

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde der  
Johannes Gutenberg Universität Mainz

**Einfluss einer 3-D-Kollagenmatrix  
auf die Weichgewebsregeneration**

Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin der  
Universitätsmedizin der  
Johannes Gutenberg-Universität

Lara Antonia Sofie Stock  
aus Freiburg

Mainz 2018

Wissenschaftlicher Vorstand:

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der Promotion:

11. Dezember 2018

# Inhaltsverzeichnis

I. Abkürzungsverzeichnis.....	IV
II. Abbildungsverzeichnis.....	V
1 Einleitung und Ziel der Dissertation.....	1
2 Literaturdiskussion.....	4
2.1 Die biologische Breite.....	4
2.2 Heilungsverlauf der Alveole nach Zahnextraktion.....	11
2.3 Socket Preservation.....	16
2.4 Sofortimplantation.....	18
2.5 Navigierte Implantation.....	21
2.6 Kollagenmatrix.....	23
3 Material und Methoden.....	25
3.1 Studiendesign.....	25
3.2 Studienteilnehmer.....	26
3.3 Datenerhebung.....	36
3.4 Datenauswertung.....	38
3.5 Statistische Analyse.....	49
4 Ergebnisse.....	50
4.1 Studienteilnehmer.....	50
4.2 Messergebnisse.....	56
5 Diskussion.....	68
5.1 Diskussion der Methode.....	68
5.2 Diskussion der Ergebnisse.....	70
6 Zusammenfassung.....	76
7 Literaturverzeichnis.....	79

## **I. Abkürzungsverzeichnis**

PES	:	Pink Esthetic Score
BIC	:	Bone-to-Implant Contact
CHX	:	Chlorhexidin

## II. Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 2.1.: Anheftung des Saumepithels am natürlichen Zahn, aus: Einführung in die Zahnerhaltung (13)
- Abbildung 2.2.: Biologische Breite am Zahn, aus: Clinical Periodontology and Implant Dentistry (15)
- Abbildung 2.3.: Histologische biologische Breite am Zahn von Gargiulo et al 1961 (14)
- Abbildung 2.4.: Verschiedene kollagene Faserverläufe im gingivalen Bindegewebe, aus: Einführung in die Zahnerhaltung (13)
- Abbildung 2.5.: Faserbündelverlauf beim natürlichen Zahn und bei einem Implantat, aus: Cementation in Dental Implantology (24)
- Abbildung 2.6.: Gefäßverlauf bei einem natürlichen Zahn, aus: Esthetic Implant Dentistry (25)
- Abbildung 2.7.: Blutversorgung eines Zahnes, aus: Clinical Periodontology and Implant Dentistry (15)
- Abbildung 2.8.: Gefäßverlauf bei einem Implantat, aus: Esthetic Implant Dentistry (15)
- Abbildung 2.9.: Veränderte Sondierungstiefe, aus: Cementation in Dental Implantology (24)
- Abbildung 2.10.: Biologische Breite beim Implantat, aus: Esthetic Implant Dentistry (25)
- Abbildung 2.11.: Zustand nach Extraktion aus Rueppell et al. (2016): Normale und gestörte Wundheilung nach Zahnextraktion, Quintessenz (30)
- Abbildung 2.12.: Zustand 48 Stunden nach Extraktion aus Rueppell et al. (2016): Normale und gestörte Wundheilung nach Zahnextraktion, Quintessenz (30)
- Abbildung 2.13.: Zustand 7 Tage nach Extraktion aus Rueppell et al. (2016): Normale und gestörte Wundheilung nach Zahnextraktion, Quintessenz (30)
- Abbildung 2.14.: Zustand 5 Wochen nach Extraktion aus Rueppell et al. (2016): Normale und gestörte Wundheilung nach Zahnextraktion, Quintessenz (30)
- Abbildung 2.15.: Remodellationsprozesse einer Extraktionsalveole, aufgeteilt in drei Bereiche, von Scala et al. 2014 (33)
- Abbildung 2.16.: Extraktionsalveole nach 4 Tagen, von Scala et al. 2014 (33)
- Abbildung 2.17.: Extraktionsalveole nach 10 Tagen, von Scala et al. 2014 (33)
- Abbildung 2.18.: Extraktionsalveole nach 30 Tagen, von Scala et al. 2014 (33)
- Abbildung 2.19.: Extraktionsalveole nach 90 Tagen, von Scala et al. 2014 (33)
- Abbildung 2.20.: Verfahren der Socket Preservation Zahn 45  
a) Zustand nach Zahnextraktion

- b) Dichter Wundverschluss mittels Bindegewebestransplantat und Nähten  
c) Zustand 3 Monate nach Zahnextraktion
- Abbildung 2.21.: Diagramm über den Verlauf der Primär- und Sekundärstabilität über 8 Wochen, von Raghavendra et al. (2005) (52)
- Abbildung 2.22.: Bohrschablone mit zu implantierender Region 11
- Abbildung 2.23.: Kollagenmatrix von botiss mucoderm® in verschiedenen Größen (61)
- Abbildung 3.1.: Consort-Diagramm
- Abbildung 3.2.: Zustand nach Implantation und Knochendefekt-Auffüllung mit Knochenersatzmaterialien
- Abbildung 3.3.: Positionierung des Abformpfostens. Hier mit Venus Flow, um eine Kollabierung des Weichgewebes bei der Abformung zu verhindern
- Abbildung 3.4.: Abformung durch den Zahntechniker mit Pattern Resin
- Abbildung 3.5.: Fertiggestelltes Provisorium
- Abbildung 3.6.: Eingesetztes Provisorium von vestibulärer Ansicht
- Abbildung 3.7.: Mit Venus Flow verschlossener Schraubkanal von okklusaler Ansicht des eingesetzten Provisoriums bei einem Probanden mit mucoderm®-Applikation
- Abbildung 3.8.: Auswahl zweier Modelle. In diesem Fall „Baseline“ und „6-Monate-post“
- Abbildung 3.9.: Überlagerung der zwei Modelle mittels 3-Punkt-Ausrichtung
- Abbildung 3.10.: Errechnete Überlagerung nach oberflächenselektivem Best-Fit
- Abbildung 3.11.: Best-Fit 5 mit dem zu interessierenden Bereich
- Abbildung 3.12.: Endgültige Überlagerung nach fünf Best-Fit-Durchgängen
- Abbildung 3.13.: Darstellung der Volumenveränderung bezogen auf das Baseline-Modell
- Abbildung 3.14.: Auswahl der zu interessierenden Region mit genauen Wertangaben in mm<sup>3</sup>
- Abbildung 3.15.: Die 7 Variablen des PES, beschrieben von Fürhauser et al. 2005 (62)
- Abbildung 3.16.: Tabelle der sieben Teilgebiete zur PES-Evaluation
- Abbildung 3.17.: Die unterschiedlichen Klassifizierungen von Zahnachsenstellungen im Oberkieferfront-Bereich (53)

- Abbildung 3.18.: Ein Implantat der Länge 15 mm ohne sichtbaren marginalen Knochenabbau nach 6 Monaten
- Abbildung 3.19.: Ein Implantat der Länge 13 mm mit sichtbarem marginalen Knochenabbau mesial (0,9 mm) und distal (1,4 mm) nach 6 Monaten. Der Knochenabbau wird im Mittel mit 1,15 mm bewertet
- Abbildung 3.20.: Implantat 22 mit prothetischem Aufbau und Messangabe der Breite der keratinisierten Mukosa von 7 mm
- Abbildung 4.1.: Patientenalter der Test- und Kontrollgruppe zum Zeitpunkt der Patientenakquirierung
- Abbildung 4.2.: Breite der keratinisierten Mukosa der Test- und Kontrollgruppe zum Zeitpunkt vor dem chirurgischen Eingriff (Baseline)
- Abbildung 4.3.: Die zu implantierenden Regionen der Test- und Kontrollgruppe
- Abbildung 4.4.: Studien-Proband einer dokumentierten Klasse I durch Klassifizierungs-Einteilung nach Gluckman et al. (2017) (53)
- Abbildung 4.5.: Studien-Proband einer dokumentierten Klasse II B durch Klassifizierungs-Einteilung nach Gluckman et al. (2017) (53)
- Abbildung 4.6.: Evaluierter PES nach 3 Monaten in der Test- und Kontrollgruppe
- Abbildung 4.7.: Marginaler Knochenverlust in mm nach 3 Monaten in der Test- und Kontrollgruppe
- Abbildung 4.8.: Volumenabnahme in mm<sup>3</sup> nach 3 Monaten in der Test- und Kontrollgruppe
- Abbildung 4.9.: Zahn 22 mit definitiver Kronenversorgung, Zustand 7 Monate postoperativ, PES 14
- Abbildung 4.10.: Evaluierter PES nach 6 Monaten in der Test- und Kontrollgruppe
- Abbildung 4.11.: Marginaler Knochenverlust in mm nach 6 Monaten in der Test- und Kontrollgruppe
- Abbildung 4.12.: Marginaler Knochenverlust in mm nach 3 und 6 Monaten in der Test- und Kontrollgruppe
- Abbildung 4.13.: Volumenabnahme in mm<sup>3</sup> nach 6 Monaten in der Test- und Kontrollgruppe
- Abbildung 4.14.: Relative Volumenabnahme in % zwischen 3 und 6 Monaten in der Test- und Kontrollgruppe

Abbildung 4.15.: Volumenabnahme in  $\text{mm}^3$  nach 3 und 6 Monaten in der  
Test- und Kontrollgruppe  
Abbildung 4.16.: Tabelle aller Ergebnisse



# 1 Einleitung und Ziel der Dissertation

Ein strahlendes Lächeln hat in der heutigen Gesellschaft einen hohen Stellenwert: Gesunde Zähne begünstigen den positiven Eindruck jedes Einzelnen maßgeblich. Mit weißen, gesunden Zähnen werden nicht nur ästhetische Attribute, sondern auch ein starkes Selbstbewusstsein, Vitalität und Erfolg assoziiert. Die ästhetische Zahnheilkunde muss folglich einer wachsenden Erwartungshaltung seitens der Patienten standhalten.

Es geht heute also nicht mehr nur darum, Schmerzen und defekte Zähne sowie auch eine Zahnlücke funktionell zu schließen, sondern vielmehr darum, sie so zu versorgen, dass ästhetisch keinerlei Einbußen entstehen. Um die Wiederherstellung von Kaufunktion und Ästhetik zu realisieren, haben sich intraossäre Implantate in den letzten 50 Jahren als ein zuverlässiger Zahnersatz bewährt.

Trotz enormer Fortschritte in der Implantatforschung gibt es mehrere ungeklärte Parameter, die sowohl die Stabilität als auch das ästhetische Endresultat von Implantaten beeinflussen. Dabei kristallisiert sich vor allem der Erhalt von Weich- und Hartgewebe als besonders herausfordernd und schwierig heraus. Bei jedem Zahnverlust erfolgt ein unvermeidbarer Verlust an krestalem Alveolarknochen und einer Schrumpfung des Weichgewebes. Botticelli et al. (2004) dokumentierten hierbei einen Knochenverlust von 56 % des bukkalen Knochens und einen 30%igen Knochenverlust des lingualen/palatalen Knochens (1).

Die größten Veränderungen lassen sich innerhalb der ersten drei Monate nach dem Zahnverlust, in der Heilungsphase, nachweisen (2). Danach ist mit einem kontinuierlichen Knochenabbau von 0,1–0,5 mm pro Jahr zu rechnen (3). Nach zwölf Monaten kann das Knochenniveau sich um bis zu 50 % reduzieren (4).

Auch wenn einige Studien zeigen, dass die krestale Knochenresorption durch das Setzen von Implantaten reduziert werden kann, ist es bisher nicht möglich, den Knochenabbau und den Weichgewebsverlust gänzlich zu verhindern (5, 6).

Um ein ästhetisch ansprechendes Ergebnis nach der Zahnimplantation zu erzielen, spielen vor allem zwei Komponenten eine entscheidende Rolle; die weiße und die rote Ästhetik. Auf der einen Seite werden Form und Farbe der prothetischen Restauration wahrgenommen (weiße Ästhetik), auf der anderen das periimplantäre Weichgewebe in Form und Farbe (rote Ästhetik). Daher stellt die Implantation im ästhetischen Bereich eine große Herausforderung dar.

Bereits 1976 beschrieb Prof. Schulte das Tübinger Sofortimplantat (7). Dieses bestand aus Aluminiumoxidkeramik, wobei die Grundidee schon damals darin lag, die bukkale Knochenresorption zu stoppen. Diese Technik wurde über die Jahre optimiert. Demzufolge zeigen heutige Studien vergleichbare Erfolgsraten, wie die der verzögerten Implantation. Der Knochenabbau nach Zahnextraktion wird jedoch auch hier nur reduziert und nicht komplett eliminiert.

Auch die Qualität und Quantität des periimplantären Weichgewebes haben einen essenziellen Einfluss auf das periimplantäre Hartgewebe und die Gesundheit der periimplantären Mukosa. Die Dicke der periimplantären Mukosa hat mehrere Einflussfaktoren auf das klinische und ästhetische Endergebnis. Eine vertikale Dicke  $< 2$  mm führt zu einem erhöhten periimplantären Knochenabbau (8). Des Weiteren führt eine horizontale Dicke  $> 3$  mm dazu, dass das Abutment nicht mehr durch die vestibuläre Mukosa hindurch schimmern kann (9) und somit ein besseres ästhetisches Endresultat erzielt wird. Das Vorhandensein von keratinisierter, nicht-beweglicher Mukosa kann das Implantat vor periimplantären Entzündungen (Periimplantitis) schützen und stabilisiert gleichermaßen die Hygienefähigkeit dieser Region (10).

Eine der Möglichkeiten, um dem Weichgewebsverlust nach Zahnextraktion entgegenzuwirken, ist das Einsetzen eines subepithelialen Bindegewebs-

Transplantats. Dieses Transplantat wird aus dem Gaumen entnommen und an der Labialfläche des Implantats angebracht. Dadurch kann sich das ästhetische Endresultat verbessern (11, 12).

Diese Technik kann jedoch die Weichgewebsschrumpfung nicht vollkommen verhindern.

Ein weiterer Nachteil dieser Technik ist, dass ein zusätzlicher chirurgischer Eingriff durchgeführt werden muss. Dies bedeutet für den Patienten nicht nur erhöhte Behandlungszeit, sondern auch eine erhöhte Morbidität.

Um diese Unannehmlichkeiten zu umgehen, wurden spezielle Kollagenmatri- ces entwickelt, die dem Weichgewebsaufbau ohne größeren Umstand dienen sollen.

Das Ziel dieser Arbeit ist es zu prüfen, ob das Einbringen einer zusätzlichen Kollagenmatrix die Weichgewebsschrumpfung nach Zahnextraktion und Im- plantation reduzieren und ein besseres ästhetisches Resultat erzielt werden kann.

## 2 Literaturdiskussion

### 2.1 Die biologische Breite

Die biologische Breite ist nicht nur maßgeblich für den Erhalt eines gesunden Parodontiums wesentlich, sondern schützt dieses auch vor Irritationen, die es beschädigen könnten.

Im gingivalen Sulkus ist der Zahn über das Saumepithel mit dem Weichgewebe verbunden. Oberhalb dieser Verbindungsstelle befindet sich das orale Sulkusepithel, welches nicht fest am Zahn anliegt, diesen aber begleitend umgibt.

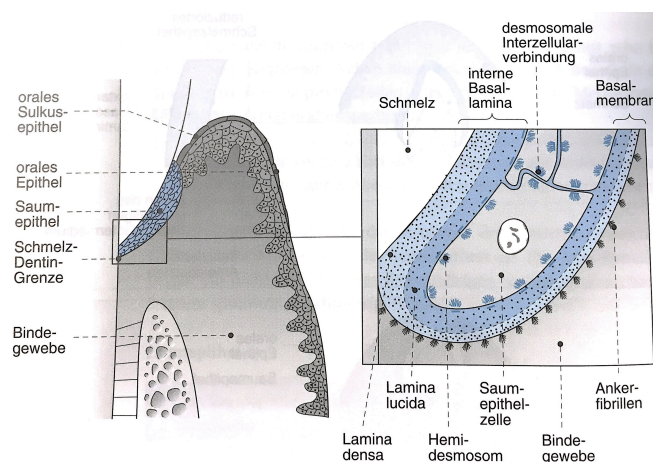


Abbildung 2.1.: Anheftung des Saumepithels am natürlichen Zahn, aus: Einführung in die Zahnerhaltung (13)

Unterhalb des Saumepithels ist der Zahn bis zum Alveolarknochen nur mit Bindegewebe verbunden. Der Komplex aus Bindegewebe und Saumepithel, der die Verbindung zum Zahn herstellt, wurde erstmals 1961 von Gargiulo als biologische Breite beschrieben (14). Sie beträgt etwa 2 mm und setzt sich zu fast gleichen Teilen aus dem Saumepithel und dem Bindegewebe zusammen.

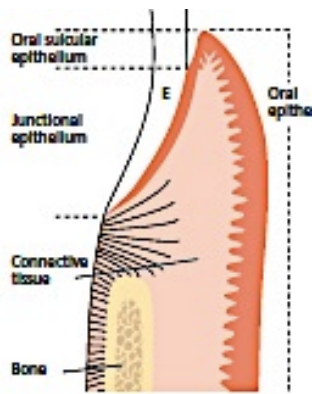


Abbildung 2.2.: Biologische Breite am Zahn, aus: Clinical Periodontology and Implant Dentistry (15)

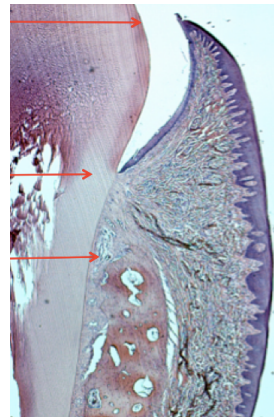


Abbildung 2.3.: Histologische biologische Breite am Zahn von Gargiulo et al 1961 (14)

Die Tiefe des oralen Sulkusepithels wird zwar nicht zum Komplex der biologischen Breite hinzugezählt, dennoch ist zu beachten, dass bei einer Sondierung mit einer PA-Sonde der Wert des oralen Sulkusepithels abgezogen werden muss. Allerdings ist dieser im Gegensatz zur biologischen Breite nicht konstant gleich und kann von Zahn zu Zahn von 0,69 mm bis 1 mm variieren (16). Die im oberen Teil der biologischen Breite befindliche epitheliale Anheftung beschrieben Gargiulo et al. (1961) erstmals als biologischen Schutzmechanismus für den dentogingivalen Verbund (14).

Da es klinisch nahezu unmöglich ist, den genauen Übergang des oralen Sulkusepithels in das Saumepithel und damit den Beginn der biologischen Breite zu lokalisieren, wird empfohlen, keine subgingivale Manipulation (Präparation, Kronenränder) über 0,5–1 mm zu vollziehen (17).

Die Schutzfunktion kommt jedoch sofort zum Ausdruck, wenn Restaurationsränder diese biologische Breite überschreiten. Zu lange Kronenränder induzieren daher Entzündungsreaktionen in Form einer Gingivitis (18), parodontalen Taschen, Rezessionen, einen Abbau von bindegewebigem Attachment und bei Knochenkontakt sogar Knochenresorptionen (19).

Die bindegewebige Anheftung an den Zahn beinhaltet diverse kollagene Faserbündel, die neben dem epithelialen Gewebe maßgeblich dafür verantwort-

lich sind, dass der Zahn Verbindung zum Alveolarfortsatz und damit zu seinem Zahnfach erhält.

Die im gingivalen Bindegewebe befindlichen Faserbündel treten hier auf ganz unterschiedlichen Höhen in Kontakt mit der Zahnoberfläche (20) und unterscheiden sich auch untereinander grundsätzlich in ihrer Verlaufsform.

Die kollagenreichen Faserbündel lassen sich demnach in zirkuläre, dento-gingivale, alveolo-gingivale, transseptale und interpapilläre Fasern einteilen (21).

Dieses gewobene Netz dient nicht nur der Zahnverankerung, sondern sorgt gleichzeitig auch für das plastische, straffe Erscheinungsbild der umgebenen Gingiva.

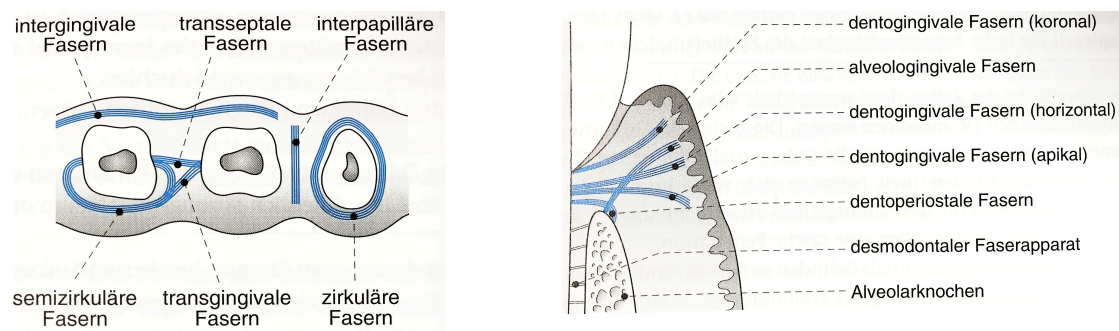


Abbildung 2.4.: Verschiedene kollagene Faserverläufe im gingivalen Bindegewebe, aus: Einführung in die Zahnerhaltung (13)

Nach einer Zahnextraktion gehen die zuvor mit dem Zahn in Verbindung gestandenen Faserverläufe verloren und bilden sich auch nach Ausheilung der Extraktionsalveole nicht wieder aus. Auch nach einer Implantation lassen sich keinerlei kollagene Faserverbindungen zur Implantat-Oberfläche finden. Hinzu kommt, dass sich neben den verloren gegangenen dentogingivalen Fasern auch die Zahl der alveologingivalen Fasern im Bereich der biologischen Breite reduziert (Abb. 2.10.). Die sonst zirkulären Faserverläufe bei natürlichen Zähnen verlaufen bei Implantaten parallel, was zur Folge hat, dass das periimplantäre Weichgewebe an Straffheit verliert und oralen Noxen leichter ausgesetzt ist.

Die periimplantäre Anatomie ist folglich eine ganz andere als die des natürlichen Zahnes. Sie ähnelt rein histologisch vielmehr einem Narbengewebe, das sich durch einen höheren Anteil an kollagenen Fasern, aber einem geringeren Anteil an Fibroblasten und Gefäßen, auszeichnet (22, 23).

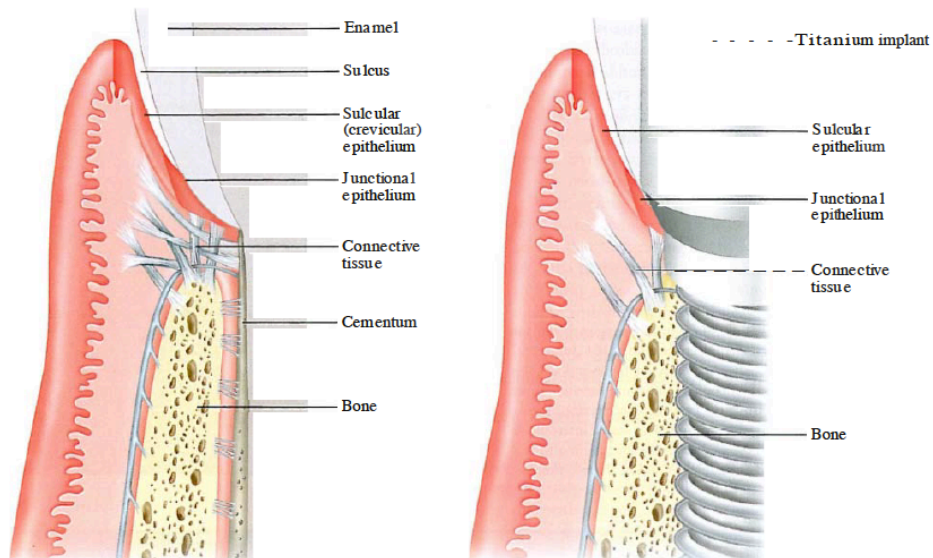


Abbildung 2.5.: Faserbündelverlauf beim natürlichen Zahn und bei einem Implantat, aus: Cementation in Dental Implantology (24)

Auf eine Extraktion mit anschließender Implantation folgt also eine Umstrukturierung nicht nur der kollagenen Faserverläufe, sondern auch der Blutversorgung. Hierbei entfällt nicht nur das fein umwobene Gefäßgeflecht auf der Zahnoberfläche, sondern auch die Blutversorgung zwischen Alveolarknochen und Zahn bzw. Implantat.

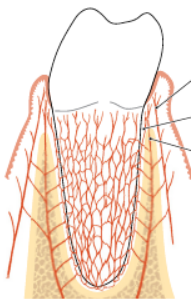
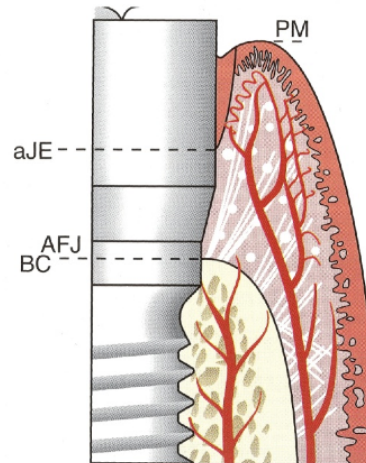
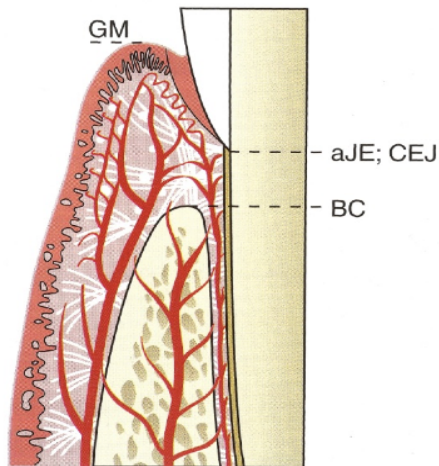


Abbildung 2.6.: Gefäßverlauf bei einem natürlichen Zahn, aus: Esthetic Implant Dentistry (25)

Abbildung 2.7.: Blutversorgung eines Zahnes, aus: Clinical Periodontology and Implant Dentistry (15)

Abbildung 2.8.: Gefäßverlauf bei einem Implantat, aus: Esthetic Implant Dentistry (15)

Der Bereich, in dem das Implantat direkt auf das Bindegewebe trifft, ist wie beim natürlichen Zahn mit einem Saumepithel ausgekleidet und keratinisiert (22). Die Breite des Saumepithels entspricht daher auch in etwa der des am natürlichen Zahn befindlichen epithelialen Attachments von ca. 1 mm.

Die biologische Breite ändert sich allerdings beim periimplantären Gewebe dahingehend, dass sich der Bereich des bindegewebigen Attachments verbreitert. Sie beträgt im Mittel 2,5 mm–3 mm (26), variiert somit um etwa 25–50 % und ist in ihrer Qualität bezüglich des Bindegewebes verändert.

Da viele kollagene Fasern hauptsächlich parallel oder zirkulär angeordnet sind, verliert das Bindegewebe seine Keratinisierung und weist somit einen vergrößerten Anteil an marginal freier Gingiva auf.



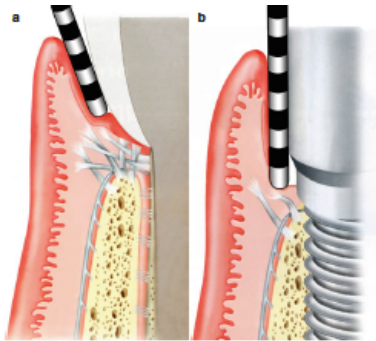


Abbildung 2.9.: Veränderte Sondierungstiefe, aus: Cementation in Dental Implantology (24)

Fehlende keratinisierte Mukosa birgt jedoch gerade bei Implantaten unerwünschte Risiken.

Die bewegliche Schleimhaut ist durch die fehlende Straffheit eine Prädilektionsstelle für Bakterien. Um ein Implantat als Folge einer Periimplantitis nicht zu verlieren, muss daher umso mehr auf eine gute Mundhygiene geachtet werden. Ein weiterer Nachteil ist die erhöhte Gefahr einer Rezession (27), der gerade bei Implantaten unbedingt vorgebeugt werden muss, um nicht beispielsweise die Implantatschulter sichtbar werden zu lassen.

Das Attachment, also die Verbindung von Krone zu Bindegewebe, ist demzufolge bei einem Implantat nicht nur deutlich schlechter als bei einem natürlichen Zahn, sondern muss auch aufgrund der möglichen Komplikationen stets beobachtet werden.

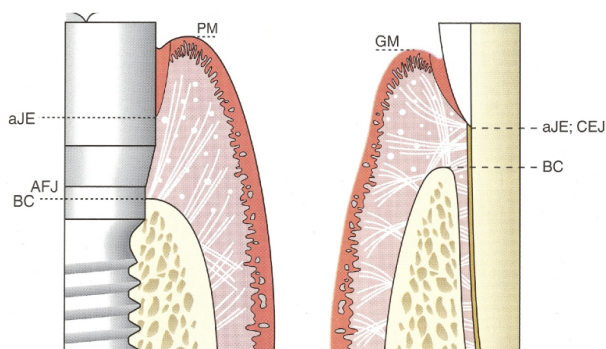


Abbildung 2.10.: Biologische Breite beim Implantat, aus: Esthetic Implant Dentistry (25)

Hinzu kommt, dass gerade bei Zahnverlust und dem damit verbundenen Knochenabbau der Bereich der befestigten Gingiva abnimmt. Um diesem Problem entgegenzuwirken, werden beispielsweise auch freie Schleimhauttransplantate zur Verbreiterung der keratinisierten Mukosa inseriert.

Thoma et al. 2014 (28) wiesen erfolgreiche Verbreiterungen bis zu 4 mm nach, die zum Erhalt und zur Stabilisierung des ästhetischen Endergebnisses von großem Vorteil sind. Wie bei jedem chirurgischen Eingriff muss hier jedoch mit erhöhter Morbidität und Behandlungsdauer gerechnet werden.

## 2.2 Heilungsverlauf der Alveole nach Zahnextraktion

Nach Extraktion eines Zahnes aus seiner Alveole füllt sich der Defekt umgehend mit Blut (Abb. 2.11.). Das dadurch entstehende Blutkoagel sollte bestenfalls durch einen Verschluss mit Nähten fixiert werden, damit die Knochenregeneration ungestört vonstatten gehen kann. Nachdem die Blutgerinnung und damit auch die Stabilisation des Blutkoagels nach wenigen Minuten abgeschlossen sind, folgen die klassischen Phasen der Wundheilung (29).

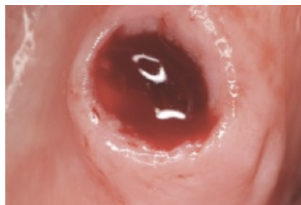


Abb. 2.11.: Zustand nach Extraktion



Abb. 2.12.: 48 Stunden nach Extraktion



Abb. 2.13.: 7 Tage nach Extraktion



Abb. 2.14.: 5 Wochen nach Extraktion

Abbildung aus Rueppell et al. (2016): Normale und gestörte Wundheilung nach Zahnextraktion, Quintessenz (30)

### 1. Die exsudative Phase

Die exsudative oder auch entzündliche Phase setzt nach wenigen Stunden ein und zeichnet sich vor allem durch die hohe Anzahl der Immunzellen aus. Granulozyten, Lymphozyten und Makrophagen dienen primär der Aufgabe der Abtötung aller körperfremden Strukturen, um die Wunde sauber zu halten. Die exsudative Phase gilt daher auch als Wundreinigungsphase. Zur gleichen Zeit werden kleine Blutgefäße neu gebildet und ein Fibrinnetz angelegt, das als Grundstruktur für das spätere Granulationsgewebe dient.

## 2. Die proliferative Phase

Die proliferative Phase beginnt nach 1 Tag und dauert in der Regel bis zum 3. Tag an. Eingewanderte Fibroblasten, die sich im Fibrinnetz ansiedeln, bilden Kollagen aus. Es bildet sich neues Granulationsgewebe, welches die Wunde ausfüllt. Dieses Granulationsgewebe dient als Grundlage für das Ausheilen der Extraktionsalveole und ist sichtbar zu erkennen (Abb. 2.12.).

## 3. Die reparative Phase

Die reparative Phase setzt am 4. Tag ein und wird auch Narbenbildungsphase genannt. Dabei wird die Wunde verschlossen, indem es nicht nur zur Neubildung von Kollagenfasern und zur Einwanderung von Epithelzellen kommt, sondern auch, indem sich die Wunde durch Kontraktion und die fortschreitende Epithelisierung schließt (Abb. 2.13.). Bereits nach wenigen Wochen kommt es somit physiologisch also bereits zu einer Gewebsschrumpfung, die sich farblich kaum mehr vom umliegenden Gewebe unterscheiden lässt (Abb. 2.14.). Der weitere Heilungsablauf der Extraktionsalveole wird in der Literatur weitestgehend ident beschrieben (31–34). Anfang und Ende der Regeneration sind allerdings maßgeblich von der jeweiligen Region abhängig. Daher teilten Scala et al. 2014 die Extraktionsalveole zunächst in drei Bereiche ein, die wiederum in extern, intermediär und zentral untergliedert wurden (33).

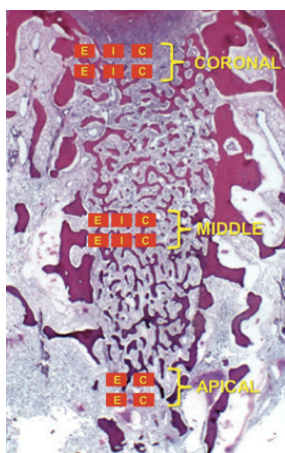


Abbildung 2.15.:  
Remodellationsprozesse einer Extraktionsalveole,  
aufgeteilt in drei Bereiche, von Scala et al. 2014 (33)



Abbildung 2.16.:  
Extraktionsalveole nach 4 Tagen, von Scala et al. 2014 (33)

Am 4. Tag der Heilung ist das Blutkoagel histologisch in der Extraktionsalveole noch überall ersichtlich, wobei sich die noch ablaufenden Entzündungsreaktionen besonders auf den mittleren und apikalen Bereich konzentrieren.

7 Tage nach der Zahnextraktion beginnt vom externen Bereich der Alveole bereits das Einsprießen von Bindegewebe. Es ist vom angrenzenden Knochen ausgehend sogar bereits unverkalkte Knochengrundsubstanz (Osteoid) nachweisbar (31). Die Regeneration des Hartgewebes erfolgt also über das angrenzende Gewebe und läuft somit von außen nach innen ab.

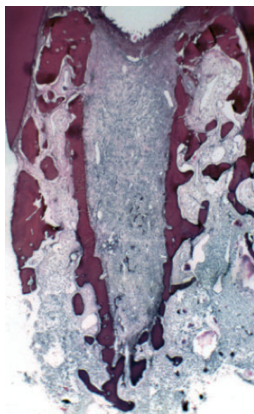


Abbildung 2.17.:  
Extraktionsalveole nach 10 Tagen, von Scala et al. 2014 (33)

Nach 10 Tagen ist das Blutkoagel gänzlich durch Bindegewebe ersetzt (33), sodass die Alveole nun zum Mundraum hin fest verschlossen ist. Es beherr-

bergt eine stetig wachsende Anzahl von Blutgefäßen, wohingegen sich die Zahl der Entzündungszellen immer mehr reduziert.

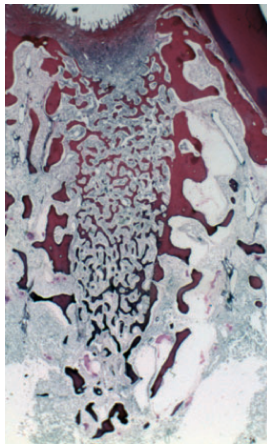


Abbildung 2.18.:  
Extraktionsalveole nach 30 Tagen, von Scala et al. 2014 (33)

Ab der 3. Woche beginnt der unreife Knochen sich zu mineralisieren. Es entsteht reifer, parallelfaseriger Geflechtknochen, der sich bis zur 6. Woche fast in der gesamten Alveole finden lässt. Nur im mittleren und apikalen Bereich befindet sich noch teilweise Knochenmark.

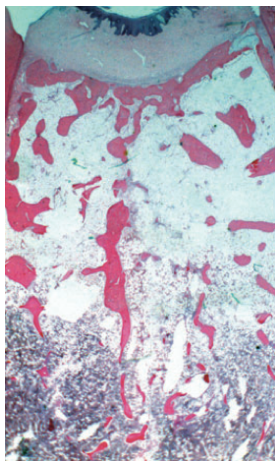


Abbildung 2.19.:  
Extraktionsalveole nach 90 Tagen, von Scala et al. 2014 (33)

Nach 90 Tagen ist die Alveole nun vollständig durch Knochen ausgeheilt und im koronalen Bereich hat sich zudem eine kortikale Schicht gebildet. Dieses zeitliche Ausheilungsmuster beschränkt sich allerdings nur auf die physiologisch gesunde Extraktionsalveole. Bei einer infizierten Alveole dauert die

Ausheilung sehr viel länger (35) oder kann sogar verheerende gesundheitliche Risiken mit sich ziehen.

Des Weiteren scheint die Dimension der Extraktionsalveole die Wundheilung zu beeinflussen. So sind verzeichnete Knochenverluste in schmalere Alveolen höher als in breiteren (36).

Die Regeneration des Hartgewebes geht also vergleichsweise langsam vonstatten und zieht immer einen Volumenverlust sowohl in horizontaler (29–63 %), als auch in vertikaler (11–22 %) Richtung nach sich (37).

Um diesen physiologischen Prozessen entgegenzuwirken, wurden mehrere Modifikationen vorgenommen. Ziel dabei ist es, den Alveolarknochen weitestgehend zu erhalten. Die unterschiedlichen Techniken dienen somit alle der Socket Preservation, sind jedoch divergent bezüglich ihrer Erfolgsrate.

## 2.3 Socket Preservation

Unter Socket Preservation versteht man den gezielten Versuch, eine Extraktionsalveole speziell zu versorgen, um den Verlust an Alveolarknochen zu minimieren. Eine Möglichkeit ist es, dem bestehenden Blutkoagel etwas hinzuzusetzen, um die Heilung zu beschleunigen. Dies können beispielsweise Wachstumsfaktoren oder knochenmorphogenetische Proteine (BMP) sein.

Eine andere Möglichkeit ist es, die Alveole direkt nach Zahnextraktion zu versorgen, sodass sich ein klassischer Blutkoagel gar nicht bilden kann. Hierbei werden verschiedene Materialien und Methoden angewandt. Die Alveole kann beispielsweise mit Knochenersatzmaterialien aufgefüllt werden. Dabei gilt zu unterscheiden, ob es sich um autogenen (körpereigenen), allogenen (derselben Spezies zugehörigen), xenogenen (einer anderen Spezies zugehörigen) oder alloplastischen (körperfremden, künstlichen) Knochen handelt.

Diese Knochenersatzmaterialien können der Alveole in unterschiedlicher Form (Späne, en bloc) beigefügt werden. Zusätzlich können dann noch resorbierbare oder nicht-resorbierbare Membrane zur Stabilisierung der Knochenersatzmaterialien eingesetzt werden. Danach wird der Verschluss der Alveole beispielsweise durch Einzelknopfnähte, Lappenbildung oder Bindegewebs-transplantate realisiert, die wie ein Deckel der Extraktionsalveole auferlegt werden.

Bei allen Techniken muss jedoch unbedingt darauf geachtet werden, dass die Extraktionsalveole selbst nicht trocken und leer bleibt. Das bedeutet, es muss vor dem Verschließen das Einbluten seitens der Alveolarwände sichergestellt sein. Gegebenenfalls müssen diese angefrischt werden. Dies wiederum bedeutet, die Alveolenwand wird nach dem Entfernen von Granulationsgewebe mit scharfen Löffeln zusätzlich mit einem Diamantbohrer präpariert.

So vielversprechend diese Verfahren auch zu sein scheinen, zahlreiche Studien zeigen jedoch, dass eine Gewebsschrumpfung nach wie vor mit keiner



Technik zu verhindern ist (38–40). Es ist sogar davon auszugehen, dass mit einigen Techniken derzeit noch kontraproduktive Ergebnisse erzielt werden. Das Einbringen von deproteinisierten, bovinen Knochen kann zu einer verlangsamten Ausheilung führen, da die körperfremden Knochenpartikel nicht resorbiert werden können, sondern vom neu entstehenden Knochen umgeben werden müssen (41).

Des Weiteren muss bedacht werden, dass sich durch diverse Augmentationsmaterialien auch die Proportionen des vitalen Knochens verändern. Derzeit ist allerdings noch unbekannt, ob die veränderten Knochenqualitäten Einfluss auf das periimplantäre Gewebe und deren Stabilität haben (42).

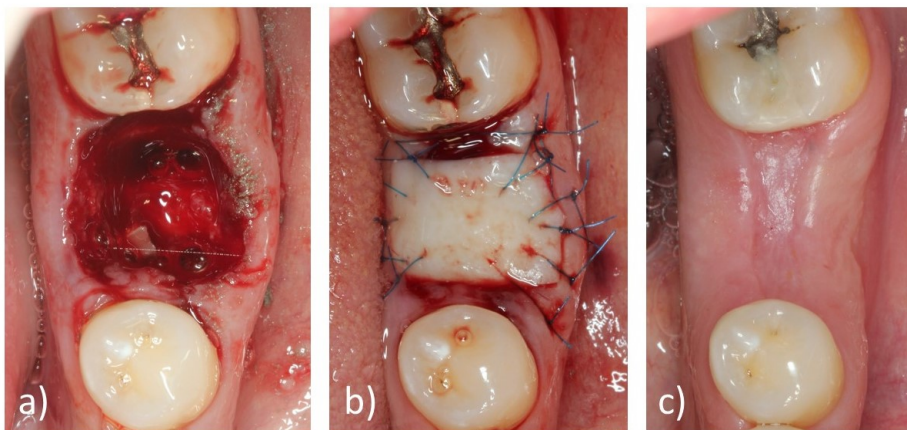


Abbildung 2.20.: Verfahren der Socket Preservation Zahn 45

- a) Zustand nach Zahnextraktion
- b) Dichter Wundverschluss mittels Bindegewebstransplantat und Nähten
- c) Zustand 3 Monate nach Zahnextraktion

## 2.4 Sofortimplantation

Die Sofortimplantation wird durch den Zeitpunkt der Implantation beschrieben und somit *sofort* nach der Zahnextraktion durchgeführt. Diese Form der Implantation ist jedoch nur durchführbar, sofern die frische Extraktionsalveole keinerlei Infektionen oder gravierende Knochendefekte aufweist. Ist dies nicht der Fall, kann entweder auf eine verzögerte Sofortimplantation nach 2–6 Wochen oder auf eine Spätimplantation nach 6–12 Monaten zugegriffen werden. Die Grundidee dieser Operationstechnik basiert auf dem Wissen, dass sich der Knochen nach Extraktion sukzessive abbaut. Demzufolge liegt zum Zeitpunkt der Zahnextraktion noch ein maximaler Erhalt des bestehenden Alveolarfortsatzes und des Weichgewebes vor. Gerade im ästhetisch sichtbaren Bereich findet die Sofortimplantation daher größte Anwendung, um zufriedenstellende Endergebnisse erzielen zu können.

Nach der Zahnentfernung gibt die frische, bestehende Extraktionsalveole den Mindestdurchmesser und die Mindestlänge des Implantats vor, um eine mechanisch erzielte Primärstabilität gewährleisten zu können. Die größte Schwierigkeit für den Operateur liegt hierbei darin, die Extraktionsalveole in der Oberkieferfront nicht als Leitpfad misszuverstehen.

Inseriert man das Implantat exakt in die Extraktionsalveole eines Oberkieferfrontzahnes, so erhält der Bereich der Implantatschulter eine zu weit bukkalgeneigte Position. Dies hat zur Folge, dass, unabhängig des Gingiva-Typs, bukkale Rezessionen auftreten, die zu minderen ästhetischen Endresultaten führen (43–45).

Eine weitere Herausforderung liegt in der exakten apikalen Positionierung des Implantats. Diese ist nicht nur entscheidend für das spätere Emergenzprofil der Krone (46), sondern kann sogar Einfluss auf die Knochenresorption haben (47). In einer Studie von Calvo-Guirado et al. (2014) wurden 48 Sofortimplantate in Hundekiefer inseriert, mit dem Ergebnis, dass eine 2 mm subkrestale Implantat-Position zu einer geringeren Knochenresorption, unabhän-

gig des gewählten Implantat-Designs, führte und zudem eine bessere Implantat-Knochen-Verbindung zu erwarten war.

Neben der Besonderheit eines unmittelbar gesetzten Implantats nach Zahnextraktion bringt die Sofortimplantation noch zusätzlich die Möglichkeit einer provisorischen Sofortversorgung. Der Patient hat demnach den Vorteil, zu keiner Zeit zahnlos versorgt sein zu müssen, was sich in Studien bezüglich Patientenzufriedenheit maßgeblich widerspiegeln lässt (48).

Die provisorische Sofortversorgung des Implantats hat jedoch nicht nur subjektive, sondern auch deutliche objektive Vorteile. Degidi et al. (2009) untersuchten die Knochenanordnung zweier Gruppen von Sofortimplantat-Patienten (49). Die eine Gruppe wurde umgehend nach der Sofortimplantation provisorisch mit einem Aufbau versorgt, die Implantate der anderen Gruppe wurden zunächst gedeckt eingeheilt. Nach 4 Wochen ergab sich eine histologische Knochen-Implantat-Verbindung von 65,6 % seitens der sofort versorgten Implantate und zu 54,7 % der einheilenden Implantate. Es ist also davon auszugehen, dass die Sofortversorgung einen positiven Einfluss auf die Osseointegration des Implantats hat (49).

Donati et al. (2013) spezifizierten dieses Ergebnis dahingehend, dass sie den Sofortimplantaten mit provisorischem Aufbau die Entstehung einer erhöhten Dichtigkeit des neu gebildeten Knochens zuschrieben (50). Klar zu unterscheiden ist die Sofortversorgung jedoch von einer Sofortbelastung des Implantats. Sofortversorgungen haben einen rein ästhetischen Nutzen und erfüllen keinerlei mastikatorische Funktion. Sie werden demnach aus der Okklusion genommen, um funktionelle Belastungen ausschließen zu können. Studien dokumentieren eine bis zu 1,2-fache erhöhte Verlustrate von Implantaten, die sofort belastet werden (51).

Betrachtet man den Verlauf der Stabilität eines Implantats (52), ergibt sich, dass insbesondere die ersten 4 Wochen nach Implantat-Inserierung eine kritische Zeit darstellen. In dieser Zeit nimmt die mechanisch erlangte Primärstabilität sukzessive ab, wohingegen die Sekundärstabilität, bedingt durch die

Osseointegration und Knochenneubildung, nur langsam entstehen kann. Demnach werden Implantate erst nach mehreren Monaten funktionell-belastend versorgt.

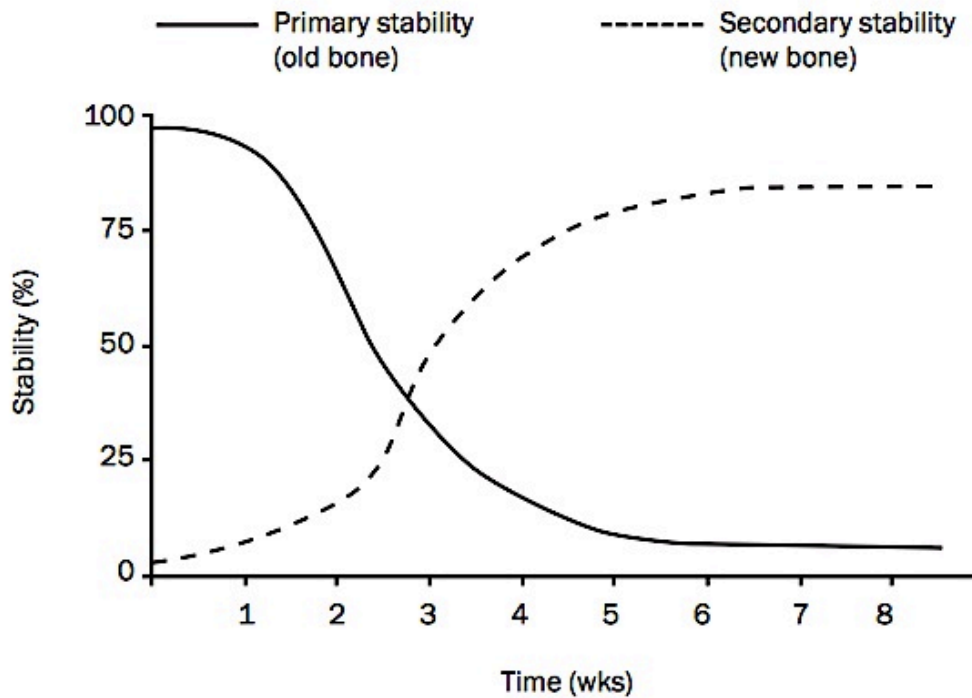


Abbildung 2.21.: Diagramm über den Verlauf der Primär- und Sekundärstabilität über 8 Wochen, von Raghavendra et al. (2005) (52)

## 2.5 Navigierte Implantation

Die anatomischen Abweichungen und situationsbedingten Problematiken sind von Patient zu Patient sehr unterschiedlich. Hinzu kommt, dass meist erst intraoperativ Knochendefekte, Entzündungen oder andere unvorhersehbare Komplikationen eintreffen können. Die Situationsvielfalt verlangt dem Operateur daher nicht nur qualifizierte Behandlungsfähigkeiten, sondern auch ein hohes Maß an Konzentration ab.

Besonders in der Oberkieferfront ist jedoch, wie bereits erwähnt, eine extreme Genauigkeit bei der Implantat-Positionierung unabdingbar. Gerade im anterioren Bereich der Maxilla ist die Implantat-Inserierung in eine frische Extraktionsalveole anspruchsvoll, da die zuvor vom Zahn angenommene Achsenstellung oft stark von der optimalen Implantat-Achsenstellung abweicht. Hinzu kommt, dass die dünne bukkale Knochenlamelle entscheidenden Einfluss auf das ästhetische Endergebnis hat und daher im besten Falle nach Zahnextraktion erhalten werden sollte (43). Aufgrund dieser physiologischen Limitierungen in bukkaler Richtung wird das palatinale Knochenangebot umso essenzieller (53).

Um die Positionen der Implantate und auch deren spätere prothetische Aufbauten genauestens umzusetzen, bietet es sich heute an, eine navigierte Implantation durchzuführen. Vorab werden patientenbezogene dreidimensionale Volumentomographien und präoperative Situationsmodelle erstellt. Mittels des errechneten Datensatzes kann dann passend zum Situationsmodell eine individuelle, zahngetragene Bohrschablone angefertigt werden. Hierbei zeigt die navigierte Implantation derzeit noch ihre Grenzen auf. Da die Bohrschablone ihre Genauigkeit nur zahngetragen gewährleisten kann, ist sie beim zahnlosen Patienten nicht exakt positionierbar.

Die Bohrschablone und das dazugehörige Bohrprotokoll tragen alle nötigen Informationen zur optimalen Implantat-Inserierung in sich und müssen vom Operateur intraoperativ nur noch positioniert bzw. umgesetzt werden.

Demnach sind vor Operationsbeginn bereits die optimale Implantatlänge, der optimale Implantatdurchmesser, sowie der optimale Inserierungswinkel festgelegt. Positionierungs-Ungenauigkeiten sind in der navigierten Implantation daher sehr selten (54).

Neben dem Vorteil, selbst in anatomisch schwierigen Regionen wie der Oberkieferfront die maximalen Vorteile des limitierten Knochenangebots ausschöpfen zu können (55), bringt die navigierte Implantation auch die Möglichkeit mit sich, Implantat-Inserierungen ohne Lappenbildung durchzuführen. Es entfällt also die Notwendigkeit der intraoperativen Kieferkamm-Darstellung mittels Lappenbildung, was in Studien mit verbesserten ästhetischen Endergebnissen in Zusammenhang gebracht wird (45, 54) und weitergehend einen geringeren Knochenabbau nach sich zieht (56, 57).

Weitere Vorteile ergeben sich für den Patienten durch eine reduzierte Behandlungsdauer, eine reduzierte Schmerzintensität und der damit verbundene reduzierte Schmerzmittelkonsum sowie der Möglichkeit der vorhersagbaren prothetischen Versorgung (58). Die prothetische Planbarkeit macht die navigierte Implantation neben der Möglichkeit der Einzelimplantat-Inserierung vor allem für die Versorgung eines gesamten Kiefers höchst interessant. Studien zeigen, dass Patienten nach multiplen Zahnextraktionen bei umgesetzter navigierter Sofortimplantation und implantatgetragener Sofortversorgung mittels Prothesen nach 2 Jahren eine Erfolgsrate von 97,97 % aufweisen konnten (59). Es ist daher davon auszugehen, dass es nur noch eine Zeit- und Kostenfrage ist, bis die navigierte Implantation sich in der Routine dentalchirurgischer Eingriffe durchsetzt.



Abbildung 2.22.: Bohrschablone mit zu implantierender Region 11

## 2.6 Kollagenmatrix

Die kollagenen Matrices haben vielseitige Indikationsbereiche. Sie sollen hauptsächlich als Ersatz eines Bindegewebstransplantats dienen und somit der Weichgewebsschrumpfung entgegenwirken. Sie sind aber gleichzeitig eine adäquate Versorgung der Entnahmestelle am Gaumen eines Bindegewebstransplantats.

Kollagene Matrices wurden nicht nur entwickelt, um die erhöhte Morbidität der Entnahmestelle von Bindegewebstransplantaten zu eliminieren, sondern auch, um die damit resultierende verlängerte Behandlungsdauer zu reduzieren. Sie werden in gleicher Funktion wie ein autogenes Bindegewebstransplantat angewandt, mit dem Unterschied, dass der Patient nicht die mit letzterem einhergehenden Schmerzen erdulden muss.

Diese 3-D-Matrices werden über spezielle Techniken der Aufreinigung aus der Dermis von Schweinen gewonnen. Sie bestehen hauptsächlich aus Kollagen Typ 1 und 3 und sollen durch ihre Anordnung als Leitstruktur für Blutgefäße und Zellen des Weichgewebes dienen. Nach Inserierung der 3-D-Kollagenmatrix wird diese vaskularisiert und dann in einem Prozess von mehreren Monaten zu Bindegewebe umgewandelt. Sie wurde speziell für die Weichgewebsregeneration und für das Weichgewebsmanagement entwickelt. Neben ihrem Einsatz in der Parodontologie finden 3-D-Kollagenmatrices aber auch Anwendung in der Implantologie, speziell, wenn es darum geht, die keratinisierte Mukosa zu verbreitern.

Um Infektionen zu vermeiden, sollte jedoch unbedingt darauf geachtet werden, dass das Empfängerbett und das umgebene Milieu frei von Plaque und Bakterienherden ist. Eine gute Mundhygiene ist demnach auch hier Voraussetzung für den chirurgischen Eingriff.

Um genauere Daten zu erlangen, wurden Endergebnisse nach Bindegewebs transplantationen und 3-D-Kollagen-Matrices miteinander verglichen.

Eine Studie von Naenni et al (60), die an Hunden durchgeführt wurde, testete sowohl Bindegewebsstransplantate und 3-D-Kollagenmatrixes als auch die Abwesenheit der beiden Techniken nach Sofortimplantationen.

Die Weichgewebsaugmentation erfolgte 6–7 Monate nach der Sofortimplantation und wurde dann in einem Follow-up beobachtet und bewertet. Sowohl bei dem Bindegewebsstransplantat als auch bei der 3-D-Kollagenmatrix konnten zunächst deutliche Volumenzunahmen dokumentiert werden. Am Ende der Versuchsreihe zeigte sich jedoch, dass sich alle drei Techniken auf etwa den gleichen Wert einpendelten. Es handelte sich dabei um etwa denselben Wert, der auch vor dem chirurgischen Eingriff gemessen wurde.

Eine andere Studie von Thoma et al (28), die an Patienten mit teilweise zahnlosen Regionen Implantate mit Bindegewebsstransplantaten oder einer 3-D-Kollagenmatrix inserierten, erzielte signifikante Unterschiede bezüglich der keratinisierten Mukosa. So konnten zwar durch die 3-D-Kollagenmatrix Behandlungszeit und postoperative Schmerzen sowie Morbidität reduziert werden, allerdings war auch der Mehrgewinn an keratinisierter Mukosa niedriger als bei Implantationen mit Bindegewebsstransplantaten. Zudem ergaben sich bei den autogenen Bindegewebsstransplantaten auch bessere Ergebnisse in Form und Farbe im Vergleich zu der 3-D-Kollagenmatrix.

Der Einsatzbereich und die Erfolgsgarantie der 3-D-Kollagenmatrixes sind demnach bis dato in der Literatur kontrovers diskutiert.



Abbildung 2.23.: Kollagenmatrix von botiss mucoderm® in verschiedenen Größen (61)



## **3 Material und Methoden**

### **3.1 Studiendesign**

Die vorliegende Untersuchung wurde monozentrisch, doppelblind, randomisiert und prospektiv durchgeführt. Die Patienten wurden in zwei Gruppen nach dem CONSORT-Statement eingeteilt. Des Weiteren wurde die Studie bei der Ethikkommission der Landes Zahnärztekammer Hessen beantragt und Patienteninformationsunterlagen bezüglich der Vorgehensweise ausgeteilt, sowie schriftliche Einverständniserklärungen der Probanden eingeholt.

Es wurden zwei Verfahren miteinander verglichen:

1. die navigierte Sofortimplantation mit Knochenersatzmaterialien ohne zusätzliche Weichgewebsaugmentation,
2. die navigierte Sofortimplantation mit Knochenersatzmaterialien und dem Zusatz einer Kollagen-Matrix.

Die Zuteilung eines Patienten in die jeweilige Gruppe erfolgte randomisiert. Die Randomisierung wurde durch ein Excel-Programm vorgenommen, dessen Ergebnisse in blickdichte Umschläge verpackt und erst zum Zeitpunkt der Implantation geöffnet wurden.

Die chirurgischen Eingriffe wurden zu jeder Zeit entsprechend der Deklaration von Helsinki durchgeführt.

### 3.2 Studienteilnehmer

Es wurden 27 Patienten vom 1.1.2017 bis zum 1.1.2018 befundet. Von den 27 untersuchten Patienten erfüllten 5 Patienten die Einschlusskriterien nicht und 2 Patienten verweigerten die Studienteilnahme. Demnach konnten schlussendlich 20 Probanden rekrutiert werden. Die Studienteilnahme erfolgte nach Evaluation der erforderlichen Kriterien zur Teilnahmebedingung.

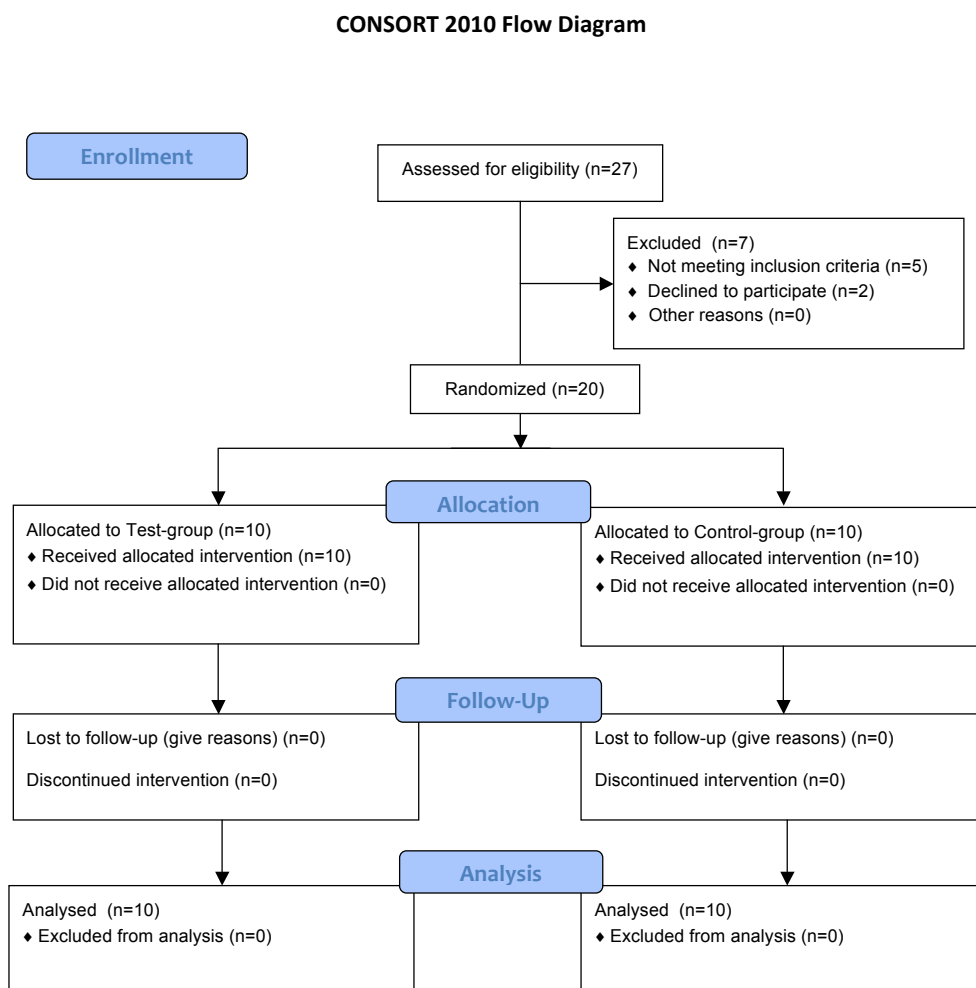


Abbildung 3.1.: Consort-Diagramm

### *Einschlusskriterien:*

- Alter 18–99 Jahre
- zu ersetzender, aber noch vorhandener Einzelzahn im ästhetisch sichtbaren Bereich (definiert vom 1. Schneidezahn bis zum 1. Prämolaren)
- Vorhandensein der benachbarten Zähne
- Anfertigung einer dreidimensionalen Volumetomographie, um die Möglichkeit der Operationsdurchführung zu überprüfen
- unterschriebene Einverständniserklärung bezüglich des Studiendesigns und aller einzuhaltender Follow-Up-Termine

### *Ausschlusskriterien:*

- bestehende Allgemeinerkrankungen, die eine Implantation ausschließen (z. B. Epilepsie, schwere Gerinnungsstörungen, Immunsuppression nach Transplantation, schwere Herz-Kreislauf-Erkrankungen)
- parodontale Erkrankungen
- Nikotinabusus
- Konsum von Drogen und/oder Alkohol
- bestehende Einnahme von Bisphosphonaten
- akute Infektionen im zu operierenden Bereich
- eine bestehende Schwangerschaft oder aktuelle Stillzeit
- eine schlechte Mundhygiene

### Ausführende Personen

#### *Behandelnder Zahnarzt*

Die chirurgischen Eingriffe wurden ausnahmslos von demselben Behandler durchgeführt. Ein erfahrender Parodontologe und Oberarzt in der Abteilung

der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde und Parodontologie in der Zahnklinik Mainz führte alle chirurgischen Therapiemaßnahmen durch.

### *Examinatoren*

Der Einschluss eines Studienteilnehmers wurde ausschließlich vom verantwortlichen Operateur entschieden.

Die umfassenden Untersuchungen und Nachsorgetermine eines Studienteilnehmers wurden von der Doktorandin vorgenommen.

Die Kontrolltermine beinhalteten die Alginat-Abdrucknahme der momentanen Situation und die daraufhin folgende Erstellung von Situationsmodellen aus Gips. Des Weiteren wurden Fotos sowie Röntgenbilder angefertigt.

Die Situationsmodelle wurden mittels eines 3-D-Scanners erfasst und mit einem speziellen Programm von der Doktorandin ausgewertet.

Die Fotoauswertung erfolgte sowohl vom Operateur als auch von der Doktorandin unabhängig voneinander mithilfe des von Dr. Fürhauser 2005 beschriebenen Pink Esthetic Score (PES) (62).

## Klinischer Ablauf

### *1. Termin: Erstvorstellung*

Nachdem sich ein Studienteilnehmer als geeignet erwiesen hatte, wurden beim ersten Termin die Anamnese und die Ausgangssituation des Patienten dokumentiert. Dies erfolgte durch die Aufnahme des oralen Befundes (01) sowie durch Alginatabdrücke und Fotodokumentationen. Des Weiteren wurde eine dreidimensionale Volumentomographie (Planmeca 3D ProMax, Finnland) im Zentrum mikroinvasiver Zahnheilkunde in Bad Soden angefertigt, um sowohl das vorhandene Knochenangebot zu evaluieren und somit auch die Umsetzung der Operation, als auch den notwendigen Datensatz für die Erstellung einer navigierten Bohrschablone zu erlangen. Die Datensätze wurden zusammen mit den angefertigten Situationsmodellen abgeglichen und basierend auf den Ergebnissen eine Musterplanung zur Implantat-Inserierung erstellt.

Anhand dieser Musterplanung wurde eine individuelle Bohrschablone für den Patienten angefertigt und für die bevorstehende navigierte Sofortimplantation vorbereitet. Die navigierte Sofortimplantation beinhaltet neben der Bohrschablone auch ein spezifisch angefertigtes Bohrprotokoll, das vorab den bestmöglichen Bohrer und die exemplarische Implantat-Auswahl dokumentiert.

### *2. Termin:*

#### *2.1. Chirurgischer Eingriff*

Unmittelbar vor dem chirurgischen Eingriff erhielt der behandelnde Zahnarzt den der Operation zugehörigen blickdichten und versiegelten Briefumschlag. In dem Briefumschlag befand sich ein Zettel mit der Notiz darauf, ob eine Kollagen-Matrix verwendet werden sollte oder nicht.

Zu Beginn der Behandlung spülte der Patient mit einer desinfizierenden Mundspüllösung CHX (0,1 %) und bekam eine Tablette des Antibiotikums

Amoxicillin 1000 mg. Bei bestehenden Unverträglichkeiten oder Allergien gegen Penicillin erhielt der Patient dementsprechend eine Tablette Clindamycin 600 mg.

Des Weiteren erhielt der Patient bereits eine Ibuprofen 600 mg zur Reduktion postoperativer Schmerzen. Daraufhin erfolgte die lokale Betäubung durch das Lokalanästhetikum Ultracain D-S forte mit einer Verdünnung von 1:100.000/1,7 ml.

Zunächst wurde der noch bestehende Wurzelrest oder zu entfernende Zahn mit einem Periotom gelockert und dann mit einer Zange schonend extrahiert. Nach der vollständigen Zahnentfernung wurde die Alveole mit einem scharfen Löffel von Granulationsgewebe befreit und die Anzahl der bestehenden Alveolarwände ermittelt sowie eine eventuelle Durchgängigkeit zur Kieferhöhle bzw. Nasenhöhle ausgeschlossen. Nach Sicherstellung, dass das klinische Knochenangebot und die klinische Situation den zu erwartenden Planungen und Annahmen entsprechen, wurde mit der Operation fortgefahren. Hierfür wurde die individuell angefertigte Bohrschablone in den Patientenmund geführt, um die Sitzpassung zu kontrollieren. Bei optimalem Sitz wurden dann mithilfe des Bohrprotokolls die Bohrungen vorgenommen. Nach der Knochenbettauflbereitung wurde das Implantat (BEGO Semados<sup>®</sup> RSX; BEGO Implant Systems, Bremen, Deutschland) inseriert und nach erfolgreich geprüfter Primärstabilität ( $\geq 30 \text{ Ncm}^2$ ) mit einer Abdeckschraube versorgt.

Die bestehenden Knochendefekte wurden mit allogenen Knochenersatzmaterial der (Puros; Zimmer Biomet, Deutschland) aufgefüllt (Abb. 3.1.)

Je nach vorab randomisiert zugeteilter Operationsdurchführung wurde dem Studienteilnehmer nun

- a) eine zuvor zugeschnittene und rehydrierte Kollagen-Matrix (mucoderm<sup>®</sup>; Straumann, Botiss Biomaterials, Deutschland) mittels Tunnelierung in der bestehenden Region

oder

- b) keine Kollagen-Matrix

beigefügt.

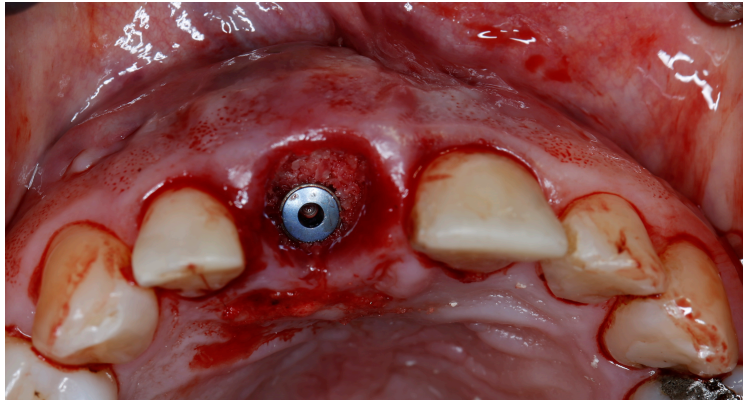


Abbildung 3.2.: Zustand nach Implantation und Knochendefekt-Auffüllung mit Knochenersatzmaterialien

## *2.2. Maßnahmen zur sofortigen provisorischen Versorgung*

Nach Abschluss des chirurgischen Eingriffs wurde die Abdeckschraube des Implantats entfernt und ein Abformpfosten angebracht (Abb. 3.2.).

Mithilfe des Abformpfostens wurde eine situative Abformung durch Pattern Resin durchgeführt (Abb. 3.3).

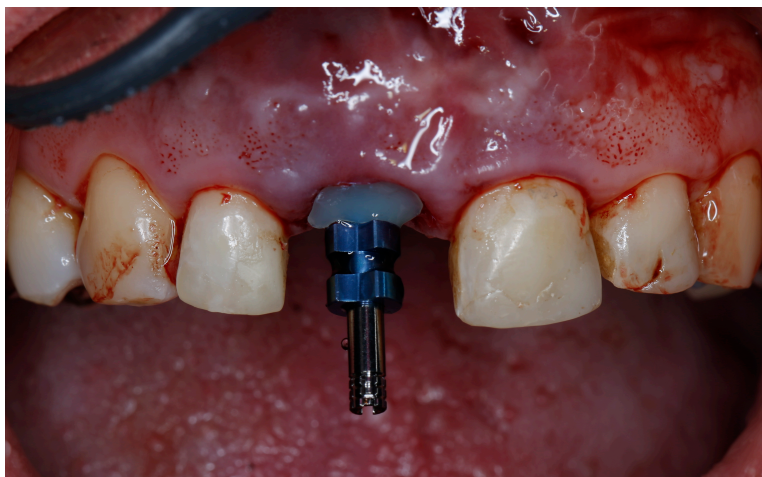


Abbildung 3.3.: Positionierung des Abformpfostens. Hier mit Venus Flow, um eine Kollabierung des Weichgewebes bei der Abformung zu verhindern

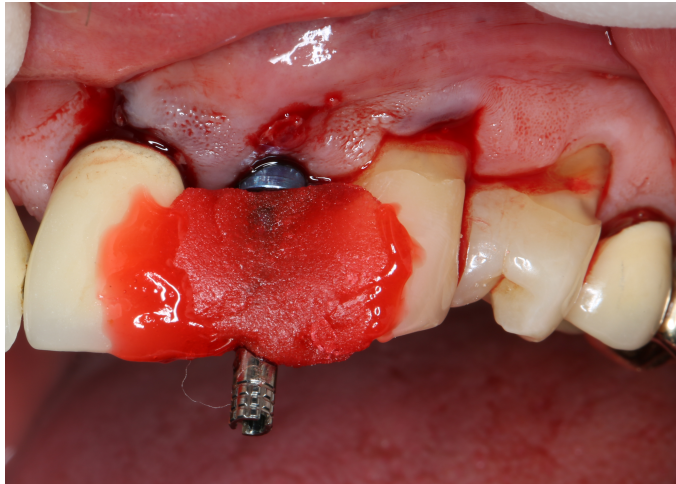


Abbildung 3.4.: Abformung durch den Zahntechniker mit Pattern Resin (GC America Inc., Japan)

Die Abformung wurde samt Abformpfosten entnommen und das Implantat erneut mit der Abdeckschraube versorgt.

Nach Herstellung eines postoperativen Zahnfilmes zur Kontrolle der durchgeführten Implantation wurde der Patient für etwa 60 Minuten unter Beobachtung in den Warteraum entlassen, bis sein Provisorium angefertigt war.

Der Patient wurde gebeten, sich auch während der Wartezeit ruhig zu verhalten. Außerdem wurde er dazu angehalten, die Operationsstelle mit einem Kühlbeutel zu kühlen und nur schluckweise Wasser zu sich zu nehmen.

Nach der Wartezeit wurde der Patient wieder ins Behandlungszimmer gebeten, um das Provisorium anzupassen. Hierbei wurden Form und Farbe kontrolliert (Abb. 3.5.). Der Schraubkanal wurde mit Kunststoff verschlossen und es wurden Fotos zur Dokumentation erstellt (Abb. 3.6.). Abschließend wurde der Patient über das postoperative Verhalten aufgeklärt.





Abbildung 3.5.: Fertiggestelltes Provisorium



Abbildung 3.6.: Eingesetztes Provisorium von vestibulärer Ansicht



Abbildung 3.7.: Mit Venus Flow verschlossener Schraubkanal von okklusaler Ansicht des eingesetzten Provisoriums bei einem Probanden mit mucoderm®-Applikation

## 2.2. *Aufklärung über postoperatives Verhalten*

Um den Erfolg der Operation nicht zu gefährden, werden die Studienteilnehmer dazu angehalten, ein festgelegtes postoperatives Verhalten zu befolgen.

Hierzu zählen:

- unmittelbar nach der Operation keine heißen Flüssigkeiten zu sich zu nehmen, solange die Anästhesie noch Wirkung hat
- den operierten Bereich für eine Woche nicht mit der Zahnbürste zu putzen und danach für mindestens zwei Wochen auf eine weiche Zahnbürste umzusteigen
- zwei Wochen lang täglich dreimal mit einer CHX-Spüllösung (0,1 %) den Mund vorsichtig auszuspülen, ohne dabei Druck aufzubringen
- in den ersten Tagen auf weiche Nahrung umzusteigen
- mindestens eine Woche lang auf Milchprodukte, Kaffee und schwarzen Tee zu verzichten
- in den ersten zwei Wochen schwere körperliche Arbeit und Sport zu unterlassen

### 3. *Termin:*

*7–10 Tage postoperativ*

- Kontrolle zur Wundheilung
- gegebenenfalls zur Nahtentfernung

### 4. *Termin:*

*4 Wochen postoperativ*

- Fotodokumentation
- Kontrolle zur Wundheilung
- Kontrolle zur Mundhygiene

Falls nötig, werden dem Studienteilnehmer hier unterstützende Instruktionen zur Mundhygiene gezeigt.

5. *Termin:*

*3 Monate postoperativ*

- Implantat-Abformung mithilfe eines speziell angefertigten individuellen Löffels
- Farbbestimmung für die endgültige prothetische Versorgung
- Fotodokumentation
- Zahnfilm des inserierten Implantats
- Messen der keratinisierten Mukosa
- Alginatabdrücke

6. *Termin:*

*6 Monate postoperativ*

- Einsetzen der finalen prothetischen Versorgung aus Zirkonoxid
- Fotodokumentation
- Zahnfilm des inserierten Implantats
- Messen der keratinisierten Mukosa
- Alginatabdrücke

### 3.3 Datenerhebung

#### *Modell-Herstellung*

- Baseline  
Vor Beginn der Studie wird von jedem Studienteilnehmer ein Situationsmodell erstellt. Es spiegelt die Volumenverhältnisse vor Operation wieder und stellt somit den intraoralen Ausgangszustand dar.  
Das Baseline-Modell gilt als Referenz für nachfolgende, postoperative Situationsmodelle.
  
- Situationsmodell 3 Monate postoperativ  
Der erste Vergleich mit dem Baseline-Modell erfolgt 3 Monate nach dem operativen Eingriff.
  
- Situationsmodell 6 Monate postoperativ  
Der zweite Vergleich zum intraoralen Ausgangszustand erfolgt 6 Monate nach dem operativen Eingriff.

#### *Fotodokumentation*

- Baseline  
Vor Beginn der Studie werden zur Feststellung des Ausgangszustandes Fotos der betreffenden Stelle angefertigt.  
Hiermit wird die präoperative Ästhetik festgehalten.
  
- 3 Monate und 6 Monate postoperativ  
Die Fotos werden termingleich zu den Modellen erstellt und dienen zur späteren Evaluation der postoperativen Ästhetik mittels Pink Esthetic Score (PES).

- Fotos, die während der Operation, bei Kontrolle 1 Woche und 4 Wochen postoperativ erstellt werden, dienen lediglich zur Dokumentation und zur Kontrolle. Es erfolgt keine ästhetische Evaluation.

#### *Radiographische Maßnahmen zur Dokumentation*

- Präoperativ  
Anhand einer dreidimensionalen Volumentomographie wird das Knochenangebot und die vorliegende Situation festgestellt und somit die Entscheidung über den Einschluss in die Studie getroffen.
- Postoperativ  
Unmittelbar nach der Operation wird zur Kontrolle ein Zahnfilm erstellt. Die Aufnahme gilt als Ausgangszustand für die spätere vergleichende Evaluation des marginalen Knochenabbaus.
- 3 Monate und 6 Monate postoperativ  
Die folgenden Zahnfilme dienen zur situativen Evaluation des Knochenangebots. Es wird jeweils der marginale Knochenabbau erhoben.

#### *Messung der keratinisierten Mukosa*

- Baseline  
Vor Beginn des operativen Eingriffs wird die keratinisierte Mukosa mit einer PA-Sonde gemessen. Der Wert gilt als Feststellung der Ausgangssituation.
- 3 und 6 Monate postoperativ  
Die keratinisierte Mukosa wird postoperativ noch drei weitere Male ermittelt. Sie werden mit dem Ausgangswert verglichen.

### 3.4 Datenauswertung

#### 1. Computerunterstützte, volumetrische Modellanalyse

Alle angefertigten Situationsmodelle (Baseline, 3 Monate, 6 Monate) werden von einem dreidimensionalen Scanner (Shining EinScan3D) jeweils horizontal und senkrecht in einem abgedunkelten Raum erfasst.

Mit einem speziellen Programm (GOM Inspect) zur Auswertung der gesammelten Scans werden die postoperativen Modelle mit dem Baseline-Modell verglichen.

Im vorliegenden Beispiel werden Baseline und das postoperative 6-Monats-Modell einer Patientin miteinander verglichen.

Der zu betreffende Bereich ist die Region 12.

Hierfür müssen beide Modelle zunächst in das Programm importiert werden.

- a) CAD/CAM-Körper: Baseline
- b) Netz: 6 Monate postoperativ

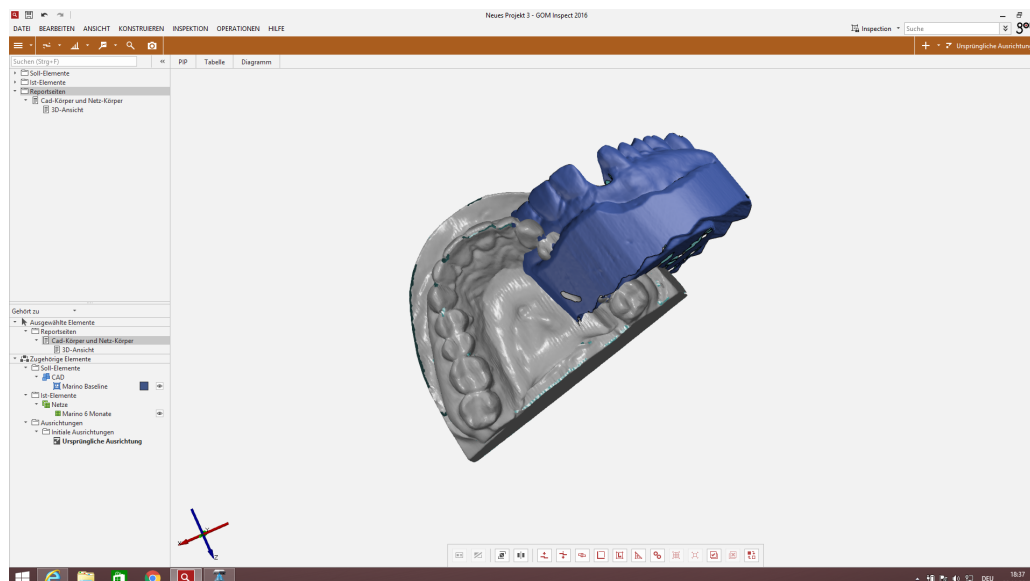


Abbildung 3.8.: Auswahl zweier Modelle. In diesem Fall „Baseline“ und „6-Monate-post“

Nach einer automatisierten Vorausrichtung werden auf beiden Modellen jeweils 3 gleiche, markante Punkte, die möglichst weit auseinanderliegen, ausgewählt.

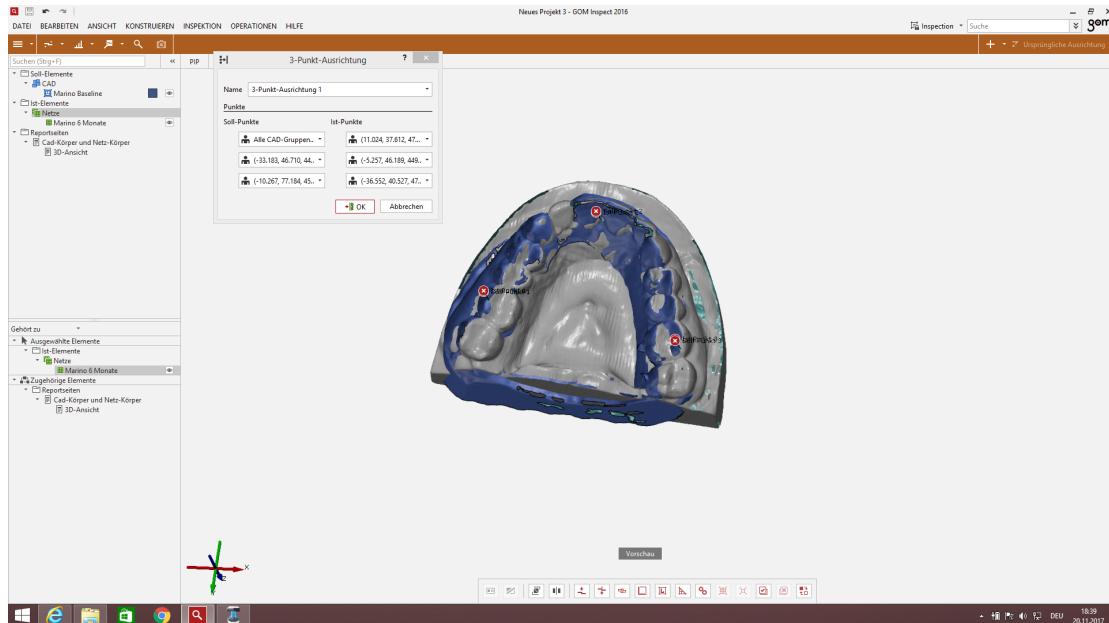


Abbildung 3.9.: Überlagerung der zwei Modelle mittels 3-Punkt-Ausrichtung

Nach der modifizierten 3-Punkt-Ausrichtung errechnet das Programm die entsprechend verbesserte Ausrichtung.

Die bestehenden Zähne werden als Fläche ausgewählt, um eine noch genauere Überlagerung der zwei Modelle zu erreichen.

Störkanten und Ungenauigkeiten, die beim Alginatabdruck entstanden sein könnten, werden hiermit nicht mehr in den zu interessierenden Bereich projiziert und somit weitestgehend eliminiert.

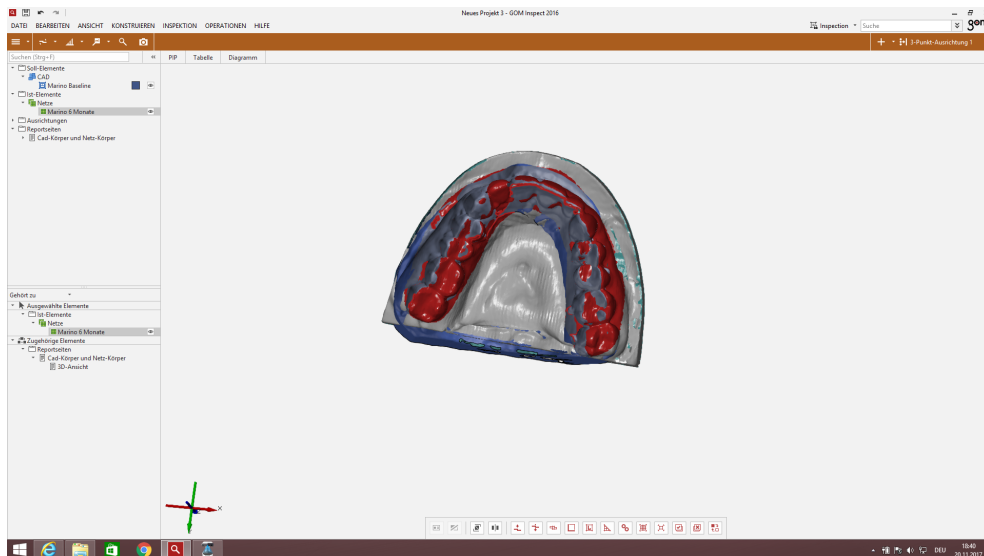


Abbildung 3.10.: Errechnete Überlagerung nach oberflächenselektivem Best-Fit

Die Oberflächenselektion (rot markiert) erfolgt bei jedem Modell-Vergleich fünfmal.

Hierfür wird der zu interessierende Bereich immer weiter eingegrenzt, bis ein „Best-Fit 5“ erreicht wird.

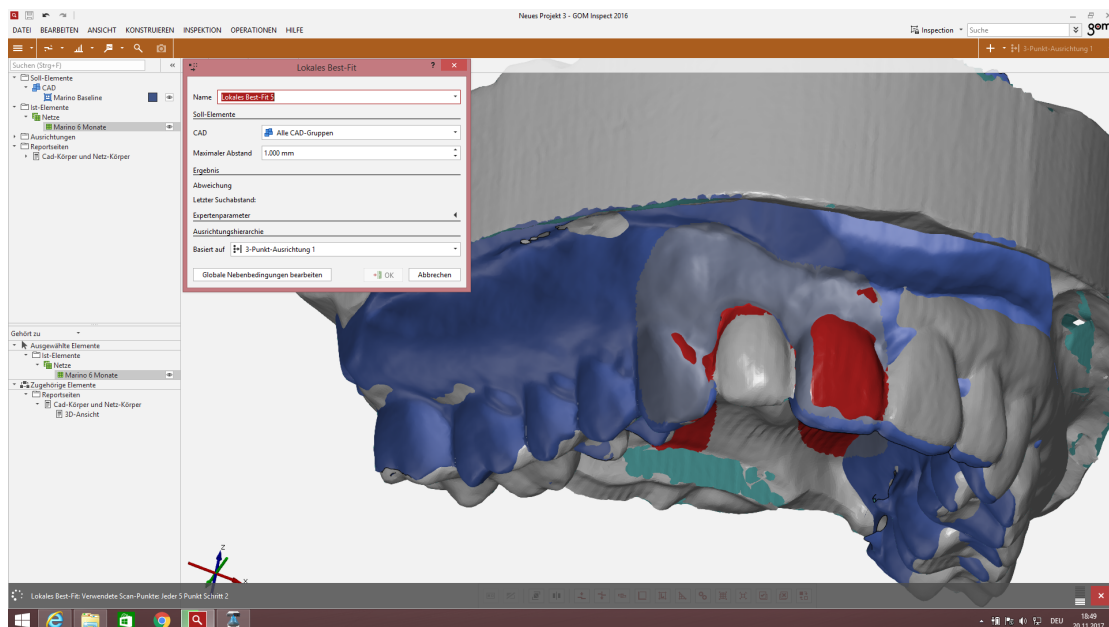


Abbildung 3.11.: Best-Fit 5 mit dem zu interessierenden Bereich



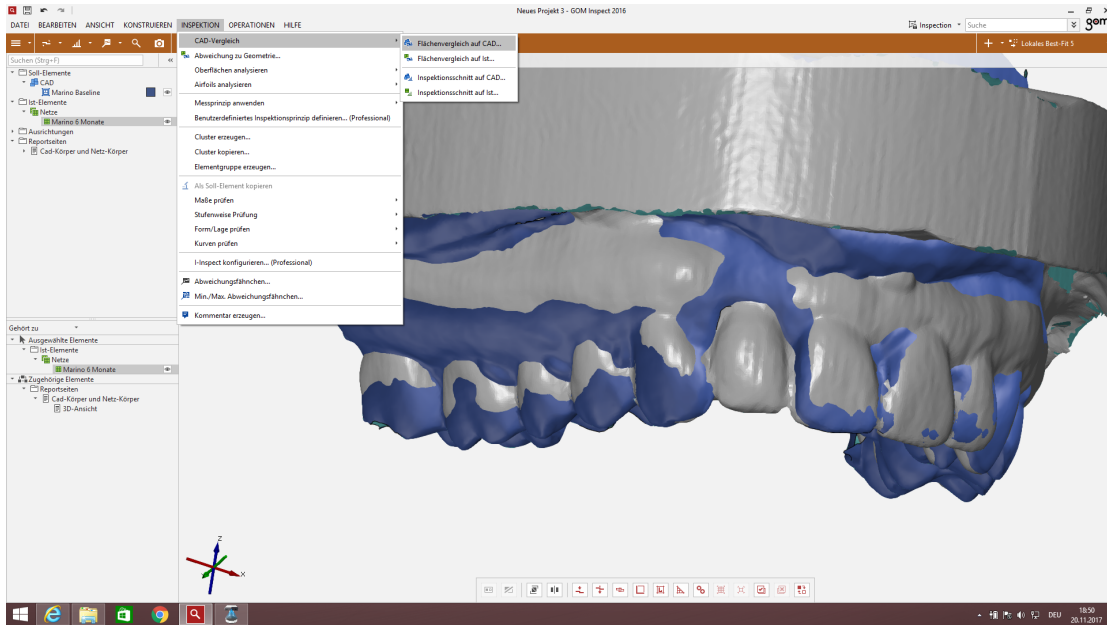


Abbildung 3.12.: Endgültige Überlagerung nach fünf Best-Fit-Durchgängen

Nachdem das Programm nun die kleinste Oberflächenselektion in beiden Modellen erkannt und überlagert hat, erfolgt die Inspektion.

Die Inspektion nimmt das Baseline-Modell als Ausgangspunkt und errechnet die volumetrische Veränderung zum postoperativen Modell.

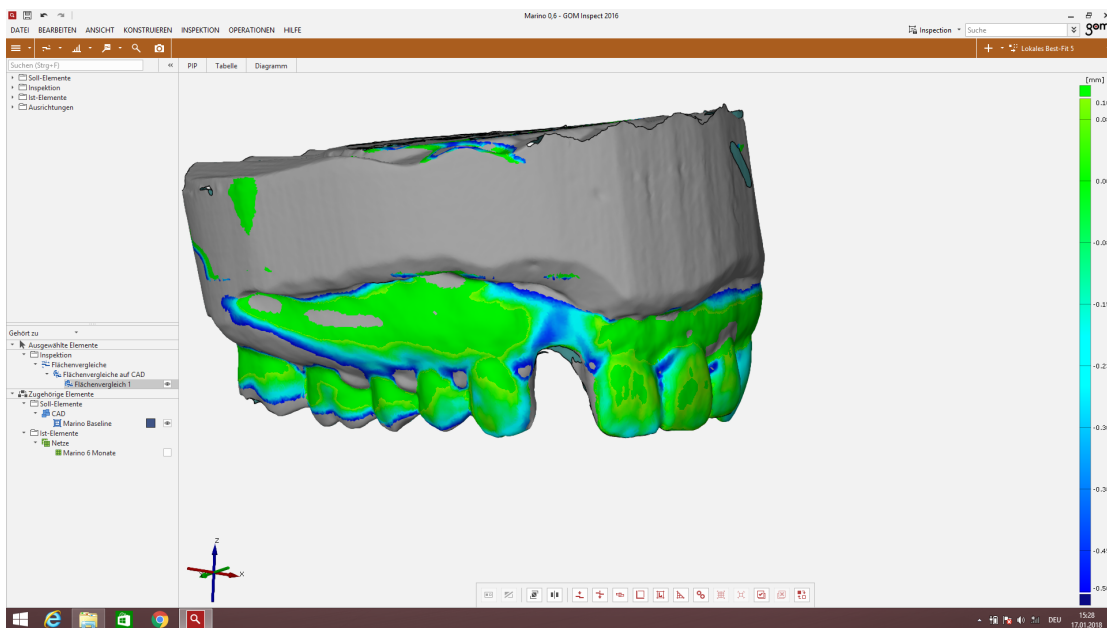


Abbildung 3.13.: Darstellung der Volumenveränderung bezogen auf das Baseline-Modell

Der zu interessierende Bereich bei Zahn 12 wird dann speziell selektiv eingegrenzt um die dort entstandenen Volumenänderungen spezifizieren zu können.

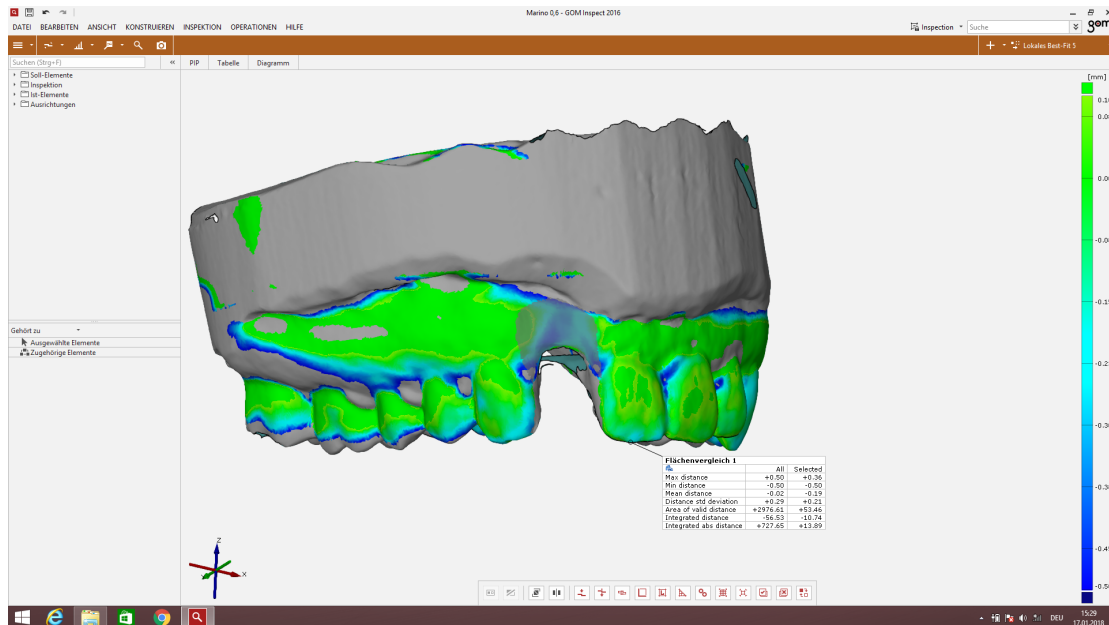


Abbildung 3.14.: Auswahl der zu interessierenden Region mit genauen Wertangaben in  $\text{mm}^3$

Die spezifische Visualisierung des betreffenden Bereichs 12 wird dreimal vorgenommen.

Der Mittelwert der drei Daten stellt das Ergebnis der volumetrischen Veränderung nach 6 Monaten dar.

## 2. Auswertung der Fotodokumentation

Die Auswertung der Ästhetik in der betreffenden Region wird mithilfe des Pink Esthetic Score (PES) von einem unabhängigen Examinator erhoben. Dieser wird nicht über den Grund der Evaluation aufgeklärt und ist somit objektiv.

Die systematische Evaluation des periimplantären Gewebes von Einzel-Implantaten wurde erstmals 2005 von Dr. Rudolf Fürhauser beschrieben (62). Es werden jeweils sieben Teilgebiete mit einer Punktzahl von 0 (schlecht) , 1 (mäßig) oder 2 (gut) bewertet und am Ende zusammengerechnet. Die Maximalpunktzahl, die erreicht werden kann, ist somit 14.

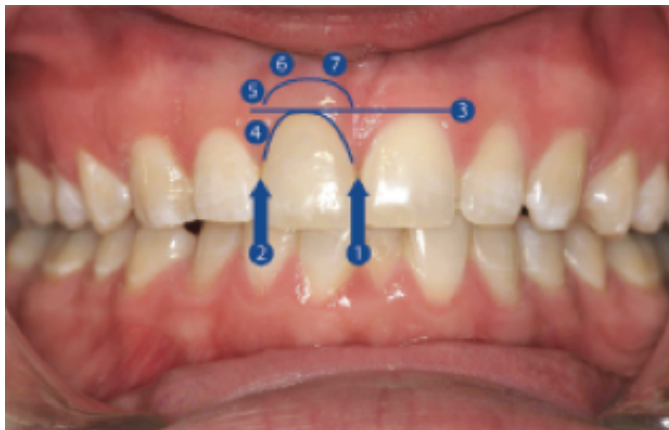


Abbildung 3.15.: Die 7 Variablen des PES, beschrieben von Fürhauser et al. 2005 (62)

Bei Punktevergabe wird das Weichgewebe des Nachbarzahns bzw. des jeweiligen Referenzzahns der Nachbarseite miteinbezogen.

Sind somit allgemein die Papillen weniger prägnant ausgebildet, kann trotzdem eine maximale Punktzahl beim periimplantären Gewebe erreicht werden, sofern die referierende Weichgewebs-Anatomie nicht unterschritten wird.

Die sieben Teilgebiete, durch die die Ästhetik des Weichgewebes beschrieben wird, werden wie folgt bewertet:

	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>1. Mesiale Papille</b>	abwesend	unvollständig	vollständig
<b>2. Distale Papille</b>	abwesend	unvollständig	vollständig
<b>3. Marginaler Verlauf</b>	Diskrepanz >2mm	Diskrepanz 1-2mm	Diskrepanz <1mm
<b>4. Konturverlauf</b>	unnatürlich	ziemlich natürlich	natürlich
<b>5. Alveolarfortsatz</b>	offensichtlich	leicht vorhanden	nicht ersichtlich
<b>6. Farbe</b>	sichtbar verändert	leicht verändert	unverändert
<b>7. Textur</b>	sichtbar verändert	leicht verändert	unverändert

Abbildung 3.16.: Tabelle der sieben Teilgebiete zur PES-Evaluation

### 3. Auswertung der radiographischen Messdaten

Implantationen und somit auch Sofortimplantationen müssen vorab durch eine dreidimensionale Volumentomographie auf ihre Durchführbarkeit geprüft werden.

Die Sofortimplantation birgt hier zusätzlich die Gefahr, dass sich die optimale Implantat-Position in den meisten Fällen nicht in der Zahnachsenstellung oder -position befindet. Da jedoch gerade hier die dünne bukkale Lamelle auf das ästhetische Endresultat großen Einfluss nimmt (43), muss der radiographische Datensatz vorab genauestens analysiert werden.

Gluckman et al. (2017) klassifizierten auf Basis von dreidimensionalen Volumentomographien die unterschiedlichen Zahnachsenstellungen, um bereits präoperativ die zu erwartende abweichende Implantat-Positionen veranschaulichen zu können (53).

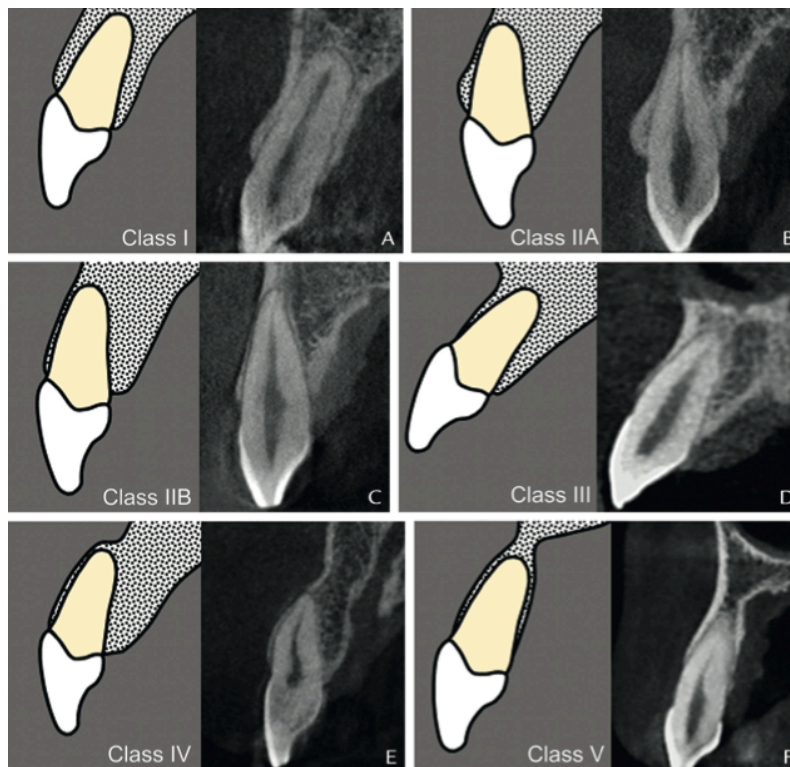


Abbildung 3.17.: Die unterschiedlichen Klassifizierungen von Zahnachsenstellungen im Oberkieferfront-Bereich (53)

Hierbei kam Gluckman nicht nur zu dem Ergebnis, dass in der anterioren Maxilla überwiegend dünne bukkale Knochenlamellen zu finden sind, er konnte diese auch zu 76,5 % einer Zahnachsenstellung der Klasse II zuordnen.

Nach der Zahnextraktion erfolgt die sofortige Implantation, deren erfolgreiche Osseointegration von Albrektsson et al. 1981 als der direkte Kontakt des Knochens zum Implantat definiert wurden (63).

Dieser Knochen-zu-Implantat-Kontakt (Bone-to-Implant Contact; BIC) wurde in histologischen Präparaten bestimmt. Da diese Form der Evaluation einer Osseointegration bei einem klinischen Patientenstamm nicht möglich ist, wurde die Möglichkeit der Radiographie bzw. der Zahnfilm-Anfertigung genutzt.

Es wird die Distanz des marginalen Implantat-Knochenkontakts bis zur Implantatschulter vermessen und dokumentiert.

Der unmittelbar nach der Implantation erstellte Zahnfilm dient als Ausgangsbild. Der Knochenabbau wird anhand des Vermessungsmoduls des Röntgenprogramms von Planmeca Romexis nach 3 und 6 Monaten dargestellt und dokumentiert. Im besten Falle ist radiographisch kein Knochenabbau zu erkennen. Zeigt sich ein sichtbarer Knochenabbau, so werden die gemessenen Werte addiert und durch die Anzahl derselbigen dividiert. Daraus resultiert der Mittelwert des marginalen Knochenabbaus.

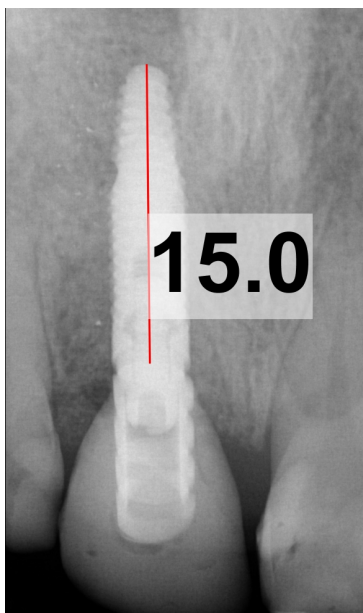


Abbildung 3.18.: Ein Implantat der Länge 15 mm ohne sichtbaren marginalen Knochenabbau nach 6 Monaten

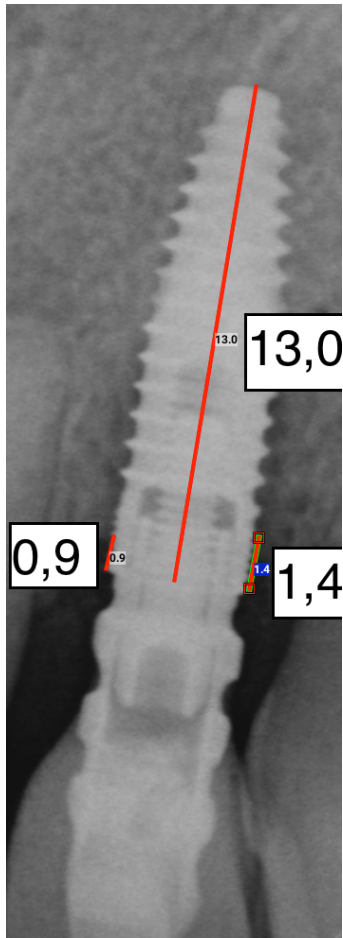


Abbildung 3.19.: Ein Implantat der Länge 13 mm mit sichtbarem marginalen Knochenabbau mesial (0,9 mm) und distal (1,4 mm) nach 6 Monaten. Der Knochenabbau wird im Mittel mit 1,15 mm bewertet

#### 4. Auswertung der Breite der keratinisierten Mukosa

Das Messen der Breite der keratinisierten Mukosa erfolgte klinisch durch eine PA-Sonde.



Abbildung 3.20.: Implantat 22 mit prothetischem Aufbau und Messangabe der Breite der keratinisierten Mukosa von 7 mm



### **3.5 Statistische Analyse**

Die ermittelten Datensätze wurden mit Hilfe des Statistik-Softwareprogramms IBM SPSS Version 22.0.0.0 ausgewertet. Weitere statistische Auswertungen und Datenverarbeitungen wurden durch das Institut für medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik der Universitätsmedizin Mainz durchgeführt. Die deskriptive Statistik enthielt sowohl metrische, als auch kategoriale Analysen.

Als Hauptzielgröße der beiden Gruppen galt die Volumenschrumpfung des Weichgewebes. Nebenzielgrößen waren das marginale Knochenniveau, die Breite der keratinisierten Mukosa sowie der Pink Esthetic Score.

Die Auswertung der unterschiedlichen Ergebnisse beider Gruppen wurde intergruppal anhand des Mann-Whitney-Tests durchgeführt. Die Auswertung der unterschiedlichen Ergebnisse innerhalb einer Gruppe wurde intragruppal anhand des Wilcoxon-Tests umgesetzt. Das Niveau der Signifikanz wurde auf 5 Prozent ( $p\text{-Wert}=0,05$ ) festgelegt.

Die Nebenzielgrößen wurden durch eine explorative Datenanalyse analysiert, die  $p$ -Werte wurden zu deskriptiven Zwecken dokumentiert.

Die Textverarbeitung wurde durch die Verwendung von Microsoft Word für Macintosh Version 14.3.4 ausgeführt.

## **4 Ergebnisse**

### **4.1 Studienteilnehmer**

Nach Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien wurden 20 Probanden in die Studie eingeschlossen.

Vorab wurden die Studienteilnehmer mithilfe von Excel randomisiert in eine Test- (mit Applikation der Kollagenmatrix) und eine Kontrollgruppe (ohne Zusatz der Kollagenmatrix) eingeteilt.

Der komplikationsfreie klinische Verlauf und die regelmäßig eingehaltenen Kontrolltermine ermöglichten die vollständige Datenauswertung aller 20 Studienteilnehmer.

Unter den 20 Probanden waren

- 10 Teilnehmer weiblich und
- 10 männlich.

Das Durchschnittsalter der Probanden der Testgruppe betrug  $45,2 \pm 10,3$  Jahre, wohingegen das Durchschnittsalter der Kontrollgruppe mit  $51,8 \pm 14,4$  Jahren geringfügig höher war.

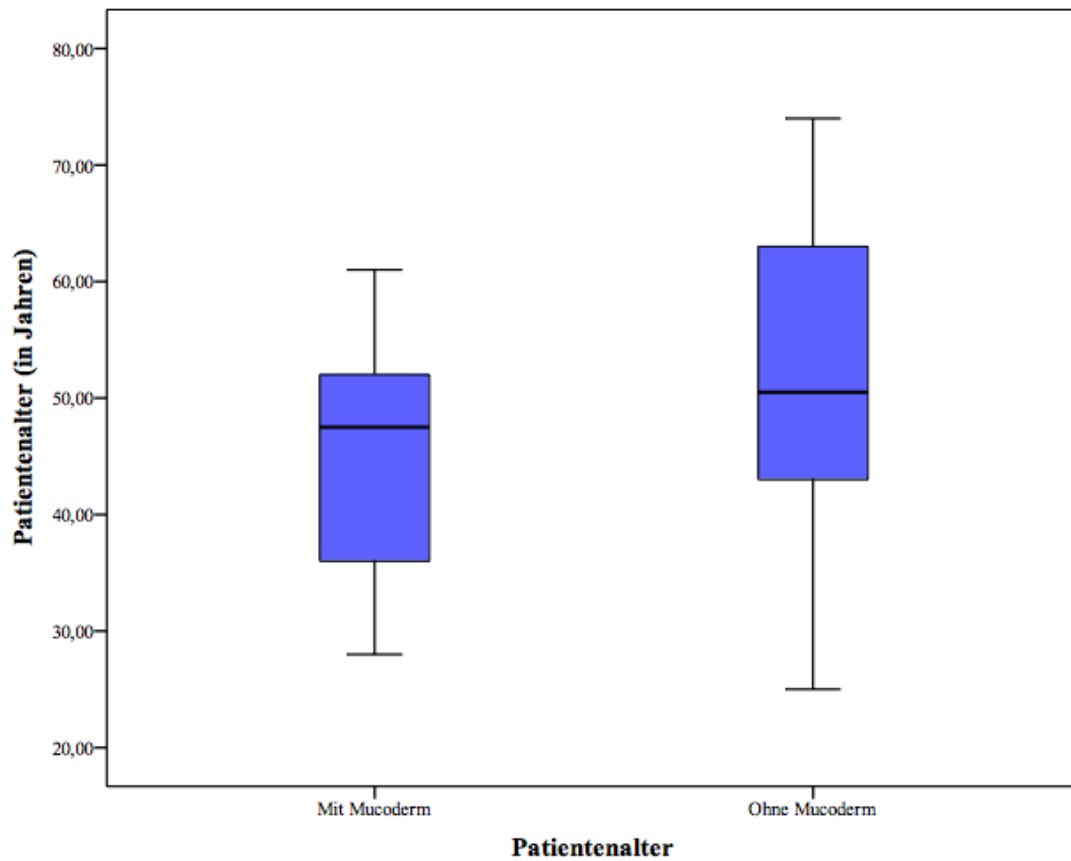


Abbildung 4.1.: Patientenalter der Test- und Kontrollgruppe zum Zeitpunkt der Patientenakquirierung

Die vorab ermittelte Breite der keratinisierten Mukosa betrug in der Testgruppe im Mittel  $5,2 \pm 1,5\text{mm}$  und in der Kontrollgruppe  $6,0 \pm 2,2\text{mm}$  (p-Wert: 0,311).

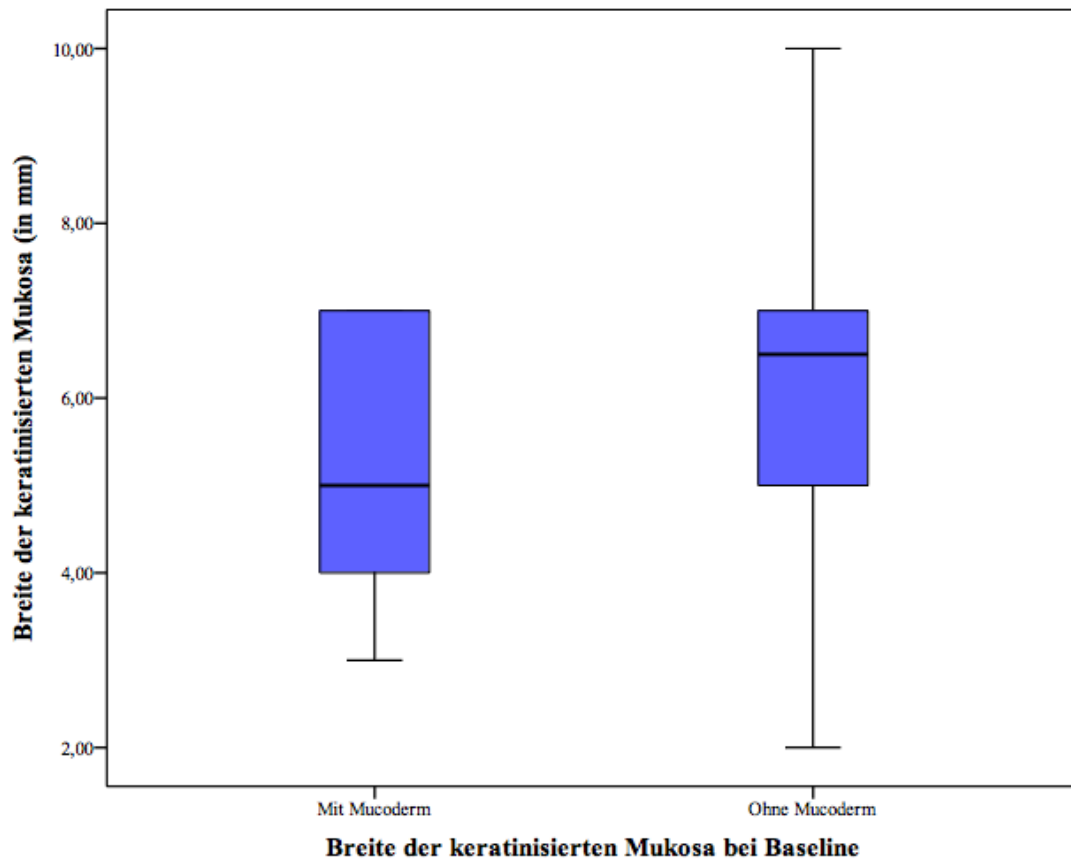


Abbildung 4.2.: Breite der keratinisierten Mukosa der Test- und Kontrollgruppe zum Zeitpunkt vor dem chirurgischen Eingriff (Baseline)

Von den 20 gesetzten Sofortimplantaten wurden

- 14 Implantate in der Oberkieferfront,
- 4 Implantate im Seitenzahnbereich des Oberkiefers
- keine Implantate in der Unterkieferfront und
- 2 Implantate im Seitenzahnbereich des Unterkiefers

gesetzt.

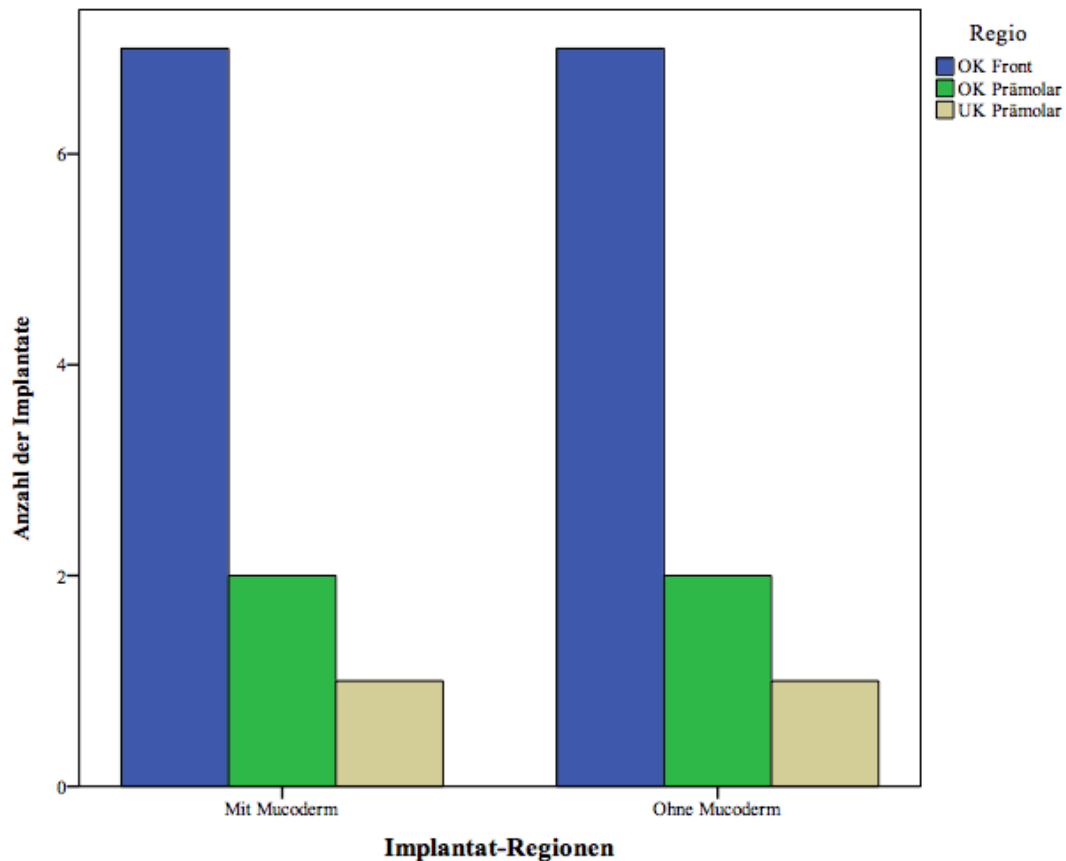


Abbildung 4.3.: Die zu implantierenden Regionen der Test- und Kontrollgruppe

Hierbei wurde intraoperativ bei 5 Patienten eine fehlende bukkale Knochenwand dokumentiert.

Die Länge der Sofortimplantate betrug 11,5 mm, 13 mm oder 15 mm.

Hierbei waren

- 2 Implantate der Länge 11,5 mm
- 7 Implantate der Länge 13 mm und
- 11 Implantate der Länge 15 mm.

Die jeweils optimal gewählte Länge wurde präoperativ durch den erfassten dreidimensionalen Datensatz evaluiert. Neben der Planung der Implantation wurde die dreidimensionale Volumentomographie dazu genutzt, eine Klassifizierung der Zahnachsenstellung der Oberkieferfrontzähne festzustellen. An

der Studie nahmen 14 Probanden mit zu ersetzendem Oberkieferfrontzahn teil, die nach Gluckman et al. (2017) folgende Klassifizierungen ergaben (53):

Klasse I bei 3 Studienteilnehmern und somit zu 21,4 % vertreten.

Klasse II A bei 3 Studienteilnehmern und somit zu 21,4 % vertreten, Klasse II B bei 4 Studienteilnehmern und somit zu 28,6 % vertreten.

Klasse III bei 4 Studienteilnehmern und somit ebenfalls zu 28,6 %

Klasse IV und Klasse V wurden bei keinem der Studienteilnehmer dokumentiert.

Die Zahnachsenstellung der Klasse II war demzufolge mit 50 % am meisten vertreten. Diese bestehende Tendenz ist deckungsgleich zu den von Gluckman et al. (2017) dokumentierten Ergebnissen, in denen die Klasse II bei 591 Zähnen sogar zu 76,5 % erfasst wurde, tendenziell aber den größten Anteil der fünf Klassen repräsentierte. Klasse III entsprach einem Anteil von 9,5 %, Klasse IV einem Anteil von 7,3 %, Klasse I einem Anteil von 6,1 % und Klasse V einem Anteil von 0,7 % (53).

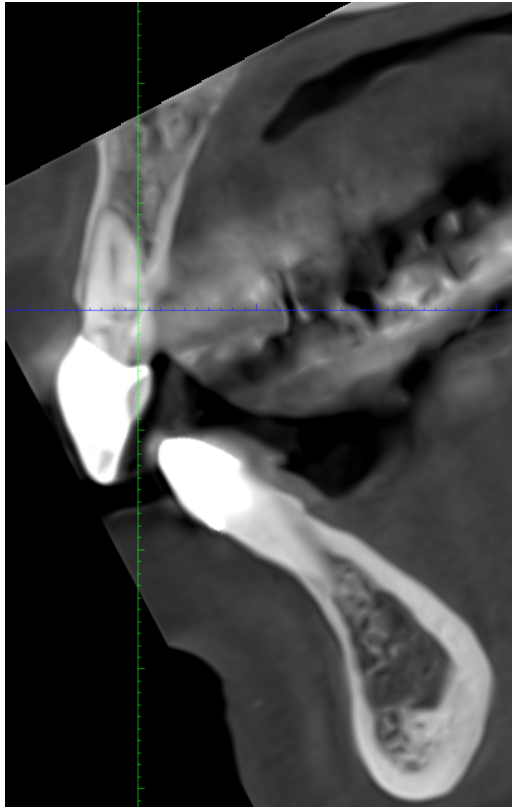


Abbildung 4.4.: Studien-Proband einer dokumentierten Klasse I durch Klassifizierungseinteilung nach Gluckman et al. (2017) (53)

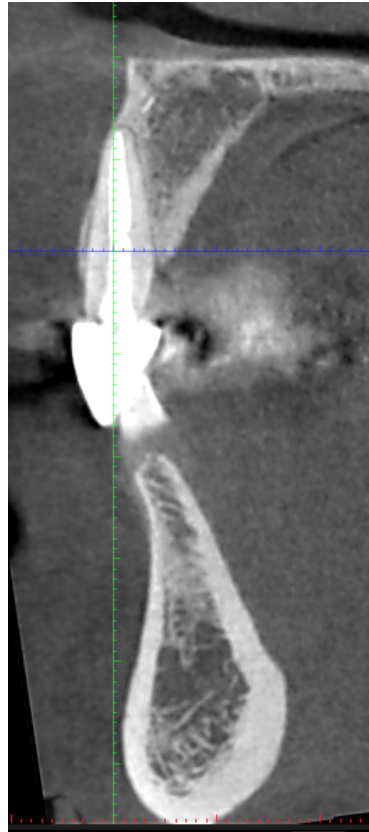


Abbildung 4.5.: Studien-Proband einer dokumentierten Klasse II B durch Klassifizierungseinteilung nach Gluckman et al. (2017) (53)

## 4.2 Messergebnisse

a) 3 Monate postoperativ

### *Klinische Ergebnisse*

Die Breite der keratinisierten Mukosa hat sich nach 3 Monaten in der Kontrollgruppe nicht verändert. Auch in der Testgruppe änderte sich der Mittelwert der Breite der keratinisierten Mukosa mit  $5,3 \pm 1,5$  mm so gut wie gar nicht (p-Wert: 0,371).

Der PES betrug im Mittel aller Probanden 12,35. Der Wert der Probanden der Testgruppe war mit  $12,0 \pm 2,1$  im Mittel geringfügig schlechter als jener der Probanden der Kontrollgruppe mit  $12,7 \pm 1,4$  (p-Wert: 0,48).

Der schlechteste Wert von 8 Punkten wurde von insgesamt nur einem Probanden (Testgruppe) erzielt. Neben den 9 Punkten eines weiteren Probanden (Testgruppe) befanden sich alle anderen PES-Ergebnisse im zweistelligen Bereich.



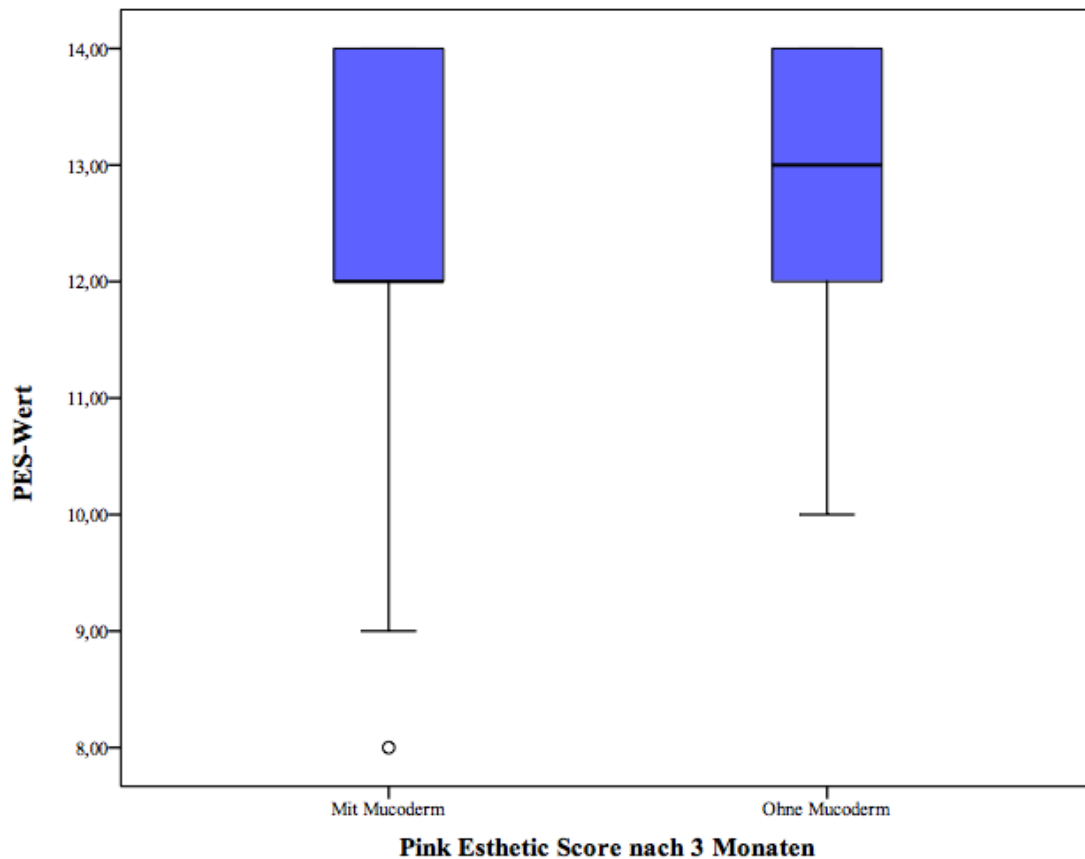


Abbildung 4.6.: Evaluierter PES nach 3 Monaten in der Test- und Kontrollgruppe

### *Radiographische Messungen*

Nach 3 Monaten konnte bei 15 Patienten radiographisch kein marginaler Knochenabbau nachgewiesen werden.

Der mittlere marginale Knochenabbau der Testgruppe betrug  $0,3 \pm 0,5$  mm, wohingegen der Mittelwert der Kontrollgruppe nur  $0,1 \pm 0,2$  mm betrug (p-Wert: 0,256).

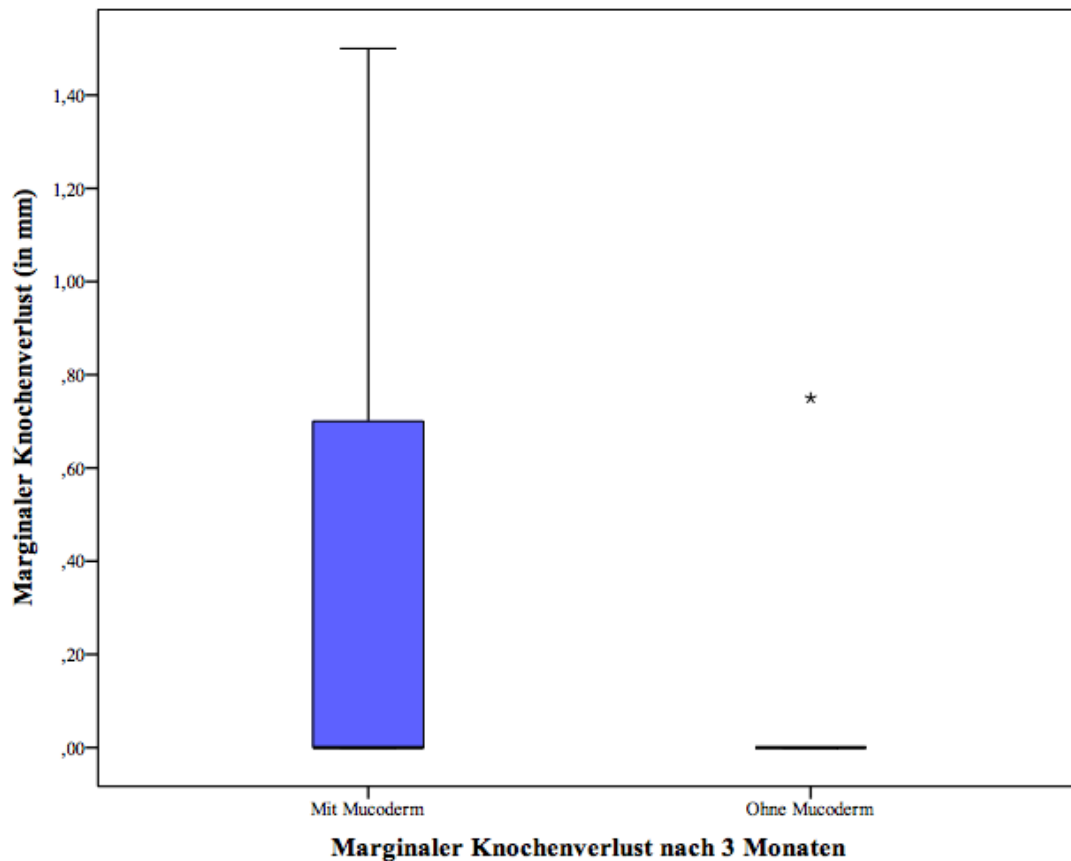


Abbildung 4.7.: Marginaler Knochenverlust in mm nach 3 Monaten in der Test- und Kontrollgruppe

### *Volumetrische, computerunterstützte Messungen*

Alle eingescannten Situationsmodelle wiesen bereits nach 3 Monaten eine Volumenreduktion nach.

Im Mittel betrug die Volumenschrumpfung der Testgruppe  $-4,3 \pm 2,7$  und die der Kontrollgruppe  $-7,2 \pm 7,1 \text{ mm}^3$  (p-Wert: 0,597).

Der höchste, gemessene Wert betrug  $-20,27 \text{ mm}^3$  (Kontrollgruppe), der niedrigste gemessene Wert  $-0,15 \text{ mm}^3$  (Kontrollgruppe).

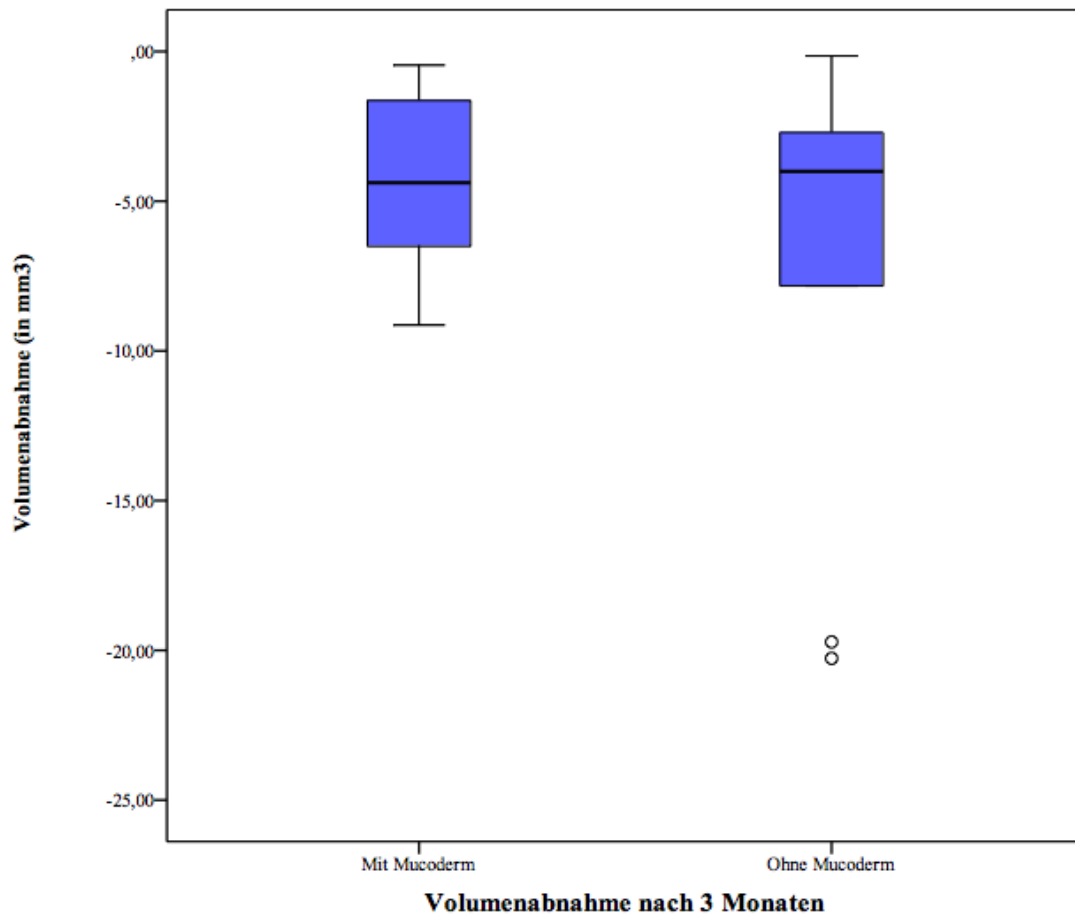


Abbildung 4.8.: Volumenabnahme in mm<sup>3</sup> nach 3 Monaten in der Test- und Kontrollgruppe

#### b) 6 Monate postoperativ

##### *Klinische Ergebnisse*

Die Breite der keratinisierten Mukosa reduzierte sich auch nach 6 Monaten nur kaum merklich.

Insgesamt hatten nur drei Probanden eine Abnahme von jeweils 1 mm zu verzeichnen. Der Mittelwert der gemessenen keratinisierten Mukosa in der Testgruppe betrug  $5,3 \pm 1,7$  mm, in der Kontrollgruppe  $5,9 \pm 2,2$  mm (p-Wert: 0,530).

Der PES war auch nach 6 Monaten im Vergleich zum 3-Monats-Ergebnis bei 14 Probanden unverändert.

Allerdings verbesserte sich bei 5 Patienten das vorangegangene Ergebnis um mindestens 1 Punkt.

Der Mittelwert der Testgruppe betrug  $12,5 \pm 1,6$  und der Mittelwert der Kontrollgruppe  $13 \pm 1,3$  (p-Wert: 0,406).



Abbildung 4.9.: Zahn 22 mit definitiver Kronenversorgung, Zustand 7 Monate postoperativ, PES 14

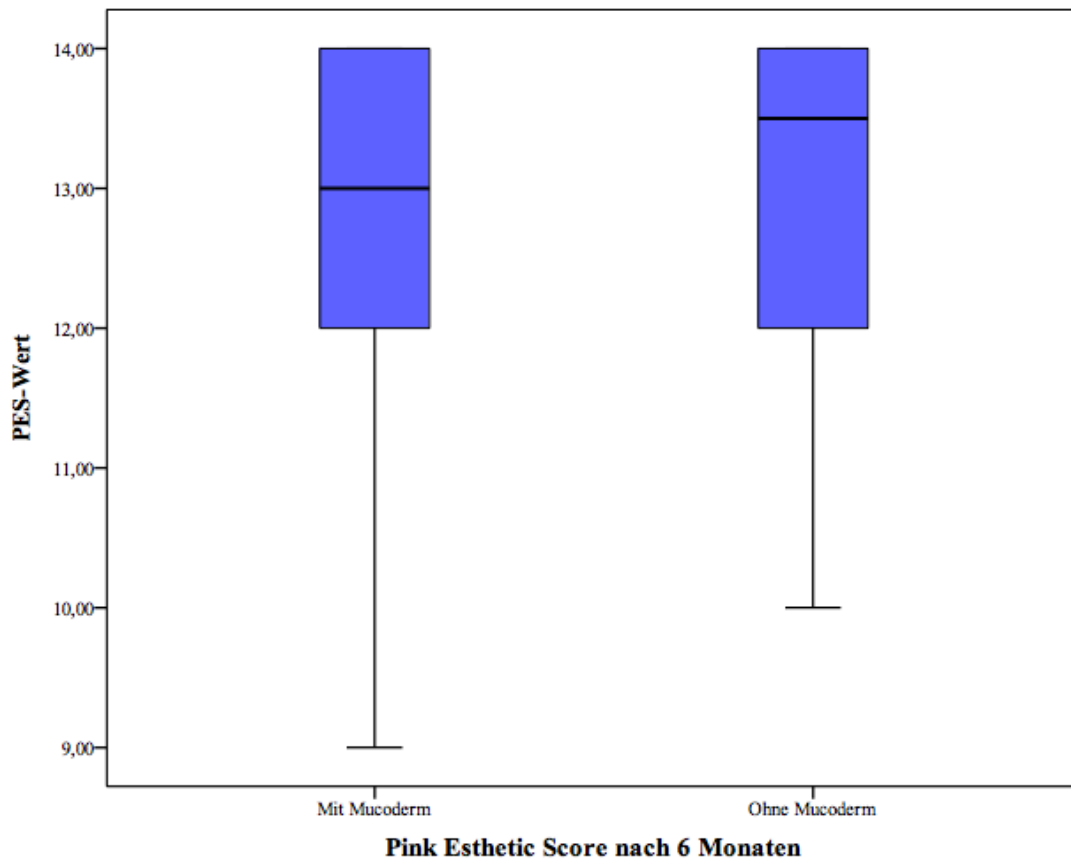


Abbildung 4.10.: Evaluierter PES nach 6 Monaten in der Test- und Kontrollgruppe

### *Radiographische Messungen*

Nach 6 Monaten wiesen 6 Probanden einen marginalen Knochenabbau auf.

Drei dieser Probanden waren weiblich, 3 männlich.

Hierbei betrug der gemessene Mittelwert der Probanden der Testgruppe  $0,3 \pm 0,6$  mm und nur  $0,2 \pm 0,3$  mm in der Kontrollgruppe (p-Wert: 0,675).

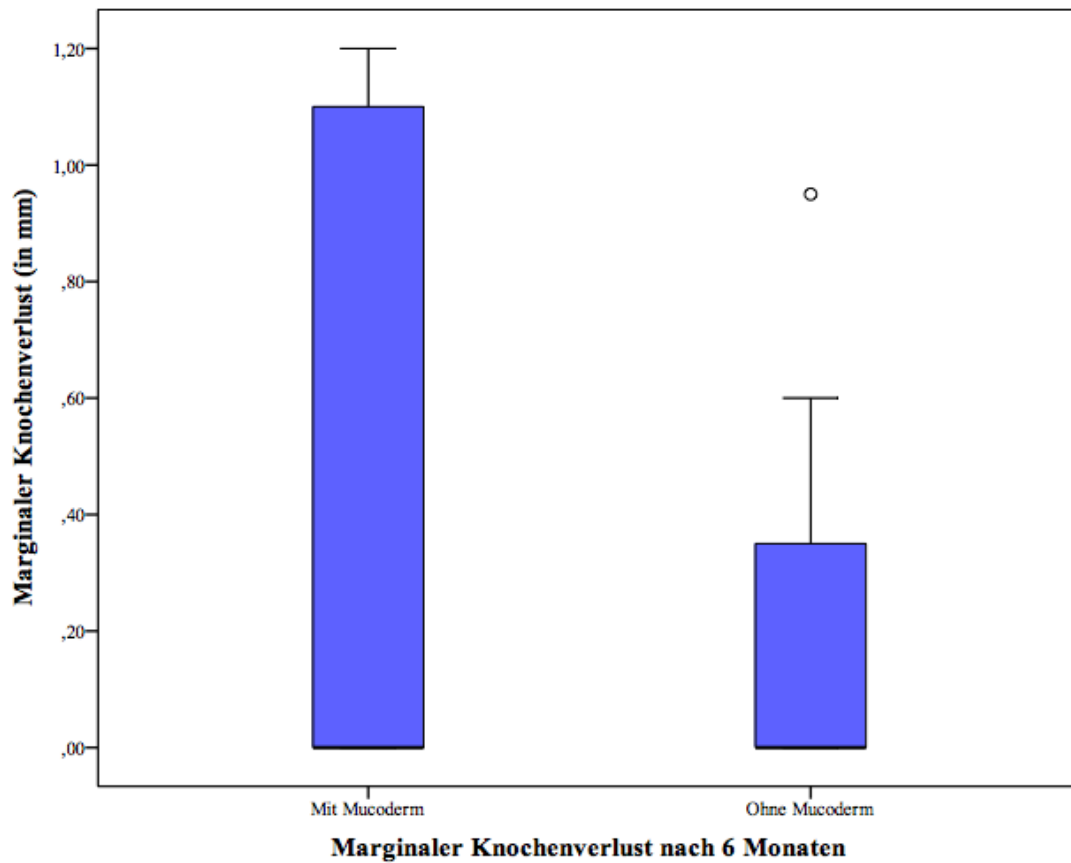


Abbildung 4.11.: Marginaler Knochenverlust in mm nach 6 Monaten in der Test- und Kontrollgruppe

Betrachtet man den marginalen Knochenverlust nach 3 und 6 Monaten, ist also im Mittel ein höherer, aber nicht signifikanter marginaler Knochenabbau in der Testgruppe zu beobachten.

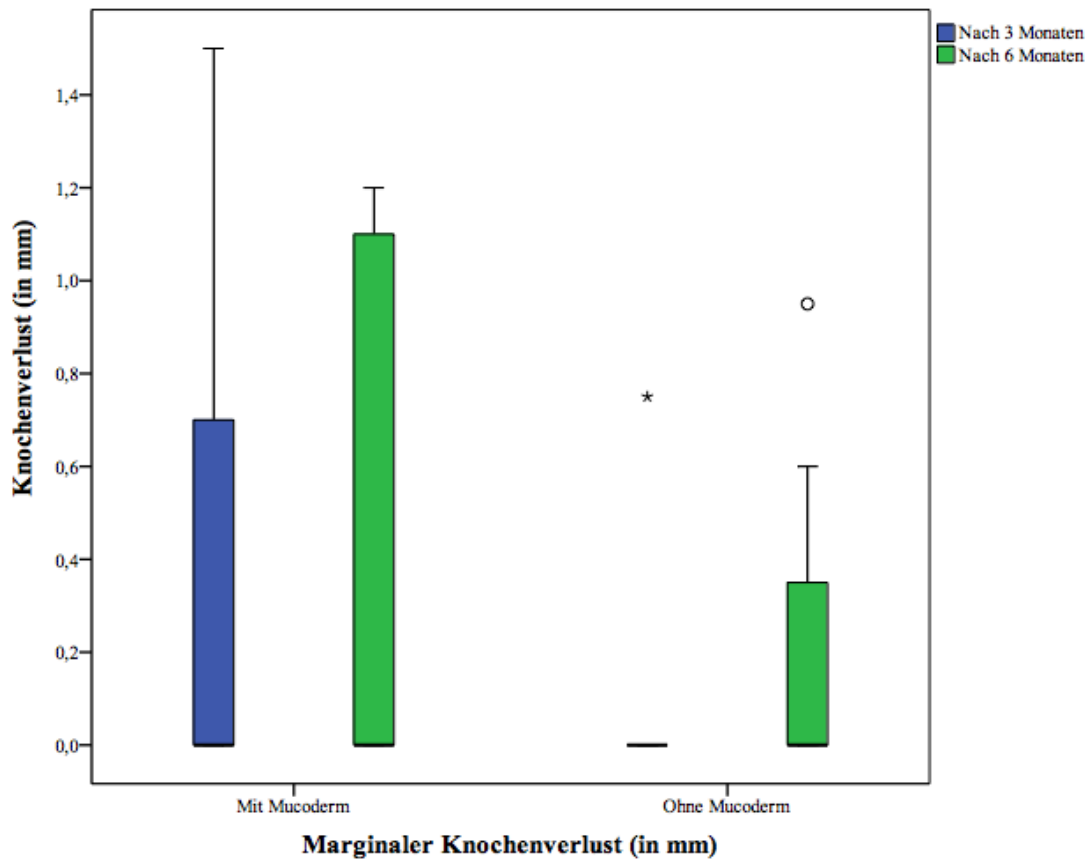


Abbildung 4.12.: Marginaler Knochenverlust in mm nach 3 und 6 Monaten in der Test- und Kontrollgruppe

### *Volumetrische, computerunterstützte Messungen*

Alle Probandenmodelle zeigten einen fortschreitenden Volumenrückgang nach 6 Monaten.

Im Mittelwert betrug die Volumenschrumpfung in der Testgruppe  $-8,91 \pm 9,49 \text{ mm}^3$  und in der Kontrollgruppe  $-10,03 \pm 8,87 \text{ mm}^3$  (p-Wert: 0,821). Dies entspricht einer relativen Volumenabnahme von 3 nach 6 Monaten von  $42,3 \pm 24,02 \%$  in der Testgruppe und  $32,18 \pm 20,71 \%$  in der Kontrollgruppe (p-Wert: 0,326).

Die größte fortgeschrittene Reduktion über die Zeit des Gewebevolument eines Probanden verlief von  $-6,51 \text{ m}^3$  nach 3 Monaten zu  $-34,57 \text{ mm}^3$  nach 6 Monaten (Testgruppe).

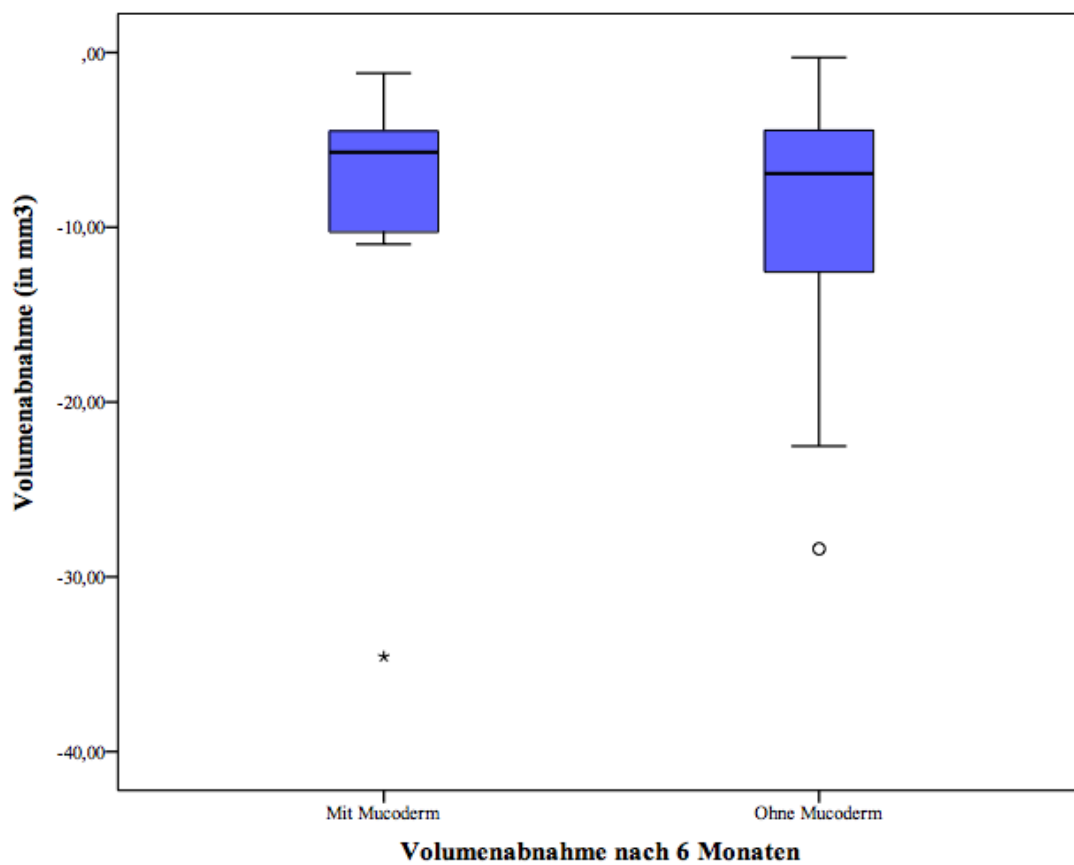


Abbildung 4.13.: Volumenabnahme in mm<sup>3</sup> nach 6 Monaten in der Test- und Kontrollgruppe



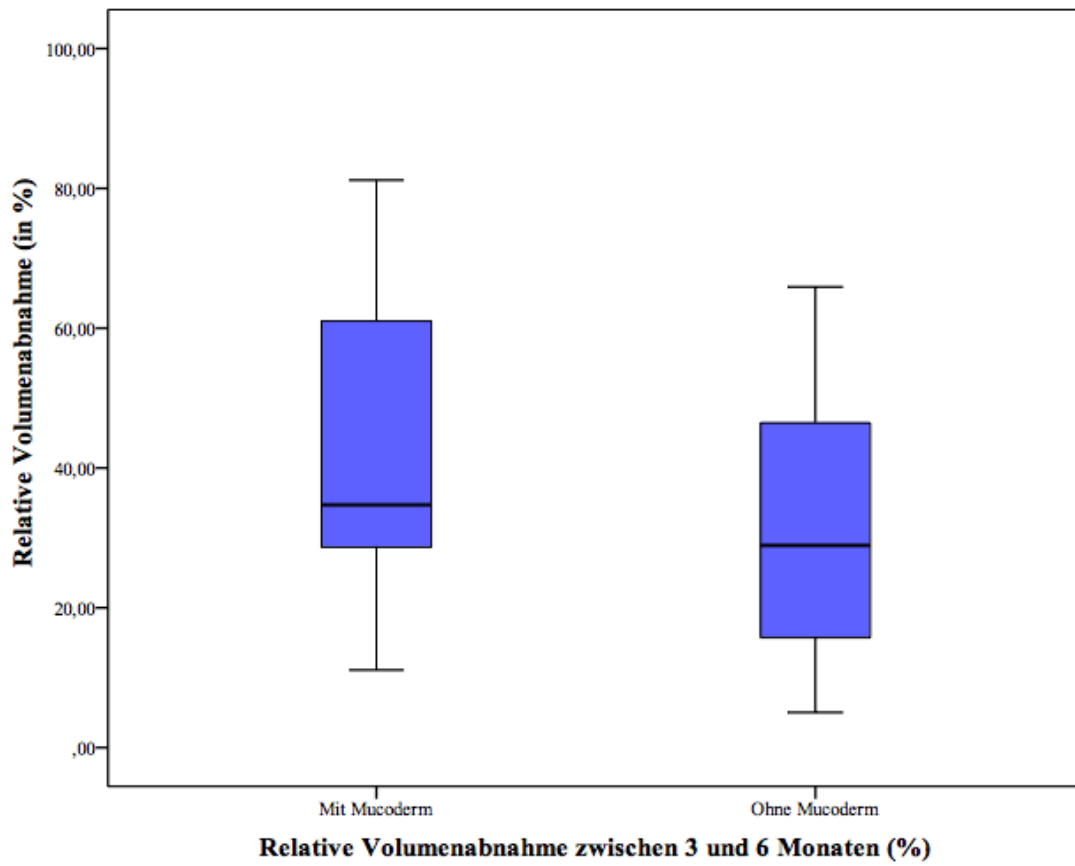


Abbildung 4.14.: Relative Volumenabnahme in % zwischen 3 und 6 Monaten in der Test- und Kontrollgruppe

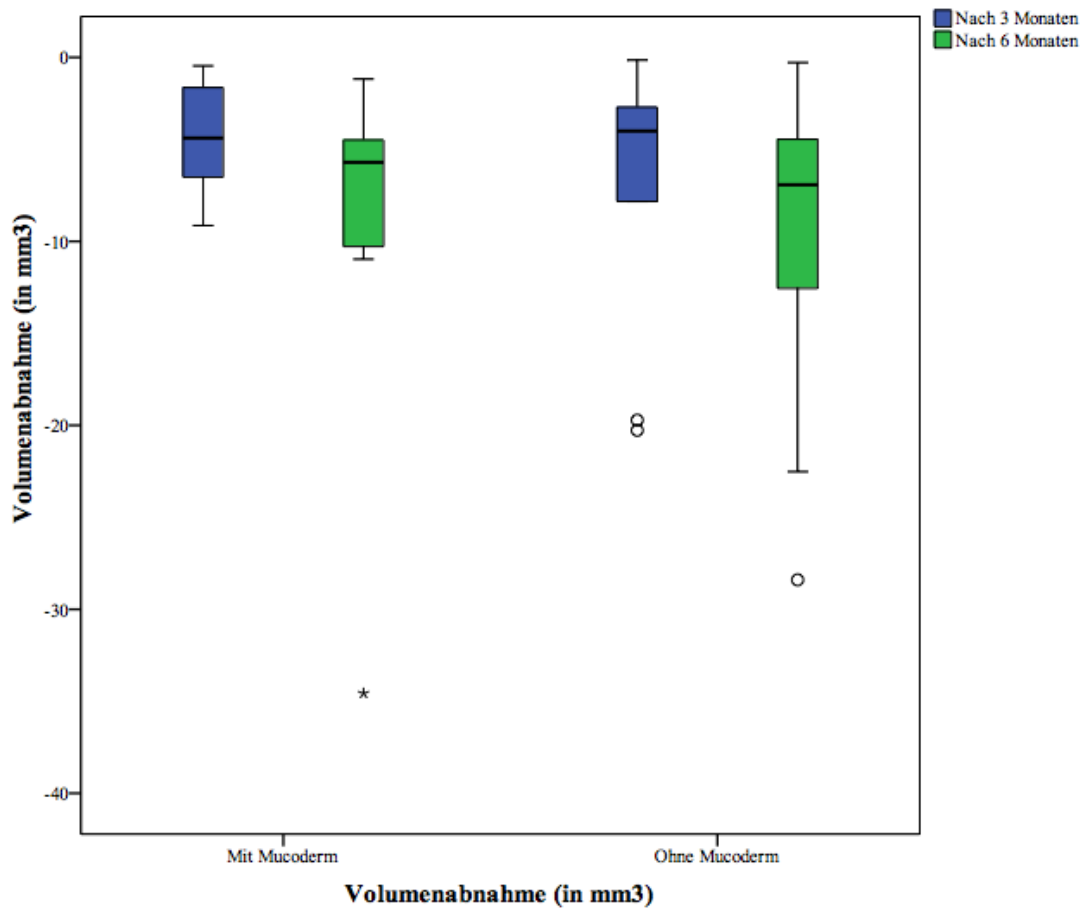


Abbildung 4.15.: Volumenabnahme in mm<sup>3</sup> nach 3 und 6 Monaten in der Test- und Kontrollgruppe

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass keine statistisch signifikanten Unterschiede weder intergruppal noch intragrupal gemessen werden konnten, mit Ausnahme der signifikanten Volumenschrumpfungen im Zeitraum des 3. bis 6. Monats sowohl intra- als auch intergruppal.

Klinische Parameter		Testgruppe (mit mu- coderm®)	Kontrollgruppe (ohne mu- coderm®)	p-Wert (intergruppale Unterschiede)
Breite der Keratini- sierten Mukosa	Baseline	5,2000	6,0000	0,311
	nach 3 Monaten	5,3000	6,0000	0,371
	nach 6 Monaten	5,3000	5,9000	0,530
	p-Wert (intragruppal)	0,564	0,317	
PES	nach 3 Monaten	12,000	12,700	0,480
	nach 6 Monaten	12,500	13,000	0,406
	p-Wert (intragruppal)	0,414	0,083	
Marginaler Kno- chenabbau	nach 3 Monaten	0,3200	0,0750	0,256
	nach 6 Monaten	0,3450	0,1900	0,675
	p-Wert (intragruppal)	0,593	0,109	
Volumenschrumpfung	nach 3 Monaten	-4,3120	-7,1610	0,597
	nach 6 Monaten	-8,9160	-10,0280	0,821
	p-Wert (intragruppal)	0,005	0,005	

Abbildung 4.16.: Tabelle aller Ergebnisse

## 5 Diskussion

### 5.1 Diskussion der Methode

Bei einer Sofortimplantation mit provisorischer Sofortversorgung entstehen für den Patienten keinerlei ästhetischen Einbuße. Besonders im ästhetisch sichtbaren Bereich fühlen sich Patienten mit einem sichtbar fehlenden Zahn unkomfortabel und weitergehend sogar in ihrer Lebensqualität beeinflusst (64). Des Weiteren können sowohl Extraktion, als auch Implantation und provisorischer Aufbau in nur einem Eingriff vorgenommen werden. Zumal Studien nachweisen, dass eine sofortige provisorische Versorgung keinerlei Nachteile gegenüber der konventionellen, verspäteten Versorgung hat (65). Dies bedeutet für den Patienten ein reduziertes Maß an Aufwand, Schmerzen und Stress.

Da die Folge jeder Extraktion einen Knochenabbau bedeutet, erscheint es mindestens genauso wichtig, dass durch eine Sofortimplantation das Fortschreiten des marginalen Knochenabbaus verlangsamt werden kann (6).

Das klassische Verfahren, die Extraktionsalveole zunächst verheilen zu lassen um später eine Implantation durchzuführen wurde demzufolge dank nachweislich erfolgreich durchgeführten Sofortimplantationen revolutioniert (6).

Dennoch ist grundsätzlich zu beachten, dass die Möglichkeit einer Sofortimplantation vorab individuell zu evaluieren ist.

Eine limitierende Voraussetzung ist im bestehenden Knochenbett zu sehen. Ein großer ossaler Defekt nach einer Extraktion muss zunächst ausheilen, da eine Primärstabilität bei einer sofortigen Implantatinserierung nicht zu erwarten wäre.

Eine Studie von de Sanctis et al 2009 zeigte demzufolge, dass nicht etwa das Implantat-System einen Einfluss auf die Osseointegration hat, sondern vielmehr die bukkale Knochenlamelle einen limitierenden Einfluss auf die erfolgreiche Osseointegration bewirkt. (38) In Anbetracht der sensibel zu beurtei-

lenden marginalen Knochensituation zeigten Studien den vorteilhaften Einfluss subkrestal gesetzter Implantate.

Im Zuge dessen die Knochenresorption zu minimieren, gab Chu et al. 2015 weitergehend Knochenersatzmaterialien hinzu, die sowohl vertikale als auch horizontale Knochendimensionen stabilisieren konnten. (66, 67)

Es bedarf also einem hohen Maß an Urteilsvermögen eines erfahrenen Operateurs die vorliegende Situation richtig einzuschätzen und fortführend auch die Fähigkeit die Operation optimal umzusetzen, um gute ästhetische Ergebnisse gewährleisten zu können (43).

Die Möglichkeit der navigierten Sofortimplantation durch eine Bohrschablone basierend auf dem Datensatz dreidimensionaler Volumentomographie, kann intraoperativ eine große Unterstützung für den Operateur darstellen. Eine Bohrschablone enthält sowohl die Informationen der optimalen Implantat-Achsenstellung, sowie der optimalen Position in der Tiefe. Somit können eventuell entstehende Verletzungen anatomisch sensibler Strukturen, wie z.B. Nerv-Verläufe vorweg reduziert bzw. eliminiert werden.

## 5.2 Diskussion der Ergebnisse

### a) Periimplantäres Gewebe

Das positiv zu bewertende ästhetische Endresultat bei sofortiger Implantat-Inserierung in frische Extraktionsalveolen wurde unter anderem 2014 von Covani et al. aufgezeigt (68). Hierbei waren auch nach 5 Jahren die Ergebnisse des periimplantären Gewebes stabil. Gallucci et al. 2011 legten weitergehend den korrelierenden Zusammenhang zwischen dem periimplantären Gewebe und der Kronenrestauration dar, unabhängig deren Materials (69). Sie beobachteten einen Zuwachs der Papillen zu jedem Zeitpunkt nach Kronenrestauration, wobei den mesialen Papillen mehr Wichtigkeit beigemessen wurde als den distalen.

Die Wichtigkeit der mesialen Papille ist vermutlich dem Blickfeld des ästhetisch relevanten Bereiches zu zuschreiben. Demnach beeinflussen mesiale Papillen das ästhetische Endresultat objektiv mehr als die weiter hinten liegenden distalen Papillen.

Nach Auswertung der vorliegenden Fotodokumentation sind in der Tat positive Wachstumsprozesse des periimplantären Weichgewebes zu beobachten. Da das Emergenzprofil der Krone nachweislich großen Einfluss auf das ästhetische Ergebnis hat, wurde spezifisch auf die Dimension des Provisoriums und der Endarbeit geachtet (70). Die prothetische Versorgung spielt somit nicht nur in ihrer Farbgebung im ästhetisch sichtbaren Bereich eine essenzielle Rolle, sondern hat zudem auch im Bezug auf ihre Konturierung einen großen Einfluss auf das periimplantäre Gewebe und somit auf das ästhetische Endresultat.

Studien dokumentieren einen Einfluss auf das ästhetische Endergebnis durch die Anwesenheit bzw. Abwesenheit einer bukkalen Knochenlamelle (43). Diese Annahme konnte die vorliegende durchgeführte Studie nicht bestätigen, da die ästhetischen Endergebnisse der Probanden ohne bukkale Knochenlamelle keine signifikanten Unterschiede aufzeigten.

Die Frage, ob eine kollagene Matrix einen positiven Einfluss auf das ästhetische Endergebnis haben kann, kann durch diese Studie nicht belegt werden. Zumal ausnahmslos alle 20 Probanden angaben, sehr zufrieden mit ihrem ästhetischen Endergebnis zu sein. Objektiv betrachtet, ergab sich im Mittel auch kein signifikant schlechterer PES bei den Probanden mit Zusatz der kollagenen Matrix (PES 12,5) als bei jenen ohne Applikation der Kollagenmatrix (PES 13). Betrachtet man den im Verlauf veränderten PES-Wert innerhalb der jeweiligen Gruppen, ergaben sich ebenfalls keine signifikante Unterschiede (innerhalb der Testgruppe: p-Wert = 0,414, innerhalb der Kontrollgruppe: p-Wert = 0,083).

Da es sich bei dem Pink Esthetic Score um eine subjektive Evaluation ästhetischer Ergebnisse eines Examinators handelt, die zur Objektivierung dienen sollen, kann dennoch von potenziellen minimalen Fehlerquellen ausgegangen werden. Die Ergebnisse sind jedoch durch das Verfahren des PES als sehr stabil und höchst reproduzierbar zu beurteilen.

Die Breite der keratinisierten Mukosa hat laut Ladwein et al. 2015 keinen direkten Einfluss auf das periimplantäre Knochenniveau, allerdings sehr wohl einen positiven Einfluss auf ein gesundes periimplantäres Weichgewebe (71). Da auch die Gesundheit des periimplantären Gewebes Einfluss auf die Ästhetik hat, sollte demzufolge die keratinisierte Mukosa auch nach Implantationen bestenfalls über einer perikoronaren Breite von 2 mm liegen (72).

Eine Studie von Lang et al. 2012 ergab, dass sich die größten Weichgewebs-Veränderungen in den ersten drei Monaten abzeichneten und im Laufe des ersten Jahres gegen Ende stabilisierten (6). Verglichen mit den Untersuchungen im Rahmen dieser Studie konnte nach 3 Monaten keine signifikante Abnahme der Breite der keratinisierten Mukosa des periimplantären Gewebes gemessen werden, die sich hinsichtlich der Ergebnisse nach 6 Monaten auch nicht signifikant änderten (innerhalb der Testgruppe: p-Wert=1,0, innerhalb der Kontrollgruppe: p-Wert=0,317). Die Breite der keratinisierten Mukosa unterschritt demnach auch bei keinem Probanden die empfohlene Mindestbreite von 2 mm.

## b) Radiographische Knochenveränderungen

Wie bereits eingangs erwähnt, zieht jede Extraktion Knochenabbau nach sich (1, 3, 37). Auch wenn im Vergleich zur verspäteten Implantation die Sofortimplantation den Knochenabbau reduziert, ist sie dennoch gegenwärtig (73) unabhängig. Demnach waren auch in der vorliegenden Studie krestale Knochenrückgänge zu beobachten. Die Ermittlung der marginalen Knochenhöhe durch radiographische Zahnfilmaufnahmen macht es allerdings nicht möglich, die Knochenveränderungen im dreidimensionalen Raum beurteilen zu können.

Eventuell besteht ein korrelierenden Zusammenhang zwischen marginalem Knochenabbau und fortschreitendem Alter, ohne Beeinflussung durch das Probandengeschlecht (74). Da sich die marginalen Knochenveränderungen in der dar liegenden Studie weder korrelat zum Patientengeschlecht noch zum Patientenalter zeigten, kann diesem Ansatz nur teilweise nachgegangen werden.

Yi et al. (2017) konnten die Knochenveränderungen dahingehend klassifizieren, dass besonders der bukkale und linguale Knochenabbau verstärkt stattfindet (73). Es muss also davon ausgegangen werden, dass mehr Knochenveränderungen stattfinden, als radiographisch zu beurteilen war. Schropp et al. (2015) brachten Dehiszenzen von bukkalen Knochenlamellen nach zehn Jahren in Zusammenhang mit erhöhten Knochenrückgängen (75). Allerdings konnte die fehlende bukkale Knochenlamelle der untersuchten Probanden in der vorliegenden Studie nicht in Verbindung mit einem stark erhöhten krestalen Knochenabbau gebracht werden. Die Ergebnisse waren weitestgehend ident. Langzeituntersuchungen sind daher noch abzuwarten.

Die Applikation einer kollagenen Membran zeigte in den röntgenologischen Evaluationen keinerlei Vorteil gegenüber den operativen Eingriffen ohne Kollagenmatrix. Die marginalen Knochenrückgänge zeigten auch nach 6 Monaten keinerlei signifikante Unterschiede in den beiden Gruppen. Bei den sechs Probanden mit nachweislichem, messbaren krestalen Knochenrückgang han-



delte es sich außerdem zu gleichen Teilen um Patienten mit und ohne Zusatz einer Kollagenmatrix. Demnach treten sowohl bei Probanden mit als auch ohne kollagene Membran nicht-signifikante marginale Knochenresorptionen auf (innerhalb der Testgruppe: p-Wert = 0,593, innerhalb der Kontrollgruppe: p-Wert = 0,109).

Um die bei Zahnfilmen entstehenden Ungenauigkeiten (durchführende Person der Aufnahme, Qualität des Röntgenbildes, Winkel in dem die zu interessierende Region dargestellt wird u. a.) weitestgehend zu eliminieren, wurde durch das Romexis-Röntgen-Programm von Planmeca eine Kalibrierung durchgeführt. Die Kalibrierung erfolgt anhand der tatsächlichen Implantatlänge, sodass die Referenzlänge konstant präzise gewählt werden konnte, anhand derer letztendlich die Messergebnisse der marginalen Knochenveränderungen entstanden.

### c) Volumetrische Gewebsveränderungen

Die Kernfrage dieser Arbeit beschäftigt sich mit den Auswirkungen von kollagenen Matrices bei Implantationen und demzufolge, ob diese dafür geeignet sind, Volumenschrumpfung zu minimieren bzw. sogar zu Volumenzunahmen verhelfen. Vorangegangenen Studienberichten zufolge kann durch die Applikation einer kollagenen Matrix eine Volumenzunahme erreicht werden (76).

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse kann diese Annahme nicht gestützt werden, da alle Probandenergebnisse sowohl nach 3 als auch nach 6 Monaten negative Volumenveränderungen aufwiesen.

Die im Mittel betragene Volumenabnahme nach 6 Monaten von  $-8,92 \text{ mm}^3$  der Probanden mit einer applizierten kollagenen Matrix ist jedoch minimal, wenn auch nicht signifikant, geringer als die der Probanden ohne Weichgewebsaugmentation mit einem Mittelwert von  $-10,03 \text{ mm}^3$ . Verglichen mit dem Mittelwert von  $-4,31 \text{ mm}^3$  nach 3 Monaten der Probanden mit Applikation der kollagenen Membran ist jedoch hier eine größere relative Volumenabnahme

von ca. 42 % im Verlauf über Zeit zu verzeichnen als bei den Probanden ohne zusätzliche Membranapplikation mit  $-7,16\text{mm}^3$ , was in etwa einer relativen Volumenabnahme von nur etwa 32 % entspricht. Dies entspricht sowohl in der Testgruppe als auch in der Kontrollgruppe einer signifikanten Volumenveränderung (p-Wert: 0,0005).

Laut Herstellerangaben beträgt die Resorptionsdauer der kollagenen Matrix mucoderm® im Regelfall 6–9 Monate. Es ist also davon auszugehen, dass in den vorliegenden Studienergebnissen die Membran noch nicht gänzlich resorbiert war und demzufolge auch noch eine rein physikalische „Auspolsterung“ besteht. Die schneller fortschreitende relative Volumenabnahme der Probanden mit zusätzlicher Kollagenmatrix könnte also an der Resorption der kollagenen Matrix selbst liegen.

Es gilt zu prüfen, ob sich der positive Einfluss auf die Volumenabnahme seitens der Anwendung einer kollagenen Matrix auf die Anwesenheit einer Gewebsauspolsterung bezieht, oder ob es sich tatsächlich um eine Reduzierung des faktischen Rückgangs von Knochen- und Weichgewebe handelt. Zumal die 6-Monats-Ergebnisse dieser Studie bei der Auswertung der radiographischen Datensätze des marginalen Knochenrückgangs geringfügig schlechtere, wenn auch nicht signifikante, Ergebnisse seitens der Kollagenmatrix-Applikation aufzeigen. Von einer ossalen Bewahrung der periimplantären Region kann durch eine Anwendung von mucoderm® daher in dieser Studie nicht ausgegangen werden.

Um die Frage bezüglich des positiven Einflusses einer kollagenen Membran gänzlich zu klären, muss die Resorptionsdauer der kollagenen Matrix vollständig abgewartet werden, um Langzeitergebnisse dokumentieren zu können.

Da die computerunterstützte Volumenmessung noch nicht im klinischen Alltag angekommen ist und der Scanner sowie das Auswertungsprogramm extrem sensibel auf äußere Veränderungen reagieren, kann nicht von absoluten Er-

gebnissen ausgegangen werden, sondern muss vielmehr die Tendenz der Veränderung wahrgenommen werden.

Die eingescannten Situationsmodelle sind je nach Zusammensetzung der Gips- und Wasseranteile nicht zu 100 % identisch umzusetzen, genau wie auch die vorangegangenen Alginat-Abdrücke in ihrer Materialzusammensetzung nicht immer gleich angewandt werden können. Es können sich bei der Anfertigung der Modelle daher bereits geringfügige, aber bestehende Unstimmigkeiten ergeben.

Die derzeit erhältlichen Scanner in der Zahnmedizin sind als Vorreiter ihrer Zeit zu betrachten und müssen demzufolge auch als solche eingestuft werden. Außerdem ist es bei den Scanvorgängen nicht auszuschließen, dass sich Ungenauigkeiten einbringen. Unter anderem sollte ein Scan bei absoluter Dunkelheit durchgeführt werden, um mögliche Störstrahlungen zu eliminieren. Eine absolute Dunkelheit ist trotz Raumabdunkelung schwer umzusetzen, zumal keine Definition einer absoluten Dunkelheit vorliegt. Sowohl der Computer-Bildschirm, als auch die beleuchteten Signalknöpfe im Scansystem selbst müssen als Störquelle angesehen werden, da sie während des gesamten Scanvorgangs eine Lichtquelle darstellen. Demnach kann auch bei mehrfachen Überlagerungen zweier eingescannter Modelle nicht ausgeschlossen werden, dass sich minimale Ungleichheiten ergeben.

## 6 Zusammenfassung

Ein makelloses Auftreten wird mittlerweile unter anderem mit den Attributen des Erfolgs und des Glücks gleichgesetzt oder zieht spätestens mit eben diesen Attributen nach. Demzufolge findet man auch bei Persönlichkeiten des öffentlichen Lebens keine gravierenden Defizite im Erscheinungsbild. Patienten sind für eine makellose und schnelle Versorgung zunehmend bereit, auf eine konservative Alternative zu verzichten, um den Weg des neusten Fortschrittes und des bestmöglichen ästhetischen Endergebnisses zu gehen.

Die Sofortimplantation ist eine dieser sich durchsetzenden Fortschritte. Nachdem die anfängliche Skepsis und Zagheit gegenüber dem chirurgisch umgesetzten Zahnersatz immer mehr verloren hat, stiegen die Zahlen der Implantationen und, bedingt durch den hohen Anspruch an die Ästhetik, auch der Sofortimplantationen. Dadurch können den Patienten lückenfreie und somit auch zeitsparende Übergänge zwischen Zahnextraktion, Implantation und Endarbeit ermöglicht werden.

Dem Zahnarzt kommt hierbei die Sofortimplantation nicht nur im Zeitaufwand entgegen, sondern ermöglicht ihm auch im Moment des chirurgischen Eingriffs ein bestmögliches Knochenangebot. Da das Knochenangebot letztendlich auf die Ästhetik großen Einfluss nimmt, gilt es, dieses auch weitestgehend zu bewahren. Da die physiologischen Gegebenheiten es nach wie vor nicht zulassen, Knochenrückgänge nach Extraktionen gänzlich zu vermeiden, wird dem Zahnarzt ein hohes Maß an behandlerischer Präzision und theoretischer Fachkunde abverlangt.

Die vorliegende Arbeit basierte auf der Umsetzung einer navigierten Sofortimplantation mit dem Gebrauch von allopathen Knochenersatzmaterialien und verglich diese mit einer Patientengruppe, die zusätzlich zu dieser Operation noch eine Kollagenmatrix erhielt. Ziel war es zu prüfen, ob kollagene Matrices die physiologische periimplantäre Gewebeschrumpfung nach Zahnextraktionen beeinflussen können.

Für die Studie wurden 20 Sofortimplantationen an 20 Patienten umgesetzt und postoperativ in dreimonatigen Abständen bewertet. Die Patienten betrug ein Durchschnittsalter von 48,5 Jahren und setzten sich aus 10 weiblichen und 10 männlichen Probanden zusammen. Bei den 20 gesetzten Implantaten wurden 14 Implantate in der Oberkieferfront, 4 Implantate im Seitenzahnbereich des Oberkiefers und 2 Implantate im Seitenzahnbereich des Unterkiefers inseriert. Intraoperativ konnte bei der Implantation bei 5 Probanden keine bukkale Knochenlamelle nachgewiesen werden. Die 20 Studienteilnehmer wurden in zwei gleich große Gruppe à 10 Patienten aufgeteilt. Die Kontrollgruppe bestand aus 10 Probanden denen bei der navigierten Sofortimplantation keine kollagene Membran appliziert wurde. Die Probanden der Kontrollgruppe betrug ein Durchschnittsalter von 51,8 Jahren und bestanden aus 5 Männern und 5 Frauen. In der Kontrollgruppe wurden 7 Implantate in der Oberkieferfront, 2 Implantate im Seitenzahnbereich des Oberkiefers, sowie 1 Implantat im Seitenzahnbereich des Unterkiefers inseriert, wobei nur bei einem Probanden die bukkale Knochenlamelle fehlte.

Die Testgruppe bestand aus 10 Probanden denen bei der navigierten Sofortimplantation zusätzliche eine kollagene Membran appliziert wurde. Die Probanden der Testgruppe betrug ein Durchschnittsalter 45,2 Jahren und bestanden aus 5 Männern und 5 Frauen. In der Testgruppe wurden 7 Implantate in der Oberkieferfront, 2 Implantate im Seitenzahnbereich des Oberkiefers und 1 Implantat im Seitenzahnbereich des Unterkiefers inseriert, wobei 4 Probanden die bukkale Knochenlamelle fehlte.

Der mittlere Knochenrückgang der Patientengruppe ohne Applikation einer kollagenen Membran (Kontrollgruppe) betrug nach 3 Monaten  $-7,16 \text{ mm}^3$  und nach 6 Monaten  $-10,03 \text{ mm}^3$ . Der mittlere Knochenrückgang der Patientengruppe mit zusätzlicher Applikation einer kollagenen Membran (Testgruppe) betrug nach 3 Monaten  $-4,31 \text{ mm}^3$  und nach 6 Monaten  $-8,92 \text{ mm}^3$ . Trotz minimaler Abweichungen kann von keinen signifikanten Unterschieden der beiden Gruppen bezüglich der volumetrischen Veränderungen gesprochen werden (p-Wert: 0,821).

Der marginale Knochenabbau betrug im Mittel in der Kontrollgruppe nach 3 Monaten 0,08 mm und nach 6 Monaten 0,19 mm. In der Testgruppe wurden

im Mittel nach 3 Monaten Werte von 0,32 mm dokumentiert, nach 6 Monaten Werte von 0,35 mm. Intergruppal ergaben die Ergebnisse auch hier keine signifikanten Unterschiede (p-Wert: 0,675).

Die keratinisierte Mukosa blieb in beiden Gruppen konstant und änderte sich demnach im Laufe der Zeit nahezu gar nicht. Der Mittelwert der Testgruppe betrug zu Beginn 5,2 mm nach 3 sowie nach 6 Monaten 5,3 mm. Der Mittelwert der Kontrollgruppe betrug zu Beginn und nach 3 Monaten 6,0. Nach 6 Monaten 5,9 mm. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede (p-Wert: 0,53).

Der mittlere PES der Patientengruppe ohne Applikation einer kollagenen Membran betrug nach 6 Monaten 13. Der mittlere PES der Patientengruppe mit zusätzlicher Applikation einer kollagenen Membran betrug nach 6 Monaten 12,5. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die beiden Anwendungsmöglichkeiten keinerlei signifikante Unterschiede bezüglich der ästhetischen Ergebnisse zeigten (p-Wert: 0,406).

Die postoperative Zufriedenheit aller Studienteilnehmer bezogen auf ihre ästhetischen Endresultate wurde von allen Probanden ausnahmslos positiv bewertet.

Zusammengefasst zeigt die Analyse der Daten nach 3 und 6 Monaten auch bei Applikation einer kollagenen Membran keine signifikante Verhinderung der Volumenschrumpfung nach einer Sofortimplantation.

Es kann weitergehend davon ausgegangen werden, dass bereits durch das standardisierte Operationsverfahren der navigierten Sofortimplantation, der Applikation von Knochenersatzmaterialien und der sofortigen provisorischen Versorgung erfolgreiche und zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden konnten.

## 7 Literaturverzeichnis

1. BOTTICELLI D, BERGLUNDH T, LINDHE J. Hard-tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites. *J Clin Periodontol.* 2004;31(10):820-8.
2. MORRA M, CASSINELLI C, BRUZZONE G, CARPI A, DI SANTI G, GIARDINO R, et al. Surface chemistry effects of topographic modification of titanium dental implant surfaces: 1. Surface analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2003;18(1):40-5.
3. BLOCK MS, MERCANTE DE, LIRETTE D, MOHAMED W, RYSER M, CASTELLON P. Prospective evaluation of immediate and delayed provisional single tooth restorations. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009;67(11 Suppl):89-107.
4. SCHROPP L, WENZEL A, KOSTOPOULOS L, KARRING T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2003;23(4):313-23.
5. LAZZARA RJ, PORTER SS. Platform switching: a new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2006;26(1):9-17.
6. LANG NP, PUN L, LAU KY, LI KY, WONG MC. A systematic review on survival and success rates of implants placed immediately into fresh extraction sockets after at least 1 year. *Clin Oral Implants Res.* 2012;23 Suppl 5:39-66.
7. SCHULTE W, HEIMKE G. [The Tubinger immediate implant]. *Quintessenz.* 1976;27(6):17 - 23.
8. LINKEVICIUS T, APSE P, GRYBAUSKAS S, PUISYS A. The influence of soft tissue thickness on crestal bone changes around implants: a 1-year prospective controlled clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24(4):712-9.
9. JUNG RE, SAILER I, HAMMERLE CH, ATTIN T, SCHMIDLIN P. In vitro color changes of soft tissues caused by restorative materials. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2007;27(3):251-7.
10. PRANSKUNAS M, POSKEVICIUS L, JUODZBALYS G, KUBILIUS R, JIMBO R. Influence of Peri-Implant Soft Tissue Condition and Plaque Accumulation on Peri-Implantitis: a Systematic Review. *J Oral Maxillofac Res.* 2016;7(3):e2.

11. MIGLIORATI M, AMORFINI L, SIGNORI A, BIAVATI AS, BENEDICENTI S. Clinical and Aesthetic Outcome with Post-Extractive Implants with or without Soft Tissue Augmentation: A 2-Year Randomized Clinical Trial. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015;17(5):983-95.
12. YOSHINO S, KAN JY, RUNGCHARASSAENG K, ROE P, LOZADA JL. Effects of connective tissue grafting on the facial gingival level following single immediate implant placement and provisionalization in the esthetic zone: a 1-year randomized controlled prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29(2):432-40.
13. E. HELLWIG JK, T. Attin. Einführung in die Zahnerhaltung. Sixth Edition ed: Deutscher Zahnärzte Verlag Köln; 2013.
14. GARGIULO AW WF, ORBAN B. Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. *Journal of Periodontology.* 1961.
15. NIKLAUS P, LANG JL. Clinical Periodontology and Implant Dentistry. Sixth Edition ed. Tord Berglundh WVG, Mariano Sanz, editor: Wiley Blackwell; 2015.
16. NUGALA B, KUMAR BS, SAHITYA S, KRISHNA PM. Biologic width and its importance in periodontal and restorative dentistry. *J Conserv Dent.* 2012;15(1):12-7.
17. NEVINS M, SKUROW HM. The intracrevicular restorative margin, the biologic width, and the maintenance of the gingival margin. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 1984;4(3):30-49.
18. NEWCOMB GM. The relationship between the location of subgingival crown margins and gingival inflammation. *J Periodontol.* 1974;45(3):151-4.
19. PARMA-BENFENATI S, FUGAZZOTTO PA, FERREIRA PM, RUBEN MP, KRAMER GM. The effects of restorative margins on the postsurgical development and nature of the periodontium. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1986;6(65).
20. ARNIM SS, HAGERMAN DA. The connective tissue fibers of the marginal gingiva. *J Am Dent Assoc.* 1953;47(3):271-81.
21. GÄNGLER P. HT, WILLERSHAUSEN B, SCHWENZER N, EHRENFELD M. Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie. 2005:48-50.
22. BERGLUNDH T, LINDHE J, ERICSSON I, MARINELLO CP, LILJENBERG B, THOMSEN P. The soft tissue barrier at implants and teeth. *Clin Oral Implants Res.* 1991;2(2):81-90.



23. ABRAHAMSSON I, BERGLUNDH T, WENNSTROM J, LINDHE J. The peri-implant hard and soft tissues at different implant systems. A comparative study in the dog. *Clin Oral Implants Res.* 1996;7(3):212-9.
24. WADHWANI CPK. *Cementation in Dental Implantology*: Springer-Verlag Heidelberg; 2015.
25. PALACCI P. *Esthetic Implant Dentistry. Second Edition* ed. Ericsson I, editor: Quintessenz, Berlin; 2001 1.1.2001.
26. JUDGAR R, GIRO G, ZENOBIO E, COELHO PG, FERES M, RODRIGUES JA, et al. Biological width around one- and two-piece implants retrieved from human jaws. *Biomed Res Int.* 2014;2014:850120.
27. WU Q, QU Y, GONG P, WANG T, GONG T, MAN Y. Evaluation of the efficacy of keratinized mucosa augmentation techniques around dental implants: a systematic review. *J Prosthet Dent.* 2015;113(5):383-90.
28. THOMA DS, BURANAWAT B, HAMMERLE CH, HELD U, JUNG RE. Efficacy of soft tissue augmentation around dental implants and in partially edentulous areas: a systematic review. *J Clin Periodontol.* 2014;41 Suppl 15:S77-91.
29. KUJATH P, MICHELSEN A. Wounds - from physiology to wound dressing. *Dtsch Arztebl Int.* 2008;105(13):239-48.
30. RUEPPELL C. MR, FILIPPI A. Normale und gestörte Wundheilung nach Zahnentfernung. *Quintessence Int.* 2016;67(10):1225-32.
31. AMLER MH. The time sequence of tissue regeneration in human extraction wounds. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1969;27(3):309-18.
32. TROMBELLI L, FARINA R, MARZOLA A, BOZZI L, LILJENBERG B, LINDHE J. Modeling and remodeling of human extraction sockets. *J Clin Periodontol.* 2008;35(7):630-9.
33. SCALA A, LANG NP, SCHWEIKERT MT, DE OLIVEIRA JA, RANGEL-GARCIA I, Jr., BOTTICELLI D. Sequential healing of open extraction sockets. An experimental study in monkeys. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25(3):288-95.
34. CARDAROPOLI G, ARAUJO M, LINDHE J. Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol.* 2003;30(9):809-18.

35. AHN JJ, SHIN HI. Bone tissue formation in extraction sockets from sites with advanced periodontal disease: a histomorphometric study in humans. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2008;23(6):1133-8.
36. VIGNOLETTI F, DE SANCTIS M, BERGLUNDH T, ABRAHAMSSON I, SANZ M. Early healing of implants placed into fresh extraction sockets: an experimental study in the beagle dog. II: ridge alterations. *J Clin Periodontol*. 2009;36(8):688-97.
37. TAN WL, WONG TL, WONG MC, LANG NP. A systematic review of post-extraction alveolar hard and soft tissue dimensional changes in humans. *Clin Oral Implants Res*. 2012;23 Suppl 5:1-21.
38. DE SANCTIS M, VIGNOLETTI F, DISCEPOLI N, ZUCHELLI G, SANZ M. Immediate implants at fresh extraction sockets: bone healing in four different implant systems. *J Clin Periodontol*. 2009;36(8):705-11.
39. FICKL S, ZUHR O, WACHTEL H, BOLZ W, HUERZELER MB. Hard tissue alterations after socket preservation: an experimental study in the beagle dog. *Clin Oral Implants Res*. 2008;19(11):1111-8.
40. FICKL S, ZUHR O, WACHTEL H, STAPPERT CF, STEIN JM, HUERZELER MB. Dimensional changes of the alveolar ridge contour after different socket preservation techniques. *J Clin Periodontol*. 2008;35(10):906-13.
41. LINDHE J, CECCHINATO D, DONATI M, TOMASI C, LILJENBERG B. Ridge preservation with the use of deproteinized bovine bone mineral. *Clin Oral Implants Res*. 2014;25(7):786-90.
42. CHAN HL, LIN GH, FU JH, WANG HL. Alterations in bone quality after socket preservation with grafting materials: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2013;28(3):710-20.
43. EVANS CD, CHEN ST. Esthetic outcomes of immediate implant placements. *Clin Oral Implants Res*. 2008;19(1):73-80.
44. 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. *J Clin Periodontol*. 2011;38(8):746-53.
45. LIN GH, CHAN HL, WANG HL. Effects of currently available surgical and restorative interventions on reducing midfacial mucosal recession of

immediately placed single-tooth implants: a systematic review. *J Periodontol.* 2014;85(1):92-102.

46. REDEMAGNI M, GARLINI G, D'AMATO S. Key factors for predictable aesthetics in single tooth immediate implantation with provisionalization. *Oral Health Dent Manag.* 2013;12(4):222-9.

47. CALVO-GUIRADO JL, LOPEZ-LOPEZ PJ, MATE SANCHEZ JE, GARGALLO ALBIOL J, VELASCO ORTEGA E, DELGADO RUIZ R. Crestal bone loss related to immediate implants in crestal and subcrestal position: a pilot study in dogs. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25(11):1286-94.

48. DOLZ J, SILVESTRE FJ, MONTERO J. Changes in general and oral health-related quality of life in immediate or conventionally loaded dental implants: a nonrandomized clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29(2):391-401.

49. DEGIDI M, PIATTELLI A, SHIBLI JA, PERROTTI V, IEZZI G. Bone formation around immediately loaded and submerged dental implants with a modified sandblasted and acid-etched surface after 4 and 8 weeks: a human histologic and histomorphometric analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009;24(5):896-901.

50. DONATI M, BOTTICELLI D, LA SCALA V, TOMASI C, BERGLUNDH T. Effect of immediate functional loading on osseointegration of implants used for single tooth replacement. A human histological study. *Clin Oral Implants Res.* 2013;24(7):738-45.

51. SU M, SHI B, ZHU Y, GUO Y, ZHANG Y, XIA H, et al. Comparison of implant success rates with different loading protocols: a meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2014;29(2):344-52.

52. RAGHAVENDRA S, WOOD MC, TAYLOR TD. Early wound healing around endosseous implants: a review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2005;20(3):425-31.

53. GLUCKMAN H, PONTES CC, DU TOIT J. Radial plane tooth position and bone wall dimensions in the anterior maxilla: A CBCT classification for immediate implant placement. *J Prosthet Dent.* 2017.

54. FURHAUSER R, MAILATH-POKORNY G, HAAS R, BUSENLECHNER D, WATZEK G, POMMER B. Esthetics of Flapless Single-Tooth Implants in the Anterior Maxilla Using Guided Surgery: Association of Three-Dimensional Accuracy and Pink Esthetic Score. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015;17 Suppl 2:e427-33.

55. WOHRLE PS. Predictably replacing maxillary incisors with implants using 3-D planning and guided implant surgery. *Compend Contin Educ Dent.* 2014;35(10):758-62, 64-6, 68.
56. PEREZ-ALBACETE MARTINEZ C, VLAHOVIC Z, SCEPANOVIC M, VIDENOVIC G, BARONE A, CALVO-GUIRADO JL. Submerged flapless technique vs. conventional flap approach for implant placement: experimental domestic pig study with 12-month follow-up. *Clin Oral Implants Res.* 2016;27(8):964-8.
57. MERHEB J, VERCRUYSSSEN M, COUCKE W, BECKERS L, TEUGHEL W, QUIRYNEN M. The fate of buccal bone around dental implants. A 12-month postloading follow-up study. *Clin Oral Implants Res.* 2017;28(1):103-8.
58. AMORFINI L, MIGLIORATI M, DRAGO S, SILVESTRINI-BIAVATI A. Immediately Loaded Implants in Rehabilitation of the Maxilla: A Two-Year Randomized Clinical Trial of Guided Surgery versus Standard Procedure. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2017;19(2):280-95.
59. DAAS M, ASSAF A, DADA K, MAKZOUME J. Computer-Guided Implant Surgery in Fresh Extraction Sockets and Immediate Loading of a Full Arch Restoration: A 2-Year Follow-Up Study of 14 Consecutively Treated Patients. *Int J Dent.* 2015;2015:824127.
60. NAENNI N, BIENZ SP, BENIC GI, JUNG RE, HAMMERLE CHF, THOMA DS. Volumetric and linear changes at dental implants following grafting with volume-stable three-dimensional collagen matrices or autogenous connective tissue grafts: 6-month data. *Clin Oral Investig.* 2017.
61. STRAUMANN. botiss mucoderm-3D-Kollagenmatrix für die Weichgeweberegeneration: Straumann; 2017 [Available from: <http://www.straumann.de/de/dentaler-fachbereich/produkte-und-loesungen/biomaterials/andere/botiss-mucoderm.html>].
62. FURHAUSER R, FLORESCU D, BENESCH T, HAAS R, MAILATH G, WATZEK G. Evaluation of soft tissue around single-tooth implant crowns: the pink esthetic score. *Clin Oral Implants Res.* 2005;16(6):639-44.
63. ALBREKTSSON T, BRANEMARK PI, HANSSON HA, LINDSTROM J. Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand.* 1981;52(2):155-70.

64. RAES S, RAES F, COOPER L, GINER TARRIDA L, VERVAEKE S, Cosyn J, et al. 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. *Clin Oral Implants Res.* 2017;28(6):662-7.
65. SLAGTER KW, MEIJER HJ, BAKKER NA, VISSINK A, RAGHOEBAR GM. Feasibility of immediate placement of single-tooth implants in the aesthetic zone: a 1-year randomized controlled trial. *J Clin Periodontol.* 2015.
66. CHU SJ, SALAMA MA, GARBER DA, SALAMA H, SARNACHIARO GO, SARNACHIARO E, et al. Flapless Postextraction Socket Implant Placement, Part 2: The Effects of Bone Grafting and Provisional Restoration on Peri-implant Soft Tissue Height and Thickness- A Retrospective Study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2015;35(6):803-9.
67. TARNOW DP, CHU SJ, SALAMA MA, STAPPERT CF, SALAMA H, GARBER DA, et al. Flapless postextraction socket implant placement in the esthetic zone: part 1. The effect of bone grafting and/or provisional restoration on facial-palatal ridge dimensional change-a retrospective cohort study. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2014;34(3):323-31.
68. COVANI U, CANULLO L, TOTI P, ALFONSI F, BARONE A. Tissue stability of implants placed in fresh extraction sockets: a 5-year prospective single-cohort study. *J Periodontol.* 2014;85(9):e323-32.
69. GALLUCCI GO, GRUTTER L, CHUANG SK, BELSER UC. Dimensional changes of peri-implant soft tissue over 2 years with single-implant crowns in the anterior maxilla. *J Clin Periodontol.* 2011;38(3):293-9.
70. STEIGMANN M, MONJE A, CHAN HL, WANG HL. Emergence profile design based on implant position in the esthetic zone. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2014;34(4):559-63.
71. LADWEIN C, SCHMELZEISEN R, NELSON K, FLUEGGE TV, FRETWURST T. Is the presence of keratinized mucosa associated with periimplant tissue health? A clinical cross-sectional analysis. *Int J Implant Dent.* 2015;1(1):11.
72. ESFAHANIZADEH N, DANESHPARVAR N, MOTALLEBI S, AKHONDI N, ASKARPOUR F, DAVAIE S. Do we need keratinized mucosa for a healthy peri-implant soft tissue? *Gen Dent.* 2016;64(4):51-5.

73. YI HY, PARK YS, PIPPENGER BE, LEE B, MIRON RJ, DARD M. Dimensional Changes Following Immediate and Delayed Implant Placement: A Histomorphometric Study in the Canine. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2017;32(3):541-6.
74. PIOTR SZPAK JS. Marginal bone behavior around the dental implants with regard to the patient's characteristics. *Current Issues in Pharmacy and Medical Sciences.* 2017;30:36-8.
75. SCHROPP L, WENZEL A, SPIN-NETO R, STAVROPOULOS A. Fate of the buccal bone at implants placed early, delayed, or late after tooth extraction analyzed by cone beam CT: 10-year results from a randomized, controlled, clinical study. *Clin Oral Implants Res.* 2015;26(5):492-500.
76. ZAFIROPOULOS GG, JOHN G. Use of Collagen Matrix for Augmentation of the Peri-implant Soft Tissue at the Time of Immediate Implant Placement. *J Contemp Dent Pract.* 2017;18(5):386-91.
77. SANZ M, LINDHE J, ALCARAZ J, SANZ-SANCHEZ I, CECCHINATO D. The effect of placing a bone replacement graft in the gap at immediately placed implants: a randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* 2017;28(8):902-10.



