge von vielen Faktoren und der individuellen Patientensituation abhängig [Eufinger et al., 2021]. Nach einer Untersuchung von Hyun et al. [2021] ist vor allem in der vestibulären Region des Oberkiefers mit erhöhten Resorptionen nach einer Implantation in die Extraktionsalveole zu rechnen.

Um Resorptionsvorgängen entgegenzuwirken und ein größeres Knochenvolumen zu erhalten, besteht die Möglichkeit einer gesteuerten Knochenregeneration, der sogenannten Guided Bone Regeneration (GBR). Hintergrund dieser Technik ist der Einsatz eines Knochenersatzmaterials und einer Membran, die den Knochendefekt von dem darüber liegenden Weichgewebe isoliert. So kann es unter der Membran zu einer Einsprossung von

Blutgefäßen sowie zur Bevölkerung mit knochenbildenden Zellen kommen und ein Knochengewinn in Höhe und Breite realisiert werden [Chen et al., 2014a].

## 6. Problemstellung der Arbeit

Die Sofortimplantation gewinnt in der heutigen Zahnmedizin zunehmend an Bedeutung. Sie hat sich in den letzten Jahren zu einer möglichen Alternative zur sogenannten Spätimplantation etabliert. Vor allem die hohe Compliance der Patienten, die Ästhetik, der geringere chirurgische Aufwand und eine schnellere Behandlungsabfolge sind dabei die wesentlichen Vorteile [Rosenbach, 2017]. Allerdings ist diese Methode auch mit Risiken verbunden, weshalb es nötig ist, einen Vergleich zur Spätimplantation herzustellen und daraus eine Bilanz zu ziehen. Für die Zukunft der Zahnmedizin spielt dies eine wichtige Rolle, da diskutiert wird, ob und inwieweit eine Implantation direkt nach der Extraktion die konventionelle Vorgehensweise ersetzen kann [Schropp et al., 2008].

Die Grundhypothese der vorliegenden Studie ist, dass die Sofortimplantation und die konventionelle Implantation in Bezug auf klinische Ergebnisse gleichwertig sind. Zu den dafür untersuchten Parametern gehören Überlebens- oder Fehlerraten und Erfolgsraten, die Ästhetik, knöchernen Verhältnisse, die Implantatstabilität, die Patientenzufriedenheit, parodontale Parameter sowie Komplikationen während oder nach der Implantation.

## 7. Material und Methoden mit Auswahl der Studien

Die vorgenommene Literaturrecherche bediente sich folgender Internet-Datenbanken: Pubmed, Wiley Online Library und The Cochrane Library. Außerdem wurden per Handsuche die Seiten „Implant Dentistry“, „Journal of Prosthetic Dentistry“, „International Journal of Oral and Maxillofacial Implants“, „International Journal of Prosthodontics“ und „Journal of Oral Implantology“ durchsucht. Es wurden nur Studien mit einbezogen, die in den letzten 10 Jahren veröffentlicht wurden. Zudem kamen lediglich humane Studien zur Auswertung, englisch- oder deutschsprachig. Die Suche umfasste folgende Suchbegriffe: „immediate tooth implantation“, „delayed tooth implantation“ und „late tooth

implantation“, welche jeweils mit „versus“, „and“ oder „or“ verknüpft wurden. Weiterhin wurden Begriffe verwendet, wie „timing of tooth implantation“, „comparison of immediate and delayed OR late tooth implantation“, „tooth implantation in post-extraction sites“ und „tooth implantation in healed sites“.

Es ergaben sich mit den bereits erwähnten Einschränkungen insgesamt 214 Ergebnisse bei Pubmed, 467 bei Wiley Online Library und 142 Ergebnisse bei Cochrane. Bei der Handsuche ergaben sich weitere 110 Ergebnisse.

Von den 214 bei Pubmed gefundenen Studien wurden 50 als relevant befunden und deren Abstracts gelesen. Bei Cochrane waren von 142 Studien 2 und bei Wiley von 467 Ergebnissen 9 bedeutsam. Per Handsuche wurden weitere 38 Studien genauer untersucht.

Folgende Kriterien dienten als Einschluss- beziehungsweise Ausschlusskriterien:

#### Einschlusskriterien:

- deutsch- oder englischsprachige Veröffentlichung
- humane Studien
- Fall-Kontroll-Studien
- randomisierte kontrollierte Studien
- nicht randomisierte kontrollierte klinische Studien
- prospektive Studien
- retroprospektive Studien
- Kohortenstudien
- Veröffentlichung in den letzten 10 Jahren (01/2011-01/2021)
- Beobachtungszeitraum von mindestens 6 Monaten
- mindestens 15 gesetzte Implantate

#### Ausschlusskriterien:

- Studien in anderen Sprachen als deutsch oder englisch
- Tierstudien
- Laborstudien
- Beobachtungszeitraum von unter 6 Monaten
- weniger als 15 gesetzte Implantate

Nach Analyse der Abstracts mit den Einschlusskriterien blieben bei Wiley 5, bei Cochrane 2, bei Pubmed 22 und per Handsuche 5 Studien, von denen der

Volltext bestellt und gelesen wurde. Diese sind in Tabelle 3 und Tabelle 4 sowohl für Teilbezahnte als auch Zahnlose dargestellt:

Tabelle 3 (Teil 1): Ausgewählte in vivo Studien an teilbezahnten Patienten

Name	Region	Anzahl Patienten	Anzahl Implantate	Art der Studie	Belastungsprotokoll	Beobachtungszeitraum	Kriterien
[Annibali et al., 2011]	Erste Molarenregion OK und UK	74	20 sofort 12 früh 21 spät	Retrospektive Fall-Kontroll-Studie	Spätbelastung mit Einzelzahnkronen	1 Jahr nach Belastung	Überlebensrate, Erfolgsrate, Knochenverhältnisse, parodontale Parameter
[Raes et al., 2011]	Anteriore OK-Region (15-25)	39	16 sofort 23 spät	Retrospektive Fall-Kontroll-Studie	Sofortbelastung mit Einzelzahnkronen	1 Jahr nach Insertion	Knochenverhältnisse, Ästhetik
[Peñarrocha-Oltra et al., 2012]	OK und UK, überall	70	35 sofort 88 spät	Retrospektive Fall-Kontroll-Studie	Spätbelastung mit Einzelzahnkronen, Brücken oder Totalprothesen	Durchschnittlich 28,7 Monate nach Belastung	Knochenverhältnisse, Erfolgsrate, Überlebensrate
[Ormianer et al., 2012]	OK, überall	46	65 sofort 108 spät	Retrospektive klinische Studie	Sofort- oder Spätbelastung mit Einzelzahnkronen oder Brücken	Durchschnittlich 119-121 Monate nach Insertion	Knochenverhältnisse
[Peñarrocha-Diago et al., 2012]	Molarenregion OK	150	480 sofort 542 spät	Retrospektive Analyse	Sofort- oder Spätbelastung mit Einzelzahnkronen, Brücken oder Totalprothesen	Durchschnittlich 28,3 Monate nach Insertion	Überlebensrate, Knochenverhältnisse
[Grandi et al., 2013]	Anteriore OK-Region (15-25)	50	25 sofort 25 spät	Kontrollierte Klinische Studie	Sofortbelastung mit Einzelzahnkronen	1 Jahr nach Insertion	Komplikationen, Fehlerrate, Knochenverhältnisse, Ästhetik

Tabelle 3 (Teil 2): Ausgewählte in vivo Studien an teilbezahnten Patienten

Name	Region	Anzahl Patienten	Anzahl Implantate	Art der Studie	Versorgung und Belastung	Beobachtungszeitraum	Kriterien
[Vandeweghe et al., 2013]	OK und UK, überall	38	23 sofort 20 spät	Kontrollierte klinische Studie	Sofortbelastung mit Einzelzahnkronen	Durchschnittlich 26 Monate nach Insertion und Belastung	Erfolgsrate, Fehlerrate, Knochenverhältnisse,
[De Moraes et al., 2013]	OK und UK, überall	27	24 sofort 20 spät	Retrospektive klinische Studie	Spätbelastung mit Einzelzahnkronen	Mindestens 12 Monate nach Insertion	Überlebensrate
[Mangano et al., 2013]	Anteriore OK-Region (14-24)	40	22 sofort 18 spät	Kontrollierte klinische Studie	Sofortbelastung mit Einzelzahnkronen	Durchschnittlich 31,09-34,44 Monate nach Insertion	Erfolgsrate, Ästhetik
[Heinmann et al., 2013]	Anteriore OK-Region (15-25)	58	83 sofort 53 spät	Retrospektive Fall-Kontroll-Studie	Spätbelastung mit Einzelzahnkronen oder Brücken	3,8 Jahre nach Insertion	Erfolgsrate, Knochenverhältnisse, Fehlerrate
[Hof et al., 2015]	Anteriore OK-Region (14-24)	153	26 sofort 35 früh 92 spät	Retrospektive klinische Studie	Sofortbelastung mit Einzelzahnkronen	Durchschnittlich 1,6 bis 7,4 Jahre nach Insertion	Ästhetik, Knochenverhältnisse, parodontale Parameter
[Wu et al., 2015]	Anteriore OK-Region (13-23)	38	17 sofort 26 spät	Retrospektive vergleichende Studie	Sofortbelastung mit Einzelzahnkronen	2 Jahre nach Belastung	Knochenverhältnisse, parodontale Parameter
[Esposito et al., 2015].	Anteriore OK-Region (15-25)	106	54 sofort 52 spät	Randomisierte kontrollierte klinische Studie	Sofortbelastung mit Einzelzahnkronen	1 Jahr nach Belastung	Fehlerrate, Komplikationen, Ästhetik, Knochenverhältnisse, Patientenzufriedenheit

Tabelle 3 (Teil 3): Ausgewählte in vivo Studien an teilbezahnten Patienten

Name	Region	Anzahl Patienten	Anzahl Implantate	Art der Studie	Versorgung und Belastung	Beobachtungszeitraum	Kriterien
[Granić et al., 2015]	Anteriore OK- Region (15-25)	60	30 sofort 30 spät	Retrospektive klinische Studie	Spätbelastung mit Einzelzahnkronen	6 Monate nach Insertion	Fehlerrate, Implantatstabilität
[Felice et al., 2015]	Anteriore OK-Region (15-25)	50	25 sofort 25 spät	Randomisierte kontrollierte Studie	Sofort- oder Spätbelastung mit Einzelzahnkronen	1 Jahr nach Belastung	Fehlerrate, Komplikationen, Patientenzufriedenheit, Ästhetik, Knochenverhältnisse, Implantatstabilität
[Malchiodi et al., 2016]	Prämolaren- und Molarenregion OK und UK	40	20 sofort 20 spät	Randomisierte kontrollierte Studie	Spätbelastung mit Einzelzahnkronen	1 Jahr nach Insertion	Knochenverhältnisse, Erfolgsrate, Implantatstabilität
[Slagter et al., 2016]	Anteriore OK- und UK-Region (13-23 und 33-43)	40	20 sofort 20 spät	Randomisierte kontrollierte Studie	Spätbelastung mit Einzelzahnkronen	1 Jahr nach Belastung	Knochenverhältnisse, parodontale Parameter, Ästhetik, Patientenzufriedenheit
[Prati et al., 2017]	OK und UK, überall	58	29 sofort 29 früh 73 spät	Prospektive Kohortenstudie	Spätbelastung mit Einzelzahnkronen	2 Jahre nach Insertion	Knochenverhältnisse, Erfolgsrate, Komplikationen, parodontale Parameter
[Kim et al., 2017]	Prämolaren- und Molarenregion OK und UK	116	85 sofort 147 spät	Retrospektive klinische Studie	Spätbelastung mit Einzelzahnkronen	Durchschnittlich 3 Jahre nach Insertion	Knochenverhältnisse, Überlebensrate
[Raes et al., 2017]	OK und UK, überall	96	48 sofort 54 spät	Prospektive Fall-Kontroll-Studie	Sofortbelastung mit Einzelzahnkronen	5 Jahre nach Insertion	Fehlerrate

Tabelle 3 (Teil 4): Ausgewählte in vivo Studien an teilbezahnten Patienten

Name	Region	Anzahl Patienten	Anzahl Implantate	Art der Studie	Versorgung und Belastung	Beobachtungszeitraum	Kriterien
[Esposito et al., 2017]	OK und UK, überall	210	70 sofort 70 früh 70 spät	Randomisierte kontrollierte Studie	Spätbelastung mit Einzelzahnkronen	1 Jahr nach Belastung	Fehlerrate, Komplikationen, Knochenverhältnisse, Patientenzufriedenheit, Ästhetik
[Tonetti et al., 2017]	Anteriore OK- und UK-Region (15-25 und 35-45)	124	62 sofort 62 spät	Randomisierte kontrollierte Studie	Spätbelastung mit Einzelzahnkronen	3 Jahre nach Belastung	Knochenverhältnisse, parodontale Parameter, Patientenzufriedenheit, Ästhetik
[De Moraes et al., 2017]	Molarenregion OK und UK	110	70 sofort 48 spät	Retrospektive klinische Studie	Spätbelastung mit Einzelzahnkronen	Mindestens 12 Monate nach Insertion	Überlebensrate
[Mangano et al., 2017]	Anteriore OK-Region (14-24)	103	42 sofort 61 spät	Retrospektive klinische Studie	Sofortbelastung mit Einzelzahnkronen	Durchschnittlich 31,09-34,44 Monate nach Insertion	Ästhetik
[Gabrić et al., 2017]	Prämolarenregion OK	60	30 sofort 30 spät	Retrospektive vergleichende Studie	Spätbelastung mit Einzelzahnkronen	36 Monate nach Belastung	Fehlerrate, Implantatstabilität
[Checchi et al., 2017]	Molarenregion OK und UK	100	50 sofort 50 spät	Randomisierte kontrollierte Studie	Spätbelastung mit Einzelzahnkronen	1 Jahr nach Belastung	Fehlerrate, Komplikationen, Knochenverhältnisse, Ästhetik
[Kniha et al., 2017]	OK und UK, überall	78	16 sofort 66 spät	Prospektive beobachtende Studie	Sofortbelastung mit Einzelzahnkronen	1 Jahr nach Belastung	parodontale Parameter
[Haas et al., 2018]	Anteriore OK-Region (14-24)	749	431 sofort 410 spät	Retrospektive klinische Studie	Sofortbelastung mit Einzelzahnkronen	10 Jahre nach Insertion	Erfolgsrate, Knochenverhältnisse



Tabelle 3 (Teil 5): Ausgewählte in vivo Studien an teilbezahnten Patienten

Name	Region	Anzahl Patienten	Anzahl Implantate	Art der Studie	Versorgung und Belastung	Beobachtungszeitraum	Kriterien
[Berti et al., 2019]	OK und UK, überall	210	70 sofort 70 früh 70 spät	Randomisierte kontrollierte Studie	Spätbelastung mit Einzelzahnkronen	3 Jahre nach Belastung	Fehlerrate, Komplikationen, Ästhetik, Patientenzufriedenheit, Knochenverhältnisse
[Mailath et al., 2019]	Molarenregion OK	1405	526 sofort 3691 spät	Retrospektive Analyse	Sofortbelastung mit Einzelzahnkronen	Durchschnittlich 7 Jahre nach Insertion	Überlebensrate
[Menchini-Fabris et al., 2020]	Anteriore OK-Region (15-25)	41	20 sofort 21 spät	Retrospektive vergleichende Studie	Spätbelastung mit Einzelzahnkronen	3 Jahre nach Insertion	Überlebensrate, Komplikationen, Knochenverhältnisse

Tabelle 4: Ausgewählte in vivo Studien an zahnlosen Patienten

Name	Region	Anzahl Patienten	Anzahl Implantate	Art der Studie	Belastungsprotokoll	Beobachtungszeitraum	Kriterien
[Peñarrocha-Diago et al., 2011]	OK und UK, überall	30	173 sofort 119 spät	Retrospektive Fall-Kontroll-Studie	Spätbelastung	Mindestens 1 Jahr nach Belastung	Erfolgsrate, Knochenverhältnisse
[Peñarrocha-Oltra et al., 2013]	OK und UK, überall	29	94 sofort 99 spät	kontrollierte klinische Studie	Sofort- oder Spätbelastung	Durchschnittlich 20 Monate nach Belastung	Fehlerrate, Erfolgsrate, Komplikationen, Knochenverhältnisse
[Altintas et al., 2016]	OK und UK, überall	41	93 sofort 419 spät	Retrospektive Kohortenstudie	Spätbelastung	Durchschnittlich 44,9 Monate nach Insertion	Erfolgsrate, Fehlerrate

Um beide Methoden exakt miteinander vergleichen zu können, werden mehrere Parameter herangezogen.

Für die Beurteilung der Erfolgsrate gibt es verschiedene Kriterien. Entweder legen die Autoren diese selbst fest oder bedienen sich der allgemein anerkannten Erfolgskriterien, wie sie von den Autoren Buser und Albrektsson et al. festgelegt wurden.

Buser et al. [1990] beurteilen folgende Parameter für den Erfolg eines Implantats:

1. Das Implantat ist in situ.
2. Es liegen keine persistierenden Beschwerden wie Schmerzen, ein Fremdkörpergefühl und/oder eine Dysästhesie vor.
3. Es liegen keine periimplantären Infektionen mit putrider Sekretion vor.
4. Es ist keine Mobilität des Implantats nachweisbar.
5. Es liegt keine persistierende periimplantäre Radiotransluzenz vor.

Für Albrektsson et al. [1986] gelten folgende Parameter als relevant für den Implantaterfolg:

1. Die Überlebensrate beträgt nach 5 Jahren Belastung mindestens 85 % und nach 10 Jahren mindestens 80 %.
2. Das Implantat ist in situ.
3. Das Implantat ist klinisch fest im Knochen verankert.
4. Im Röntgenbild ist keine periimplantäre Radiotransluzenz feststellbar.
5. Nach einem Jahr beträgt der vertikale Knochenabbau weniger als 0,2 Millimeter pro Jahr.
6. Es liegen keine Symptome wie Schmerzen, Infektionen, Neuropathien oder Parästhesien vor.

In der „Pisa Consensus Conference“ wurden 4 klinische Kategorien festgelegt, die Implantaterfolg, Überlebensrate und Fehlerrate gleichzeitig beinhalten. Ein erfolgreiches Implantat ohne Schmerzen, Mobilität und mit weniger als 2 Millimeter Knochenverlust nach der initialen Operation zählt zur Gruppe 1. Zur Gruppe 2 gehören Implantate ohne Schmerzen bei Belastung aber mit leichter bis moderater Periimplantitis und einem Knochenverlust von 2 bis 4 Millimetern. Die dritte Gruppe beinhaltet Implantate mit deutlichem Knochenverlust und Sondierungstiefen von über 7 Millimetern, jedoch ohne Mobilität des Implantats.

Der letzten Gruppe sind fehlerhafte Implantate mit Schmerzen auf Belastung, Exsudat, Mobilität und radiographischem Knochenverlust, der mehr als die Hälfte der Implantatlänge beträgt, zugeteilt. Dabei konnte keine Restauration auf dem Implantat eingegliedert werden [Misch et al., 2008].

Die in der Literatur angegebenen Fehlerraten beziehen sich auf die Anzahl an Implantaten, die entfernt werden mussten. Die Gründe für eine Explantation waren eine Implantatfraktur, periimplantäre Knochendefekte, eine Überbelastung sowie Infektionen, die zu einer Lockerung und anschließendem Verlust des Implantats geführt haben [Kang et al., 2019]. Laut Peñarrocha-Diago et al. [2012] werden dabei frühe von späten Fehlerraten unterschieden. Bei frühen Fehlerraten, die noch vor Eingliederung der endgültigen prothetischen Arbeit auftreten, misslang eine Osseointegration. Die häufigsten Gründe hierfür sind das Entstehen einer Periimplantitis, die Folgen eines Operationstraumas oder das Vorhandensein von Knochendefekten im qualitativen oder quantitativen Sinn. Späte Fehlerraten treten dann auf, wenn eine Osseointegration nach Eingliederung der Restauration nicht aufrechterhalten werden kann. Dabei kann eine Periimplantitis, eine okklusale Überbelastung oder eine Implantatfraktur zugrunde liegen. Andere Autoren verwenden statt der Fehlerrate auch die Überlebensrate, um die Prognose der Implantate auszudrücken. Diese wird in Prozent angegeben und entspricht dem Abzug fehlerhafter Implantate von der Gesamtanzahl inserierter Implantate. Somit werden diejenigen Implantate beschrieben, die nach einer gewissen Beobachtungszeit noch in situ sind, also nicht verloren gegangen sind. Dabei wird die klinische Kondition, unter welcher sich das Implantat in der Alveole befindet, nicht berücksichtigt [Romeo et al., 2004].

Weiterhin sollen ästhetische Ergebnisse gegenübergestellt werden. Ein Kriterium ist das Vorhandensein von gingivalen Rezessionen, also einem Rückgang des Zahnfleisches. Mithilfe einer Parodontalsonde kann die Rezession vom Kronenrand bis zum Zahnfleischrand gemessen werden. Als Orientierung können dabei Nachbarzähne mit gesundem Parodont oder inzisale Referenzpunkte dienen. In einer Studie von Grandi et al. [2013] wird beispielsweise das mediobukkale Gingivalevel der Implantatkrone mit dem des Nachbarzahnes verglichen und in 5 Kategorien unterteilt. Dabei bedeutet „0“

keine Differenz der Gingivakontur, „1“ entspricht einem Unterschied, der weniger als 1 Millimeter beträgt, „2“ einer Differenz von unter 2 Millimetern, „3“ bedeutet weniger als 3 Millimeter Unterschied und „4“ letztendlich eine Differenz des mediobukkalen Gingivaverlaufs zwischen der entsprechenden Krone und dem Nachbarzahn, die mehr als 3 Millimeter beträgt.

Für die Ästhetik ist weiterhin der Zustand des Weichgewebes entscheidend. Für dessen Analyse dienen 2 Parameter, der Pink Esthetic Score und der White Esthetic Score. Während der Pink Esthetic Score (PES) das periimplantäre Weichgewebe analysiert, dient der White Esthetic Score (WES) eher der Beurteilung der restaurativen Aspekte und beruht daher vor allem auf der Qualität der zahntechnischen Arbeit. Der ursprüngliche Pink Esthetic Score basiert auf der Beurteilung von 7 Variablen: der mesialen und distalen Papille, des Levels und der Kontur des Weichgewebes, von Defiziten des Alveolarknochens sowie der Weichgewebstextur und -farbe. Jede Variable kann eine Bewertung von „0“ bis „2“ erhalten, also von schlecht bis sehr gut. Somit liegt der höchste Wert, der erzielt werden kann, bei „14“, was auf ein optimales ästhetisches Ergebnis hindeutet [Fürhauser et al., 2005].

In manchen Studien wird auch der neu modifizierte PES von Belser et al. [2009] verwendet, bei dem nur noch 5 Parameter beurteilt werden und damit der maximal erreichbare Wert auf „10“ sinkt. Hierbei werden Weichgewebstextur und -farbe sowie die Wurzelkonvexität in einem Parameter beurteilt. Zusätzlich wird die Krümmung der facialen Gingiva, das Gingivalevel und die Präsenz oder Absenz der mesialen beziehungsweise distalen Papille bewertet. Der Wert „6“ entspricht einem klinisch akzeptablen Ergebnis.

Außerdem entwickelten Belser et al. [2009] den bereits erwähnten White Esthetic Score. Für den WES gibt es ebenfalls 5 Parameter, um die Restauration des Implantats zu beurteilen: die Zahnform, dessen Volumen und Kontur, die Farbe, die Oberflächentextur und die Transluzenz. Auch hier wird jeder Parameter jeweils mit „0“ bis „2“ beurteilt und anschließend addiert. Es kann somit für beide Parameter ein maximaler Gesamtwert von „20“ erreicht werden. Dann wäre das ästhetische Ergebnis realitätsgetreu und mit den Nachbarzähnen vergleichbar [Belser et al., 2009].

Mitunter wird auch ein weiterer Index von Jemt [1997] für die Klassifikation des Zustandes der interproximalen Papille verwendet. Diese kann dabei jeweils von „0“ bis „4“ kategorisiert werden. Dabei steht „0“ für keine vorhandene

Interdentalpapille, „1“ heißt, es ist weniger als die Hälfte der Papillenhöhe vorhanden. Den Index „2“ erhalten diejenigen Papillen, die mindestens halb so hoch sind wie die eigentliche Papille, während „3“ eine Papille beschreibt, die den kompletten Approximalraum ausfüllt. „4“ beschreibt dabei eine hyperplastische Papille.

Auch der Zustand des Hartgewebes wird für eine Gegenüberstellung der Ergebnisse herangezogen. Für die Analyse des Knochengewebes wird röntgenologisch das Knochenlevel und die Dicke des Knochens beurteilt sowie eventuell vorhandene periimplantäre Knochenverluste analysiert. Jeweils mesial und distal wird dafür möglichst implantatnah, meist von zwei verschiedenen Behandlern, der Abstand der Implantatschulter zum koronalsten Anteil des sichtbaren Knochen-Implantat-Kontaktes radiographisch gemessen. Als Referenzpunkt dient dabei die Länge des Implantats. Die Bilder werden außerdem mittels bestimmter Softwares auf den Durchmesser des Implantats kalibriert. Die Werte werden gemittelt und zu verschiedenen Zeitpunkten erhoben und miteinander verglichen [Peñarrocha-Oltra et al., 2013].

Für eine literarische Gegenüberstellung sollten zudem subjektive Unterschiede, wie die Patientenzufriedenheit, mit einbezogen werden. Die Patienten können hierfür meist mithilfe einer Skala angeben, wie zufrieden sie bezüglich Funktion und Ästhetik ihrer eingegliederten Arbeit sind. Für die Beurteilung der Patientenzufriedenheit wird oft der OHIP-49-Score oder Variationen dessen verwendet. Der ursprüngliche „Score“ besteht aus 49 verschiedenen Fragen, die der Patient mithilfe einer Skala beantworten kann. Dabei werden die Patienten nach funktionellen Limitationen beim Kauen oder Sprechen, psychologischen oder physischen Problemen, von Schmerzen bis hin zu Einschränkungen im alltäglichen Leben, bedingt durch den Zahnersatz, gefragt. Der Patient gibt an, ob er bestimmte Beschwerden nie, fast nie, gelegentlich, häufig oder sehr häufig beobachtet hat, dementsprechend können die Punkte 0, 1, 2, 3 oder 4 betragen. Die einzelnen Punkte jeder Frage werden dann summiert. In den Studien werden meist Kurzversionen des ursprünglichen OHIP-49-Scores verwendet, wie der OHIP-7-Score oder der OHIP-14-Score.

Weiterhin geben manche Studien für einen klinischen Vergleich parodontale Parameter an, wie die Sondierungstiefe mit Blutung auf Sondierung. Für die Messung der Sondierungstiefen wird die Höhe des Attachments an mehreren Stellen um das Implantat herum beurteilt. Damit gleichzeitig eine Blutung auf Sondierung kontrolliert werden kann, wird an jeder sondierten Stelle überprüft, ob durch die Messung eine Blutung ausgelöst wurde. Je tiefer die Sondierungsstellen sind, desto mehr Attachmentverlust liegt vor, was sich negativ auf den Erfolg des Implantats auswirken kann [Pathak et al., 2016]. Je mehr Blutungspunkte vorliegen, desto schlechter, da dies auf ein entzündetes Zahnfleisch hindeutet und eine Mukositis oder gar eine Periimplantitis mit zusätzlichem Attachmentverlust wahrscheinlich ist [Renvert et al., 2018]. Zusätzlich werden in manchen Studien 2 weitere Indizes für den Vergleich beider Implantationszeitpunkte herangezogen. Einerseits der modifizierte Plaqueindex nach Mombelli und andererseits der gingivale Index. Für die Evaluation des Plaqueindexes kann die Präsenz von Plaque an der Implantatkrone von „0“ bis „3“ bewertet werden, was gleichbedeutend ist mit der Absenz von Plaque, einer nicht sichtbaren Plaqueablagerung, einer deutlich sichtbaren Plaque und einer massiven interdentalen Plaque [Hellwig et al., 2018].

Für den gingivalen Index wird der Zustand des Weichgewebes beurteilt, je nachdem ob eine normale, gestipelte rosa Gingiva oder eine entzündete, gerötete Gingiva vorliegt. Dabei ist der Schweregrad der Inflammation abhängig davon, ob eine Blutung auf Sondierung vorliegt oder nicht. Im schwersten Fall tritt eine Blutung spontan auf. Dabei erfolgt die Bewertung wieder von „0“ bis „3“ [Löe, 1967]. „0“ bedeutet also, dass keine Blutung auf Sondierung vorliegt, „1“, dass eine Blutung auf Sondierung auftritt und „3“, dass es zu einer Spontanblutung kommt.

Außerdem wird in manchen Studien als weiteres Kriterium die Höhe der keratinisierten Mukosa, also die Distanz vom Zahnfleischrand bis zur mukogingivalen Grenze, gemessen [Hof et al., 2015].

Auch Komplikationen in Bezug auf die jeweilige Implantationstechnik werden in manchen Studien als Bewertungskriterium herangezogen. Hierfür werden sowohl Komplikationen, die während einer Operation auftreten, als auch jene, die sich nach der Insertion des Implantats zeigen, beurteilt. Die Einteilung erfolgt dabei meist in biologische und biomechanische Komplikationen. Zu ersteren

gehören beispielsweise Infektionen oder Periimplantitiden, während zu letzteren eine Lockerung der Implantatschraube oder Frakturen der Implantatkrone gezählt werden [Esposito et al., 2015].

Zuletzt befassen sich manche Autoren mit dem Vergleich von Implantatstabilitäten. Dafür hat sich der Begriff des sogenannten Implantatsstabilitätsquotienten (ISQ) durchgesetzt. Für dessen Ermittlung gibt es verschiedene Techniken. Einerseits gibt es die sogenannte Resonanzfrequenzanalyse (RFA), bei der mithilfe eines Messgeräts magnetische Impulse entsandt werden, die letztendlich die Stabilität des Implantats messen können. Eine Sonde, die magnetische Impulse aussendet, und ein Sensor, der auf das Implantat gesetzt wird, kommen hierfür zum Einsatz. So kann ermittelt werden, bei welcher Frequenz der Sensor als Antwort auf den gesetzten Impuls vibriert. Es können Werte zwischen „0“ und „100“ aufgezeichnet werden. Sobald sich die Stabilität des Implantats erhöht, steigt auch die Frequenz. Dies deutet also auf eine erhöhte Festigkeit zwischen Knochen und Implantat und damit auf eine erfolgreiche Osseointegration hin [Meredith et al., 1996].

Die Stabilität kann auch mithilfe der quantitativen Ermittlung des Drehmoments in Newton pro Zentimeter zum Insertionszeitpunkt und bei Eingliederung der definitiven Restauration bestimmt werden [Righesso et al., 2016]. In der Studie von Felice et al. [2015] wird beispielsweise die Abutmentschraube mit einem Drehmoment von 20 Newtonzentimetern vor dem Einsetzen der endgültigen Arbeit gefestigt, um so die Stabilität zu überprüfen.

## 8. Aktueller Forschungsstand

In dem Zeitraum von 2011 bis 2021 gab es 9 relevante Metaanalysen und systematische Übersichtsarbeiten, in deren Fokus eine direkte Gegenüberstellung der Sofortimplantation und der konventionellen Implantation stand. Letztere erfolgte frühestens 3 Monate nach der Zahnextraktion.

In der Metaanalyse von Schropp et al. [2016] wurde vor allem auf die Veränderung knöcherner Verhältnisse in Relation zum Zeitpunkt der Implantation eingegangen. Die Analyse umfasste insgesamt 115 Artikel, die bis zum Jahr

2015 veröffentlicht wurden, wobei beide Implantationszeitpunkte für Einzelzahnkronen miteinander verglichen wurden. Kernaussage dieser Langzeitübersichtsarbeit war, dass die Sofortimplantation eine sichere und gute Alternative zur Spätimplantation darstellt. Es ergaben sich ähnliche Resultate bezüglich des marginalen Knochenlevels bei beiden Verfahren. Sowohl die Implantation in die Extraktionsalveole als auch die konventionelle Implantation zeigten Überlebensraten von über 90 %. Dabei lag der Beobachtungszeitraum der einzelnen Studien bei mindestens 12 Monaten.

Ketabi et al. [2016] führten eine Literaturrecherche innerhalb der Jahre 2005 bis 2015 durch, in der klinische Ergebnisse einer Sofortimplantation untersucht wurden. Von insgesamt 15 gefundenen Studien existierten lediglich 5, die die Sofortimplantation der konventionellen Implantation hinsichtlich der Überlebensrate gegenüberstellten. Dabei ergaben sich ähnlich hohe Werte von 98 %, unabhängig davon, ob das Implantat sofort oder konventionell in der Molarenregion des Ober- oder Unterkiefers inseriert wurde. Für weitere 8 Studien, die zusätzlich knöcherne Verhältnisse untersuchten, konnten Erfolgsraten nach den Kriterien von Albrektsson et al. [1986] angegeben werden. Dabei wurde ein niedriger mittlerer Knochenverlust von 0,57 Millimetern nach einem Jahr und damit eine hohe Erfolgsrate für beide Implantationszeitpunkte ermittelt. Es sollte allerdings beachtet werden, dass die verfügbare Literatur diesbezüglich limitiert war.

In 2 weiteren Metaanalysen von Cosyn et al. [2019] und von Mello et al. [2017], die unter anderem auf den Vergleich von Überlebensraten der konventionellen Implantation mit der Implantation in Extraktionsalveolen eingingen, ergab sich eine signifikant schlechtere Prognose für Sofortimplantate. In der systematischen Übersichtsarbeit von Cosyn et al. [2019] waren insgesamt nur 8 Studien eingeschlossen, die sich zudem auf den Implantaterfolg, auf klinische, ästhetische und radiographische Verhältnisse sowie auf Berichte der Patienten konzentrierten. Lediglich randomisierte oder nicht randomisierte Studien mit einem Beobachtungszeitraum von mindestens einem Jahr und der Eingliederung von Einzelzahnimplantaten wurden beachtet. Dabei war für die Ästhetik und Sondierungstiefen kein Unterschied zwischen den Insertionszeitpunkten ersichtlich. Hinsichtlich der anderen Parameter war das Ergebnis von Cosyn et al. [2019] nicht aussagekräftig genug.



Die systematische Übersichtsarbeit von Mello et al. [2017] analysierte insgesamt 30 Studien, die bis zum November 2016 veröffentlicht wurden. Neben der Überlebensrate wurde auch das Knochenniveau, die Implantatstabilität und Sondierungstiefen berücksichtigt. Trotz einer niedrigeren Überlebensrate für Sofortimplantate von 95,21 % gegenüber Spätimplantaten mit einer Überlebensrate von 98,28 %, zeigten die anderen Parameter gleichwertige Resultate. Dabei wurden insgesamt 3049 Implantate für die Eingliederung von Einzelzahnkronen oder implantatgetragenen Teil- oder Totalprothesen evaluiert. Diese Ergebnisse wurden von zwei weiteren Autoren bestätigt [Canellas et al., 2019, Chrcanovic et al., 2015]. Deren Recherche zeigte, dass bei sofortiger Implantation mit höheren Fehlerraten und geringeren Erfolgsraten zu rechnen ist. Bei Canellas et al. [2019] lag die Fehlerrate für Sofortimplantate um 3 % über derjenigen für Spätimplantate. Weiterhin differierten die ästhetischen Ergebnisse hinsichtlich der implantierten Region. Während die Sofortimplantation in der anterioren Region eine bessere Ästhetik zeigen konnte als die Spätimplantation, überwog die konventionelle Implantation in der Molarenregion. Bezüglich der periimplantären Knochenresorption konnten keine signifikanten Unterschiede für beide Implantationszeitpunkte gezeigt werden.

Von den 8241 untersuchten Sofortimplantaten in der Analyse von Chrcanovic et al. [2015] waren 330 fehlerhaft, während es bei 19410 Spätimplantaten 599 waren. So wies auch diese Studie darauf hin, dass die Fehlerrate von einer Implantation in die Extraktionsalveole negativ beeinflusst wird, unabhängig jedoch von der Region oder der Versorgung des Implantats. Ein Zusammenhang zwischen erhöhten Knochenverlusten und der sofortigen Implantation konnte allerdings nicht belegt werden.

Ortega-Martínez et al. [2012] konnten nach Analyse von insgesamt 20 Artikeln des Zeitraumes 2004 bis 2009 gleich hohe Werte für Erfolgs- und Überlebensraten bei der Sofort- und Spätimplantation ermitteln. Auch die knöcherne und weichgewebige Situation sowie die Stabilität nach Insertion der Einzelzahnimplantate war bei beiden Implantationszeitpunkten ähnlich.

In einer weiteren Metaanalyse aus 34 Studien, ausschließlich bezogen auf Einzelzahnimplantate in der ästhetischen Region, konnten ebenfalls sehr gute 1-Jahres-Überlebensraten für Sofortimplantate mit minimalen Weich- und Hartgewebsveränderungen im Vergleich zu Spätimplantaten erfasst werden. Über Ästhetik und Patientenzufriedenheit konnte in dieser systematischen

Übersichtsarbeit aufgrund zu wenig adäquater Studien keine Aussage getroffen werden [Slagter et al., 2014].

Erwähnt sei außerdem eine Analyse von Moy et al. [2016], in der im Zeitraum von 1985 bis 2014 konventionell inserierte Implantate mit Sofortimplantaten verglichen wurden. Dabei lag der Fokus auf der Überlebensrate, der Erfolgsrate sowie dem Knochenlevel. Alle untersuchten Implantate befanden sich in der posterioren Region des Ober- oder Unterkiefers und wurden mit Einzelzahnkronen versorgt. Die insgesamt 36 eingeschlossenen Studien zeigten ähnlich gute Ergebnisse für die Sofort- und Spätimplantation.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es nach wie vor schwierig erscheint, die Sofortimplantation der Spätimplantation hinsichtlich verschiedener Parameter gegenüberzustellen. Die vorliegende Arbeit versucht zu erörtern, ob die Implantation in die Extraktionsalveole gleiche Resultate erzielen kann wie die konventionelle Implantation, unabhängig von der Implantationsregion oder der Suprakonstruktion.

## 9. Ergebnisse der Literaturrecherche anhand folgender Parameter:

### 9.1 Erfolgsrate

Für Implantate der anterioren Oberkieferregion, zu verschiedenen Zeitpunkten inseriert, wurde die Erfolgsrate in 3 Studien angegeben. Haas et al. [2018] konnten nach 10 Jahren eine höhere Erfolgsrate für die konventionelle Implantation ermitteln. Verglichen wurden 431 Sofortimplantate mit 410 Spätimplantaten. In der Studie von Mangano et al. [2013] waren alle 22 Sofortimplantate und alle 18 Spätimplantate nach einem Beobachtungszeitraum von durchschnittlich 31 Monaten erfolgreich. Die Sofortimplantate wurden hierbei direkt nach Eingliederung okklusal belastet. Heinemann et al. [2013] zeigten in ihrer Studie gleich hohe Erfolgsraten von 100 % bei 83 sofort und 53 konventionell gesetzten Implantaten. Dabei wurden Implantate der Region 15 bis 25 untersucht.

In einer weiteren randomisierten kontrollierten klinischen Studie von 2016 wurden insgesamt 40 Zahnimplantate in der Prämolaren- und Molarenregion des Ober-

und Unterkiefers analysiert. Sofortimplantate zeigten, genau wie Implantate, die frühestens 3 Monate nach Zahnextraktion inseriert wurden, Erfolgsraten von 100 % [Malchiodi et al., 2016].

Bei Annibali et al. [2011] ergab sich nach einer 1 Jahr dauernden Untersuchung die höchste Erfolgsrate für Spätimplantate, gefolgt von Sofortimplantaten. Hierbei wurden Implantate bewertet, die sich in der ersten Molarenregion des Ober- oder Unterkiefers befanden.

Aus der retrospektiven Studie von Peñarrocha-Oltra et al. [2012] gingen bei 88 Spätimplantaten Erfolgsraten von 94,3 % und bei 35 Sofortimplantaten Werte von 93,2 % hervor, wobei kein signifikanter Unterschied festgestellt wurde. Es wurden Implantate in der Oberkiefermolarenregion untersucht.

In 2 Studien wurde die Erfolgsrate von Implantaten, die in einer beliebigen Region des Ober- und Unterkiefers gesetzt wurden, eruiert. Prati et al. [2017] konnten nach 2 Jahren eine Erfolgsrate von 100 % für Einzelzahnimplantate ermitteln, unabhängig von der Wahl des Implantationszeitpunktes. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von Vandeweghe et al. [2013], bei denen nach 26 Monaten alle 23 Sofortimplantate und alle 20 Spätimplantate erfolgreich waren. Dabei wurden die Sofortimplantate direkt nach Insertion mit Einzelzahnkronen versorgt, die anschließend funktionell belastet wurden.

Die Erfolgsrate von Implantaten bei zahnlosen Patienten wurde in 3 Studien angegeben. Dabei war vor allem die retrospektive Untersuchung von Altintas et al. [2016] mit 512 gesetzten Implantaten und einem durchschnittlichen Beobachtungszeitraum von 11 Jahren aussagekräftig. Die Erfolgsraten lagen sowohl für die Sofortimplantation als auch für die Spätimplantation bei 97,8 %. In einer randomisierten kontrollierten Studie aus dem Jahr 2013 von Peñarrocha-Oltra et al. [2013] ergab sich für 99 Spätimplantate eine Erfolgsrate von 99 % und für 88 Sofortimplantate eine Erfolgsrate von 96,8 %. Eine weitere Studie aus dem Jahr 2011 zeigte für beide Implantationszeitpunkte ähnlich hohe Werte, von 96,6 bis 97,7 %, wobei 173 Spät- und 113 Sofortimplantate untersucht wurden [Peñarrocha-Diago et al., 2011].

## 9.2 Überlebensrate und Fehlerrate

Im Jahr 2020 wurden in einer Studie insgesamt 41 Einzelzahnimplantate in der Frontzahn- und Prämolarenregion des Oberkiefers hinsichtlich der Überlebensrate bewertet. Dabei ergaben sich nach 3 Jahren sowohl für die Sofortimplantation als auch für die Spätimplantation Überlebensraten von 93 bis 100 % [Menchini-Fabris et al., 2020].

In einer weiteren Fallstudie wurde die Prognose von Einzelzahnimplantaten in der anterioren Maxilla mithilfe der Überlebensrate angegeben. Nach einem Jahr wurde für Sofortimplantate eine Überlebensrate von 93,8 % ermittelt, während diejenige für konventionelle Implantate bei 100 % lag. Es wurden allerdings nur 16 Sofortimplantate und 23 Spätimplantate untersucht [Raes et al., 2011].

In 4 Studien wurde die Fehlerrate für Implantate, die in der anterioren Region des Oberkiefers zu verschiedenen Zeitpunkten inseriert wurden, analysiert. Dabei ergab sich eine höhere Anzahl fehlerhafter Implantate nach Sofortimplantation als nach konventioneller Implantation; diese Unterschiede erwiesen sich allerdings als statistisch nicht signifikant. Grandi et al. [2013] und Felice et al. [2015] beobachteten jeweils insgesamt 50 Implantate über 12 Monate. Für die Sofortimplantate mit sofortiger Belastung lag die Fehlerrate bei Grandi et al. [2013] bei 8 % und bei Felice et al. [2015] bei 0 %, während Spätimplantate Fehlerraten von 0 % bei Felice et al. [2015] und von 4 % bei Grandi et al. [2013] zeigten. Auch Esposito et al. [2015] errechneten eine höhere Fehlerrate von 4 % für 54 unmittelbar nach Insertion belastete Sofortimplantate im Vergleich zu 52 Spätimplantaten, bei denen keine Implantatverluste zu verzeichnen waren. In einer weiteren prospektiven Studie von Raes [2017] wurde die Fehlerrate von Sofortimplantaten mit funktioneller Sofortversorgung und konventionell inserierten Implantaten über 5 Jahre untersucht. Von den 48 Sofortimplantaten und 54 Spätimplantaten ging jeweils ein Implantat verloren. Damit ergab sich eine Fehlerrate von 2,1 %, beziehungsweise 1,8 %. Der Unterschied erwies sich auch hier als nicht signifikant.

In der retrospektiven Studie von Kim et al. [2017] wurden gleiche Überlebensraten für 85 sofort und 125 spät gesetzte Implantate in der

Prämolaren- oder Molarenregion des Ober- und Unterkiefers nach 3 Jahren eruiert.

In 3 weiteren Publikationen wurde die Fehlerrate von Einzelzahnimplantaten in der Prämolarenregion des Oberkiefers angegeben. Dabei konnten weder bei Heinemann et al. [2013] noch bei Granić et al. [2015] oder Gabrić et al. [2017] Implantatverluste in beiden Gruppen ermittelt werden.

Auch bei insgesamt 53 analysierten Einzelzahnimplantaten konnten in der Fallstudie von Annibali et al. [2011] keine Unterschiede zwischen den Implantationszeitpunkten hinsichtlich der Überlebensraten erfasst werden. Untersucht wurden Implantate der ersten Molarenregion in der Maxilla und Mandibula. Die Ergebnisse wurden bis zu einem Jahr nach Eingliederung der definitiven Restauration aufgezeichnet.

In 2 weiteren Studien wurden Einzelzahnimplantate in der Molarenregion des Ober- oder Unterkiefers untersucht. Dabei ergaben sich bei De Moraes et al. [2017] Überlebensraten von 100 % für beide Implantationstechniken mit 70 Sofortimplantaten und 48 Spätimplantaten. Checchi et al. [2017] gaben für jeweils 50 Sofort- und Spätimplantate die Fehlerrate nach einem Beobachtungszeitraum von einem Jahr nach Implantatbelastung an. Dabei konnten für die Sofortimplantation Werte von 10,6 % erhoben werden, diese waren um 6 % höher als die Fehlerraten für die konventionelle Implantation.

In einer retrospektiven Studie aus dem Jahr 2019 betrug die Überlebensrate für 526 Sofortimplantate in der posterioren Maxillaregion 94,3 %. Diese lag geringfügig unter der Überlebensrate von 97,1 % für 3691 Spätimplantate. Die Implantate wurden durchschnittlich 7 Jahre lang beobachtet [Mailath et al., 2019].

In 4 Studien wurde die Überlebensrate oder die Fehlerrate von Implantaten angegeben, die sich in einer beliebigen Region des Ober- und Unterkiefers befanden. Innerhalb eines Beobachtungszeitraumes von 12 Monaten konnten De Moraes et al. [2013] eine Überlebensrate von 100 % ermitteln, unabhängig von der Wahl des Implantationszeitpunktes. In einer weiteren Studie wurden 480 Sofortimplantate und 542 Spätimplantate durchschnittlich 28,3 Monate lang untersucht, auch hier waren die Überlebensraten für beide Implantationszeitpunkte ähnlich und erreichten Werte von 93,2 bis 93,8 % [Peñarrocha-Diago et al., 2012].

Weiterhin stellten Vandeweghe et al. [2013] und Berti et al. [2019] verschiedene Insertionszeitpunkte in Bezug auf die Implantatfehlerrate gegenüber. Von jeweils 70 gesetzten Zahnimplantaten gingen in der Studie von Berti et al. [2019] 5 Sofortimplantate verloren, während es bei der konventionellen Implantation ein Implantat war. Bei Vandeweghe et al. [2013] differierten die Fehlerraten für beide Implantationszeitpunkte nicht voneinander, allerdings wurden hier insgesamt nur 50 Implantate analysiert.

In einer weiteren Studie von Altintas et al. [2016] wurden insgesamt 512 Implantate bei zahnlosen Patienten durchschnittlich 44,9 Monate lang hinsichtlich der Fehlerrate untersucht. Von 419 konventionell inserierten Implantaten gingen 9 verloren. Demgegenüber waren in der Gruppe der Sofortimplantation 2 fehlerhafte Implantate zu verzeichnen. Allerdings wurden hierfür nur 93 Implantate beurteilt. Demnach waren die Implantatprognosen für beide Insertionszeitpunkte miteinander vergleichbar.

### 9.3 Ästhetik

In insgesamt 6 Studien lag der Fokus auf ästhetischen Ergebnissen bei einer Implantation in der anterioren Region des Oberkiefers. In der Studie von Grandi et al. [2013] wurden hierfür Fotos jeweils zum Zeitpunkt der Belastung des Implantats sowie 12 Monate später von vestibulär aufgenommen und mit den beiden Nachbarzähnen verglichen. Für die Analyse der interproximalen Papille wurden die Kriterien von Jemt [1997] angewandt. Außerdem wurde die Höhe des mediobukkalen Gingivalelevels im Vergleich zu einem Nachbarzahn, der keine Rezession aufwies, gemessen. Aus der Studie ging hervor, dass Spätimplantate öfter ein ideales Gingivaniveau erreichten als Sofortimplantate. Bei einer Implantation in die Extraktionsalveole kam es also häufiger zu Rezessionen. Im Gegensatz zu anderen Studien galt aber hier ein dünner gingivaler Phänotyp nicht als Ausschlusskriterium für eine Implantation direkt nach Extraktion. Bezüglich der Regeneration der interproximalen Papille deutete die Sofortimplantation in dieser Studie auf bessere Resultate hin.

In 4 weiteren Studien gab es keine Diskrepanz zwischen einer Sofort- und Spätimplantation bezüglich des ästhetischen Ergebnisses.

Felice et al. [2015] verwendeten in der randomisierten kontrollierten Studie von 2015 den Pink Esthetic Score zur Beurteilung der Ästhetik anhand von Fotografien. Die Aufzeichnungen erfolgten jeweils 4 und 12 Monate nach Belastung des Implantats. Zu beiden Zeitpunkten konnten gleichwertige ästhetische Ergebnisse für die Sofortimplantation und die konventionelle Implantation in der anterioren Oberkieferregion erreicht werden. Hof et al. [2015], Raes et al. [2011] und Mangano et al. [2013] verzeichneten ebenfalls eine ähnlich gute Ästhetik für Sofort- und Spätimplantate. In den beiden letzteren Studien wurden die Sofortimplantate direkt nach Insertion mit Kronen versorgt und funktionell belastet. Hof et al. [2015] verwendeten neben Pink Esthetic Score und White Esthetic Score zusätzlich eine Skala zur subjektiven Evaluation der Ästhetik des inserierten Implantats.

In einer weiteren Studie von Mangano et al. [2017] konnte mithilfe derselben Parameter eine bessere Ästhetik für in Extraktionsalveolen inserierte Implantate erfasst werden. Nach 3 Jahren Beobachtungszeit waren PES und WES bei 42 Sofortimplantaten höher als bei 61 Spätimplantaten. Vor allem junge Patienten erhielten eine bessere ästhetische Restauration in der Oberkieferfrontzahnregion. Ein dicker gingivaler Phänotyp galt hierbei als Voraussetzung für die Sofortimplantation.

In drei weiteren Studien wurden neben Implantaten der oberen, anterioren Region auch Unterkieferfrontzahnimplantate untersucht. Dabei verglichen Slagter et al. [2016] jeweils 20 Sofort- und Spätimplantate miteinander, die in eine Alveole mit labialem Knochendefekt inseriert wurden. Hinsichtlich ästhetischer Parameter waren keine Unterschiede bei beiden Implantationszeitpunkten erkennbar. Ein ähnliches Ergebnis konnten Xie et al. [2019] bei je 57 analysierten Frontzahnimplantaten des Ober- und Unterkiefers eruieren. Die ästhetischen Parameter waren dabei nach einer Beobachtungszeit von einem Jahr für beide Implantationsprotokolle gleich gut.

Tonetti et al. [2017] errechneten dagegen bessere ästhetische Indizes für die Spätimplantation in der Frontzahnregion der Maxilla und der Mandibula. Hierfür wurden der PES und der WES anhand von klinischen Bildern bewertet. Implantate, die direkt nach einer Zahnextraktion gesetzt wurden, zeigten in 42 % der Fälle inadäquate Werte 12 Monate nach Kroneninsertion. Diese lagen um 19

% über den Werten einer Spätimplantation, womit der Unterschied statistisch signifikant war.

Bei Esposito et al. [2015] waren bei je 70 Implantaten, die zu verschiedenen Zeitpunkten inseriert wurden, weder 4 noch 12 Monate nach Belastung der Implantate Unterschiede bezüglich der erzielten Ästhetik ersichtlich. Die untersuchten Implantate befanden sich in der Prämolarenregion des Oberkiefers.

Die Ästhetik von Zahnimplantaten in der Molarenregion des Ober- oder Unterkiefers war das Thema der randomisierten Studie von Checchi et al. [2017]. Es ergaben sich für jeweils 50 Sofort- und Spätimplantate bessere ästhetische Resultate für die konventionelle Implantation. Hierbei wurden jedoch Implantate unterschiedlicher Durchmesser für beide Insertionszeitpunkte verwendet, wobei für die Sofortimplantation breitere Implantate ausgewählt wurden.

In 2 weiteren Studien wurden Einzelzahnimplantate, die zu verschiedenen Zeitpunkten in einer beliebigen Region inseriert wurden, analysiert. Dabei legten beide Untersuchungen die Vermutung nahe, dass bei Sofortimplantaten eine bessere Ästhetik erzielt werden kann. Esposito et al. [2017] und Berti et al. [2019] bewerteten jeweils 70 Implantate, die sofort, früh oder spät gesetzt wurden, über einen Zeitraum von 12 Monaten beziehungsweise 3 Jahren. Sowohl zum Zeitpunkt des Einsetzens der definitiven Arbeit als auch 4 Monate nach Belastung war der PES bei Sofortimplantaten am höchsten.

#### 9.4 Knochenverhältnisse

In 10 Studien lag der Fokus auf einem Vergleich von knöchernen Verhältnissen bei Sofort- beziehungsweise Spätimplantaten im anterioren Bereich des Oberkiefers. Dabei zeigten sich in 3 Studien geringere Knochenverluste für Sofortimplantate als für konventionell inserierte Implantate.

Esposito et al. [2015] ermittelten röntgenologisch Veränderungen des periimplantären marginalen Knochenlevels zum Zeitpunkt der Implantatinserion und ein Jahr beziehungsweise 5 Jahre nach Belastung. Mithilfe einer Software wurde das Röntgenbild auf die entsprechende Implantatlänge kalibriert und anschließend jeweils mesial und distal des Implantats das Knochenniveau



gemessen. Dabei wurden die Implantatschulter und der koronalste sichtbare Knochen-Implantat-Kontakt als Referenzpunkte genommen. Zu beiden Zeitpunkten lag der Knochenverlust um Spätimplantate geringfügig über dem um Sofortimplantate. Dieser Unterschied erwies sich allerdings als klinisch irrelevant. Felice et al. [2015] verzeichneten mithilfe derselben Technik für jeweils 25 gesetzte Implantate ein Jahr nach Belastung etwas weniger Knochenverlust für Sofortimplantate als für Spätimplantate, auch wenn diese Differenzen statistisch nicht signifikant waren.

Demgegenüber waren die Unterschiede hinsichtlich der Knochenverhältnisse zwischen den beiden Implantationszeitpunkten bei Menchini-Fabris et al. [2020] bedeutender. Für 20 Sofortimplantate lag der Knochenvolumenverlust von 14,6 % nach 3 Jahren deutlich unter den 27,1 % bei konventioneller Implantation.

In 6 weiteren Studien konnten hingegen ähnliche Ergebnisse knöcherner Parameter für die Sofort- und Spätimplantation in der Oberkieferfrontzahnregion verzeichnet werden. Grandi et al. [2013] ermittelten für beide Insertionsprotokolle keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Knochenresorption beziehungsweise Knochenlevelveränderungen zum Zeitpunkt der Implantation sowie ein Jahr später.

Bei Hof et al. [2015] und Wu et al. [2015] schienen die Ergebnisse bezüglich der Knochenverhältnisse beider Implantationstechniken nach mindestens 2 Jahren Beobachtungszeit ähnlich zu sein.

Für das mittlere Knochenlevel konnten in einer weiteren Studie von Raes et al. [2011] ebenfalls vergleichbare Werte, 52 Wochen nach Insertion von Sofort- und Spätimplantaten, eruiert werden. Weiterhin konnten weder Haas et al. [2018] noch Slagter et al. [2016] für den marginalen Knochenverlust von jeweils 431 beziehungsweise 20 Sofortimplantaten gegenüber 410 beziehungsweise 20 Spätimplantaten einen Unterschied ermitteln.

Die Autoren brachten einen periimplantären Knochenverlust nicht in einen Zusammenhang mit der Wahl des Implantationszeitpunktes.

In einer Studie von Tonetti et al. [2017] wurde ein höherer radiographischer Knochenverlust um Sofortimplantate als um Spätimplantate registriert. Die Studie umfasste insgesamt 124 Zahnimplantate in der anterioren Region des Ober- oder Unterkiefers mit einer Beobachtungszeit von 36 Monaten.

In 4 neueren Studien stand die Analyse von knöchernen Verhältnissen bei Oberkieferimplantaten im Frontzahn- oder Seitenzahnbereich im Fokus. Nach einem Beobachtungszeitraum von 8 Jahren konnten Li et al. [2020] keinen Unterschied in Bezug auf das Knochenlevel nach sofortiger, früher oder später Implantation ermitteln. Auch die Auswertungen von Heinemann et al. [2013] und Peñarrocha-Oltra et al. [2012] ergaben ähnliche Resultate hinsichtlich der Knochenresorption im Oberkiefer. Untersucht wurden insgesamt 136 beziehungsweise 123 Implantate.

Lediglich in der retrospektiven Studie von Ormianer et al. [2012] war der Knochenverlust um 65 Sofortimplantate deutlich höher als um 108 Spätimplantate nach 10 Jahren Evaluation in der Maxilla.

In 4 Studien wurden Zahnimplantate untersucht, die in der Prämolaren- oder Molarenregion der Maxilla oder Mandibula zu verschiedenen Zeitpunkten inseriert wurden. Dabei wurde von 3 Autoren ein besseres Knochenverhältnis nach konventioneller Implantation erfasst. Malchiodi et al. [2016] beobachteten höhere Knochenverluste um 20 Sofortimplantate innerhalb eines Jahres. Dies deckt sich mit dem Resultat von Kim et al. [2017]. Der Knochenverlust war in der distalen Region des Implantats bei Spätimplantaten etwas geringer als bei Sofortimplantaten.

Checchi et al. [2017] konnten für den gleichen Zeitraum um jeweils 50 Sofortimplantate durchschnittlich 0,43 Millimeter mehr Knochenverlust als um spät inserierte Implantate berechnen. Dabei sei zu erwähnen, dass der wesentliche Hintergrund dieser Studie war, breite Sofortimplantate mit schmalen, konventionell gesetzten Implantaten zu vergleichen. Es sollte untersucht werden, inwiefern der Durchmesser des Implantats einen Einfluss auf die verschiedenen Ergebnisse gehabt haben könnte.

Annibali et al. [2011] analysierten das marginale Knochenlevel um Sofort- und Spätimplantate zum Zeitpunkt der Eingliederung der provisorischen Krone, der endgültigen Krone sowie ein Jahr später. Es wurden dabei keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Implantationsprotokollen festgestellt.

Weiterhin wurden knöcherne Verhältnisse von Implantaten, die in einer beliebigen Region des Ober- oder Unterkiefers gesetzt wurden, in 4 Studien angegeben. Berti et al. [2019], Vandeweghe et al. [2013] und Prati et al. [2017]

konnten statistisch signifikant höhere Knochenverluste um Spätimplantate als um Sofortimplantate verzeichnen. Dabei ergab sich bei Prati et al. [2017] eine Tendenz zu einem Anstieg des Knochenverlustes um konventionell inserierte Implantate innerhalb der verschiedenen Analysezeiträume.

Esposito et al. [2017] errechneten für jeweils 70 Implantate nach einem Jahr Belastung weniger Knochenverlust in der Gruppe der konventionellen Implantate, verglichen mit direkt nach Extraktion inserierten Implantaten.

Zuletzt wurde in 2 Studien der Zusammenhang zwischen den Implantationszeitpunkten und knöchernen Veränderungen bei zahnlosen Patienten dargestellt. Für 173 Sofortimplantate und 119 Spätimplantate, die in der Studie von Peñarrocha-Diago et al. [2011] gegenübergestellt wurden, war der durchschnittliche Knochenverlust in beiden Gruppen ähnlich. Auch bei Peñarrocha-Oltra et al. [2013] waren bei insgesamt 193 analysierten Implantaten nach mindestens 12 Monaten Beobachtungszeit keine signifikanten Unterschiede ersichtlich.

## 9.5 Patientenzufriedenheit

In 3 Studien wurden Oberkieferfrontzahnimplantate hinsichtlich der Zufriedenheit der Patienten nach verschiedenen Implantationszeitpunkten bewertet. Alle Patienten waren dabei mit Funktion und Ästhetik gleichermaßen zufrieden, sowohl 4 als auch 12 Monate nach Belastung der Implantate. Esposito et al. [2015] untersuchten hierfür 54 Sofort- und 52 Spätimplantate, während bei Felice et al. [2015] insgesamt 50 Implantate für die Analyse herangezogen wurden. Dabei konnte der Patient angeben, ob er komplett zufrieden, nur partiell zufrieden oder unzufrieden mit der eingegliederten Restauration bezüglich funktioneller und ästhetischer Aspekte ist.

Die Auswertung der randomisierten kontrollierten Studie von Tonetti et al. [2017] von 124 Oberkiefer- und Unterkieferfrontzahnimplantaten ergab ebenfalls keine negativen Patientenerfahrungen. Dazu zählten Schmerzen während oder nach der Operation.

In einer weiteren Studie wurden jene Implantate evaluiert, die in der ästhetischen Zone mit labialem Knochendefekt des Ober- und Unterkiefers inseriert wurden.

Die Patientenzufriedenheit wurde hierbei mit dem OHIP-14-Score, also mithilfe von 14 Fragen, analysiert. Die Untersuchung wies darauf hin, dass Patienten gleichermaßen zufrieden waren, unabhängig davon, ob sofort oder spät implantiert wurde. Dabei ergaben sich Werte von 8,1 bis 8,4 bei einer Maximalzahl von 56 ein Jahr nach Kroneneingliederung [Slagter et al., 2016].

Esposito et al. [2017] und Berti et al. [2019] analysierten über einen Zeitraum von einem Jahr beziehungsweise 3 Jahren jeweils 70 Einzelzahnimplantate, die sich in einer beliebigen Region des Ober- oder Unterkiefers befanden. Dabei waren bei 3 verschiedenen Implantationszeitpunkten keine Unterschiede hinsichtlich der Zufriedenheit der Patienten mit dem funktionellen und ästhetischen Ergebnis der Restauration erkennbar.

## 9.6 Parodontale Parameter

Parodontale Parameter um Sofort- und Spätimplantate waren das Thema der folgenden 7 Studien.

Tonetti et al. [2017] untersuchten insgesamt 124 Einzelzahnimplantate in der Oberkiefer- und Unterkieferfrontzahnregion. Über einen Zeitraum von maximal 3 Jahren wurden Sondierungstiefen, positive Blutungspunkte, der Plaqueindex sowie die Höhe der keratinisierten Gingiva erfasst. Sowohl zum Zeitpunkt der Kroneneingliederung als auch ein Jahr später ergaben sich höhere Sondierungstiefen um Sofortimplantate. Implantate, die frühestens 3 Monate nach Extraktion inseriert wurden, zeigten bessere Ergebnisse. Die durchschnittlichen Werte der Sofortimplantate lagen bei  $3,7 \pm 1,4$  Millimetern, während Spätimplantate Sondierungstiefen von  $3,1 \pm 1,1$  Millimetern aufwiesen. Die anderen erwähnten Parameter differierten bei den beiden Implantationszeitpunkten nicht voneinander.

Hof et al. [2015] beurteilten parodontale Parameter im ästhetischen Oberkieferbereich von insgesamt 153 Implantaten nach einer durchschnittlichen Beobachtungszeit von 1,6 bis 7,4 Jahren. Generell wiesen wenige Implantate Plaque oder positive Blutungspunkte auf. Auch die Sondierungstiefen und die Höhe der keratinisierten Gingiva blieben im Verlauf konstant, unabhängig davon, welcher Implantationszeitpunkt vorher gewählt wurde. Auch Wu et al. [2015] analysierten die Stabilität des Weichgewebes um Oberkieferfrontzahnimplantate,

von denen 17 sofort und 26 konventionell inseriert wurden. Für die Höhe der mesialen und distalen Papille sowie den Verlauf des labialen Zahnfleischrandes konnten vergleichbar gute Ergebnisse in beiden Gruppen erreicht werden.

In einer weiteren Studie von Slagter et al. [2016] wurden je 20 Sofort- und Spätimplantate klinisch untersucht. Die zu ersetzenden Zähne befanden sich in der Oberkiefer- oder Unterkieferfrontzahnregion und wiesen einen labialen Knochendefekt auf. Sowohl der Plaqueindex als auch der gingivale Index und die Sondierungstiefen waren über einen Zeitraum von einem Jahr nach Implantatbelastung in beiden Gruppen niedrig. Demnach zeigte auch diese Studie keine besseren Gesamtergebnisse für die konventionelle Implantation gegenüber der Implantation in Extraktionsalveolen.

In der retrospektiven Fallstudie von Annibali et al. [2011] konnten ähnliche Werte für Sondierungstiefen und positive Blutungspunkte erfasst werden, unabhängig davon, ob sofort, früh oder spät implantiert wurde. Auch die Region, in der die Implantate inseriert wurden, schien keinen Einfluss auf die Resultate zu haben. Es wurden Implantate in der Molarenregion der Maxilla oder Mandibula untersucht. Die Messungen erfolgten an jeweils 4 Stellen um das Implantat, sowohl zum Zeitpunkt der Eingliederung des Provisoriums als auch ein Jahr nach Einsetzen der definitiven Restauration. Auch hinsichtlich des Zustandes der Gingiva und der Präsenz von Plaque gab es keine signifikanten Unterschiede.

Zuletzt führten Prati et al. [2017] und Kniha et al. [2017] eine ausführliche periimplantäre Untersuchung von Einzelzahnimplantaten verschiedener Regionen durch. Dabei ergaben sich bei Prati et al. [2017] für 29 Sofort- und 73 Spätimplantate weder positive Blutungspunkte noch erhöhte Sondierungstiefen zu keinem der 5 Evaluierungszeitpunkte. Kniha et al. [2017] analysierten insgesamt 82 Zahnimplantate, wobei gleichwertige Ergebnisse hinsichtlich der Papillenformation für beide Implantationszeitpunkte ermittelt werden konnten.

## 9.7 Komplikationen oder postoperative Probleme

In 5 bedeutenden Studien wurde die Häufigkeit von Komplikationen während oder nach der Insertion von Implantaten in der anterioren Region des Ober- oder Unterkiefers ermittelt. Fazit zweier Studien war, dass mit höheren

Komplikationsraten nach Sofortimplantation als nach Spätimplantation zu rechnen ist. Esposito et al. [2015] errechneten eine Komplikationsrate von 15 % für 54 Sofortimplantate und von 2 % für 52 Spätimplantate mit einem Beobachtungszeitraum von bis zu einem Jahr nach Belastung des Implantats. Dabei wurden sowohl biologische Komplikationen, wie Fisteln oder Periimplantitiden, als auch biomechanische Komplikationen, wie eine Lockerung oder Fraktur der Abutmentschraube, einbezogen. Tonetti et al. [2017] registrierten für 62 Sofortimplantate eine höhere Inzidenz von Wundheilungsstörungen oder postoperativen Infektionen gegenüber 62 Spätimplantaten. Auch waren bei der Implantation in Extraktionsalveolen häufiger Knochentransplantate nötig. Grandi et al. [2013] und Menchini-Fabris et al. [2020] konnten für 25 beziehungsweise 20 Sofort- und für 25 beziehungsweise 21 Spätimplantate dagegen keine Komplikationen in der Oberkieferfrontzahnregion ermitteln.

Die randomisierte kontrollierte Studie von Felice et al. [2015] eruierte für dieselbe Implantationsregion 3 Komplikationen bei Sofortimplantaten und 2 Komplikationen bei Spätimplantaten und konnte damit keinen signifikanten Unterschied feststellen. Zu den aufgetretenen Komplikationen zählten die Lockerung der provisorischen Krone 1 oder 3 Monate nach Belastung oder eine Mobilität des Implantats, was dessen Verlust bedeutete.

Checchi et al. [2017] analysierten ein Jahr lang Zahnimplantate in der Molarenregion des Ober- oder Unterkiefers hinsichtlich des Auftretens von Komplikationen nach unterschiedlichen Insertionszeitpunkten. Dabei traten in der Gruppe der Sofortimplantate 10 Komplikationen bei insgesamt 47 untersuchten Implantaten auf, während es in der Gruppe der Spätimplantate 4 von 44 Implantaten waren. Die Komplikationen umfassten Schmerzen nach Implantatinsertion, Periimplantitiden, eine Mobilität des Implantats oder eine Lockerung der Implantatschraube. Wichtig sei zu erwähnen, dass für die Insertion direkt nach Extraktion breitere Implantate von 6 bis 8 Millimetern Durchmesser verwendet wurden, während für die späte Implantation konventionelle Implantate mit einem Durchmesser von 4 bis 5 Millimetern eingesetzt wurden.

Die Komplikationsrate von Einzelzahnimplantaten wurde in 3 Studien im Zusammenhang mit verschiedenen Implantationszeitpunkten untersucht. Die Implantate befanden sich in einer beliebigen Region der Maxilla und Mandibula. Dabei konnten Esposito et al. [2017] nach Analyse von je 70 Implantaten keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich intra- und postoperativer Komplikationen ermitteln. Berti et al. [2019] erfassten nach 3 Jahren Beobachtung der gleichen Anzahl von Implantaten geringfügig mehr Komplikationen nach Sofortimplantation als nach Spätimplantation. Bei Prati et al. [2017] traten nach 2 Jahren Untersuchung von insgesamt 131 Implantaten weder Wundinfektionen noch Fisteln oder Implantatlockerungen auf, unabhängig von der Wahl des Insertionszeitpunktes.

In 2 weiteren Studien wurde die Häufigkeit von Komplikationen nach verschiedenen Implantationszeitpunkten bei zahnlosen Patienten angegeben. In der nicht randomisierten kontrollierten klinischen Studie von Peñarrocha-Oltra et al. [2013] traten bei insgesamt 30 Zahnimplantaten in beiden Gruppen Komplikationen auf. Bei der Sofortimplantation kam es vor allem zu einer Fraktur der Prothesenzähne oder zu einer Lockerung der Implantatschraube, während bei der Spätimplantation eine Weichgewebsirritation durch die später eingesetzte Prothese dominierte.

## 9.8 Implantatstabilität

In einer Studie von Granić et al. [2015] wurde die Implantatstabilität für jeweils 30 Sofort- und Spätimplantate berechnet. Dabei wurden nur Implantate eingeschlossen, die in der Prämolarenregion des Oberkiefers inseriert wurden. Der Implantatstabilitätsquotient (ISQ) wurde zu 2 Zeitpunkten ermittelt: zum Zeitpunkt der Implantation und 20 Wochen nach Insertion, aber vor Belastung des Implantats. Der ISQ für konventionell inserierte Implantate lag dabei über demjenigen für Sofortimplantate. Außerdem konnte vom ersten zum zweiten Messpunkt bei beiden Implantationsprotokollen ein Anstieg des mittleren Implantatstabilitätsquotienten beobachtet werden. Der ISQ für Sofortimplantate betrug zum ersten Zeitpunkt 61,43 und für Spätimplantate 64,17, während er beim zweiten Zeitpunkt für Sofortimplantate bei 66,23 und für Spätimplantate bei 68,83 lag.

Zwei weitere Autoren konnten allerdings keinen Unterschied zwischen der Sofort- und Spätimplantation bezüglich der Implantatstabilität feststellen. Malchiodi et al. [2016] ermittelten den ISQ zum Zeitpunkt der Implantation und nach funktioneller Belastung des Implantats. Dabei waren die insgesamt 40 gesetzten Implantate in beiden Gruppen gleichermaßen stabil. Vor allem nach der Sofortimplantation gab es eine Tendenz zu einem Anstieg des Implantatstabilitätsquotienten vom Zeitpunkt der Insertion bis zur Belastung des Implantats. Dies begründete Malchiodi et al. [2016] damit, dass die Stabilität des Implantats im Extraktionssitus ausschließlich von dessen Positionierung in den apikal gelegenen Knochen abhängt. Im Laufe der Einheilung nach Operation regeneriert sich der Knochen, wodurch es zu einer festeren Verankerung des Implantats im Knochen kommt und sich letztendlich der ISQ erhöht.

In der Studie von Gabrić et al. [2017] wurde die Implantatstabilität direkt zum Zeitpunkt der Insertion und 20 Wochen danach mithilfe der Resonanzfrequenzanalyse getestet. Die Auswertung ergab gleiche Werte für die Implantatstabilität nach Sofort- und Spätimplantation.

## 10. Diskussion

Es existieren wenige Metaanalysen, die eine direkte Gegenüberstellung von Sofort- und Spätimplantation vornehmen und dabei mehrere Einflussgrößen berücksichtigen.

Zunächst sollten Überlebens- oder Fehlerraten und Erfolgsraten im Zusammenhang mit dem Implantationszeitpunkt analysiert werden.

Hinsichtlich der Prognose von Implantaten, die anhand der Fehlerrate oder der Überlebensrate beschrieben wurde, deuteten 4 Metaanalysen der vergangenen 10 Jahre auf schlechtere Langzeiterfolge der Sofortimplantate gegenüber konventionell inserierten Implantaten hin [Canellas et al., 2019, Chrcanovic et al., 2015, Cosyn et al., 2019, Mello et al., 2017]. Dabei gab es jedoch keine Angabe, in welcher Region eher mit einer ungünstigen Prognose für Sofortimplantate zu rechnen ist. In 2 systematischen Übersichtsarbeiten wurden Implantate bei zahnlosen Patienten untersucht [Chrcanovic et al., 2015, Mello et al., 2017]. 5 weitere Analysen zeigten gleichwertige Ergebnisse und hohe Überlebensraten



von über 90 % für beide Implantationstechniken [Ketabi et al., 2016, Moy et al., 2016, Ortega-Martínez et al., 2012, Schropp et al., 2016, Slagter et al., 2014]. Anhand der untersuchten Studien in der vorliegenden Arbeit konnte für die Oberkieferfrontzahnregion eine Tendenz zu höheren Fehlerraten für die Implantation in Extraktionsalveolen ermittelt werden, wenngleich sich diese Unterschiede als statistisch nicht signifikant erwiesen [Esposito et al., 2015, Felice et al., 2015, Grandi et al., 2013, Raes et al., 2011]. Während bei der konventionellen Implantation meist alle Implantate in der Alveole verblieben, gingen manche Implantate nach der Sofortimplantation verloren. Es sei zu beachten, dass die Sofortimplantate, die in diesen Studien untersucht wurden, unmittelbar nach Insertion provisorisch versorgt wurden. In allen Publikationen ergaben sich dennoch Überlebensraten von über 92 % für die Sofortimplantation. In anderen Regionen und auch bei Zahnlosen zeigten die meisten Studien gleichwertige Ergebnisse hinsichtlich der Überlebensrate oder der Anzahl fehlerhafter Implantate für beide Implantationsprotokolle [Altintas et al., 2016, Menchini-Fabris et al., 2020, Peñarrocha-Diago et al., 2012]. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sowohl mit der Sofortimplantation als auch mit der konventionellen Implantation stets hohe Überlebensraten und gute Langzeiterfolge erzielt werden können.

Die Erfolgsrate wird meist mithilfe der Kriterien von Albrektsson oder Buser beschrieben und beurteilt dabei gegenüber der Überlebensrate nicht nur, ob ein Implantat noch in situ ist, sondern auch unter welchen klinischen Bedingungen. Dabei ist vor allem die periimplantäre Knochenresorption von Bedeutung. Bisher wurde die Erfolgsrate in 5 Literaturrecherchen hinzugezogen, um die Sofortimplantation mit der konventionellen Implantation zu vergleichen. Zwei Veröffentlichungen deuteten auf ähnlich hohe Erfolgsraten für beide Implantationszeitpunkte hin [Ketabi et al., 2016, Ortega-Martínez et al., 2012]. Nur in einer Studie wurden Implantate hinsichtlich der Erfolgsrate bei zahnlosen Patienten untersucht [Mello et al., 2017]. Dabei zeigten Sofortimplantate einen geringeren Erfolg als Spätimplantate. Vor allem für die Molarenregion des Ober- oder Unterkiefers gaben 2 Studien schlechtere Ergebnisse für die Implantation direkt nach Extraktion an [Canellas et al., 2019, Moy et al., 2016].

In den meisten Studien, die in dieser Arbeit einbezogen wurden, konnten hinsichtlich der Erfolgsrate keine Unterschiede zwischen einer Sofort- und

Spätimplantation erfasst werden. Es resultierten stets Werte von über 90 % für beide Techniken, unabhängig davon, in welcher Region implantiert wurde. Sowohl für Implantate der Molarenregion als auch für Implantate, die bei zahnlosen Patienten inseriert wurden, konnten die eingeschlossenen Studien zeigen, dass die Erfolgsraten bei beiden Insertionszeitpunkten ähnlich hoch sind [Altintas et al., 2016, Malchiodi et al., 2016, Peñarrocha-Diago et al., 2011, Peñarrocha-Oltra et al., 2013, Peñarrocha-Oltra et al., 2012, Prati et al., 2017, Vandeweghe et al., 2013].

Auch für die Oberkieferfrontzahnregion konnten in den ausgewerteten Studien gleich gute Ergebnisse hinsichtlich der Erfolgsrate für die Implantation in Extraktionsalveolen gegenüber der konventionellen Implantation ermittelt werden [Heinemann et al., 2013, Mangano et al., 2013].

Lediglich die Studien von Haas et al. [2018] und Annibali et al. [2011] gaben eine verminderte Erfolgsrate für die Sofortimplantation an. Auch hier waren allerdings die Sofortimplantate in 93 % der Fälle erfolgreich, was laut Literatur trotzdem ein sehr gutes Ergebnis darstellt [Annibali et al., 2011].

Weiterhin sollte überprüft werden, ob es Unterschiede hinsichtlich der Ästhetik zwischen einer Implantation in die Extraktionsalveole und der konventionellen Implantation gibt.

Ästhetische Ergebnisse im Zusammenhang mit der Wahl des Implantationszeitpunktes wurden bisher nur in 2 Metaanalysen untersucht. Diese zeigten gleichwertige Resultate anhand des Pink Esthetic Scores für die Sofort- und die Spätimplantation, unabhängig von der Region, in der implantiert wurde [Chen et al., 2014b, Cosyn et al., 2019, Slagter et al., 2014]. In der vorliegenden Arbeit konnte ebenfalls in verschiedenen Studien belegt werden, dass eine Implantation direkt nach Extraktion eine gleich gute Ästhetik mit einem hohen PES erzielen kann wie die konventionelle Implantation [Esposito et al., 2017, Felice et al., 2015, Mangano et al., 2013]. Viele Studien untersuchten dafür vor allem Implantate, die in der Frontzahnregion inseriert wurden, da hier das ästhetische Endresultat entscheidend für den Patienten ist [Slagter et al., 2016, Xie et al., 2019]. Gerade in dieser Region ist eine Sofortimplantation meist zu favorisieren, da dem Patienten eine provisorische Versorgung direkt nach der Zahnextraktion eingegliedert werden kann. Dennoch sei zu beachten, dass in den meisten Studien Patienten mit einem dünnen gingivalen Phänotyp oder einer

Dehiszenz der bukkalen Knochenwand ausgeschlossen wurden, um eine Rezession zu vermeiden [Mangano et al., 2013, Raes et al., 2011]. Demnach sollte die Indikation vorher streng gestellt werden und in jenen Fällen, in denen eine Sofortimplantation mehr Risiken mit sich bringen würde, eine konventionelle Implantation vorgezogen werden.

Ein weiterer Parameter für die Gegenüberstellung der Sofortimplantation und der Spätimplantation war die periimplantäre Knochensituation.

Hinsichtlich der knöchernen Verhältnisse nach beiden Implantationszeitpunkten zeigten bisherige Veröffentlichungen, dass sowohl mit der Sofort- als auch mit der Spätimplantation eine stabile knöcherne Situation erreicht werden kann. Dabei untersuchten Slagter et al. [2014] Implantate in der ästhetischen Region des Oberkiefers. Moy et al. [2016] analysierten Implantate in der posterioren Region der Maxilla oder Mandibula. In der Metaanalyse von Ketabi et al. [2016] gab es zu wenige Daten, um eine definitive Aussage bezüglich knöcherner Verhältnisse treffen zu können. Andere Autoren, die die Knochensituation nach Sofort- oder Spätimplantation beurteilten, konnten ähnliche Ergebnisse für beide Insertionszeitpunkte ermitteln. Die hierfür untersuchten Implantate befanden sich in verschiedenen Regionen der Maxilla und Mandibula [Canellas et al., 2019, Chen et al., 2014b, Chrcanovic et al., 2015, Cosyn et al., 2019, Ortega-Martínez et al., 2012, Schropp et al., 2016].

Dies deckt sich mit den Ergebnissen der Studien, die in dieser Arbeit eingeschlossen wurden, um die Knochenverhältnisse beider Implantationsprotokolle miteinander zu vergleichen. Dabei hing die Veränderung des Knochenlevels und ein periimplantärer Knochenverlust meist nicht von der Wahl des Insertionszeitpunktes oder der implantierten Region ab [Annibali et al., 2011, Grandi et al., 2013, Haas et al., 2018, Hof et al., 2015, Slagter et al., 2016, Wu et al., 2015].

In der Frontzahnregion ergab sich eine Tendenz zu besseren Ergebnissen für die Implantation in die Extraktionsalveole. Meist kam es hier zu einer geringeren Knochenresorption, dennoch waren die Unterschiede statistisch nicht signifikant [Esposito et al., 2015, Felice et al., 2015, Menchini-Fabris et al., 2020].

Daraus lässt sich schließen, dass die knöcherne Situation nach beiden Implantationstechniken, unabhängig von der Implantationsregion, überzeugend ist.

Zudem sollte die Patientenzufriedenheit im Zusammenhang mit dem Implantationszeitpunkt untersucht werden.

Bisher existierten keine Metaanalysen, in denen die Zufriedenheit der Patienten ausreichend erfasst wurde und dabei Sofort- und Spätimplantate miteinander verglichen wurden. In der vorliegenden Arbeit wurde in 5 Studien angegeben, wie zufrieden die Patienten hinsichtlich Funktion und Ästhetik mit der endgültigen Arbeit waren und ob sie über postoperative Schmerzen berichteten. Dabei waren die Patienten sowohl von der konventionellen Implantation als auch von der direkten Implantation nach Extraktion überzeugt und würden sich für das gleiche Prozedere ein weiteres Mal entscheiden. Untersucht wurden dafür, außer bei Esposito et al. [2017], fast nur Implantate in der Frontzahnregion des Ober- oder Unterkiefers, da hier das ästhetische Ergebnis für den Patienten eine große Rolle spielt [Esposito et al., 2015, Felice et al., 2015, Slagter et al., 2016, Tonetti et al., 2017].

Weiterhin sollte analysiert werden, ob es einen Unterschied zwischen der Implantation in die Extraktionsalveole und der konventionellen Implantation bezogen auf parodontale Parameter gibt.

In den letzten 10 Jahren wurden parodontale Parameter, wie Sondierungstiefen oder Weichgewebsverhältnisse, nach Sofort- oder Spätimplantation nur in 3 Metaanalysen zusammengefasst [Cosyn et al., 2019, Ortega-Martínez et al., 2012, Slagter et al., 2014]. Die existenten Publikationen konnten jedoch zeigen, dass diese Parameter bei beiden Implantationstechniken gleichermaßen stabil waren, unabhängig von der implantierten Region. In der vorliegenden Arbeit konnten diesbezüglich 7 Studien eingeschlossen werden [Annibali et al., 2011, Hof et al., 2015, Kniha et al., 2017, Prati et al., 2017, Slagter et al., 2016, Tonetti et al., 2017, Wu et al., 2015]. Lediglich in einer Studie konnten dabei höhere Sondierungstiefen nach der Sofortimplantation gegenüber der konventionellen Implantation in der Frontzahnregion der Maxilla oder Mandibula ermittelt werden [Tonetti et al., 2017]. Andere Parameter, wie die Anzahl positiver Blutungspunkte, das Vorhandensein von Plaque, der gingivale Index und die Höhe der keratinisierten Gingiva ergaben dagegen in allen Untersuchungen vergleichbare Ergebnisse. Dabei hatte weder der Zeitpunkt noch die Region der Implantation einen Einfluss auf die Resultate.

Dies führt zu der Schlussfolgerung, dass mit beiden Implantationstechniken eine stabile periimplantäre Weichgewebssituation erreicht werden kann und das Risiko für die Entwicklung einer Periimplantitis nicht vom Zeitpunkt der Implantation abhängt.

Weiterhin sollte überprüft werden, ob Komplikationen während oder nach der Operation in einem Zusammenhang mit der Wahl des Implantationsverfahrens stehen.

Zwei Literaturrecherchen der letzten 10 Jahre gaben Komplikationen während oder nach einer Sofortimplantation im Vergleich zur Spätimplantation an. In der Metaanalyse von Chrcanovic et al. [2015] lag der Fokus auf postoperativen Infektionen, während bei Cosyn et al. [2019] sowohl biologische als auch technische Komplikationen untersucht wurden.

Bei den eingeschlossenen Studien gab es hierbei starke Diskrepanzen. Manche Autoren gaben häufigere Komplikationen für die sofortige Implantation an. Dazu zählten beispielsweise postoperative Infektionen. Dahingegen deuteten andere Studien darauf hin, dass die konventionelle Implantation risikobehafteter sei. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam die vorliegende Arbeit nach Auswertung zahlreicher Studien. Autoren berichteten von höheren Komplikationsraten für die Sofortimplantation, wobei es oft zu einer Periimplantitis oder Wundheilungsstörung kam [Checchi et al., 2017, Esposito et al., 2015]. Betroffen waren dabei vor allem Implantate der Frontzahn- oder der Molarenregion des Oberkiefers.

In anderen Studien schien die Häufigkeit von Komplikationen bei beiden Insertionszeitpunkten gleich hoch zu sein, während vor allem von Lockerungen der Implantatschraube, von postoperativen Schmerzen oder von einer Implantatmobilität berichtet wurde [Esposito et al., 2017, Felice et al., 2015]. Weiterhin gab es Analysen, bei denen gar keine Komplikationen angegeben wurden, weder für die Sofort- noch für die Spätimplantation [Grandi et al., 2013, Menchini-Fabris et al., 2020]. Untersucht wurden dabei jeweils Oberkieferfrontzahnimplantate.

Bei zahnlosen Patienten kam es, unabhängig von der gewählten Implantationstechnik, gleichermaßen zu Komplikationen, wobei sich lediglich die Art der Komplikation unterschied [Peñarrocha-Oltra et al., 2013].

Hieraus lässt sich nicht ableiten, ob bei der Implantation direkt nach Extraktion mit höheren Komplikationsraten zu rechnen ist und ob es Regionen gibt, in denen eine Sofortimplantation mehr Risiken mit sich bringt.

Dazu wären weitere Analysen über einen längeren Zeitraum, speziell für die ästhetische und posteriore Region des Oberkiefers, notwendig.

Zuletzt sollte die Stabilität der Implantate, die sofort nach Zahnextraktion oder konventionell inseriert wurden, miteinander verglichen werden.

Die Stabilität der Implantate nach verschiedenen Implantationszeitpunkten wurde bisher ausschließlich in einer Metaanalyse angegeben [Ortega-Martínez et al., 2012]. Um die Implantatstabilität zu messen, nutzten die Autoren der einbezogenen Studien die Resonanzfrequenzanalyse. Implantate waren hierbei nach Untersuchung bei beiden Implantationszeitpunkten gleichermaßen stabil. Dieses Fazit konnte in der vorliegenden Literaturrecherche mithilfe von 3 Studien ebenfalls bestätigt werden. Der Implantatstabilitätsquotient, der mithilfe derselben Technik ermittelt wurde, differierte somit nicht, unabhängig von der Region oder dem Zeitpunkt der Implantation [Gabrić et al., 2017, Granić et al., 2015, Malchiodi et al., 2016].

## 11. Zusammenfassung

Diese Literaturrecherche diente der anschaulichen Gegenüberstellung einer Implantation in Extraktionsalveolen mit einer Implantation in verknöcherte Alveolen.

Dabei war das Ziel dieser Arbeit, anhand von Publikationen der letzten 10 Jahre, klinische Ergebnisse einer Sofortimplantation mit denen einer Spätimplantation zu vergleichen. Für die Analyse wurden Studien herangezogen, in denen ein oder mehrere der folgenden Parameter in Bezug auf den Implantationszeitpunkt angegeben wurden: Überlebensraten oder Fehlerraten, Erfolgsraten, Ästhetik, knöcherne Verhältnisse, Patientenzufriedenheit, parodontale Parameter, Komplikationen während oder nach der Implantation sowie die Implantatstabilität.

Nach Analyse aller Studien und dem Vergleich mit bisherigen Forschungsarbeiten kann festgehalten werden, dass die Sofortimplantation eine gute und gleichwertige Alternative zur konventionellen Implantation darstellt. Voraussetzung ist jedoch eine ausführliche Indikationsstellung im Vorfeld. Bei Patienten mit einem niedrigen Risikoprofil, bei denen ein dicker gingivaler Phänotyp und eine intakte bukkale Knochenlamelle vorliegt, kann eine Sofortimplantation mit überzeugenden Ergebnissen durchgeführt werden.

Sowohl für die Überlebensrate, die Erfolgsrate als auch für die Ästhetik konnten in der Literaturrecherche keine Unterschiede zwischen beiden Implantationszeitpunkten ermittelt werden. Weiterhin ergaben sich vergleichbare Ergebnisse hinsichtlich parodontaler Parameter, der Patientenzufriedenheit und der Implantatstabilität bei einer Implantation in Extraktionsalveolen und der konventionellen Implantation. Die Resultate zeigten sich hierbei unabhängig der implantierten Region oder des Vorhandenseins von Restzähnen. Hinsichtlich peri- oder postoperativer Komplikationen im Zusammenhang mit dem Zeitpunkt der Implantation waren die Studien sehr widersprüchlich, weshalb weitere Langzeituntersuchungen nötig sind.

Die Ergebnisse der Literaturrecherche bestätigen die Grundhypothese einer Gleichwertigkeit von Sofort- und Spätimplantation.

Eignet sich der Patient für eine Sofortimplantation, kann diese diverse Vorteile sowohl für den Patienten als auch für den Behandler mit sich bringen. In Fällen, in denen eine Sofortimplantation kontraindiziert ist, sollte die späte Implantation favorisiert werden, welche nach wie vor eine bewährte Methode mit sehr guten Langzeitergebnissen darstellt.

## 12. Literaturverzeichnis

Aguilar-Salvatierra, A., Calvo-Guirado, J.L., González-Jaranay, M., Moreu, G., Delgado-Ruiz, R.A., Gómez-Moreno, G.

Peri-implant evaluation of immediately loaded implants placed in esthetic zone in patients with diabetes mellitus type 2: a two-year study.

Clinical Oral Implants Research. 27 (2016) 156-161

Al-Hindi, M., Al-Fotawi, R., Al-Tamimi, A., Khalil, O., Al-Osaimi, N., Al-Ghamdi, K., Heji, K.

Effect of hypothyroidism's medication (T4) on implant osseointegration: A case series and literature search.

International Journal of Surgery Case Reports. 79 (2021) 255-262

Al-Johany, S., AlOtaibi, H., Al, M.A., Alzoman, H., Alkindi, M., Alqahtani, F., Alwadei, F.

Reasons for not using Implants to retain Complete Denture: Patients' Survey.

Journal of Contemporary Dental Practice. 17 (2016) 826-829

Al-Sabbagh, M., Robinson, F.G., Romanos, G., Thomas, M.V.

Osteoporosis and bisphosphonate-related osteonecrosis in a dental school implant patient population.

Implant Dentistry. 24 (2015) 328-332

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.

International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 1 (1986) 11-25

Altintas, N., Taskesen, F., Bagis, B., Baltacioglu, E., Cezairli, B., Senel, F.

Immediate implant placement in fresh sockets versus implant placement in healed bone for full-arch fixed prostheses with conventional loading.

International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 45 (2016) 226-231

Anderson, L., Meraw, S., Al-Hezaimi, K., Wang, H.L.

The influence of radiation therapy on dental implantology.

Implant Dentistry. 22 (2013) 31-38

Annibali, S., Bignozzi, I., Iacovazzi, L., La Monaca, G., Paola Cristalli, M.

Immediate, early, and late implant placement in first-molar sites: a retrospective case series.

International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 26 (2011)

Aquilino, S.A., Shugars, D.A., Bader, J.D., White, B.A.

Ten-year survival rates of teeth adjacent to treated and untreated posterior bounded edentulous spaces.

Journal of Prosthetic Dentistry. 85 (2001) 455-460

Assaf, M., Gharbyeh, A.Z.A.



Screw-retained crown restorations of single implants: A step-by-step clinical guide.

European Journal of Dentistry. 8 (2014) 563-570

Ata-Ali, J., Ata-Ali, F., Di-Benedetto, N., Bagán, L., Bagán, J.V.

Does HIV infection have an impact upon dental implant osseointegration? A systematic review.

Medicina Oral, Patologia Oral, Cirugia Bucal. 20 (2015) e347-356

Attard, N.J., Zarb, G.A.

A study of dental implants in medically treated hypothyroid patients.

Clinical Implant Dentistry and Related Research. 4 (2002) 220-231

Baron, M., Gritsch, F., Hansy, A.M., Haas, R.

Implants in an HIV-positive patient: a case report.

International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 19 (2004) 425-430

Barone, A., Aldini, N.N., Fini, M., Giardino, R., Calvo Guirado, J.L., Covani, U.  
Xenograft versus extraction alone for ridge preservation after tooth removal: a clinical and histomorphometric study.

Journal of Periodontology. 79 (2008) 1370-1377

Bashutski, J.D., Wang, H.L., Rudek, I., Moreno, I., Koticha, T., Oh, T.J.

Effect of flapless surgery on single-tooth implants in the esthetic zone: a randomized clinical trial.

Journal of Periodontology. 84 (2013) 1747-1754

Becker, W.

Immediate implant placement: diagnosis, treatment planning and treatment steps/or successful outcomes.

Journal of the California Dental Association. 33 (2005) 303-310

Becker, W.

Immediate implant placement: treatment planning and surgical steps for successful outcomes.

British Dental Journal. 201 (2006) 199-205

Bell, C.L., Diehl, D., Bell, B.M., Bell, R.E.

The immediate placement of dental implants into extraction sites with periapical lesions: a retrospective chart review.

Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 69 (2011) 1623-1627

Belser, U.C., Grütter, L., Vailati, F., Bornstein, M.M., Weber, H.P., Buser, D.

Outcome evaluation of early placed maxillary anterior single-tooth implants using objective esthetic criteria: a cross-sectional, retrospective study in 45 patients with a 2- to 4-year follow-up using pink and white esthetic scores.

Journal of Periodontology. 80 (2009) 140-151

Berti, C., Barausse, C., Breschi, L., Felice, P.

Immediate, early (6 weeks) and delayed (4 months) post-extractive single implants- a 3-year RCT.  
Clinical Oral Implants Research. 30 (2019) 36-36

Bilhan, H., Erdogan, O., Geçkili, O., Bilgin, T.  
Comparison of Marginal Bone Levels Around Tissue-Level Implants with Platform-Matched and Bone-Level Implants with Platform-Switching Connections: 1-Year Results of a Prospective Cohort Study with a Split-Mouth Design.  
International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 36 (2021) 945-951

Binon, P.P.  
Thirteen-year follow-up of a mandibular implant-supported fixed complete denture in a patient with Sjogren's syndrome: a clinical report.  
Journal of Prosthetic Dentistry. 94 (2005) 409-413

Bohner, L., Hanisch, M., Kleinheinz, J., Jung, S.  
Dental implants in growing patients: a systematic review.  
British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 57 (2019) 397-406

Brånemark, P.-I.Z., George A.; Albrektsson, Tomas  
Tissue-Integrated Prostheses: Osseointegration in Clinical Dentistry.  
Chicago: Quintessence Publishing Co. (1985) 199-209

Brånemark, P.I., Hansson, B.O., Adell, R., Breine, U., Lindström, J., Hallén, O., Ohman, A.  
Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period.  
Scandinavian Journal of Plastic And Reconstructive Surgery. Supplementum. 16 (1977) 1-132

Buser, D., Chappuis, V., Belser, U.C., Chen, S.  
Implant placement post extraction in esthetic single tooth sites: when immediate, when early, when late?  
Periodontology 2000. 73 (2017a) 84-102

Buser, D., Martin, W., Belser, U.C.  
Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla: anatomic and surgical considerations.  
International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 19 (2004)

Buser, D., Sennerby, L., De Bruyn, H.  
Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions.  
Periodontology 2000. 73 (2017b) 7-21

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 (1990) 33-40

Canellas, J., Medeiros, P.J.D., Figueredo, C., Fischer, R.G., Ritto, F.G.  
Which is the best choice after tooth extraction, immediate implant placement or delayed placement with alveolar ridge preservation? A systematic review and meta-analysis.

Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery. 47 (2019) 1793-1802

Checchi, V., Felice, P., Zucchelli, G., Barausse, C., Piattelli, M., Pistilli, R., Grandi, G., Esposito, M.

Wide diameter immediate post-extractive implants vs delayed placement of normal-diameter implants in preserved sockets in the molar region: 1-year post-loading outcome of a randomised controlled trial.

European Journal of Oral Implantology. 10 (2017) 263-278

Chen, H., Zhang, G., Weigl, P., Gu, X.

Immediate placement of dental implants into infected versus noninfected sites in the esthetic zone: A systematic review and meta-analysis.

Journal of Prosthetic Dentistry. 120 (2018) 658-667

Chen, S., Buser, D., Wismeijer, D.

Alveolarkammaugmentationen bei Implantatpatienten.

Quintessenz. 1 (2014a)

Chen, S.T., Beagle, J., Jensen, S.S., Chiapasco, M., Darby, I.

Consensus statements and recommended clinical procedures regarding surgical techniques.

International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 24 Suppl (2009) 272-278

Chen, S.T., Buser, D.

Esthetic outcomes following immediate and early implant placement in the anterior maxilla - a systematic review.

International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 29 (2014b) 186-215

Chrcanovic, B., Kisch, J., Larsson, C.

Retrospective evaluation of implant-supported full-arch fixed dental prostheses after a mean follow-up of 10 years.

Clinical Oral Implants Research. (2020)

Chrcanovic, B.R., Albrektsson, T., Wennerberg, A.

Immediate nonfunctional versus immediate functional loading and dental implant failure rates: a systematic review and meta-analysis.

Journal of Dentistry. 42 (2014) 1052-1059

Chrcanovic, B.R., Albrektsson, T., Wennerberg, A.

Dental implants inserted in fresh extraction sockets versus healed sites: a systematic review and meta-analysis.

Journal of Dentistry. 43 (2015) 16-41

Chrcanovic, B.R., Albrektsson, T., Wennerberg, A.

Dental Implants in Patients Receiving Chemotherapy: A Meta-Analysis.

Implant Dentistry. 25 (2016) 261-271

Clementini, M., Tiravia, L., De Risi, V., Vittorini Orgeas, G., Mannocci, A., de Sanctis, M.

Dimensional changes after immediate implant placement with or without simultaneous regenerative procedures: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Periodontology*. 42 (2015) 666-677

Cosyn, J., De Lat, L., Seyssens, L., Doornewaard, R., Deschepper, E., Vervaeke, S.

The effectiveness of immediate implant placement for single tooth replacement compared to delayed implant placement: A systematic review and meta-analysis.

*Journal of Clinical Periodontology*. 46 (2019) 224-241

Cosyn, J., Eghbali, A., De Bruyn, H., Collys, K., Cleymaet, R., De Rouck, T.

Immediate single-tooth implants in the anterior maxilla: 3-year results of a case series on hard and soft tissue response and aesthetics.

*Journal of Clinical Periodontology*. 38 (2011) 746-753

Daubert, D.M., Weinstein, B.F., Bordin, S., Leroux, B.G., Flemming, T.F.

Prevalence and predictive factors for peri-implant disease and implant failure: a cross-sectional analysis.

*Journal of Periodontology*. 86 (2015) 337-347

De Angelis, P., Manicone, P.F., Rella, E., Liguori, M.G., De Angelis, S., Tancredi, S., D'Addona, A.

The effect of soft tissue augmentation on the clinical and radiographical outcomes following immediate implant placement and provisionalization: a systematic review and meta-analysis.

*International Journal of Implant Dentistry*. 7 (2021) 86

De Medeiros, F., Kudo, G.A.H., Leme, B.G., Saraiva, P.P., Verri, F.R., Honório, H.M., Pellizzer, E.P., Santiago Junior, J.F.

Dental implants in patients with osteoporosis: a systematic review with meta-analysis.

*International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 47 (2018) 480-491

De Moraes, E.J., De Moraes, L.E., De Moraes, N.

Comparison between immediate and delayed single wide implants placed in the molar region: a clinical retrospective study with a follow up of 1 and, 10 years.

*Clinical Oral Implants Research*. (2017) 28 (Suppl.14)

De Moraes, E.J., Genovese, F.R.

Comparison between immediate and delayed laser-treated implants surface with switching platform: a clinical retrospective study.

*Journal of Oral Implantology*. 39 (2013) 333-338

Elsyad, M., Elgamal, M., Mohammed Askar, O., Youssef Al-Tonbary, G.

Patient satisfaction and oral health-related quality of life (OHRQoL) of conventional denture, fixed prosthesis and milled bar overdenture for All-on-4 implant rehabilitation. A crossover study.  
Clinical Oral Implants Research. 30 (2019) 1107-1117

Esposito, M., Barausse, C., Pistilli, R., Jacotti, M., Grandi, G., Tuco, L., Felice, P.  
Immediate loading of post-extractive versus delayed placed single implants in the anterior maxilla: outcome of a pragmatic multicenter randomised controlled trial 1-year after loading.  
European Journal of Oral Implantology. 8 (2015) 347-358

Esposito, M., Grusovin, M.G., Maghaireh, H., Worthington, H.V.  
Interventions for replacing missing teeth: different times for loading dental implants.  
Cochrane Database of Systematic Reviews. 2013 (2013) Cd003878

Esposito, M., Zucchelli, G., Cannizzaro, G., Checchi, L., Barausse, C., Trullenque-Eriksson, A., Felice, P.  
Immediate, immediate-delayed (6 weeks) and delayed (4 months) post-extractive single implants: 1-year post-loading data from a randomised controlled trial.  
European Journal of Oral Implantology. 10 (2017) 11-26

Esposito, S.J., Camisa, C., Morgan, M.  
Implant retained overdentures for two patients with severe lichen planus: a clinical report.  
Journal of Prosthetic Dentistry. 89 (2003) 6-10

Eufinger, H., Kübler, A., Schliephake, H.  
Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Operationslehre und -atlas.  
Springer. 5 (2021) 114-137

Felice, P., Pistilli, R., Barausse, C., Trullenque-Eriksson, A., Esposito, M.  
Immediate non-occlusal loading of immediate post-extractive versus delayed placement of single implants in preserved sockets of the anterior maxilla: 1-year post-loading outcome of a randomised controlled trial.  
European Journal of Oral Implantology. 8 (2015) 361-372

Figliuzzi, M., Amerigo, G., Cristofaro, M.G., Pacifico, D., Biamonte, P., Fortunato, L.  
Postextractive implants in aesthetic areas: evaluation of perimplant bone remodeling over time.  
Annali di stomatologia. 6 (2015) 29-34

Fobbe, H., Rammelsberg, P., Lorenzo Bermejo, J., Kappel, S.  
The up-to-11-year survival and success of implants and abutment teeth under solely implant-supported and combined tooth-implant-supported double crown-retained removable dentures.  
Clinical Oral Implants Research. 30 (2019) 1134-1141

Funato, A., Salama, M., Ishikawa, T., Garber, D., Salama, H.  
Timing, positioning, and sequential staging in Esthetic implant therapy: A four-dimensional perspective.  
International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry. 27 (2007) 313-323

Fürhauser, R., Florescu, D., Benesch, T., Haas, R., Mailath, G., Watzek, G.  
Evaluation of soft tissue around single-tooth implant crowns: the pink esthetic score.  
Clinical Oral Implants Research. 16 (2005) 639-644

Gabrić, D., Granic, M., Kotarac, K.A., Vucicevic, B.V., Katanec, D.  
Radiographic comparison of immediate and delayed maxillary implant placement.  
Clinical Oral Implants Research. 28 (2017) 437-437

Gamborena, I., Blatz, M.B.  
Evolution - Aktuelle Konzepte für Einzelzahnimplantate im Frontzahnbereich.  
Quintessenz. 1 (2016) 87-147

Gao, X., Qin, S., Cai, H., Wan, Q.  
Comparison of general and aesthetic effects between flapless and flap techniques in dental implantation: a meta-analysis of randomized controlled trials.  
International Journal of Implant Dentistry. 7 (2021)

Gargallo-Albiol, J., Barootchi, S., Marqués-Guasch, J., Wang, H.L.  
Fully Guided Versus Half-Guided and Freehand Implant Placement: Systematic Review and Meta-analysis.  
International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 35 (2020) 1159-1169

Gernet, W., Biffar, R., Beuer, F., Schwenger, N., Ehrenfeld, M.  
Zahnärztliche Prothetik.  
Georg Thieme Verlag KG. 5 (2017) 84-129

Gherlone, E.F., Capparé, P., Tecco, S., Polizzi, E., Pantaleo, G., Gastaldi, G., Grusovin, M.G.  
A Prospective Longitudinal Study on Implant Prosthetic Rehabilitation in Controlled HIV-Positive Patients with 1-Year Follow-Up: The Role of CD4+ Level, Smoking Habits, and Oral Hygiene.  
Clinical Implant Dentistry and Related Research. 18 (2016) 955-964

Gómez-de Diego, R.  
Indications and contraindications of dental implants in medically compromised patients: update.  
Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal. 19 (2014) e483

Gómez-Moreno, G., Aguilar-Salvatierra, A., Rubio Roldán, J., Guardia, J., Gargallo, J., Calvo-Guirado, J.L.  
Peri-implant evaluation in type 2 diabetes mellitus patients: a 3-year study.

Clinical Oral Implants Research. 26 (2015) 1031-1035

Grandi, T., Guazzi, P., Samarani, R., Grandi, G.  
Immediate provisionalisation of single post-extractive implants versus implants placed in healed sites in the anterior maxilla: 1-year results from a multicentre controlled cohort study.  
European Journal of Oral Implantology. 6 (2013) 285-295

Granić, M., Katanec, D., Vučićević Boras, V., Sušić, M., Bago Jurič, I., Gabrić, D.  
Implant stability comparison of immediate and delayed maxillary implant placement by use of resonance frequency analysis—a clinical study.  
Acta clinica Croatica. 54 (2015) 3-8

Greenstein, G., Cavallaro, J., Romanos, G., Tarnow, D.  
Clinical Recommendations for Avoiding and Managing Surgical Complications Associated With Implant Dentistry: A Review.  
Journal of Periodontology. 79 (2008) 1317-1329

Grötz, K., Duttenhoefer, F., Füssinger, M., Boeker, M., Beckmann, Y.  
Dentale Implantate bei Patienten mit Immundefizienz (S3).  
AWMF online. 1 (2019) AWMF-Registernummer: 083-034

Grötz, K., Walter, C., Al-Nawas, B., Haßfeld, S., Sader, R., Ullner, M.  
Zahnimplantate bei medikamentöser Behandlung mit Knochenantiresorptiva (inkl. Bisphosphonate) (S3).  
AWMF online. 1 (2016) AWMF-Registernummer: 083-026

Grötz, K.A., Piesold, J., Al-Nawas, B.  
Bisphosphonat-assoziierte Kiefernekrose (BP-ONJ) und andere Medikamenten-assoziierte Kiefernekrosen (S3).  
AWMF online. 4 (2012) AWMF-Registernummer: 083-026

Grunder, U.  
Implantate in der ästhetischen Zone - Ein Behandlungskonzept Step by Step.  
Quintessenz. 1 (2015) 64-65, 118-292

Gutwald, R., Gellrich, N., Schmelzeisen, R.  
Einführung in die zahnärztliche Chirurgie und Implantologie.  
Deutscher Ärzte-Verlag DÄV, Köln. (2010)

Haas, R., Grzadziel, A., Millesi, W., Fürhauser, R., Mailath-Pokorny, G., Busenlechner, D., Pommer, B.  
Immediate vs. delayed implant placement in the esthetic zone-10-year survival and bone level analysis.  
Clinical Oral Implants Research. 29 (2018) 95-95

Habashneh, R.A., Walid, M.A., Abualteen, T., Abukar, M.

Socket-shield Technique and Immediate Implant Placement for Ridge Preservation: Case Report Series with 1-year Follow-up.  
Journal of Contemporary Dental Practice. 20 (2019) 1108-1117

Hamed, M.T., Abdullah Mously, H., Khalid Alamoudi, S., Hossam Hashem, A.B., Hussein Naguib, G.  
A Systematic Review of Screw versus Cement-Retained Fixed Implant Supported Reconstructions.  
Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry. 12 (2020) 9-16

Hämmerle, C.H., Chen, S.T., Wilson, T.G., Jr.  
Consensus statements and recommended clinical procedures regarding the placement of implants in extraction sockets.  
International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 19 Suppl (2004) 26-28

Hämmerle, C.H., Lang, N.P.  
Single stage surgery combining transmucosal implant placement with guided bone regeneration and bioresorbable materials.  
Clinical Oral Implants Research. 12 (2001) 9-18

Heinemann, F., Biffar, R., Schwahn, C., Mundt, T.  
Bone level changes in dental implants with platform-switched design after immediate and delayed placement in the maxilla.  
International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry. 33 (2013)

Hellwig, E., Schäfer, E., Klimek, J., Attin, T.  
Einführung in die Zahnerhaltung.  
Deutscher Zahnärzte Verlag. 7 (2018) 533

Hof, M., Pommer, B., Ambros, H., Jesch, P., Vogl, S., Zechner, W.  
Does timing of implant placement affect implant therapy outcome in the aesthetic zone? A clinical, radiological, aesthetic, and patient-based evaluation.  
Clinical Implant Dentistry and Related Research. 17 (2015) 1188-1199

Holzinger, D., Seemann, R., Matoni, N., Ewers, R., Millesi, W., Wutzl, A.  
Effect of dental implants on bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaws.  
International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 72 (2014) 1937.e1931-1938

Hürzeler, M.B., Zuhr, O., Schupbach, P., Rebele, S.F., Emmanouilidis, N., Fickl, S.  
The socket-shield technique: a proof-of-principle report.  
Journal Clinical Periodontology. 37 (2010) 855-862

Hyun, Y.K., Lee, C.Y., Keerthana, S., Ramasamy, S., Song, S.Y., Shim, J.S., Ryu, J.J.  
Horizontal alteration of anterior alveolar ridge after immediate implant placement: A retrospective cone beam computed tomography analysis.  
Journal of Advanced Prosthodontics. 13 (2021) 117-125



- Iasella, J.M., Greenwell, H., Miller, R.L., Hill, M., Drisko, C., Bohra, A.A., Scheetz, J.P.  
Ridge preservation with freeze-dried bone allograft and a collagen membrane compared to extraction alone for implant site development: a clinical and histologic study in humans.  
Journal of Periodontology. 74 (2003) 990-999
- Irinakis, T., Tabesh, M.  
Preserving the socket dimensions with bone grafting in single sites: an esthetic surgical approach when planning delayed implant placement.  
Journal of Oral Implantology. 33 (2007) 156-163
- Jacobsen, C., Metzler, P., Rössle, M., Obwegeser, J., Zemmann, W., Grätz, K.W.  
Osteopathology induced by bisphosphonates and dental implants: clinical observations.  
Clinical Oral Investigations. 17 (2013) 167-175
- Jemt, T.  
Regeneration of gingival papillae after single-implant treatment.  
International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry. 17 4 (1997) 326-333
- Kakar, A., Kakar, K., Leventis, M.D., Jain, G.  
Immediate Implant Placement in Infected Sockets: A Consecutive Cohort Study.  
Journal of Lasers in Medical Sciences. 11 (2020) 167-173
- Kang, D.-W., Kim, S.-H., Choi, Y.-H., Kim, Y.-K.  
Repeated failure of implants at the same site: a retrospective clinical study.  
Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery. 41 (2019) 27
- Kang, S.H., Kim, S.K., Heo, S.J., Koak, J.Y.  
Survival rate and clinical evaluation of the implants in implant assisted removable partial dentures: surveyed crown and overdenture.  
Journal of Advanced Prosthodontics. 12 (2020) 239-249
- Kern, J.-S., Wolfart, S.  
Implantatprothetische Versorgung des zahnlosen Oberkiefers (S3).  
AWMF online. 3 (2020) AWMF-Registernummer: 083-010
- Kerschbaum, T., Hirland, K., Teeuwen, R., Faber, F.J.  
Zur Überlebensrate von Totalprothesen.  
Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift. (2007) 458-464
- Ketabi, M., Deporter, D., Atenafu, E.G.  
A Systematic Review of Outcomes Following Immediate Molar Implant Placement Based on Recently Published Studies.  
Clinical Implant Dentistry and Related Research. 18 (2016) 1084-1094

- Kim, J.K., Yoon, H.J.  
Clinical and radiographic outcomes of immediate and delayed placement of dental implants in molar and premolar regions.  
Clinical Implant Dentistry and Related Research. 19 (2017) 703-709
- Klein, M.O., Grötz, K.A., Walter, C., Wegener, J., Wagner, W., Al-Nawas, B.  
Functional rehabilitation of mandibular continuity defects using autologous bone and dental implants - prognostic value of bone origin, radiation therapy and implant dimensions.  
European Surgical Research. 43 (2009) 269-275
- Klotz, A.L., Fobbe, H., Rammelsberg, P., Lorenzo Bermejo, J., Kappel, S.  
Survival and success of tooth-implant-supported and solely implant-supported double-crown-retained overdentures: A prospective study over a period of up to 11 years.  
Clinical Oral Implants Research. 32 (2021) 1425-1432
- Kniha, K., Kniha, H., Möhlhenrich, S., Milz, S., Hölzle, F., Modabber, A.  
Papilla and alveolar crest levels in immediate versus delayed single-tooth zirconia implants.  
International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 46 (2017) 1039-1044
- Koh, R.U., Rudek, I., Wang, H.-L.  
Immediate implant placement: positives and negatives.  
Implant Dentistry. 19 (2010) 98-108
- Kois, J.C.  
Altering gingival levels: the restorative connection part I: biologic variables.  
Journal of Esthetic and Restorative Dentistry. 6 (1994) 3-7
- Kois, J.C.  
Predictable single tooth peri-implant esthetics: five diagnostic keys.  
Compendium of Continuing Education in Dentistry. 22 (2001) 199-206; quiz 208
- Li, Y., Bai, S., Jiang, L.L., Tan, Y.Y.  
Long-term outcomes of dental implants at different times after tooth extraction.  
Shanghai Kou Qiang Yi Xue. 29 (2020) 287-292
- Liddelw, G., Klineberg, I.  
Patient-related risk factors for implant therapy. A critique of pertinent literature.  
Australian Dental Journal. 56 (2011) 417-426
- Lin, C.-C., Wu, C.-Z., Huang, M.-S., Huang, C.-F., Cheng, H.-C., Wang, D.  
Fully Digital Workflow for Planning Static Guided Implant Surgery: A Prospective Accuracy Study.  
J Clin Med. 9 (2020a) 980
- Lin, C.Y., Chen, Z., Pan, W.L., Wang, H.L.

Is History of Periodontal Disease Still a Negative Risk Indicator for Peri-implant Health Under Supportive Post-implant Treatment Coverage? A Systematic Review and Meta-analysis.  
International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 35 (2020b) 52-62

Liu, M., He, L., Wang, H.  
Clinical and radiographic performance of one-piece and two-piece implant: a systematic review and meta-analysis.  
Journal of Prosthodontic Research. 65 (2021) 56-66

Löe, H.  
The Gingival Index, the Plaque Index and the Retention Index Systems.  
Journal of Periodontology. 38 (1967) 610-616

López-Cedrún, J.L., Sanromán, J.F., García, A., Peñarrocha, M., Feijoo, J.F., Limeres, J., Diz, P.  
Oral bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaws in dental implant patients: a case series.  
British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 51 (2013) 874-879

López-Pacheco, A., Soto-Peñaloza, D., Gómez, M., Peñarrocha-Oltra, D., Alarcón, M.A.  
Socket seal surgery techniques in the esthetic zone: a systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis of randomized clinical trials.  
International Journal of Implant Dentistry. 7 (2021) 13

Lv, X.L., Qian, S.J., Qiao, S.C., Gu, Y.X., Lai, H.C., Shi, J.Y.  
Clinical, radiographic, and immunological evaluation of angulated screw-retained and cemented single-implant crowns in the esthetic region: A 1-year randomized controlled clinical trial.  
Clinical Implant Dentistry and Related Research. 23 (2021) 692-702

Mailath, G., Fürhauser, R., Haas, R., Busenlechner, D., Millesi, W., Mailath-Pokorny, G., Pommer, B.  
Immediate versus delayed single-tooth implants in the posterior maxilla – Retrospective survival analysis.  
Clinical Oral Implants Research. 30 (2019) 445-445

Malchiodi, L., Balzani, L., Cucchi, A., Ghensi, P., Nocini, P.F.  
Primary and Secondary Stability of Implants in Postextraction and Healed Sites: A Randomized Controlled Clinical Trial.  
International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 31 (2016)

Mangano, F.G., Mangano, C., Ricci, M., Sammons, R.L., Shibli, J.A., Piattelli, A.  
Esthetic evaluation of single-tooth Morse taper connection implants placed in fresh extraction sockets or healed sites.  
Journal of Oral Implantology. 39 (2013) 172-181

- Mangano, F.G., Mastrangelo, P., Luongo, F., Blay, A., Tunchel, S., Mangano, C.  
Aesthetic outcome of immediately restored single implants placed in extraction sockets and healed sites of the anterior maxilla: a retrospective study on 103 patients with 3 years of follow-up.  
*Clinical Oral Implants Research*. 28 (2017) 272-282
- Mankani, N., Chowdhary, R., Patil, B.A., Nagaraj, E., Madalli, P.  
Osseointegrated dental implants in growing children: a literature review.  
*Journal of Oral Implantology*. 40 (2014) 627-631
- Mao, Z., Lee, C.T., He, S.M., Zhang, S., Bao, J., Xie, Z.G.  
Buccal bone dimensional changes at immediate implant sites in the maxillary esthetic zone within a 4-12-month follow-up period: A systematic review and meta-analysis.  
*Clinical Implant Dentistry and Related Research*. 23 (2021) 883-903
- Mello, C., Lemos, C., Verri, F., Dos Santos, D., Goiato, M., Pellizzer, E.  
Immediate implant placement into fresh extraction sockets versus delayed implants into healed sockets: A systematic review and meta-analysis.  
*International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 46 (2017) 1162-1177
- Memon, S., Weltman, R.L., Katancik, J.A.  
Oral bisphosphonates: early endosseous dental implant success and crestal bone changes. A retrospective study.  
*International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*. 27 (2012) 1216-1222
- Menchini-Fabris, G.B., Toti, P., Crespi, G., Covani, U., Furlotti, L., Crespi, R.  
Effect of Different Timings of Implant Insertion on the Bone Remodeling Volume around Patients' Maxillary Single Implants: A 2-3 Years Follow-Up.  
*International Journal of Environmental Research and Public Health*. 17 (2020)
- Meredith, N., Alleyne, D., Cawley, P.  
Quantitative determination of the stability of the implant-tissue interface using resonance frequency analysis.  
*Clinical Oral Implants Research*. 7 (1996) 261-267
- Merli, M.  
Implantattherapie - Der integrierte Behandlungsplan.  
*Quintessenz*. 1 (2013) 217-280
- 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 (2008) 5-15
- Mishra, S.K., Gaddale, R., Sonnahalli, N.K., Chowdhary, R.

Platform-Switching Concept in Dental Implants: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials with a Minimum Follow-up of 3 Years. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*. 36 (2021) e97-e109

Moeintaghavi, A., Arab, H., Shiezadeh, F., Moradi, A., Radvar, M., Fatemi, K. Evaluation of Alveolar Crest Changes following Buccal Bone Overbuilding in Immediate Implantation. *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*. 26 (2016) 217-224

Morris, H.F., Ochi, S., Winkler, S. Implant survival in patients with type 2 diabetes: placement to 36 months. *Annals of Periodontology*. 5 (2000) 157-165

Moy, P.K., Nishimura, G.H., Pozzi, A., Danda, A.K. Single implants in dorsal areas - A systematic review. *European Journal of Oral Implantology*. 9 Suppl 1 (2016) 163-172

Muddugangadhar, B., Amarnath, G., Sonika, R., Chheda, P.S., Garg, A. Meta-analysis of failure and survival rate of implant-supported single crowns, fixed partial denture, and implant tooth-supported prostheses. *Journal of International Oral Health: JIOH*. 7 (2015) 11

Mustapha, A.D., Salame, Z., Chrcanovic, B.R. Smoking and Dental Implants: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicina (Kaunas)*. 58 (2021)

Nakagawa, A., Shitara, N., Ayukawa, Y., Koyano, K., Nishimura, K. Implant treatment followed by living donor lung transplant: a follow-up case report. *Journal of Prosthodontic Research*. 58 (2014) 127-131

Negri, B., Zuhr, O., Fickl, S., Ciurana, X.R., Navarro Martínez, J.M., Blanco, V.M. Socket seal surgery: Clinical uses in implant dentistry and guided bone regeneration procedures for single tooth replacement in the esthetic zone. *Quintessence International*. 47 (2016) 123-139

Nitsche, T., Menzebach, M., Wiltfang, J. Indikationen zur implantologischen 3D-Röntgendiagnostik und navigationsgestützten Implantologie (S2k). *AWMF online*. (2012) AWMF-Registernummer: 083-011

Nkenke, E., Eitner, S., Radespiel-Tröger, M., Vairaktaris, E., Neukam, F.W., Fenner, M. Patient-centred outcomes comparing transmucosal implant placement with an open approach in the maxilla: a prospective, non-randomized pilot study. *Clinical Oral Implants Research*. 18 (2007) 197-203

Nooh, N.

Dental implant survival in irradiated oral cancer patients: a systematic review of the literature.

International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 28 (2013) 1233-1242

Oates, T.W., Jr., Galloway, P., Alexander, P., Vargas Green, A., Huynh-Ba, G., Feine, J., McMahan, C.A.

The effects of elevated hemoglobin A(1c) in patients with type 2 diabetes mellitus on dental implants: Survival and stability at one year.

Journal of the American Dental Association. 145 (2014) 1218-1226

Oh, S.H., Kim, Y., Park, J.Y., Jung, Y.J., Kim, S.K., Park, S.Y.

Comparison of fixed implant-supported prostheses, removable implant-supported prostheses, and complete dentures: patient satisfaction and oral health-related quality of life.

Clinical Oral Implants Research. 27 (2016) e31-37

Okuni, S., Maekawa, K., Mino, T., Kurosaki, Y., Kuboki, T.

A retrospective comparison of the survival of vital teeth adjacent to single, bounded edentulous spaces rehabilitated using implant-supported, resin-bonded, and conventional fixed dental prostheses.

Journal of Dentistry. 116 (2022) 103911

Ormianer, Z., Block, J., Matalon, S., Kohen, J.

The Effect of Moderately Controlled Type 2 Diabetes on Dental Implant Survival and Peri-implant Bone Loss: A Long-Term Retrospective Study.

International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 33 (2018)

Ormianer, Z., Piek, D., Livne, S., Lavi, D., Zafir, G., Palti, A., Harel, N.

Retrospective clinical evaluation of tapered implants: 10-year follow-up of delayed and immediate placement of maxillary implants.

Implant Dentistry. 21 (2012) 350-356

Ortega-Martínez, J., Pérez-Pascual, T., Mareque-Bueno, S., Hernández-Alfaro, F., Ferrés-Padró, E.

Immediate implants following tooth extraction. A systematic review.

Medicina oral, patologia oral y cirugía bucal. 17 (2012) e251

Ortensi, L., Martinolli, M., Borromeo, C., Ceruso, F.M., Gargari, M., Xhanari, E., Tallarico, M.

Effectiveness of Ball Attachment Systems in Implant Retained- and Supported-Overdentures: A Three- to Five-Year Retrospective Examination.

Dentistry Journal (Basel). 7 (2019)

Papaspyridakos, P., Bordin, T.B., Kim, Y.J., El-Rafie, K., Pagni, S.E., Natto, Z.S., Teixeira, E.R., Chochlidakis, K., Weber, H.P.

Technical Complications and Prosthesis Survival Rates with Implant-Supported Fixed Complete Dental Prostheses: A Retrospective Study with 1-to 12-Year Follow-Up.

Journal of Prosthodontics. 29 (2020) 3-11

Passoni, B.B., Marques de Castro, D.S., de Araújo, M.A., de Araújo, C.D., Piatelli, A., Benfatti, C.A.  
Influence of immediate/delayed implant placement and implant platform on the peri-implant bone formation.  
Clinical Oral Implants Research. 27 (2016) 1376-1383

Pathak, A.K., Goel, K., Shakya, V., Tiwari, A.K.  
Periodontal parameters around implants and natural teeth.  
National Journal of Maxillofacial Surgery. 7 (2016) 52-55

Payne, A.G., Alsabeeha, N.H., Atieh, M.A., Esposito, M., Ma, S., El-Wegoud, M.A.  
Interventions for replacing missing teeth: attachment systems for implant overdentures in edentulous jaws.  
Cochrane Database of Systematic Reviews. (2018)

Peñarrocha-Diago, M., Demarchi, C.L., Maestre-Ferrín, L., Carrillo, C., Peñarrocha-Oltra, D., Peñarrocha-Diago, M.A.  
A retrospective comparison of 1,022 implants: immediate versus nonimmediate.  
International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 27 (2012)

Peñarrocha-Diago, M.A., Maestre-Ferrín, L., Demarchi, C.L., Peñarrocha-Oltra, D., Peñarrocha-Diago, M.  
Immediate versus nonimmediate placement of implants for full-arch fixed restorations: a preliminary study.  
Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. 69 (2011) 154-159

Peñarrocha-Oltra, D., Covani, U., Aparicio, A., Ata-Ali, J., Peñarrocha-Diago, M., Peñarrocha-Diago, M.  
Immediate versus conventional loading for the maxilla with implants placed into fresh and healed extraction sites to support a full-arch fixed prosthesis: nonrandomized controlled clinical study.  
International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 28 (2013)

Peñarrocha-Oltra, D., Demarchi, C.L., Maestre-Ferrín, L., Peñarrocha-Diago, M., Peñarrocha-Diago, M.  
Comparison of immediate and delayed implants in the maxillary molar region: a retrospective study of 123 implants.  
International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 27 (2012)

Piatelli, A., Vrespa, G., Petrone, G., Iezzi, G., Annibali, S., Scarano, A.  
Role of the microgap between implant and abutment: a retrospective histologic evaluation in monkeys.  
Journal of Periodontology. 74 (2003) 346-352

Pjetursson, B.E., Sailer, I., Latyshev, A., Rabel, K., Kohal, R.J., Karasan, D.  
A systematic review and meta-analysis evaluating the survival, the failure, and the complication rates of veneered and monolithic all-ceramic implant-supported single crowns.  
Clinical Oral Implants Research. 32 Suppl 21 (2021) 254-288

Pjetursson, B.E., Thoma, D., Jung, R., Zwahlen, M., Zembic, A.  
A systematic review of the survival and complication rates of implant-supported fixed dental prostheses (FDP s) after a mean observation period of at least 5 years.

Clinical Oral Implants Research. 23 (2012) 22-38

Pjetursson, B.E., Valente, N.A., Strasding, M., Zwahlen, M., Liu, S., Sailer, I.  
A systematic review of the survival and complication rates of zirconia-ceramic and metal-ceramic single crowns.

Clinical Oral Implants Research. 29 Suppl 16 (2018) 199-214

Polizzi, G., Grunder, U., Goené, R., Hatano, N., Henry, P., Jackson, W.J., Kawamura, K., Renouard, F., Rosenberg, R., Triplett, G.  
Immediate and delayed implant placement into extraction sockets: a 5-year report.

Clinical Implant Dentistry and Related Research. 2 (2000) 93-99

Prati, C., Zamparini, F., Pirani, C., Gatto, M.R., Piattelli, A., Gandolfi, M.G.  
Immediate early and delayed implants: a 2-year prospective cohort study of 131 transmucosal flapless implants placed in sites with different pre-extractive endodontic infections.

Implant Dentistry. 26 (2017) 654-663

Raes, F., Cosyn, J., Crommelinck, E., Coessens, P., De Bruyn, H.  
Immediate and conventional single implant treatment in the anterior maxilla: 1-year results of a case series on hard and soft tissue response and aesthetics.

Journal of Clinical Periodontology. 38 (2011) 385-394

Raes, S., Raes, F., Cooper, L., Giner Tarrida, L., Vervaeke, S., Cosyn, J., De Bruyn, H.

Oral health-related quality of life changes after placement of immediately loaded single implants in healed alveolar ridges or extraction sockets: a 5-year prospective follow-up study.

Clinical Oral Implants Research. 28 (2017) 662-667

Rafael, C., Passoni, B., Araujo, C., Araujo, M.A., Benfatti, C., Volpato, C.  
Can Time of Implant Placement influence Bone Remodeling?

Journal of Contemporary Dental Practice. 17 (2016) 270-274

Ragucci, G.M., Elnayef, B., Suárez-López Del Amo, F., Wang, H.L., Hernández-Alfaro, F., Gargallo-Albiol, J.

Influence of exposing dental implants into the sinus cavity on survival and complications rate: a systematic review.

International Journal of Implant Dentistry. 5 (2019) 6

Rehmann, P., Podhorsky, A., Wöstmann, B.

Treatment outcomes of cantilever fixed partial dentures on vital abutment teeth: a retrospective analysis.

International Journal of Prosthodontics. 28 (2015) 577-582



Renvert, S., Persson, G.R., Pirih, F.Q., Camargo, P.M.  
Peri-implant health, peri-implant mucositis, and peri-implantitis: Case definitions and diagnostic considerations.  
Journal of Periodontology. 89 Suppl 1 (2018) 304-312

Righesso, L., Blatt, S., Kwon, Y.-D., Al-Nawas, B.  
Primärstabilität dentaler Implantate - Eine Übersichtsarbeit.  
Implantologie. 24 (2016) 261-268

Ritzert, B.  
Zahnimplantate zunehmend erste Wahl: 1,3 Millionen werden in Deutschland pro Jahr eingepflanzt.  
Deutsche Gesellschaft für Implantologie im Zahn-, Mund- und Kieferbereich. (2018)

Romandini, M., Lima, C., Pedrinaci, I., Araoz, A., Soldini, M.C., Sanz, M.  
Prevalence and risk/protective indicators of peri-implant diseases: A university-representative cross-sectional study.  
Clinical Oral Implants Research. 32 (2021) 112-122

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.  
International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 19 (2004) 247-259

Rosenbach, K.K.D.  
Critical Considerations for immediate implants.  
Dentist's Quaterly. (2017)

Rozema, F.R.  
Osteoporosis: risk factor for implants?  
Ned Tijdschr Tandheelkd. 127 (2020) 468-471

Saadoun, A.P., Le Gall, M.G., Touati, B.  
Current trends in implantology: part II--treatment planning, aesthetic considerations, and tissue regeneration.  
Practical Procedures and Aesthetic Dentistry. 16 (2004) 707-714; quiz 716

Sailer, I., Mühlemann, S., Zwahlen, M., Hämmerle, C.H., Schneider, D.  
Cemented and screw-retained implant reconstructions: a systematic review of the survival and complication rates.  
Clinical Oral Implants Research. 23 Suppl 6 (2012) 163-201

Sailer, I., Philipp, A., Zembic, A., Pjetursson, B.E., Hämmerle, C.H., Zwahlen, M.  
A systematic review of the performance of ceramic and metal implant abutments supporting fixed implant reconstructions.  
Clinical Oral Implants Research. 20 Suppl 4 (2009) 4-31

- Salama, H., Salama, M.A., Garber, D., Adar, P.  
The Interproximal Height of Bone: A Guidepost to Predictable Aesthetic Strategies and Soft-tissue Contours in Anterior Tooth Replacement.  
Craniofacial Growth Series. 38 (2001) 91-106
- Sammartino, G., Marenzi, G., Cioffi, I., Teté, S., Mortellaro, C.  
Implant therapy in irradiated patients.  
Journal of Craniofacial Surgery. 22 (2011) 443-445
- Schiegnitz, E., Al-Nawas, B., Kämmerer, P.W., Grötz, K.A.  
Oral rehabilitation with dental implants in irradiated patients: a meta-analysis on implant survival.  
Clinical Oral Investigations. 18 (2014) 687-698
- Schiegnitz, E., Grötz, K.  
Implantat-Versorgung zur oralen Rehabilitation im Zusammenhang mit Kopf-Hals-Bestrahlung (S3).  
AWMF online. 3 (2015) AWMF-Registernummer: 007/089
- Schropp, L., Isidor, F.  
Timing of implant placement relative to tooth extraction.  
Journal of Oral Rehabilitation. 35 (2008) 33-43
- Schropp, L., Wenzel, A.  
Timing of single implant placement and long-term observation of marginal bone levels.  
European Journal of Oral Implantology. 9 (2016) 107-122
- Schulte, W., Heimke, G.  
The Tübinger immediate implant.  
Quintessenz. 27 (1976) 17-23
- Shi, J.Y., Lv, X.L., Gu, Y.X., Lai, H.C.  
Angulated screw-retained and cemented implant crowns following flapless immediate implant placement in the aesthetic region: A 1-year prospective cohort study.  
International Journal of Oral Implantology. 13 (2020) 269-277
- Sivakumar, I., Arunachalam, S., Choudhary, S., Buzayan, M.M.  
Does HIV infection affect the survival of dental implants? A systematic review and meta-analysis.  
Journal of Prosthetic Dentistry. 125 (2021) 862-869
- Sivaraman, K., Chopra, A., Narayan, A.I., Balakrishnan, D.  
Is zirconia a viable alternative to titanium for oral implant? A critical review.  
Journal of Prosthodontic Research. 62 (2018) 121-133
- Slagter, K.W., den Hartog, L., Bakker, N.A., Vissink, A., Meijer, H.J., Raghoebar, G.M.

Immediate placement of dental implants in the esthetic zone: a systematic review and pooled analysis.  
Journal of Periodontology. 85 (2014) 241-250

Slagter, K.W., Meijer, H.J., Bakker, N.A., Vissink, A., Raghoobar, G.M.  
Immediate Single-Tooth Implant Placement in Bony Defects in the Esthetic Zone: A 1-Year Randomized Controlled Trial.  
Journal of Periodontology. 87 (2016) 619-629

Slot, W., Raghoobar, G.M., Cune, M.S., Vissink, A., Meijer, H.J.  
Maxillary overdentures supported by four or six implants in the anterior region: 5-year results from a randomized controlled trial.  
Journal of Clinical Periodontology. 43 (2016) 1180-1187

Stavropoulos, A., Bertl, K., Pietschmann, P., Pandis, N., Schiødt, M., Klinge, B.  
The effect of antiresorptive drugs on implant therapy: Systematic review and meta-analysis.  
Clinical Oral Implants Research. 29 Suppl 18 (2018) 54-92

Strietzel, F.  
Sinusbodenelevation und -augmentation.  
Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. 8 (2004) 93-105

Strub, J.R., Jurdzik, B.A., Tuna, T.  
Prognosis of immediately loaded implants and their restorations: a systematic literature review.  
Journal of Oral Rehabilitation. 39 (2012) 704-717

Strub, J.R., Kern, M., Türp, J.C., Witkowski, S., Heydecke, G., Wolfart, S.  
Curriculum Prothetik Band 3.  
Quintessenz. 4 (2011) 973-1045

Tallarico, M., Esposito, M., Xhanari, E., Caneva, M., Meloni, S.M.  
Computer-guided vs freehand placement of immediately loaded dental implants: 5-year postloading results of a randomised controlled trial.  
European Journal of Oral Implantology. 11 (2018) 203-213

Tallarico, M., Xhanari, E., Pisano, M., De Riu, G., Tullio, A., Meloni, S.M.  
Single post-extractive ultra-wide 7 mm-diameter implants versus implants placed in molar healed sites after socket preservation for molar replacement: 6-month post-loading results from a randomised controlled trial.  
European Journal of Oral Implantology. 9 (2016) 263-275

Tarnow, D.P., Chu, S.J.  
The Single-Tooth Implant - a minimally invasive approach for anterior and posterior extraction sockets.  
Quintessence Publishing. 1 (2020) 3-7

Teichmann, M., Göckler, F., Weber, V., Yildirim, M., Wolfart, S., Edelhoff, D.

Ten-year survival and complication rates of lithium-disilicate (Empress 2) tooth-supported crowns, implant-supported crowns, and fixed dental prostheses. *Journal of Dentistry*. 56 (2017) 65-77

Tettamanti, L., Andrisani, C., BASSI, M.A., Vinci, R., Silvestre-Rangil, J., Tagliabue, A.

Post extractive implant: evaluation of the critical aspects. *Oral Implantology (Rome)*. 10 (2017) 119

Theodoridis, C., Grigoriadis, A., Menexes, G., Vouros, I.  
Outcomes of implant therapy in patients with a history of aggressive periodontitis. A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*. 21 (2017) 485-503

Tomasi, C., Albouy, J.P., Schaller, D., Navarro, R.C., Derks, J.  
Efficacy of rehabilitation of stage IV periodontitis patients with full-arch fixed prostheses: Tooth-supported versus Implant-supported-A systematic review. *Journal of Clinical Periodontology*. (2021)

Tonetti, M.S., Cortellini, P., Graziani, F., Cairo, F., Lang, N.P., Abundo, R., Conforti, G.P., Marquardt, S., Rasperini, G., Silvestri, M.  
Immediate versus delayed implant placement after anterior single tooth extraction: the timing randomized controlled clinical trial. *Journal of Clinical Periodontology*. 44 (2017) 215-224

Tonetti, M.S., Jung, R.E., Avila-Ortiz, G., Blanco, J., Cosyn, J., Fickl, S., Figuero, E., Goldstein, M., Graziani, F., Madianos, P.  
Management of the extraction socket and timing of implant placement: Consensus report and clinical recommendations of group 3 of the XV European Workshop in Periodontology. *Journal of Clinical Periodontology*. 46 (2019) 183-194

Vahdati, S.A., Torabinejad, M., Handysides, R., Lozada, J.  
A Retrospective Comparison of Outcome in Patients Who Received Both Nonsurgical Root Canal Treatment and Single-tooth Implants. *Journal of Endodontics*. 45 (2019) 99-103

Van Steenberghe, D., Jacobs, R., Desnyder, M., Maffei, G., Quirynen, M.  
The relative impact of local and endogenous patient-related factors on implant failure up to the abutment stage. *Clinical Oral Implants Research*. 13 (2002) 617-622

Vandeweghe, S., Nicolopoulos, C., Thevissen, E., Jimbo, R., Wennerberg, A., De Bruyn, H.  
Immediate loading of screw-retained all-ceramic crowns in immediate versus delayed single implant placement. *International Journal of Prosthodontics*. 26 (2013) 458-464

Walter, C., Difloe-Geisert, J., Dietrich, T.  
Minimalinvasive Zahntfernung mit dem Benex-Extraktionssystem.

Quintessenz. 64 (2013) 481-488

Wang, R.E., Lang, N.P.  
Ridge preservation after tooth extraction.  
Clinical Oral Implants Research. 23 Suppl 6 (2012) 147-156

Weber, T.  
Memorix Zahnmedizin.  
Georg Thieme Verlag KG. 3 (2010) 311-331

Weinlander, M., Krennmair, G., Piehslinger, E.  
Implant prosthodontic rehabilitation of patients with rheumatic disorders: a case series report.  
International Journal of Prosthodontics. 23 (2010) 22-28

Wiltfang, J., Naujokat, H., Bormann, K.-H., Jakobs, W., Wiegner, J.-U., Berger, C., Liepe, S., Ritter, L.  
Zahnimplantate bei Diabetes mellitus (S3).  
AWMF online. (2016) AWMF-Registernummer: 083-025

Wittneben, J.-G., Millen, C., Brägger, U.  
Clinical Performance of Screw-Versus Cement-Retained Fixed Implant-Supported Reconstructions-A Systematic Review.  
International Journal of Oral and Maxillofacial Implants. 29 (2014)

Wu, M., Zhang, X., Zou, L., Liang, F.  
Comparison of soft and hard tissue stability between immediate implant and delayed implant in maxillary anterior region after loading 2 years.  
Beijing da xue xue bao. Yi xue ban= Journal of Peking University. Health sciences. 47 (2015) 67-71

Xie, Y.T., Jiang, L.L., He, J., Deng, C.F., Zhao, B.H.  
Comparison of short-term clinical effect and assessment of influential factors around single-tooth in the aesthetic area: immediate implant placement versus delayed implant placement.  
Shanghai Kou Qiang Yi Xue. 28 (2019) 148-153

Yoshino, K., Ito, K., Kuroda, M., Sugihara, N.  
Survival rate of removable partial dentures with complete arch reconstruction using double crowns: a retrospective study.  
Clinical Oral Investigations. (2019) 1-7

Young, L., Grant, R., Brown, T., Lamont, T.  
Does a history of periodontal disease affect implant survival?  
Journal of Evidence-Based Dental Practice. 22 (2021) 24-25

Zhang, A., Liu, Y., Liu, X., Cai, X., Sun, L., Li, T.  
Could the socket shield technique be better than conventional immediate implantation? A meta-analysis.

Clinical Oral Investigations. 26 (2022) 1173-1182

Zhao, D., Wu, Y., Xu, C., Zhang, F.

Immediate dental implant placement into infected vs. non-infected sockets: a meta-analysis.

Clinical Oral Implants Research. 27 (2016) 1290-1296

Zhou, Y., Gao, J., Luo, L., Wang, Y.

Does Bruxism Contribute to Dental Implant Failure? A Systematic Review and Meta-Analysis.

Clinical Implant Dentistry and Related Research. 18 (2016) 410-420

Zitzmann, N.U., Krastl, G., Hecker, H., Walter, C., Waltimo, T., Weiger, R.

Strategic considerations in treatment planning: deciding when to treat, extract, or replace a questionable tooth.




The Journal of Prosthetic Dentistry. 104 (2010) 80-91

Zuhr, O., Hürzeler, M.

Plastisch-ästhetische Parodontal- und Implantatchirurgie: Ein mikrochirurgisches Konzept.

Quintessenz. 1 (2011) 755-790

### 13. Affidavit

	LUDWIG- MAXIMILIANS- UNIVERSITÄT MÜNCHEN	Promotionsbüro Medizinische Fakultät		
<b>Eidesstattliche Versicherung</b>				

Ohling, Lilian

\_\_\_\_\_  
Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Titel:

Sofortimplantation versus Spätimplantation in der Zahnmedizin – eine Literaturübersicht

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, den 03.01.2023

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

Lilian Ohling

\_\_\_\_\_  
Unterschrift Doktorandin bzw. Doktorand