

**Aus der Abteilung für Parodontologie
(Leiter: Prof. Dr. med. dent. U. Schlagenhaut)
in der Poliklinik für Zahnheilkunde der Universität Würzburg
(Direktor: Prof. Dr. med. dent. G. Krastl)**

**Die Freilegung von Implantaten mittels
eines apikal repositionierten Verschiebelappens
zur Gewinnung von keratinisierter Gingiva**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg**

**vorgelegt von
Dr. med. dent. Michael Rothermel
aus Krumbach**

Würzburg, November 2016

Referent: Priv.-Doz. Dr. med. dent. Stefan Fickl
Korreferent: Univ.-Prof. Dr. Angelika Stellzig-Eisenhauer
Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 29.06.2017

Der Promovend ist Arzt und Zahnarzt

meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Einführung in den Themenbereich der periimplantären keratinisierten Gingiva	1
1.2	Anatomie des parodontalen Weichgewebes	1
1.2.1	Orale Mucosa	1
1.2.2	Morphologie des Zahnhalteapparates	3
1.2.3	Morphologie des periimplantären Gewebes	4
1.2.4	Die biologische Breite an Zähnen und Implantaten	5
1.3	Funktion der periimplantären keratinisierten Gingiva	6
1.4	Mukogingivalchirurgie.....	8
1.4.1	Verbreiterung der keratinisierten Gingiva	9
1.4.2	Wundheilung.....	10
1.4.3	Osseointegration.....	11
1.5	Ziele der Studie	12
2	Material und Methoden.....	13
2.1	Patienten, Voraussetzungen und Ausschlusskriterien.....	13
2.2	Behandler.....	13
2.3	Studienprotokoll	14
2.3.1	Implantatfreilegung	14
2.3.2	Messungen	17
2.4	Statistische Methoden	20
3	Ergebnisse	21
3.1	Vergleich der Werte präoperativ / postoperativ / einsetzen / Inzision ..	21
3.1.1	Präoperativ / postoperativ	21
3.1.2	Präoperativ / einsetzen	22
3.1.3	Postoperativ / einsetzen	23
3.1.4	Inzision / postoperativ	25
3.1.5	Inzision / einsetzen	26
3.1.6	Präoperativ / postoperativ / einsetzen / Inzision.....	27
3.2	Vergleich der Werte in unterschiedlichen Gruppen	28
3.2.1	Geschlecht.....	28
3.2.2	Kiefer	30
3.2.3	Front- und Seitenzahnggebiet	32
3.2.4	Knochenaufbau.....	34
3.2.5	Zeitpunkt der Freilegung.....	36
3.2.6	Zeit der Heilungsphase zwischen Freilegung und Einsetzen.....	38
3.2.7	Alter der Patienten	40
4	Diskussion.....	43
4.1	Diskussion der Methode.....	43
4.2	Diskussion der Ergebnisse.....	46
5	Zusammenfassung.....	55
6	Literaturverzeichnis	57

Rückseite oder zweite Seite Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

1.1 Einführung in den Themenbereich der periimplantären keratinisierten Gingiva

Die Parodontologie befasst sich mit der Verankerung des Zahns im Alveolarknochen, sie gliedert sich auf in konservative und chirurgische Parodontaltherapie. Die chirurgische Parodontologie wird weiter in regenerative, plastische und resektive Parodontal-Chirurgie unterteilt. Ziel ist die Konservierung bzw. das Wiederherstellen eines funktionellen Parodonts. In manchen Situationen ist die Erhaltung eines Zahnes nicht möglich. Zur Wiederherstellung der Kaufunktion und der Ästhetik werden Implantate in den Kieferknochen gesetzt und nach deren Freilegung prothetisch versorgt. Ein wichtiges Kriterium für den Langzeiterfolg der Implantation stellt unter anderem eine ideale Weichgewebssituation dar. In der Parodontologie und Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgie werden verschiedene Behandlungsmöglichkeiten und Behandlungskonzepte genutzt, um diese Situation zu erhalten bzw. wiederherzustellen. Im Mittelpunkt steht dabei die Etablierung einer adäquaten Breite von periimplantärer keratinisierter Gingiva (KG). Der apikal repositionierte Verschiebelappen ist eine Option um diese operativ herzustellen. Dabei wird bei der Freilegung der Implantate keratinisierte Gingiva aus dem Bereich des Kieferkamms nach apikal vestibulär verschoben und vernäht. Nach der Einheilung übernimmt sie dort funktionelle und ästhetische Aufgaben.

1.2 Anatomie des parodontalen Weichgewebes

1.2.1 Orale Mucosa

Makroskopische Untergliederung

Die orale Mucosa wird nach ihrer Funktion in auskleidende, spezialisierte und mastikatorische Mucosa klassifiziert^{1,2}. Die spezialisierte Gingiva befindet sich auf dem Zungenrücken und enthält Papillen, die der Geschmackswahrnehmung

und dem Schutz vor thermischen und chemischen Noxen dienen. Die mastikatorische Gingiva teilt sich auf in befestigte Gingiva (attached oder keratinisierte Gingiva, KG) und freie Gingiva (marginale Gingiva)^{3,4}. Die attached Gingiva befindet sich auf dem Processus alveolaris und dem Palatum durum und ist unverschieblich mit dem Knochen verwachsen. Dies wird durch aus dem Periost und dem Wurzelzement einstrahlende Bindegewebsfasern gewährleistet. Es wird unterschieden zwischen dickem Phänotyp (dicke, derbe und stark gestipelte Gingiva) und dünnem Phänotyp (zarte, dünne und kaum gestipelte Gingiva)⁵. Im Bereich des Processus alveolaris variiert die Breite der attached Gingiva zwischen 1 und 10 mm^{6,7}, verschiedene Messungen zeigen große intra- und interindividuelle Unterschiede der Messwerte^{5,8-12}. Möglicherweise besteht ein Zusammenhang zwischen der Breite der attached Gingiva und der vertikalen Ausdehnung des Processus alveolaris sowie der vertikalen Ausdehnung des unteren Gesichtsteils. Grundsätzlich ist die Breite der befestigten Gingiva bei Männern größer als bei Frauen¹³ und durchschnittlich in der Maxilla größer als in der Mandibula. Die größten vestibulären Werte finden sich im Bereich der Inzisiven, die geringsten Werte im Bereich der Unterkiefer Eckzähne und Prämolaren¹⁴. Die freie Gingiva ist ca. 1 – 2 mm hoch und bildet den koronalen Abschluss der mastikatorischen Gingiva entlang der Schmelz–Zement–Grenze. Über das Saumepithel sind freie Gingiva und Zahn miteinander befestigt. Der koronale, nicht über das Saumepithel fixierte Teil der marginalen Gingiva bildet den 0,5 – 3 mm tiefen gingivalen Sulkus^{6,15}. Die auskleidende Gingiva oder lining Gingiva bedeckt den restlichen Teil der Cavitas oris propria und geht fließend in die Schleimhaut des Rachens und des Lippenrots über. Der Übergang zwischen keratinisierter Gingiva und auskleidender Gingiva befindet sich vestibulär im Bereich der Alveolarfortsätze und wird als Mukogingivale Grenze bezeichnet (MGG). Die Schleimhaut des harten Gaumens ist mit kleinen Speicheldrüsen unterfüttert und durch Rugae transversae untergliedert. Sie ist mit dem Knochen über derbe Bindegewebszüge fixiert. Weitere erkennbare Strukturen sind die Papilla incisiva (gebildet durch Foramen incisivum), die Foveolae palatinae (lateral am Übergang zwischen harten und weichen Gaumen) und der Torus palatinus (längs der Sutura palatina).

Mikroskopische Anatomie der keratinisierten Gingiva

Histologisch ist das Epithel der keratinisierten Gingiva aufgebaut aus Stratum basale, Stratum spinosum, Stratum granulosum und Stratum corneum. Das Stratum corneum ist orthokeratinisiert (keine Zellkernreste) oder parakeratinisiert (Zellkernreste vorhanden). Das Epithel liegt der Lamina propria auf. Sie besteht zu 60% aus Kollagenfasern, 5% Fibroblasten, elastischen Fasern, Oxytalanfasern, Retikulinfasern, Gefäßen, Nerven und Matrixsubstanz. Es finden sich zudem Makrophagen, Mastzellen, neutrophile Granulozyten, Lymphozyten und Plasmazellen. Das Bindegewebe strahlt durch Reteleisten in das Epithel ein¹⁶.

1.2.2 Morphologie des Zahnhalteapparates

Die Verankerung des Zahnes in der Alveole erfolgt durch epitheliales Gewebe (Saumepithel, orales Sulkusepithel und orales Epithel) und Bindegewebe. Zu den bindegewebigen Strukturen zählen gingivale Faserbündel und parodontale Faserbündel (Desmodont).

Gingivale Faserbündel

Kollagenfasern vermitteln mechanischen Halt zwischen Zahn und Alveole, Periost und Gingiva und von Zahn zu Zahn. Dabei werden verschiedene Ansatzpunkte unterschieden: dentogingival, alveologingival, interpapillär, transgingival, zirkulär / semizirkulär, dentoperiostal, transseptal, periostogingival, interzirkulär und intergingival^{15,17-20}.

Parodontale Faserbündel (Desmodont)

Zwischen Zahn / Wurzelzement und Alveole befindet sich das Desmodont, bzw. der Desmodontalspalt. Dieser ist beim Erwachsenen ca. 0,15 – 0,2 mm breit und besteht überwiegend aus Kollagenfasern, den sogenannten Sharpey-Fasern. Diese verlaufen vom Alveolarknochen zum Wurzelzement. Zusätzlich befinden sich dort Zellen, Nerven und Gefäße¹⁵.

Epitheliales Gewebe

Das Saumepithel umschließt den Zahnhals zirkulär und ist bis zu 2 mm hoch. Seine interne Basallamina bildet zusammen mit den Hemidesmosomen (siehe unten) den Epithelansatz und fixiert so die freie Gingiva an der Oberfläche des Zahnes²¹. Das Saumepithel besteht aus dem Stratum basale, das über Hemidesmosomen am Wurzelzement befestigt ist, und dem Stratum suprabasale. Für die epitheliale Integrität des Verdauungstraktes nimmt das Saumepithel mit seinen in Richtung gingivaler Sulkus transzedierenden polymorphkernigen Granulozyten eine Barriere-, bzw. Abwehrfunktion ein. Es ist permeabel für Stoffwechselprodukte der Plaque (Toxine, Antigene) sowie für körpereigene Abwehrstoffe¹⁵.

Im apikalen Bereich des gingivalen Sulkus beginnt das orale Sulkusepithel. Es bildet die zahnwärts gerichtete Oberfläche der marginalen Gingiva und geht an deren koronalem Ende in das orale Gingivaepithel der attached Gingiva über. Die Permeabilität ist jeweils geringer als die des Saumepithels.

1.2.3 Morphologie des periimplantären Gewebes

In verschiedenen Studien am Menschen und im Tiermodell wurde das periimplantäre Gewebe (periimplantäre Mucosa) untersucht²²⁻²⁶. Unter anderem zeigten Berglundh et al. 1991, dass sich um das Implantat epitheliales und bindegewebiges Attachment formiert. Im Verlauf des Wundheilungsprozesses bildet sich - analog zur peridentalen Gingiva - keratinisierte Gingiva zirkulär um das Implantat. Ein aus wenigen Zelllagen bestehendes Saumepithel haftet über Hemidesmosomen in einer Länge von ca. 2 mm an der Implantatoberfläche im Bereich des Abutments an und bildet eine Barriere zur Mundhöhle²⁷. Dieses Saumepithel endet ca. 1,5 mm oberhalb des Knochenniveaus und beginnt ca. 2 mm unterhalb des zirkular um das Implantat verlaufenden Gingivasaums²⁸.

Das bindegewebige Attachment oberhalb des Knochens steht in direktem Kontakt zur Implantatoberfläche. Im Vergleich zum peridentalen Bindegewebe enthält es insgesamt weniger Fibroblasten und mehr Kollagenfasern. Die Kollagenfasern verlaufen - entgegengesetzt zu der komplexen Anordnung beim natürlichen Zahn - vom Periost des Knochenkamms parallel zur Oberfläche des Abutments in Richtung der periimplantären Mucosa^{28,29}. Es fehlen direkt an der

Implantatoberfläche ansetzende Kollagenfasern³⁰. Das unmittelbar dem Abutment anhaftende Bindegewebe oberhalb des Knochens enthält keine Blutgefäße, diese finden sich erst wieder zunehmend lateral des Implantats. Die Zahl der Fibroblasten nimmt nach lateral hin ab, die Zahl der Kollagenfasern nimmt nach lateral zu. Möglicherweise trägt das fibroblastenreiche Gewebe um das Implantat zusätzlich zu der Barriere zwischen Mundhöhle und periimplantärem Knochen bei³¹.

Die Perfusion der periimplantären Mucosa erfolgt ausschließlich durch die suprapariostalen Gefäße, aus denen die subepithelialen Kapillaren und der Gefäßplexus lateral des bindegewebigen Attachments hervorgehen. Die Versorgung aus dem parodontalen Ligament fehlt^{22,31-33}.

Zusammengefasst liegen die Unterschiede der peridentalen Gingiva und der periimplantären Mucosa in einer geringeren Vaskularisierung der periimplantären Mucosa, einer unterschiedlichen Anordnung der Kollagenfasern, der Zusammensetzung des bindegewebigen Attachments und dem Fehlen des parodontalen Spaltes. Gemeinsame morphologische Charakteristika sind die keratinisierte Gingiva, ein peridentaler, bzw. periimplantärer Sulkus und das am Zahn bzw. am Abutment anhaftende Saumeepithel³⁴.

1.2.4 Die biologische Breite an Zähnen und Implantaten

Biologische Breite an Zähnen

Die Ausdehnung des den Zahn umgebenden Weichgewebes wird durch den Begriff der biologischen Breite beschrieben. Bereits 1921 stellte Gottlieb fest, dass das peridentale Bindegewebe aus einem epithelialen (Saumeepithel) und einem bindegewebigen Attachment besteht. Andere Autoren bestätigten dies in weiteren Studien³⁵⁻³⁷. Die Länge der beiden Anteile zusammengerechnet ergibt die biologische Breite. In einer Studie an menschlichen Autopsiepräparaten wurde die jeweilige Länge des epithelialen und bindegewebigen Attachments bestimmt. Die Länge des bindegewebigen Attachments variierte nur gering zwischen 1,06 und 1,08 mm, wohingegen die Länge des epithelialen Attachments zwischen 1,4 mm und 0,7 mm schwankte. Im Mittel betrug das bindegewebige Attachment 1,07 mm, das epitheliale Attachment 0,97 mm und der gingivale Sulkus 0,69 mm³⁸.

Biologische Breite an Implantaten

Die biologische Breite an Implantaten wurde unter anderem von Berglundh et al. an Hunden untersucht. Histologisch wurde die Länge des Saumepithels auf ca. 2 mm und die Breite des bindegewebigen Attachments auf ca. 1 – 1,5 mm bestimmt³⁹. Der Bereich des bindegewebigen Attachments am Implantat zwischen Knochenkante und Saumepithel wird während des Heilungsprozesses von Fibroblasten der Mucosa besiedelt. Er wird nicht als Wunde erkannt und somit nicht von Epithel bedeckt²⁸. Dies wurde auch in anderen Tierstudien bestätigt^{22,40}.

Berglundh und Linde wiesen in einer weiteren Studie an Hunden nach, dass sich im Heilungsprozess eine relativ konstante biologische Breite an Implantaten einstellt (bindegewebiges Attachment: ca. 1,3 – 1,8 mm / Saumepithel: ca. 2 mm), auch wenn diese bewusst manipulativ unterschritten wird. In zahnlosen Kiefern wurden im Prämolarenbereich links und rechts Implantate gesetzt. Nach einer Einheilungsphase von drei Monaten wurde das Abutment eingesetzt. Rechts wurde die vertikale Dicke der Mucosa auf ≤ 2 mm ausgedünnt, links wurde sie belassen. Nach weiteren sechs Monaten wurde in Biopsiepräparaten festgestellt, dass auf der Seite mit dünner Mucosa ≤ 2 mm der alveoläre Knochen resorbiert wurde, um wieder die biologische Breite von ca. 1,3 mm bindegewebigem Attachment und ca. 2 mm epithelalem Attachment zu etablieren⁴¹.

1.3 Funktion der periimplantären keratinisierten Gingiva

Die Rolle der keratinisierten Gingiva im Bereich von dentalen Implantaten wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Der Nutzen wird gesehen in einer erhöhten Resistenz gegenüber Plaque induzierter Inflammation, in der Vorbeugung von Rezessionen, in der verbesserten Zugänglichkeit zu Mundhygiene Maßnahmen durch eine Vertiefung des Vestibulums, in verbesserter Ästhetik und erhöhtem Patienten Komfort⁴²⁻⁴⁷. Als Grenze zwischen ausreichendem Angebot an keratinisierter Gingiva und einem Mangel wird häufig die Breite von 2 mm angegeben⁹. Die diesbezüglich durchgeführten Studien vergleichen Patientengruppen mit adäquater und inadäquater Breite der keratinisierten Gingiva im Hinblick auf

folgende parodontale Parameter: Überlebensrate der Implantate, Plaque Index, Inflammation, Rezessionen, Sondierungstiefe und Attachmentverlust⁴⁸.

Verschiedene Studien zeigten keinen oder nur sehr geringen Unterschied in der Langzeitüberlebensrate von Implantaten mit bzw. ohne umgebende keratinisierte Gingiva⁴⁹⁻⁵³. Im Gegensatz dazu berichten Kirsch et al.⁵⁴ und Block et al.⁵⁵ von einer geringeren Überlebensrate von Implantaten, die nicht von keratinisierter Gingiva umgeben sind.

Der Plaque Index war beim Vergleich der Gruppen mit einer Breite der keratinisierten Gingiva > 2 mm höher als bei einer Breite < 2 mm^{42,46}. Dieser Parameter wird in der Literatur ebenso kontrovers beschrieben, andere Studien stellten keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen fest⁵⁶⁻⁵⁸.

Die periimplantäre Inflammation wurde untersucht mit Hilfe des Gingiva Indexes und dem Test auf Bleeding on Probing. Es existiert keine einheitliche Meinung, ob ein Mangel an keratinisierter Gingiva Einfluss auf diesen Parameter hat^{42,47,57-59}.

Schrott et al., Kim et al. und Zigdon et al. stellten signifikant größere Rezessionen fest, wenn keine keratinisierte Gingiva periimplantär etabliert war^{57,59,60}. Eine andere Studie konnte hier keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen mit und ohne adäquater Breite feststellen⁶¹. Zusätzlich stellt sich die Frage, ob Rezessionen ein geeigneter Parameter zur Beurteilung der Funktion von periimplantärer keratinisierter Gingiva sind. Möglicherweise ist der Mangel an keratinisierter Gingiva nicht der Grund für voranschreitende Rezessionen sondern die Konsequenz aus diesen⁴⁸.

Mit einer Ausnahme⁵⁹ wurden keine erhöhten Sondierungstiefen bei Implantaten mit einer unzureichenden Breite an keratinisierte Gingiva festgestellt^{47,57,62}.

Auch bei dem Parameter Knochen- bzw. Attachmentverlust herrscht Uneinigkeit in der Literatur. Einige Autoren berichten von signifikantem Knochen-^{42,55,57} und Attachmentverlust⁵⁹ bei inadäquater Breite an keratinisierter Gingiva, andere Studiendaten widersprechen diesen Aussagen^{47,63}.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in der Literatur keine eindeutige Meinung herrscht, wieviel keratinisierte Gingiva nötig ist, um ein stabiles Implantatlager zu gewährleisten. Allerdings könnten bestimmte Situationen wie zum Beispiel ein flaches Vestibulum, der Ansatz eines Lippenbändchens oder ein dün-

ner Gingiva Biotyp mögliche Indikationen für eine Augmentation der keratinisierten Gingiva sein⁴⁸. Yeung stellte in seiner Studie fest, dass periimplantäre keratinisierte Gingiva bei unzureichender Mundhygiene von Vorteil sein könnte⁶², Krygier et al. empfehlen die Augmentation von keratinisierter Gingiva um Komplikationen zu minimieren⁶⁴, wohingegen Esposito et al. keine Empfehlung zur Augmentation aussprechen⁶⁵. Greenstein und Cavallaro fassen in ihrem Review von 2011 zusammen, dass auf Grund von Plaque Akkumulation, Schmerzen bei der Mundhygiene, erhöhter gingivaler Inflammation, Rezessionen und Knochenverlust der Mangel an keratinisierter Gingiva einen Risikofaktor für Patienten mit dentalen Implantaten darstellen kann. Die Entscheidung ob eine Augmentation für den Patienten sinnvoll ist, soll neben den Daten aus der Literatur auf der zahnärztlichen Anamnese und der Situation der zu behandelnden Region im Mund des Patienten sowie der klinischen Erfahrung des Behandlers basieren. Weiterhin empfehlen sie eine Augmentation für folgende Situationen: chronisch entzündete Regionen, Stellen mit voranschreitenden Rezessionen bzw. Attachment- oder Knochenverlust, Regionen, die dem Patienten Schmerzen bei der Mundhygiene bereiten, der Prädisposition zu Rezessionen oder Parodontitis, bei Patienten mit schlechter Compliance und zur Verbesserung der Ästhetik⁴⁸. Da bis auf den operativen und zeitlichen Aufwand keine Nachteile durch eine Augmentation der keratinisierten Gingiva auftreten, kann eine großzügige Indikation gestellt werden.

1.4 Mukogingivalchirurgie

Die Verbreiterung der keratinisierten Gingiva fällt in den Bereich der Mukogingivalchirurgie. Friedman definiert diese als plastische Chirurgie, bei der freie Gingiva, attached Gingiva, orale Mucosa, Alveolarknochen, Frenula und Vestibulum beteiligt sein können⁶⁶. Die Augmentation von keratinisierter Gingiva, Schleimhautdefekte an Implantaten, Rezessionsdeckungen und Frenulumchirurgie stellen klassische Indikationen dar. Trotz uneinheitlicher Datenlage gibt es Indikationen zur Augmentation von keratinisierter Gingiva um dentale Implantate.

1.4.1 Verbreiterung der keratinisierten Gingiva

Als bisherige Methoden zur Verbreiterung der keratinisierten Gingiva im Implantatbereich haben sich das freie Schleimhauttransplantat (FST), das subepitheliale Bindegewebetransplantat (BGT) und der apikale Verschiebelappen in verschiedenen chirurgischen Varianten etabliert.

Beim freien Schleimhauttransplantat wird palatinale Schleimhaut entnommen. In der Region apikal des Implantats wird das Empfängerbett präpariert, in dem anschließend das Transplantat eingesetzt und vernäht wird. Auf Grund der besseren Wundheilung am Gaumen, verbesserter Ästhetik und erhöhtem Patientenkomfort wird heute vermehrt das subepitheliale Bindegewebetransplantat verwendet. Dabei wird anstelle der kompletten Schleimhaut des FSTs nur subepitheliales Bindegewebe entnommen. Die funktionelle Grundlage zur Verbreiterung der keratinisierten Gingiva mittels eines BGTs liegt darin, dass sich das vom BGT abgelöste Epithel im Heilungsverlauf an neuer Stelle bildet⁶⁷. Im Bindegewebe ist die genetische Information des darüber liegenden Epithels gespeichert, dies wird bei der Verwendung des BGTs genutzt. Nach der Transplantation kann sich das Epithel apikal der Implantatschulter neu ausbilden⁶⁷⁻⁷⁰. Die erste Transplantation eines BGTs beim Menschen gelang Edel 1974 zur Verbreiterung der mastikatorischen Gingiva⁷¹. Bei den Entnahmetechniken^{71,72} des BGTs wird jeweils das Bindegewebe der palatinalen Mucosa vom Epithel und seiner Umgebung gelöst, entnommen und die entstandene Wunde primär verschlossen. Auch die Entnahme eines erst nach Gewinnung deepithelisierten freien Schleimhauttransplantats ist möglich, was allerdings mit erhöhtem postoperativem Diskomfort in Bezug auf Schmerzen und Blutung verbunden ist⁷³⁻⁷⁵. Der apikale Verschiebelappen kann in unterschiedlichen Varianten durchgeführt werden. Grundsätzlich wird dabei keratinisierte Gingiva aus dem Bereich des Kieferkamms mit Hilfe des Lappens mobilisiert, nach apikal verschoben und mit Nähten fixiert. Nach der Einheilung übernimmt die jetzt verbreiterte keratinisierte Gingiva apikal der Implantatschulter ästhetische und funktionelle Aufgaben. Die in dieser Studie verwendete Technik wird im Teil Material und Methoden (siehe *Kapitel 2.3.1 Implantatfreilegung*) ausführlich beschrieben.

1.4.2 Wundheilung

Allgemein muss zwischen primärer und sekundärer Wundheilung unterschieden werden. Die Art des Heilungsverlaufs entscheidet sich je nach Methode der Augmentation. Die Technik der Implantatfreilegung in dieser Studie beinhaltet sowohl die *sanatio per primam intentionem* als auch die *sanatio per secundam intentionem*. Dabei werden die klassischen Phasen der Wundheilung durchlaufen:

- Exsudative Phase: Vasokonstriktion, Blutgerinnung und Fibrinbildung stehen im Vordergrund. Faktor XIII fördert die Bildung von Leitschienen zur Migration von Fibroblasten.
- Resorptive Phase: Granulozyten und Makrophagen bauen nekrotische Wundbereiche ab. Zellmediatoren und Wachstumsfaktoren stimulieren die Neoangiogenese, Zellteilung und Kollagensynthese.
- Proliferationsphase: Granulationsgewebe füllt die Wunde. Histiozyten differenzieren sich zu Fibroblasten. Kapillarproliferation findet statt. Regulierend über ihre Signalpeptide wirken weiterhin Makrophagen. Myofibroblasten führen zu einer Wundkontraktion.
- Regenerationsphase: Die Gewebekontinuität wird wieder hergestellt. Bindegewebe füllt die Wunde aus. Die Epithelialisierung wird abgeschlossen⁷⁶.

In einer Tierstudie an Hunden beschreiben Berglundh et al. die Wundheilung nach Implantation mit Titanium Implantaten. Dabei wurden alle mandibulären Prämolaren extrahiert, nach einer Heilungsphase von drei Monaten wurden jeweils vier Implantate gesetzt. Zu verschiedenen Zeitpunkten, beginnend vom Tag null bis zum Zeitpunkt nach zwölf Wochen wurden Präparate hergestellt und untersucht. In der initialen Phase dominierten neutrophile Granulozyten, die das Koagulum zwischen Mucosa und Implantat abbauen. Nach ein bis zwei Wochen zeigten sich erste Zeichen der Epithelproliferation, das Saumepithel

oder Barriereepithel bildete sich innerhalb von sechs bis acht Wochen. Zum Zeitpunkt zwei Wochen nach Implantation dominierten Fibroblasten, deren Zahl sich nach vier Wochen wieder verminderte. Nach vier bis sechs Wochen organisierten sich die Kollagenfasern der Mucosa⁷⁷.

1.4.3 Osseointegration

Der Begriff der Osseointegration wurde von verschiedenen Autoren geprägt und definiert, ursprünglich vorgeschlagen von Brånemark 1969⁷⁸. Albrektsson et al. sprachen von einer strukturellen und funktionalen Verbindung zwischen Knochen und Implantatoberfläche⁷⁹. Schroeder et al. stellten den Begriff funktionale Ankylose gleich mit Osseointegration um die Fixierung des Implantats im Kieferknochen zu beschreiben^{26,80}. Um ideale Bedingungen für die Osseointegration herzustellen muss eine ausreichende Primärstabilität bei der Implantation erreicht werden. Diese wird durch Kontakt des Implantats mit mineralisiertem Knochen erzielt. Durch die Verletzung von Knochen und Mucosa bei der Implantation wird die Wundheilung eingeleitet, die dann zur Bildung eines Weichgewebeattachments und zur Osseointegration führt. Im kortikalen Knochen wird zuerst das mineralisierte, nicht vitale Gewebe resorbiert. Im spongiösen Teil entsteht ein Koagulum, bestehend aus Fibrin, Erythrozyten, sowie neutrophilen Granulozyten, Makrophagen und Monozyten, die mit der Säuberung der Wunde beginnen. Das Koagulum wird im weiteren Verlauf ebenfalls resorbiert und durch proliferierende Blutgefäße, Mesenchymzellen und Granulationsgewebe ersetzt. Die Migration von Mesenchymzellen schreitet weiter voran und baut das Granulationsgewebe innerhalb von vier Tagen in eine provisorische Matrix bestehend aus zahlreichen Blutgefäßen, Mesenchymzellen, Matrixkomponenten und Fasern um. Bereits nach der ersten Woche postimplantationem beginnt die erste Phase der Osseointegration: Es sind kleine Inseln von Geflechtknochen zu sehen, die zum Teil schon in direktem Kontakt zur Oberfläche des Implantats stehen. Nach zwei Wochen ist der größte Teil der Implantatoberfläche bedeckt mit Geflechtknochen. Die Osseointegration ist deutlich vorangeschritten und neu formierter Knochen dehnt sich hin zum Knochen des Kieferkammes aus. Innerhalb der nächsten vier bis zehn Wochen finden Remodelling Prozesse statt. Der Geflechtknochen wandelt sich in Lamellenknochen mit se-

kundären Osteonen um und liegt der Oberfläche des Implantats direkt auf. Im Knochenmark sind Mesenchymzellen, Adipozyten und Blutgefäße zu sehen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Primärstabilität durch die harte Kortikalis gewährleistet wird, die eigentliche Osseointegration findet meist zuerst in der Spongiosa statt⁸¹⁻⁸³.

1.5 Ziele der Studie

Ziel der Studie war es zu prüfen, ob die verwendete Technik des apikal repositionierten Verschiebelappens zuverlässig zu einer Verbreiterung der keratinisierten Gingiva führt. Mit den gewonnenen Daten soll eine statistisch fundierte Aussage über den zu erwartenden Gewinn und eventuelle postoperative Schrumpfung getroffen werden können.

Ein weiteres Ziel war die Analyse der Abhängigkeit des Behandlungsergebnisses von verschiedenen weiteren Faktoren. Ein möglicher Einfluss der Position des Implantats, des Geschlechts der Patienten, des Alters der Patienten und der Einheilungszeit des Implantats bzw. des Lappens sollte untersucht werden. Zusätzlich richtete sich die Fragestellung danach, ob die Technik kombiniert mit einer Augmentation des Kieferknochens verwendet werden kann.

Die Ergebnisse der Studie sollen als Grundlage der präoperativen Patientenaufklärung dienen.

2 Material und Methoden

2.1 Patienten, Voraussetzungen und Ausschlusskriterien

Die Studienpopulation besteht aus $n = 13$ Patienten im Alter von 51 bis 77 Jahren. Das mittlere Alter betrug $66,9 \pm 7,8$ Jahre, der Altersmedian war 71 Jahre. Acht Patienten sind weiblich, fünf Patienten sind männlich.

Insgesamt wurden 31 Implantate gesetzt, minimal eines und maximal vier pro Patient. 25 Implantate sind im Seitenzahnggebiet und sechs im Frontbereich. Es wurden Implantate der Firma 3i Biomet mit einem Durchmesser von 3,25 mm bis 5 mm und einer Länge zwischen 8,5 mm und 11,5 mm verwendet. Die Einheilung der Implantate erfolgte bei allen Patienten gedeckt über einen Zeitraum von 11 bis 27 Wochen, im Mittel 19 Wochen. Bei 21 Implantaten wurde zusätzlich das knöchernen Implantatlager mit Bio-Oss Knochenersatzmaterial und einer Membran augmentiert.

Die Implantationen fanden im Zeitraum von November 2012 bis April 2014 am Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Julius Maximilians Universität Würzburg, Abteilung Parodontologie statt.

Die Messungen 1, 2 und 4 für diese Studie erfolgten zeitgleich mit der Freilegung der Implantate zwischen 11 und 27 Wochen nach Implantation, die zweite Messung zwischen 18 und 34 Wochen nach Implantation.

Ausgeschlossen von der Studie wurden Patienten mit schweren systemischen Erkrankungen, die Einfluss auf die Operation bzw. das Wundgebiet nehmen könnten (z.B.: Diabetes Mellitus), Schwangere und Patienten mit unbehandelten Parodontitiden.

2.2 Behandler

Die für dieses Studienvorhaben erforderlichen Eingriffe und die relevanten klinischen Messungen wurden alle von Priv. – Doz. Dr. Stefan Fickl, Oberarzt des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Julius Maximilians Universität Würzburg, Abteilung Parodontologie durchgeführt.

2.3 Studienprotokoll

2.3.1 Implantatfreilegung

Die Implantate wurden zwischen 11 und 27 Wochen nach Implantation freigelegt. Unter Lokalanästhesie mit UDS forte erfolgte dabei die Präparation eines Spaltlappens von oral nach bukkal. Die vertikale Ausdehnung des Spaltlappens mit apikal-vestibulärer Basis unterhalb der MGG reicht koronal über den Kieferkamm bis nach oral. Dazu wurden mesial und distal des Implantats vertikale, partielle Inzisionen über die MGG hinaus nach apikal mit Hilfe eines #15 Skalpells angelegt. Die horizontale Inzision erfolgte jeweils einige Millimeter oral des Implantats um keratinisierte Gingiva für die apikale Reposition zu gewinnen (Abbildung 1).



Abbildung 1: Weiße Pfeile: Horizontale Inzision oral der durchscheinenden Implantate 24, 25 und 26. PD Dr. S. Fickl, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Julius Maximilians Universität Würzburg, Abteilung Parodontologie.

Über den Implantaten wurde der Lappen mit einem Papillenelevator gehoben. Um eine postoperative Lappennekrose, bzw. eine Lappenperforation zu vermeiden, ist auf eine Dicke des Spaltlappens von mindestens 1,5 mm zu achten. Nach erfolgreicher Präparation wurde der Lappen apikal repositioniert, dadurch soll eine Verbreiterung der keratinisierten Gingiva bukkal des Implantats erreicht werden. Der repositionierte Lappen wurde mit 6.0 Seralene Nähten am

Periost und oral der Inzision mit horizontalen Matratzennähten fixiert. Periimplantär und oral des Implantats erfolgte die Heilung sekundär offen durch freie Granulation (*Abbildung 2*). Das belassene Bindegewebe determiniert die Art des sich neu bildenden Epithels⁷⁰, dadurch entsteht nach vollständiger Abheilung auch an den Stellen mit sekundärer Wundheilung keratinisierte Gingiva (*Abbildung 3*). Zum Schluss wurde ein 4/5 Healing–Abutment auf das Implantat geschraubt. *Abbildung 4* zeigt die Situation beim Einsetzen der definitiven Restauration (*Abbildung 4*).

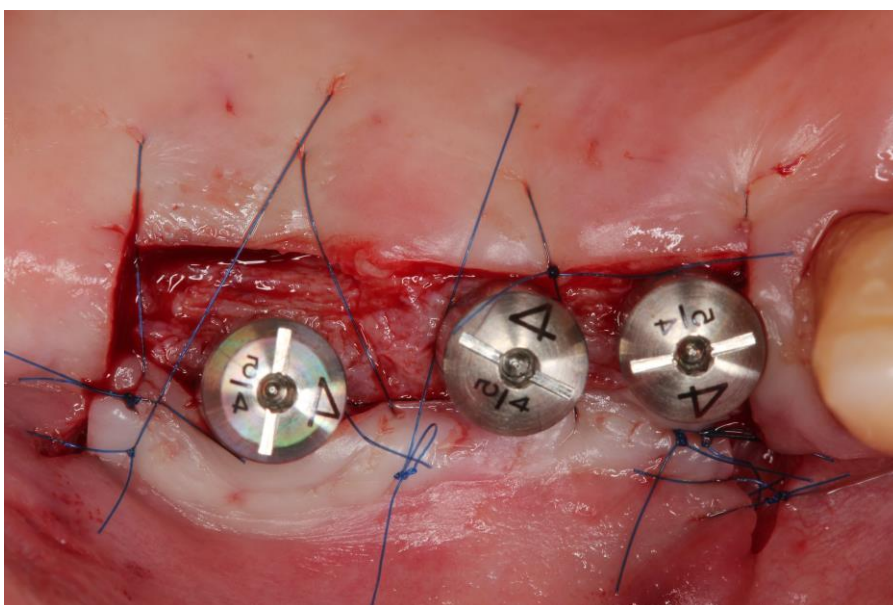


Abbildung 2: Fixierung des Lappens palatinal und am Periost. Sekundäre Wundheilung periimplantär 24, 25 und 26. PD Dr. S. Fickl, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Julius Maximilians Universität Würzburg, Abteilung Parodontologie.

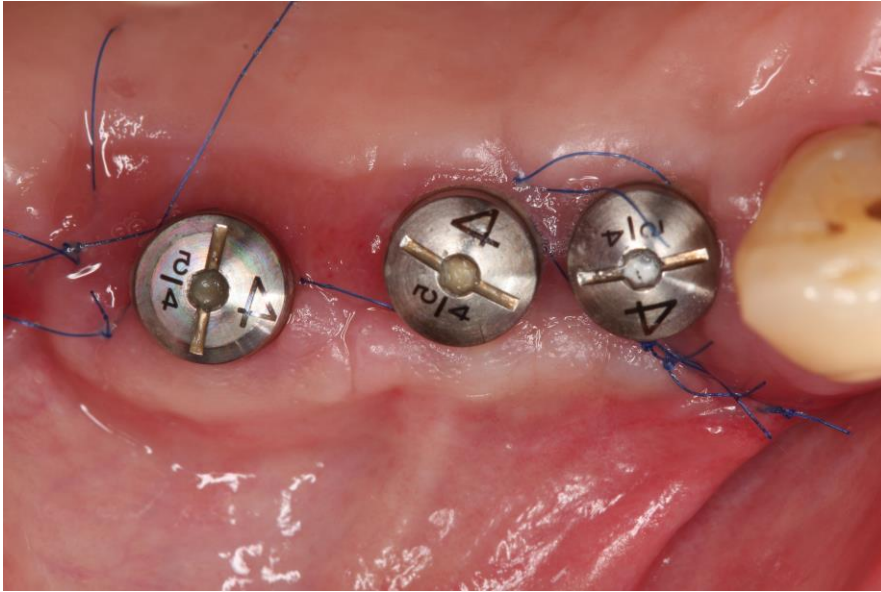


Abbildung 3: Neugebildetes Epithel periimplantär 24, 25 und 26 zum Zeitpunkt der Nahtentfernung zwei Wochen postoperativ. PD Dr. S. Fickl, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Julius Maximilians Universität Würzburg, Abteilung Parodontologie.

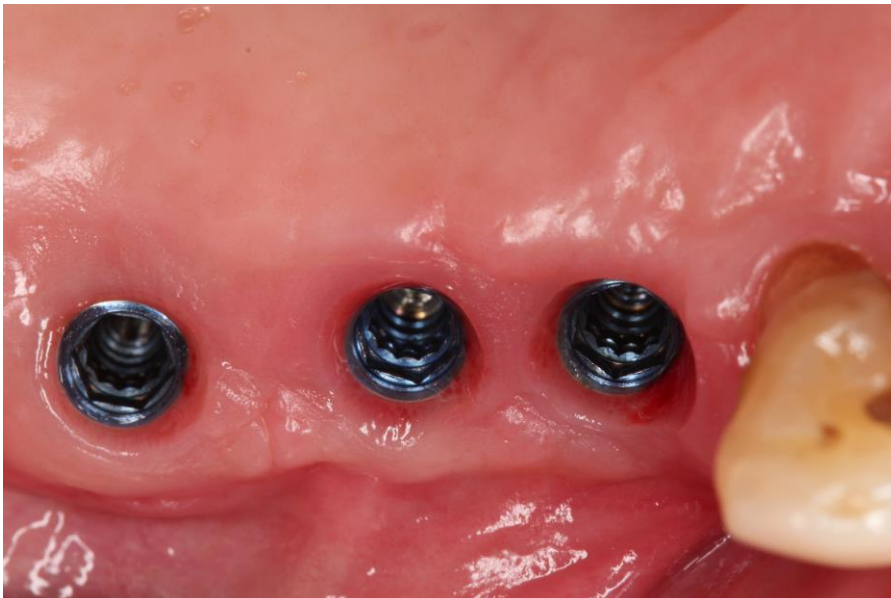


Abbildung 4: Implantate 24, 25 und 26 vor dem Einschrauben der definitiven Restauration zwei Monate postoperativ. PD Dr. S. Fickl, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Julius Maximilians Universität Würzburg, Abteilung Parodontologie.

2.3.2 Messungen

Es wurden insgesamt vier Messungen zu vier verschiedenen Zeitpunkten vorgenommen. Messinstrument war jeweils eine in Millimetern skalierte PA Sonde:

Messung 1: Präoperativ

Der Messzeitpunkt war unmittelbar vor der Freilegung des Implantats mit gleichzeitiger apikaler Repositionierung von keratinisierter Gingiva.

Gemessen wurde die Breite der keratinisierten Gingiva in apikal koronaler Richtung in Millimetern. Die Breite wurde definiert aus dem vertikalen Abstand zwischen der mukogingivalen Grenze (Punkt D, *Abbildung 5*) und dem Berührungspunkt der Tangente des am weitesten bukkal gelegenen Punktes des Implantats (Punkt C, *Abbildung 5*). War die MGG apikal der Implantatschulter, ergaben sich positive Messwerte. War die MGG oral der bukkalen Implantatschulter (Punkt E, *Abbildung 6*) ergaben sich negative Messwerte. War die MGG genau im Bereich der bukkalen Implantatschulter wurde als Messwert 0 mm notiert.

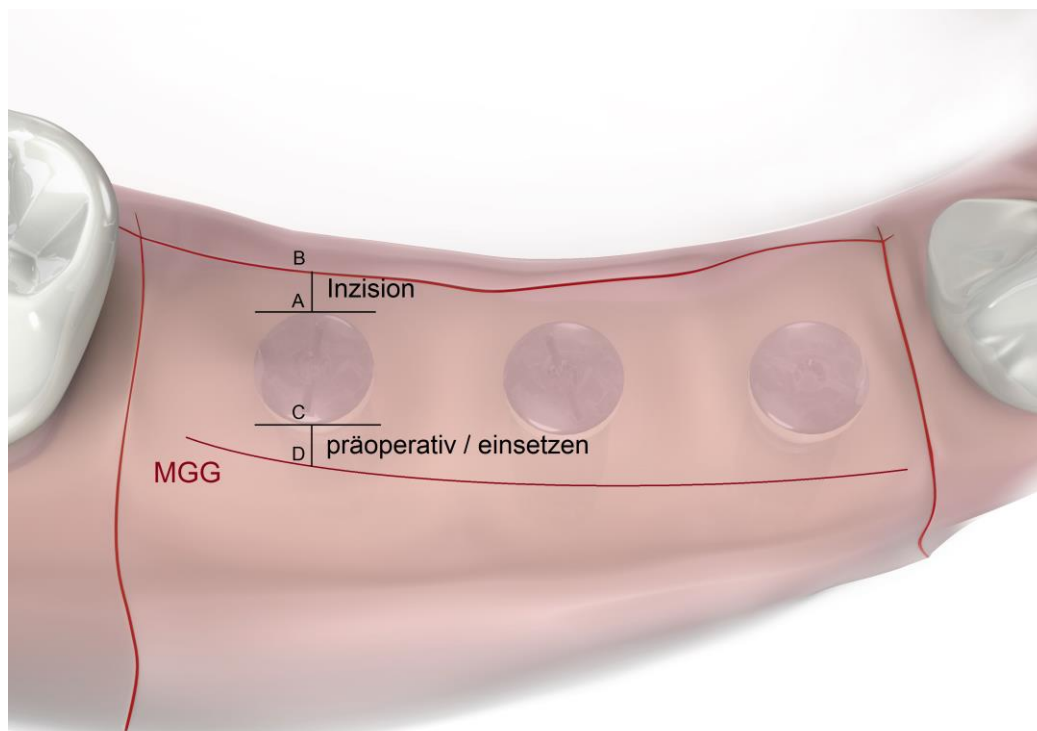


Abbildung 5: Schnittführung und Messpunkte schematisch. A, B, C, D: Messpunkte siehe Text. MGG = mukogingivale Grenze

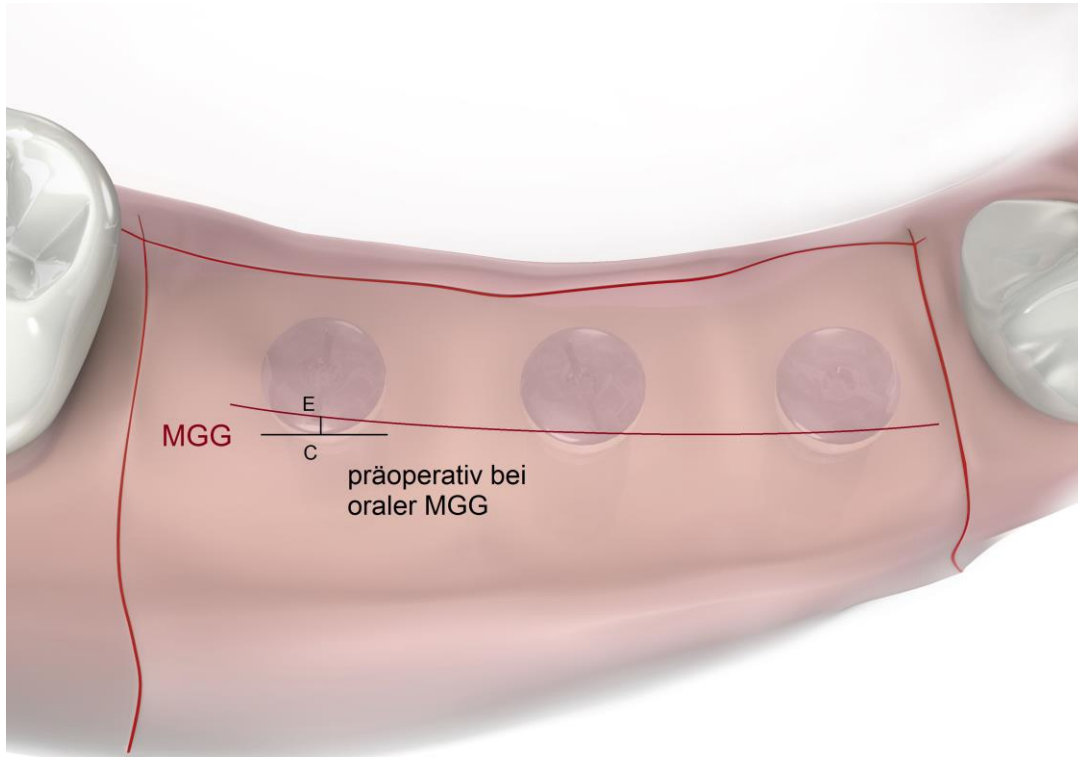


Abbildung 6: Schnittführung und Messpunkte schematisch. C, E: Messpunkte siehe Text. MGG = mukogingivale Grenze

Messung 2: Postoperativ

Der Messzeitpunkt war nach der Operation zur Freilegung des Implantats und der apikalen Repositionierung von keratinisierter Gingiva.

Gemessen wurde die Breite der keratinisierten Gingiva in apikal koronaler Richtung in Millimetern. Die Breite wurde definiert aus dem vertikalen Abstand zwischen der nun nach apikal verschobenen mukogingivalen Grenze (Punkt F, *Abbildung 7*) und dem Berührungspunkt der Tangente des am weitesten bukkal gelegenen Punktes des Implantats (Punkt C, *Abbildung 7*), der gleichzeitig das koronale Ende des verschoben Lappens darstellt. Die Messwerte konnten definitionsgemäß nur positiv sein.

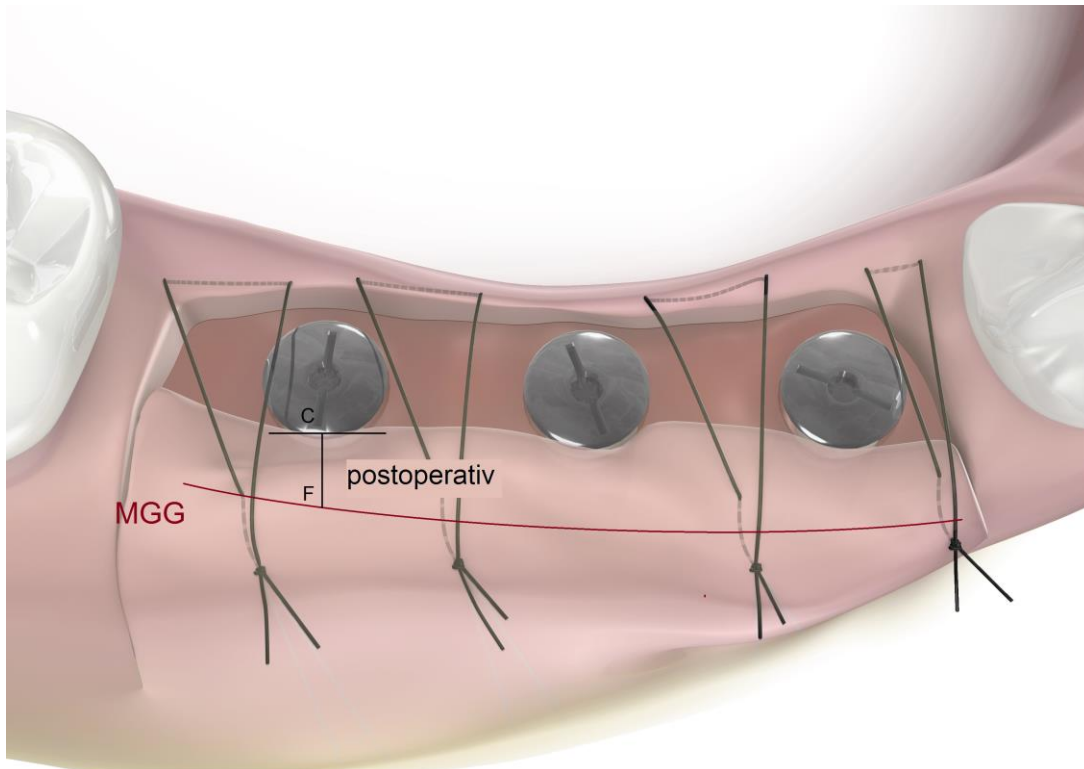


Abbildung 7: Schnittführung und Messpunkte schematisch nach Verlagerung C, F: Messpunkte siehe Text. MGG = mukogingivale Grenze

Messung 3: Einsetzen

Der Messzeitpunkt war nach dem Einsetzen der definitiven Restauration. Gemessen wurde die Breite der keratinisierten Gingiva in apikal koronaler Richtung in Millimetern. Die Breite wurde definiert aus dem vertikalen Abstand zwischen der nun nach apikal verschobenen mukogingivalen Grenze und dem Berührungspunkt der Tangente des am weitesten bukkal gelegenen Punktes des Implantats / Abutments. Die Messergebnisse konnten definitionsgemäß nur positiv sein.

Messung 4: Inzision

Der Messzeitpunkt war unmittelbar nach der horizontalen Inzision des partiellen Lappens zur Freilegung der Implantate. Gemessen wurde die Breite der keratinisierten Gingiva in bukkal oraler Richtung in Millimetern. Die Breite wurde definiert aus dem horizontalen Abstand zwischen der Inzision (Punkt B, *Abbildung 5*) und dem Berührungspunkt der Tangen-

te des am weitesten oral gelegenen Punktes des Implantats (Punkt A, *Abbildung 5*). Die Messergebnisse konnten definitionsgemäß nur positiv sein.

2.4 Statistische Methoden

Der deskriptive Teil der statistischen Auswertung wurde mit Hilfe des Programms IBM SPSS Statistics 20 berechnet. Dabei wurde jeweils der Mittelwert der gemessenen Werte aller Implantate bzw. der Implantate der einzelnen Gruppen zu verschiedenen Messzeitpunkten berechnet.

Auf Grund der Spezifik der Daten wurde ich bei der Berechnung der schließenden Statistik von dem Institut für klinische Epidemiologie und Biometrie der Universität Würzburg unterstützt. Die Analysen wurden mit der Prozedur PROC GLIMMIX der Statistiksoftware SAS 9.3 vorgenommen. Da es pro Patient meist mehrere Implantate gibt, sind die Implantate innerhalb der Patienten geclustert und damit Messungen an mehreren Implantaten innerhalb eines Patienten nicht unabhängig. Zusätzlich wurde die KG für jedes Implantat zu drei verschiedenen Zeitpunkten gemessen. Deshalb wurde für die Schätzung des zeitlichen Effekts auf die unabhängige Variable KG ein lineares gemischtes Modell (linear mixed model) angewendet. Hierbei werden die Korrelationen zwischen den Messungen innerhalb eines Patienten durch den Einschluss von zufälligen Effekten (random effects) in den linearen Prädiktor modelliert. Durch solche Modellierungen wird berücksichtigt, dass Messungen an verschiedenen Patienten als unabhängig zu betrachten sind, Messungen zu verschiedenen Implantaten innerhalb eines Patienten und Messungen zu verschiedenen Zeitpunkten eines Implantates jedoch korreliert sind. Dabei wurden Zeit, Inzision und Knochenaufbau als feste Effekte gewählt und Patient und Implantat als zufällige Effekte. Für die Verteilungen der Messfehler und der zufälligen Effekte wurden Normalverteilungen (Gaussian) angenommen, die Linkfunktion ist hier die Identität. So konnte der Effekt von Inzision, Knochenaufbau und die Unterschiede zwischen den drei Zeitpunkten (prä, post und einsetzen) unter Berücksichtigung der hierarchischen Struktur der Daten und damit verbundener Abhängigkeiten geschätzt werden.

3 Ergebnisse

3.1 Vergleich der Werte präoperativ / postoperativ / einsetzen / Inzision

Beim Vergleich der Werte aller gesetzten Implantate präoperativ und postoperativ liegt eine für Patient und Implantat adjustierte signifikante Erhöhung der Breite der keratinisierten Gingiva um den Schätzwert 3,94 mm vor ($p < 0,0001$). Die Werte präoperativ und zum Zeitpunkt des Einsetzens haben sich signifikant um den Schätzwert 3,55 mm erhöht. In der Einheilungsphase zwischen den Zeitpunkten postoperativ und einsetzen trat ein signifikanter Verlust (Schrumpfung) des Schätzwerts von 0,39 mm keratinisierter Gingiva ein (Tabelle 1).

Tabelle 1. Ergebnisse aus der Verallgemeinerten Schätzgleichung. SW, SF, Min und Max in mm. p = Signifikanz, α = Signifikanzniveau. Prä / post = Differenz postoperativ minus präoperativ, prä / ein = Differenz einsetzen minus präoperativ, post / ein = Differenz einsetzen minus postoperativ, SW = Schätzwerte für festen Effekt Zeit, SF = Standardfehler, p = p – Wert, α = Signifikanzniveau, Min = untere Grenze des 95% CI, Max = obere Grenze des 95% CI.

	SW	SF	p	α	Min	Max
prä / post	3,94	0,19	<0,0001	0,05	3,56	4,31
prä / ein	3,55	0,19	<0,0001	0,05	3,18	3,92
post / ein	-0,39	0,19	0,0421	0,05	-0,76	0

3.1.1 Präoperativ / postoperativ

Die Differenz der Werte postoperativ minus präoperativ in mm gibt an, wieviele Millimeter keratinisierte Gingiva unmittelbar postoperativ ohne Einheilung gewonnen wurde. Negative Werte geben an, dass die mukogingivale Grenze oral der vestibulären Implantatschulter verläuft. Die Werte postoperativ sind signifikant größer ($p < 0,0001$, Tabelle 1). Im Mittel wurde $3,94 \text{ mm} \pm 1,24 \text{ mm}$ keratinisierte Gingiva gewonnen (Tabelle 2, Abbildung 8).

Tabelle 2. Vergleich der Mittelwerte präoperativ, postoperativ und deren Differenz. Alle Werte in mm. N = Anzahl Implantate, MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum.

	N	MW	Median	ST	Min	Max
präoperativ	31	0,58	1,00	0,92	-1	3
postoperativ	31	4,52	5,00	1,12	2	6
Differenz	31	3,94	4,00	1,24	2	7

Vergleich präoperativ / postoperativ

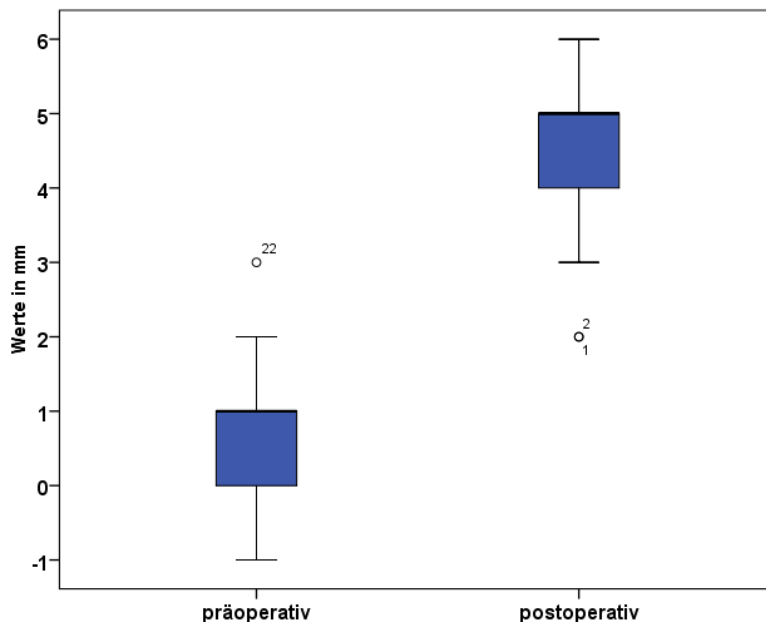


Abbildung 8: Vergleich der Werte präoperativ und postoperativ in mm. Boxplot, die Box entspricht 50% aller Daten, die Whiskers geben den Außenbereich an, die fettgedruckten Linien den Median, Ausreißer sind separat gekennzeichnet.

3.1.2 Präoperativ / einsetzen

Die Differenz der Werte einsetzen minus präoperativ in mm gibt an, wieviele Millimeter keratinisierte Gingiva nach der Einheilung zum Zeitpunkt des Einsetzens der definitiven Restauration gewonnen wurde. Negative Werte geben an, dass die mukogingivale Grenze oral der vestibulären Implantatschulter verläuft. Die Werte zum Zeitpunkt des Einsetzens sind signifikant größer als präoperativ

($p < 0,0001$, *Tabelle 1*). Im Mittel wurde $3,55 \text{ mm} \pm 1,01 \text{ mm}$ keratinisierte Gingiva gewonnen (*Tabelle 3, Abbildung 9*).

Tabelle 3. Vergleich der Mittelwerte präoperativ, einsetzen und deren Differenz. Alle Werte in mm. N = Anzahl Implantate, MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum.

	N	MW	Median	ST	Min	Max
präoperativ	31	0,58	1,00	0,90	-1	3
einsetzen	31	4,13	4,00	0,93	2	5
Differenz	31	3,55	4,00	1,01	2	6

Vergleich präoperativ / einsetzen

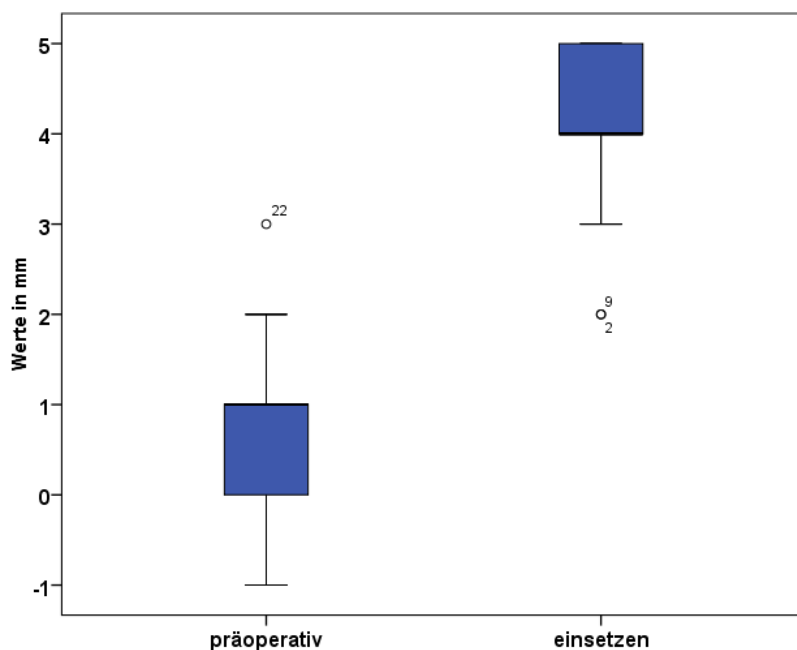


Abbildung 9: Vergleich der Werte präoperativ und einsetzen in mm. Boxplot, die Box entspricht 50% aller Daten, die Whiskers geben den Außenbereich an, die fettgedruckten Linien den Median, Ausreißer sind separat gekennzeichnet.

3.1.3 Postoperativ / einsetzen

Die Differenz der Werte postoperativ minus einsetzen in mm gibt die Schrumpfung an, die zwischen den Messzeitpunkten 2 und 3 eingetreten ist. Negative Werte zeigen eine Erhöhung der Breite durch die Einheilung der keratinisierter

Gingiva an, positive Werte eine Schrumpfung. Die Werte zum Zeitpunkt des Einsetzens sind signifikant kleiner als postoperativ ($p = 0,0421$, *Tabelle 1*). Im Mittel erfolgte eine Schrumpfung um $0,39 \text{ mm} \pm 0,71 \text{ mm}$ (*Tabelle 4*, *Abbildung 10*).

Tabelle 4. Vergleich der Mittelwerte postoperativ, einsetzen und deren Differenz. Alle Werte in mm. N = Anzahl Implantate, MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum.

	N	MW	Median	ST	Min	Max
postoperativ	31	4,52	5,00	1,12	2	6
einsetzen	31	4,13	4,00	0,92	2	5
Differenz	31	0,39	0,00	0,71	-1	2

Vergleich postoperativ / einsetzen

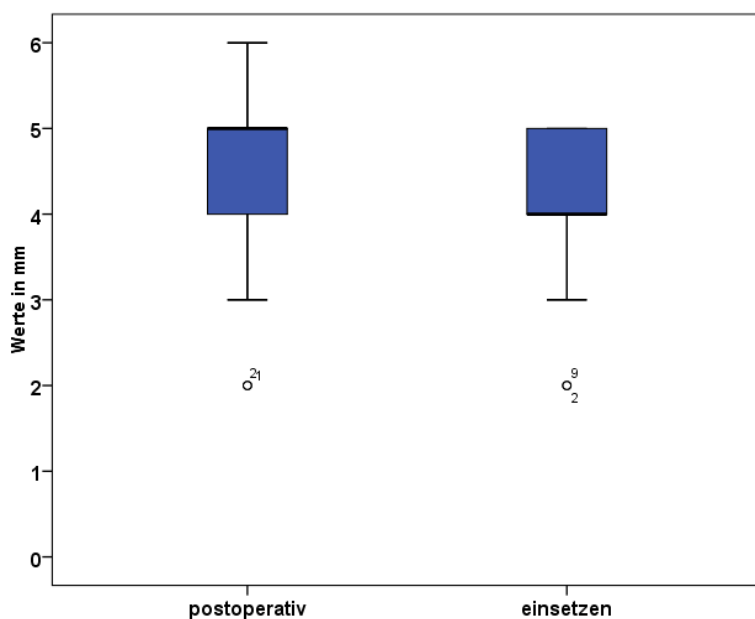


Abbildung 10: Vergleich der Werte postoperativ und einsetzen in mm. Boxplot, die Box entspricht 50% aller Daten, die Whiskers geben den Außenbereich an, die fettgedruckten Linien den Median, Ausreißer sind separat gekennzeichnet.

3.1.4 Inzision / postoperativ

Die Differenz Inzision minus postoperativ in mm gibt an, ob die durch die Schnittführung gewonnene keratinisierte Gingiva vollständig nach apikal verlagert werden konnte. Negative Werte der Differenz bedeuten eine Erhöhung der Breite der keratinisierter Gingiva postoperativ im Vergleich zur gewonnenen Breite durch die Inzision. Positive Werte bedeuten eine Verminderung. Im Mittel wurde ein Gewinn an keratinisierter Gingiva von $0,16 \text{ mm} \pm 0,86 \text{ mm}$ gemessen (Tabelle 5, Abbildung 11).

Tabelle 5. Vergleich der Mittelwerte Inzision, postoperativ und deren Differenz. Alle Werte in mm. N = Anzahl Implantate, MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum.

	N	MW	Median	ST	Min	Max
Inzision	31	4,35	4,00	1,20	2	7
postoperativ	31	4,52	5,00	1,12	2	6
Differenz	31	-0,16	0,00	0,86	-2	1

Vergleich postoperativ / Inzision

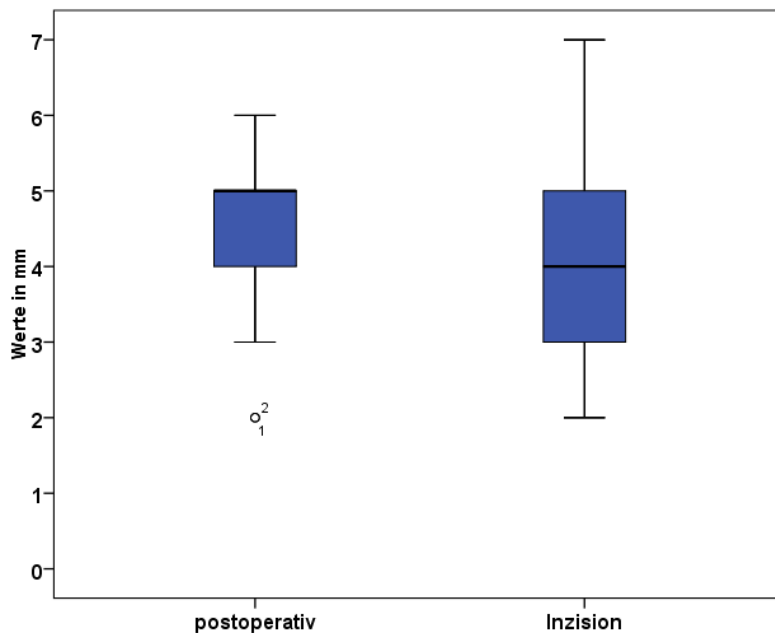


Abbildung 11: Vergleich der Werte postoperativ und Inzision in mm. Boxplot, die Box entspricht 50% aller Daten, die Whiskers geben den Außenbereich an, die fettgedruckten Linien den Median, Ausreißer sind separat gekennzeichnet.

3.1.5 Inzision / einsetzen

Die Differenz Inzision minus einsetzen in mm gibt an, ob die durch die Schnittführung gewonnene keratinisierte Gingiva vollständig nach apikal verlagert wurde und eingeheilt ist. Negative Werte bedeuten eine Erhöhung der Breite der keratinisierter Gingiva zum Zeitpunkt des Einsetzens im Vergleich zur gewonnenen Breite durch die Inzision. Positive Werte bedeuten eine Verminderung Es wurde ein Verlust an keratinisierter Gingiva von $0,23 \text{ mm} \pm 0,96 \text{ mm}$ gemessen (Tabelle 6, Abbildung 12).

Tabelle 6. Vergleich der Mittelwerte Inzision, einsetzen und deren Differenz. Alle Werte in mm. N = Anzahl Implantate, MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum.

	N	MW	Median	ST	Min	Max
Inzision	31	4,35	4,00	1,20	2	7
einsetzen	31	4,13	4,00	,92	2	5
Differenz	31	0,23	0,00	,96	-2	2

Vergleich Inzision / einsetzen

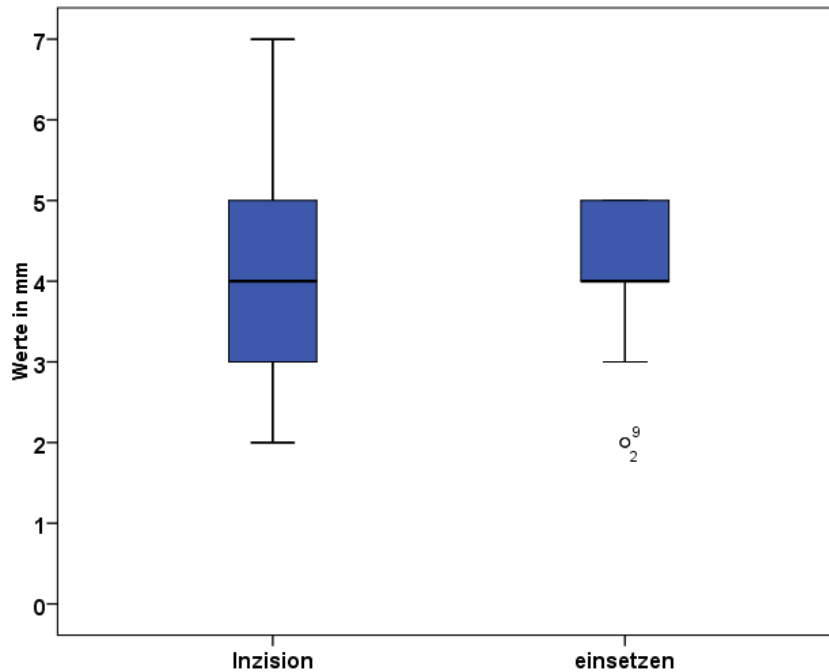


Abbildung 12: Vergleich der Werte Inzision und einsetzen in mm. Boxplot, die Box entspricht 50% aller Daten, die Whiskers geben den Außenbereich an, die fettgedruckten Linien den Median, Ausreißer sind separat gekennzeichnet.

3.1.6 Präoperativ / postoperativ / einsetzen / Inzision

Table 7 und Abbildung 8 geben einen Überblick über die Mittelwerte der verschiedenen Messzeitpunkte präoperativ, postoperativ, einsetzen und Inzision.

Table 7. Vergleich der Mittelwerte präoperativ, postoperativ, einsetzen und Inzision. Alle Werte in mm. N = Anzahl Implantate, MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum.

	N	MW	Median	ST	Min	Max
präoperativ	31	0,58	1,00	0,92	-1	3
postoperativ	31	4,52	5,00	1,12	2	6
einsetzen	31	4,13	4,00	0,92	2	5
Inzision	31	4,35	4,00	1,20	2	7

Vergleich präoperativ / postoperativ / einsetzen / Inzision

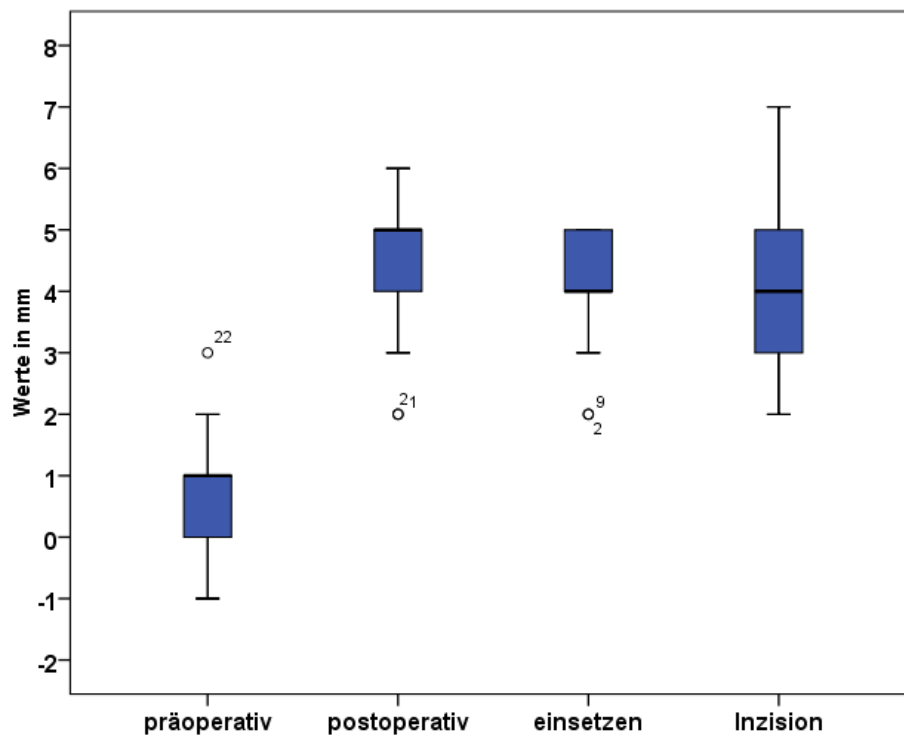


Abbildung 13: Vergleich der Werte präoperativ, postoperativ, einsetzen und Inzision in mm. Boxplot, die Box entspricht 50% aller Daten, die Whiskers geben den Außenbereich an, die fettgedruckten Linien den Median, Ausreißer sind separat gekennzeichnet.

3.2 Vergleich der Werte in unterschiedlichen Gruppen

3.2.1 Geschlecht

Die Mittelwerte in der Gruppe der Männer sind zu allen Messzeitpunkten größer als die Mittelwerte in der Gruppe der Frauen. Zum Zeitpunkt des Einsetzens beträgt der Unterschied der Breite der keratinisierten Gingiva zwischen beiden Gruppen 0,55 mm (Männer: einsetzen 4,43 mm \pm 0,85 mm / Frauen: einsetzen 3,88 mm \pm 0,93 mm, *Tabelle 8, Abbildung 14*).

Tabelle 8. Vergleich der Mittelwerte präoperativ, postoperativ, einsetzen und Inzision in den beiden Gruppen männlich und weiblich. Alle Werte in mm. N = Anzahl Implantate, MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum.

Geschlecht		präoperativ	postoperativ	einsetzen	Inzision
männlich	N	14	14	14	14
	MW	1,00	4,71	4,43	4,36
	Median	1,00	5,00	5,00	4,50
	ST	1,04	1,12	0,85	1,28
	Min	-1	3	2	3
	Max	3	6	5	7
weiblich	N	17	17	17	17
	MW	,24	4,35	3,88	4,35
	Median	0,00	5,00	4,00	4,00
	ST	0,66	1,12	0,93	1,17
	Min	-1	2	2	2
	Max	1	6	5	6
Insgesamt	N	31	31	31	31
	MW	,58	4,52	4,13	4,35
	Median	1,00	5,00	4,00	4,00
	ST	0,92	1,12	0,92	1,20
	Min	-1	2	2	2
	Max	3	6	5	7

Mittelwerte der Messzeitpunkte in der Kategorie Geschlecht

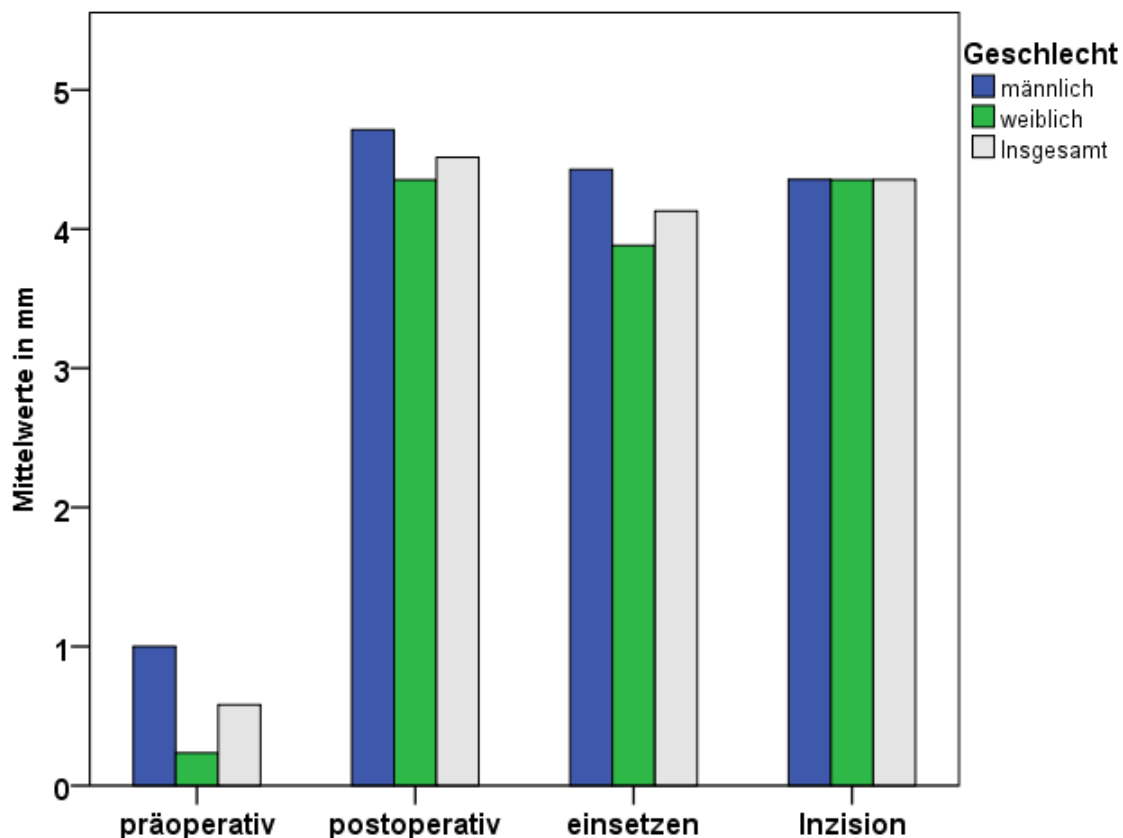


Abbildung 14: Vergleich der Mittelwerte der Messzeitpunkte präoperativ, postoperativ, einsetzen und Inzision in mm in der Kategorie Geschlecht.

3.2.2 Kiefer

Die Ergebnisse wurden analysiert bezüglich der Position der Implantate im Oberkiefer (OK) oder Unterkiefer (UK). Die Mittelwerte der vier unterschiedlichen Messzeitpunkte in den beiden Gruppen Oberkiefer und Unterkiefer sind alle innerhalb eines Intervalls von maximal 0,46 mm. Im Oberkiefer ist der Mittelwert zum Zeitpunkt präoperativ kleiner als im Unterkiefer (OK: präoperativ 0,54 mm \pm 1,02 mm / UK: präoperativ 0,71 mm \pm 0,49 mm, *Tabelle 9, Abbildung 15*). Zum Zeitpunkt des Einsetzens ist der Mittelwert im Oberkiefer größer als im Unterkiefer (OK: einsetzen 4,17 mm \pm 0,96 mm / UK: einsetzen 4,00 mm \pm 0,82 mm, *Tabelle 9, Abbildung 15*).

Tabelle 9. Vergleich der Mittelwerte präoperativ, postoperativ, einsetzen und Inzision in den beiden Gruppen Oberkiefer und Unterkiefer. Alle Werte in mm. OK = Oberkiefer, UK = Unterkiefer, N = Anzahl Implantate, MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum.

Kiefer		präoperativ	postoperativ	einsetzen	Inzision
OK	N	24	24	24	24
	MW	0,54	4,54	4,17	4,46
	Median	0,00	5,00	4,00	5,00
	ST	1,02	1,22	,96	1,29
	Min	-1	2	2	2
	Max	3	6	5	7
UK	N	7	7	7	7
	MW	0,71	4,43	4,00	4,00
	Median	1,00	5,00	4,00	4,00
	ST	0,49	0,79	0,82	0,82
	Min	0	3	3	3
	Max	1	5	5	5
Insgesamt	N	31	31	31	31
	MW	0,58	4,52	4,13	4,35
	Median	1,00	5,00	4,00	4,00
	ST	0,92	1,12	0,92	1,20
	Min	-1	2	2	2
	Max	3	6	5	7

Vergleich der Werte in der Kategorie Kiefer

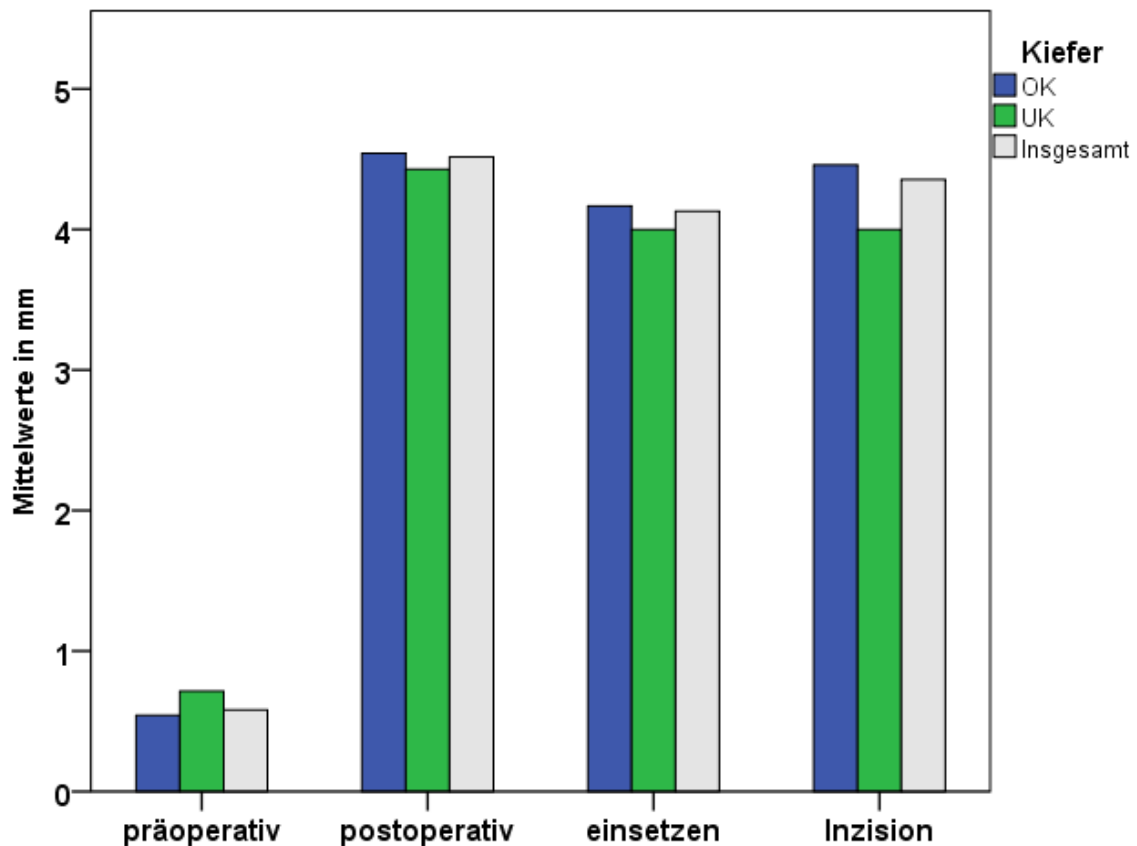


Abbildung 15: Vergleich der Mittelwerte der Messzeitpunkte präoperativ, postoperativ, einsetzen und Inzision in mm in der Kategorie Kiefer.

3.2.3 Front- und Seitenzahnggebiet

Die Ergebnisse wurden analysiert bezüglich der Position der Implantate im Front- (Front) oder im Seitenzahnggebiet (Seite). Zur Front zählten Implantate im Bereich der Inzisiven und der Eckzähne, zur Seite Implantate in der Region der Prämolaren und Molaren. Die Mittelwerte der beiden Gruppen Frontzahnggebiet und Seitenzahnggebiet sind zum Zeitpunkt des Einsetzens nahezu identisch (Seite: einsetzen 4,12 mm \pm 0,97 mm / Front: einsetzen 4,17 mm \pm 0,75 mm, *Tabelle 10, Abbildung 16*). Präoperativ ist der Ausgangswert der Gruppe mit Implantation im Frontzahnggebiet kleiner (Seite: präoperativ 0,64 mm \pm 1,00 mm / Front: präoperativ 0,33 mm \pm 0,52 mm, *Tabelle 10, Abbildung 16*).

Tabelle 10. Vergleich der Mittelwerte präoperativ, postoperativ, einsetzen und Inzision in den beiden Gruppen Seitenzahnggebiet und Frontzahnggebiet. Alle Werte in mm. N = Anzahl Implantate, MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum.

Gebiet		präoperativ	postoperativ	einsetzen	Inzision
Seite	N	25	25	25	25
	MW	0,64	4,68	4,12	4,44
	Median	1,00	5,00	4,00	5,00
	ST	1,00	1,11	0,97	1,19
	Min	-1	2	2	2
	Max	3	6	5	7
Front	N	6	6	6	6
	MW	0,33	3,83	4,17	4,00
	Median	0,00	3,50	4,00	3,50
	ST	0,52	0,98	0,75	1,27
	Min	0	3	3	3
	Max	1	5	5	6
Insgesamt	N	31	31	31	31
	MW	0,58	4,52	4,13	4,35
	Median	1,00	5,00	4,00	4,00
	ST	0,92	1,12	0,92	1,20
	Min	-1	2	2	2
	Max	3	6	5	7

Vergleich der Werte in der Kategorie Gebiet

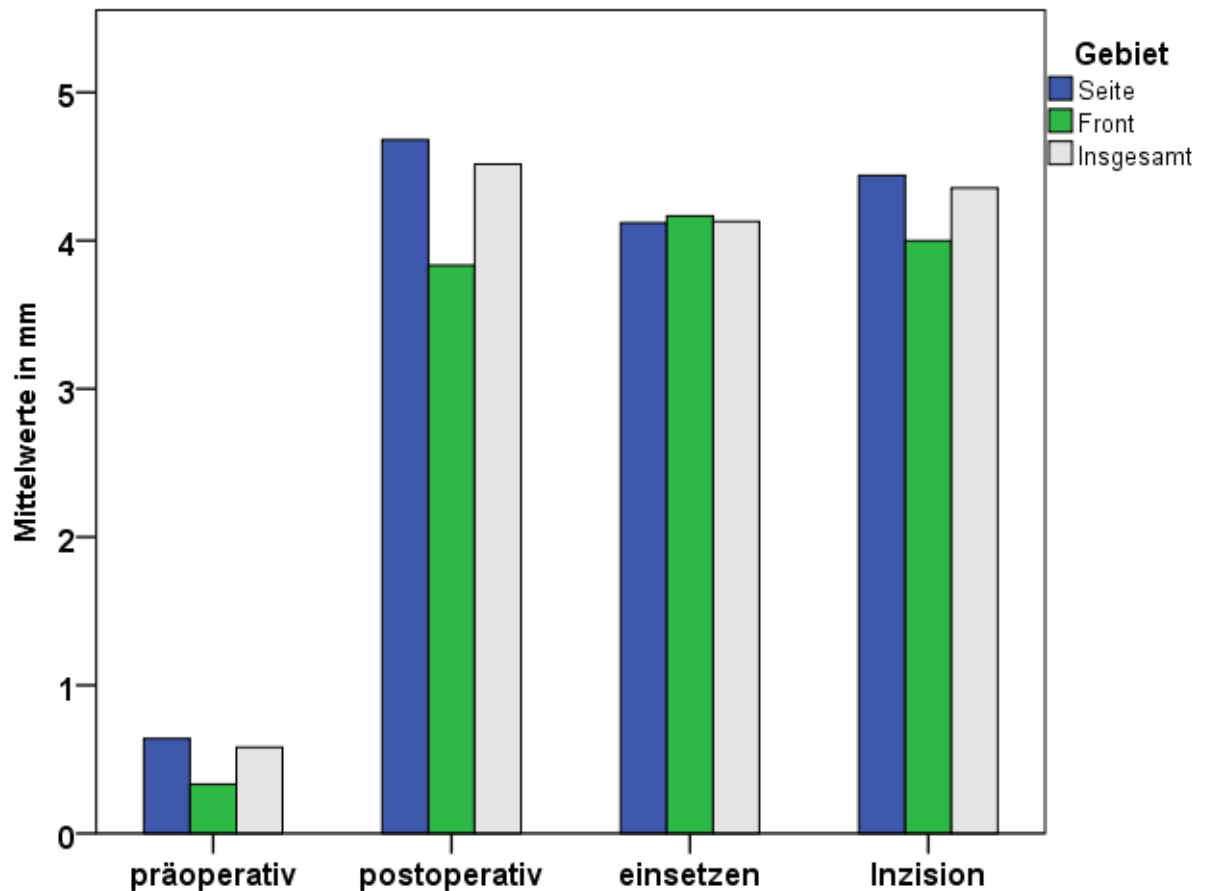


Abbildung 16: Vergleich der Mittelwerte der Messzeitpunkte präoperativ, postoperativ, einsetzen und Inzision in mm in der Kategorie Gebiet.

3.2.4 Knochenaufbau

Zehn Implantate wurden ohne Knochenaufbau und 21 Implantate mit Knochenaufbau gesetzt. Der Ausgangswert präoperativ ist in der Gruppe mit Knochenaufbau deutlich kleiner als in der Gruppe ohne Knochenaufbau (Knochenaufbau Ja: präoperativ 0,24 mm \pm 0,77 mm / Knochenaufbau Nein: präoperativ 1,30 mm \pm 0,82 mm, *Tabelle 11, Abbildung 17*). Zum Zeitpunkt des Einsetzens nähern sich die Mittelwerte an (Knochenaufbau Ja: einsetzen 4,05 mm \pm 1,02 mm / Knochenaufbau Nein: einsetzen 4,30 mm \pm 0,68 mm, *Tabelle 11, Abbildung 17*). Der Verlust von keratinisierter Gingiva zwischen dem Zeitpunkt postoperativ und dem Zeitpunkt des Einsetzens ist in der Gruppe ohne Knochenaufbau

größer (Knochenaufbau Ja: Schrumpfung $0,28 \text{ mm} \pm 0,70 \text{ mm}$ / Knochenaufbau Nein: Schrumpfung $0,60 \text{ mm} \pm 0,70 \text{ mm}$, in *Tabelle 11* als Differenz p/e bezeichnet).

Tabelle 11. Vergleich der Mittelwerte präoperativ, postoperativ, einsetzen, Inzision und der Differenz p/e = Differenz postoperativ minus einsetzen (Schrumpfung) in den beiden Gruppen mit und ohne Knochenaufbau. Alle Werte in mm. N = Anzahl Implantate, MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum.

Knochenaufbau		präope- rativ	postope- rativ	einset- zen	Inzision	Differenz p/e
Nein	N	10	10	10	10	10
	MW	1,30	4,90	4,30	4,10	,60
	Median	1,00	5,00	4,00	4,00	,50
	ST	0,82	0,57	0,67	0,88	,70
	Min	0	4	3	3	0
	Max	3	6	5	5	2
Ja	N	21	21	21	21	21
	MW	0,24	4,33	4,05	4,48	,28
	Median	0,00	5,00	4,00	5,00	,00
	ST	0,77	1,28	1,02	1,33	,70
	Min	-1	2	2	2	-1
	Max	2	6	5	7	1
Insge- samt	N	31	31	31	31	31
	MW	0,58	4,52	4,13	4,35	,39
	Median	1,00	5,00	4,00	4,00	,00
	ST	0,92	1,12	0,92	1,20	,71
	Min	-1	2	2	2	-1
	Max	3	6	5	7	2

Vergleich der Werte in der Kategorie Knochenaufbau

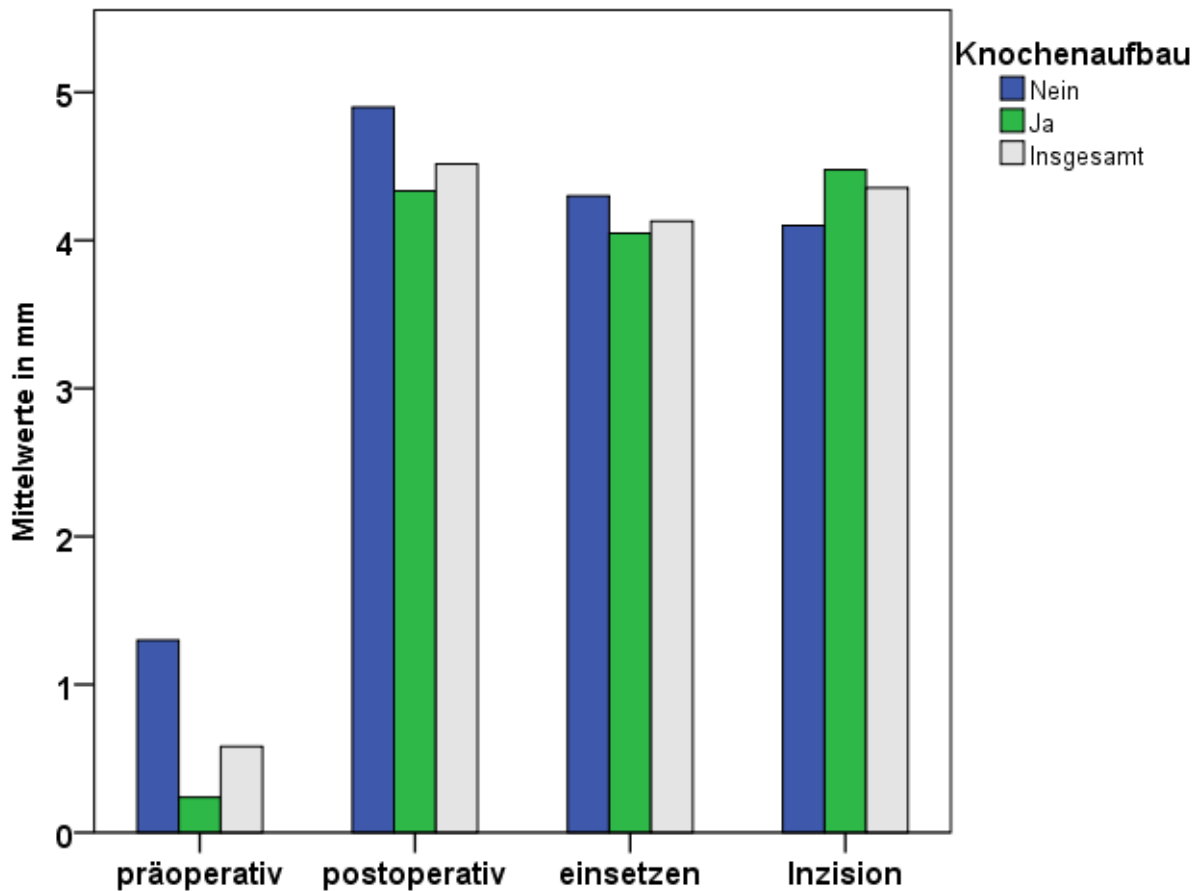


Abbildung 17: Vergleich der Mittelwerte der Messzeitpunkte präoperativ, postoperativ, einsetzen und Inzision in mm in der Kategorie Knochenaufbau.

3.2.5 Zeitpunkt der Freilegung

Für die Analyse des Parameters Zeitpunkt der Freilegung wurde der Median von 18 Wochen gebildet und das Patientengut in zwei Gruppen (Freilegung > 18 Wochen und \leq 18 Wochen) eingeteilt. Der präoperative Wert der keratinisierten Gingiva unterscheidet sich in den Gruppen mit unterschiedlichem Freilegungszeitpunkt nur sehr gering (Freilegung \leq 18 Wochen: präoperativ 0,59 mm \pm 0,71 mm / Freilegung > 18 Wochen: präoperativ 0,57 mm \pm 16 mm, *Tabelle 12, Abbildung 19*).

Tabelle 12. Vergleich der Mittelwerte präoperativ, postoperativ, einsetzen und Inzision in den beiden Gruppen mit Freilegung des Implantats vor 18 Wochen und nach 18 Wochen. Alle Werte in mm. N = Anzahl Implantate, MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum.

Freilegung vor 18 Wochen		präoperativ	postoperativ	einsetzen	Inzision
Ja	N	17	17	17	17
	MW	0,59	4,24	4,00	4,12
	Median	1,00	4,00	4,00	4,00
	ST	0,71	1,30	0,94	1,11
	Min	-1	2	2	2
	Max	2	6	5	6
Nein	N	14	14	14	14
	MW	0,57	4,86	4,29	4,64
	Median	0,00	5,00	4,50	5,00
	ST	1,16	0,77	0,91	1,28
	Min	-1	3	2	3
	Max	3	6	5	7
Insgesamt	N	31	31	31	31
	MW	0,58	4,52	4,13	4,35
	Median	1,00	5,00	4,00	4,00
	ST	0,92	1,12	0,92	1,20
	Min	-1	2	2	2
	Max	3	6	5	7

Vergleich der Werte in der Kategorie des Freilegungszeitraumes

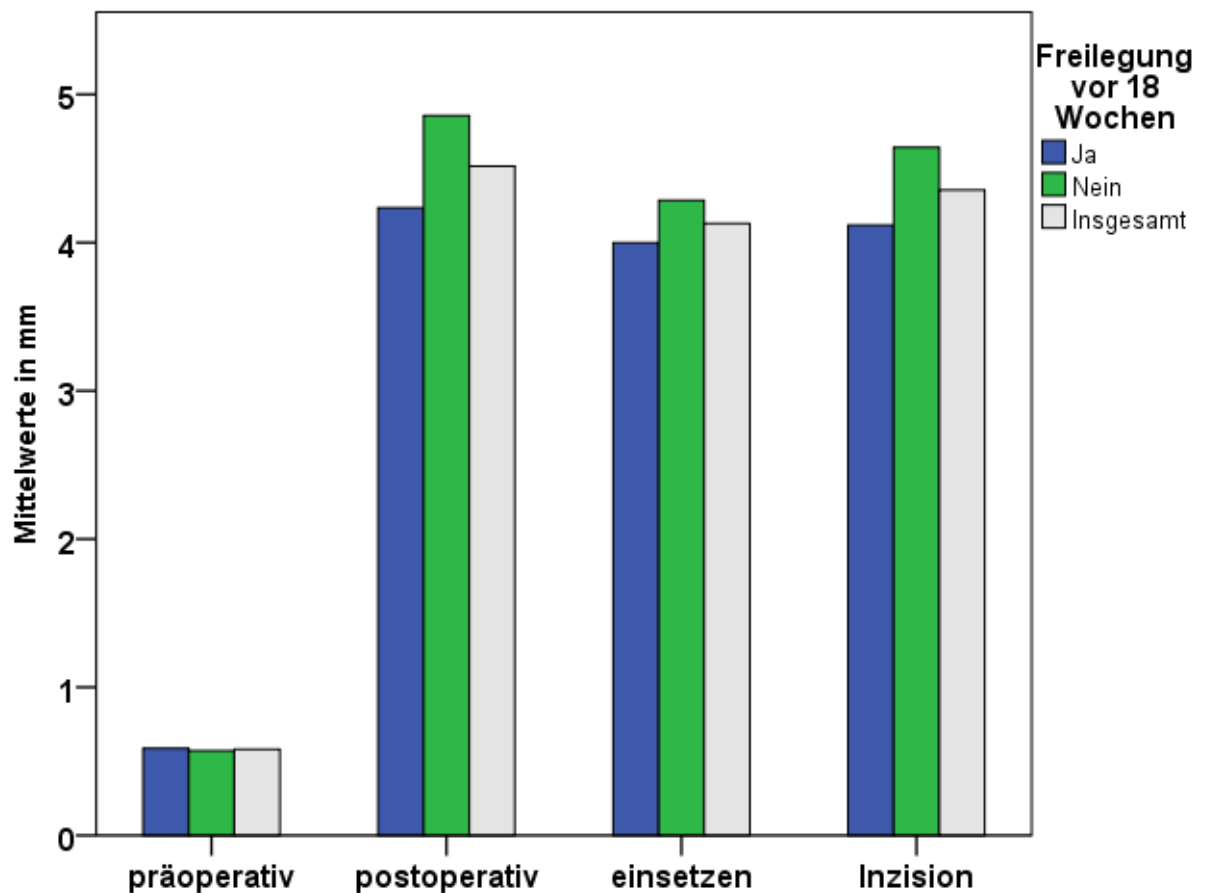


Abbildung 18: Vergleich der Mittelwerte der Messzeitpunkte präoperativ, postoperativ, einsetzen und Inzision in mm in der Kategorie Freilegungszeitpunkt.

3.2.6 Zeit der Heilungsphase zwischen Freilegung und Einsetzen

Für die Analyse des Parameters Heilungsphase zwischen Freilegung und Einsetzen wurde der Median von 44 Tagen Heilungsphase gebildet und das Patientengut in zwei Gruppen (Heilung > 44 Tage und Heilung ≤ 44 Tage) eingeteilt. Der Mittelwert der Schrumpfung (Differenz postoperativ minus einsetzen) ist für die Gruppe mit längerer Heilungsphase kleiner als für die Gruppe mit kürzerer Heilungsphase (> 44 Tage: Schrumpfung 0,14 mm ± 0,66 mm / ≤ 44 Tage: Schrumpfung 0,59 mm ± 0,72 mm, *Tabelle 13*).

Tabelle 13. Vergleich der Mittelwerte postoperativ, einsetzen und deren Differenz (Schrumpfung) in den beiden Gruppen mit Heilung > 44 Tage und Heilung ≤ 44 Tage. Alle Werte in mm. N = Anzahl Implantate, MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum.

Heilungsphase > 44 Tage		postoperativ	einsetzen	Differenz
Ja	N	14	14	14
	MW	4,29	4,14	0,14
	Median	4,50	4,00	0,00
	ST	0,99	0,95	0,66
	Min	3	2	-1
	Max	6	5	1
	Nein	N	17	17
MW		4,71	4,12	0,59
Median		5,00	4,00	1,00
ST		1,21	0,93	0,72
Min		2	2	-1
Max		6	5	2
Insgesamt		N	31	31
	MW	4,52	4,13	0,39
	Median	5,00	4,00	0,00
	ST	1,12	0,92	0,71
	Min	2	2	-1
	Max	6	5	2

Vergleich der Werte in der Kategorie der Heilungsphase

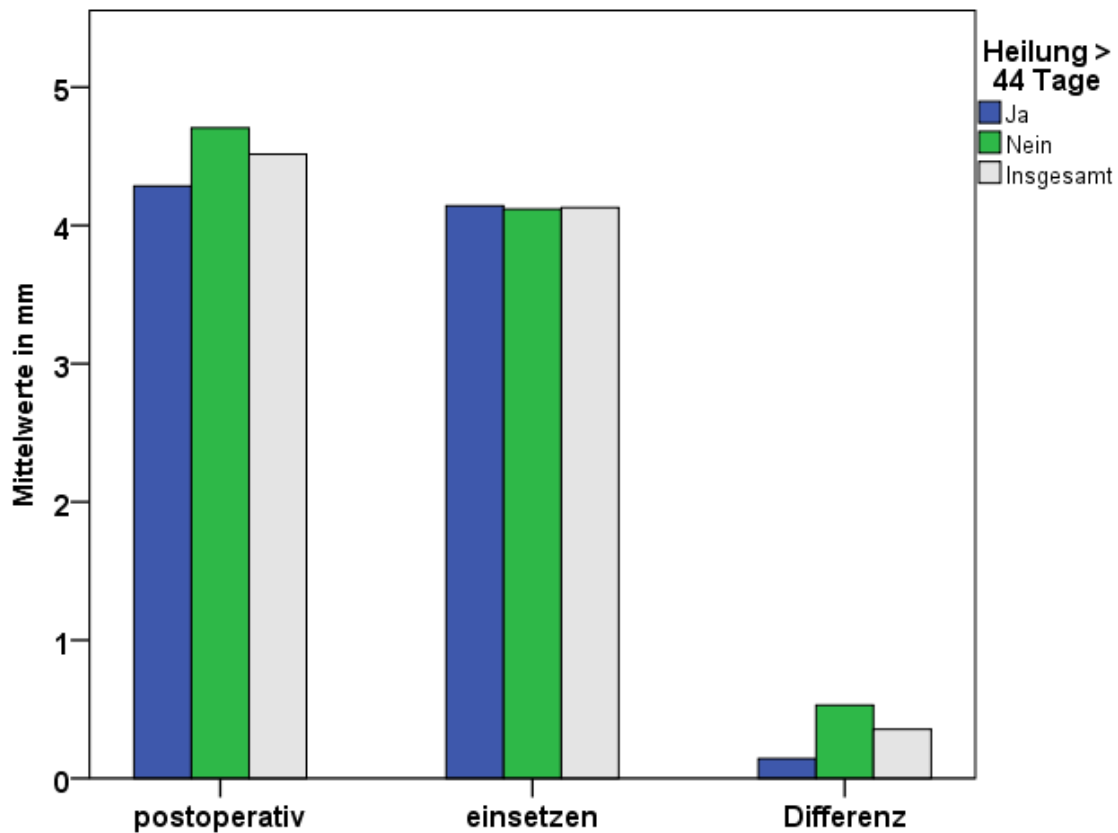


Abbildung 19: Vergleich der Mittelwerte der Messzeitpunkte postoperativ, einsetzen und deren Differenz in mm in der Kategorie Heilungsphase.

3.2.7 Alter der Patienten

Der Median des Patientenalters betrug 71 Jahre, er wurde als Trennwert für die beiden Gruppen Alter > 71 Jahre und Alter ≤ 71 Jahre verwendet. Die Schrumpfung (Differenz aus den Mittelwerten postoperativ minus einsetzen, in *Tabelle 14* als Differenz p/e bezeichnet) ist für die Gruppe > 71 Jahre kleiner als für die Gruppe ≤ 71 Jahre (Alter > 71 Jahre: Schrumpfung 0,06 mm ± 0,64 mm / Alter ≤ 71 Jahre: Schrumpfung 0,69 mm ± 0,73 mm, *Tabelle 14*, *Abbildung 20*).

Tabelle 14. Vergleich der Mittelwerte präoperativ, postoperativ, einsetzen und der Differenz p/e = Differenz postoperativ minus einsetzen (Schrumpfung) in den beiden Gruppen Alter > 71 Jahre und Alter ≤ 71 Jahre. Alle Werte in mm. N = Anzahl Implantate, MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung, Min = Minimum, Max = Maximum.

Älter als 71		präope- rativ	postope- rativ	einset- zen	Inzision	Differenz p/e
Ja	N	15	15	15	15	15
	MW	0,93	4,33	4,27	3,80	0,06
	Median	1,00	5,00	4,00	4,00	0,00
	ST	0,88	0,82	0,70	0,77	0,64
	Min	0	3	3	3	-1
	Max	3	5	5	5	1
Nein	N	16	16	16	16	16
	MW	0,25	4,69	4,00	4,88	0,69
	Median	0,00	5,00	4,00	5,00	1,00
	ST	0,86	1,35	1,10	1,31	0,73
	Min	-1	2	2	2	-1
	Max	2	6	5	7	2
Insge- samt	N	31	31	31	31	31
	MW	0,58	4,52	4,13	4,35	0,39
	Median	1,00	5,00	4,00	4,00	0,00
	ST	0,92	1,12	0,92	1,20	0,71
	Min	-1	2	2	2	-1
	Max	3	6	5	7	2

Vergleich der Werte in der Kategorie Alter

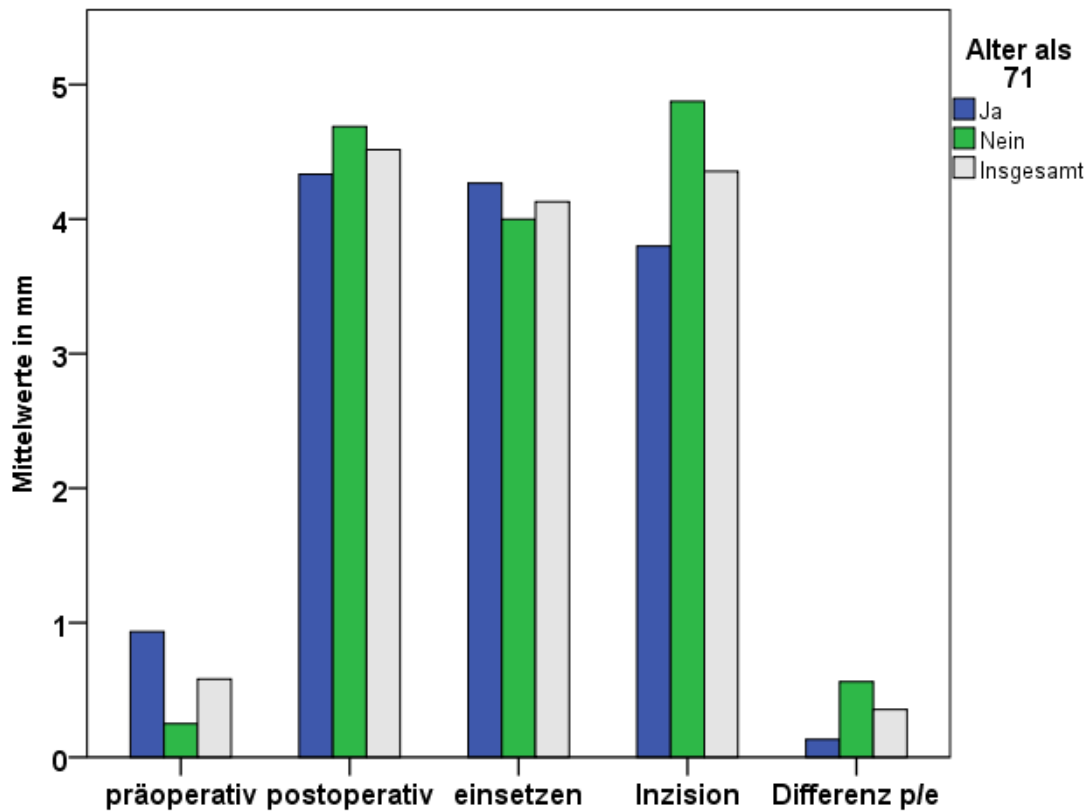


Abbildung 20: Vergleich der Mittelwerte der Messzeitpunkte präoperativ, postoperativ, einsetzen, Inzision und Differenz „postoperativ minus einsetzen“ = Differenz p/e in den beiden Gruppen Alter > 71 Jahre und Alter ≤ 71 Jahre in mm.

4 Diskussion

4.1 Diskussion der Methode

Studiendesign

Die Werte der Studie wurden durch einmaliges Messen pro Messzeitpunkt gewonnen. Die Messzeitpunkte Inzision und postoperativ konnten auf Grund der an den spezifischen Behandlungszeitpunkt gebundenen Situation nur einzeitig erhoben werden. Auch die beiden Messungen zu den Zeitpunkten präoperativ und einsetzen sind durch einmaliges Messen gewonnen worden. Um eine höhere Validität der Messergebnisse zu erzielen, hätten mehrere Messzeitpunkte ausgewählt werden können. Dies würde - wie in anderen Studien durchgeführt⁸⁴ - durch den gebildeten Mittelwert die Genauigkeit der Messergebnisse verbessern, zusätzlich wäre eine Aussage über die Reproduzierbarkeit der Messwerte möglich. Eine zweizeitige Messung des Wertes präoperativ wäre durchführbar gewesen zum Zeitpunkt der Operationsplanung, bzw. Aufklärung und unmittelbar präoperativ. Auch der Zeitpunkt einsetzen könnte zum einen unmittelbar nach einsetzen und zum anderen bei der Nachkontrolle ca. eine Woche nach Erhalt der definitiven Versorgung erhoben werden. Da es auf Grund der voranschreitenden Wundheilung nicht möglich ist, die Messungen Inzision und postoperativ zu doppeln, wäre eine Verbesserung der Datenqualität durch Messungen eines zweiten Untersuchers denkbar. Die Zeitspanne in der die Operationen zur Freilegung der Implantate und somit auch die Augmentation der keratinisierten Gingiva stattfanden betrug 11 – 27 Wochen, die Spanne des Einsetzens der definitiven Restauration betrug 18 – 34 Wochen und der Zeitraum zwischen Freilegung und Einsetzen zwischen 29 und 90 Tagen. Um exakt miteinander vergleichbare Daten zu generieren, müsste ein standardisiertes Zeitintervall zur Einheilung bzw. Freilegung des Implantats und dem Zeitpunkt des Einsetzens festgelegt werden. Aus Gründen des Zeitmanagements von Behandler und Patient ist dies in der Praxis nur schwer zu realisieren. Das große Intervall der Behandlungszeitpunkte, respektive der Messzeitpunkte, ist der individuellen Situation bezüglich Anatomie und Wundheilung der einzelnen Pati-

enten geschuldet. Der nicht exakt festgelegte Zeitpunkt zur Freilegung der Implantate ist nicht als kritisch zu bewerten. Soileau und Brannon zeigten in ihrer Studie, dass das Remodelling der palatinalen Mucosa nach BGT Entnahme ca. neun Wochen postoperativ abgeschlossen ist⁸⁵. Diese Situation ist mit gewissen Einschränkungen auch auf den Kieferkamm übertragbar. Die Osseointegration dentaler Implantate ist nach Studienlage innerhalb von zwölf Wochen abgeschlossen⁸¹⁻⁸³. Zum frühesten Freilegungszeitpunkt nach elf Wochen ist somit sowohl im Bereich des Hartgewebes als auch im Weichgewebe der Heilungs- und Remodellingprozess weitestgehend abgeschlossen. Eine Verzerrung der Daten in Folge einer unterschiedlichen Situation des Implantatlagers auf Grund der Einheilungszeit ist demnach nicht zu erwarten. Das Zeitintervall zwischen der Freilegung und dem Einsetzen der Restauration ist mit 29 bis 90 Tagen sehr groß. Ein Einfluss des Faktors Zeit in Bezug auf Wundheilung oder Schrumpfung der keratinisierten Gingiva ist hier nicht auszuschließen. Um die Langzeitstabilität der Augmentation der Gingiva zu untersuchen, wären weitere Messungen im Rahmen der Implantatnachsorge nötig.

Erschwerend bezüglich der Auswertung ist der Umstand, dass die gesetzten Implantate innerhalb eines Mundes nicht unabhängig voneinander betrachtet werden können. Bei mehreren Patienten wurde mit dem gleichen Eingriff die keratinisierte Gingiva an zwei bis drei Implantaten augmentiert. Ein Misserfolg dieser Operation war – obwohl nur ein Eingriff bei einem Patienten stattfand – gleichbedeutend mit einem schlechten Ergebnis für drei Implantate. Mit einer Studienpopulation von 13 Patienten und 31 Implantaten konnte dennoch eine statistisch signifikante Aussage zur Augmentation der keratinisierten Gingiva getroffen werden. Um die Validität der Studie zu erhöhen, wäre eine höhere Anzahl an Patienten und Implantaten wünschenswert.

Patienten

Das durchschnittliche Alter der Patienten lag bei $66,9 \pm 7,8$ Jahre. Dabei lag die Altersspanne zwischen 51 und 77 Jahren. Auf die unterschiedliche Altersstruktur wurde in den Ergebnissen eingegangen.

Unbeachtet, möglicherweise aber nicht unbedeutend für das Ergebnis blieben in dieser Studie individuelle, patientenbezogene Faktoren. Mundhygiene, Er-

nährung und Essgewohnheiten können Einfluss auf den Heilungsverlauf nehmen. Auch zwischen Rauchern und Nichtrauchern wurde nicht differenziert. Verschiedene Studien zeigen, dass Nikotin und Rauchen das Behandlungsergebnis gefährden kann⁸⁶. Es führt zu eingeschränkter Fibroblastenmigration, wirkt als Induktor der Apoptose und verhindert die Expression von Schlüsselproteinen des Knochenstoffwechsels und der Angiogenese⁸⁷⁻⁸⁹. Untersuchungen von Souza et al. und Erley et al. zum Einfluss des Rauchens bei Rezessionsdeckungen mit freien Bindegewebsstransplantaten stellten einen negativen Einfluss auf das Behandlungsergebnis in der Gruppe der Raucher fest^{90,91}. In der Mukogingivalchirurgie bestehen trotz unterschiedlichen Eingriffen Ähnlichkeiten in der Situation bezüglich Wundheilung und des operierten Gewebes in der Mundhöhle. Deshalb kann auch bei der in dieser Studie verwendeten Technik zur Freilegung der Implantate von einem negativen Einfluss des Rauchens auf das Behandlungsergebnis ausgegangen werden. Eventuell bestehende Unterschiede der Patienten im Bereich der Wundheilung sind in medizinischen Studien generell nur schwer zu berücksichtigen. Aus diesem Grund werden klare Ausschlusskriterien bezüglich systemischer oder lokaler Vorerkrankungen formuliert. So können objektiv bestimmbare, die Wundheilung negativ beeinflussende Parameter nicht zu einer Verzerrung der erhobenen Daten führen.

Messungen und Untersucher

Die Messungen wurden alle vom gleichen Untersucher durchgeführt. Dies schließt personenbezogene interindividuelle Messfehler aus. Die Messpunkte sind klar definiert (siehe *Kapitel 2.3.2*) und auf Grund der großen klinischen Erfahrung des Untersuchers sicher erkennbar. Am schwierigsten zu identifizieren ist der Messpunkt an der vestibulären Implantatschulter präoperativ (Punkt C, *Abbildung 1*). Abhängig vom Gingiva Biotyp des Patienten kann der Messpunkt zum Teil nicht optisch, sondern nur durch Palpation bestimmt werden. Alle anderen Messpunkte sind visuell klar erkennbar. Die mukogingivale Grenze könnte durch Einfärbung mit Schiller'scher Jodlösung noch deutlicher dargestellt werden. In dieser Studie wurden die Operation und die Messungen vom gleichen Untersucher durchgeführt. Auch wenn absichtliches Korrigieren der Messungen hin zu verbesserten Werten ausgeschlossen werden kann, könnten

noch objektivere Daten erhoben werden, wenn die Messwerte von einem unabhängigen Untersucher erhoben werden würden. Da die Messungen dieser Studie sehr einfach und sicher durchzuführen sind, wurde zu Gunsten der vereinfachten klinischen Durchführbarkeit und der geringeren zeitlichen Belastung der Patienten bewusst auf die oben besprochenen Verbesserungsmöglichkeiten verzichtet.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

Die Breite der keratinisierten Gingiva hat sich durch die Freilegung der Implantate mit gleichzeitiger Gingiva Augmentation signifikant erhöht. Im Mittel wurden postoperativ verglichen mit dem Ausgangszustand präoperativ 3,94 mm an Breite gewonnen ($p < 0,0001$ / *Tabelle 1*). Zum Zeitpunkt des Einsetzens 29 bis 90 Tage postoperativ erhöhte sich die Breite der keratinisierten Gingiva signifikant um 3,55 mm ($p < 0,0001$ / *Tabelle 1*). Zwischen Messung 2 und Messung 3 kam es zu einer statistisch signifikanten Schrumpfung der Breite von 0,39 mm bzw. 9,9% ($p = 0,0421$, *Tabelle 1*). Die Ergebnisse zeigen den erwarteten Verlauf der Untersuchung. Durch die Inzision wurde im Mittel 4,35 mm KG gewonnen. Das Ziel, diese Breite postoperativ und zum Zeitpunkt des Einsetzens bukkal zu etablieren ist weitestgehend gelungen. Im Mittel wurde nach dem Verlagern der KG eine postoperative Breite von 4,52 mm gemessen. Das bedeutet es konnte ein Zuwachs der KG von 0,16 mm im Vergleich zur Inzision erzielt werden. Die größeren Werte postoperativ verglichen mit der Inzision erklären sich durch die zum Teil schon präoperativ vorhandene KG (im Mittel 0,58 mm). Da der Lappen bei der apikalen Reposition gerafft wurde, muss die Breite der KG postoperativ kleiner sein als die Addition des Mittelwertes von Inzision und des Mittelwertes präoperativ (*Tabelle 2* und *Tabelle 5*). Die mittlere Breite der KG zum Zeitpunkt des Einsetzens beträgt 4,13 mm und ist kleiner als die durch die Inzision gewonnene Breite. Im Vergleich zur Inzision wurde bei Messung 3 ein Verlust von 0,23 mm KG festgestellt (*Tabelle 6*). Dieser Zusammenhang erklärt sich durch die Schrumpfung im Verlauf der Heilungsphase. Die Ausreißer in den Messungen (*Abbildungen 8 - 13*) wurden überprüft, hierbei konnten weder methodische noch patientenspezifische Fehler festgestellt werden.

Vergleicht man die Werte der aktuellen Studie mit den Daten aus der Literatur, muss zwischen Operationstechniken und den verschiedenen Messzeitpunkten der einzelnen Studien differenziert werden. Einige Studien beschreiben eine ähnliche Technik⁹²⁻⁹⁵, Nemcovsky und Moses verwendeten 2002 einen palatinalen Rotationslappen. Mittels einer palatinal der Implantate gelegenen horizontalen Inzision und zwei vertikalen Inzisionen wird – im Gegensatz zur aktuellen Studie, in der ein partieller Lappen gehoben wird - ein Volllappen nach bukkal verlagert und vernäht. Zusätzlich wird ein distal gestielter palatinaler Rotationslappen präpariert und nach bukkal in Richtung der eingesetzten Healingabutments geschwenkt und mit Nähten adaptiert. Dadurch soll verhindert werden, dass große Flächen freiliegenden Knochens offen belassen werden und die durch freie Granulation heilenden Stellen periimplantär so klein wie möglich gehalten werden. Die Spenderregion des palatinalen Lappens unterliegt ebenfalls der sekundären Heilung. Die Studienpopulation bestand aus insgesamt 13 Patienten mit 40 Implantaten, die Messungen der KG wurden drei und fünf Monate nach der vollständigen prothetischen Rehabilitation durchgeführt. Mit dieser Technik wurde eine statistisch signifikante Zunahme der Breite der KG postoperativ verglichen mit der Breite präoperativ festgestellt (+ 3,26 mm, $p < 0,001$)⁹². Die Werte der Studie von Nemcovsky und Moses liegen im Bereich der Werte der jetzigen Studie (aktuell: + 3,55 mm, $p < 0,0001$, *Tabelle 1*). Dadurch bestätigen sich die Ergebnisse der beiden Studien gegenseitig, begründet wird dies durch das ähnliche chirurgische Prozedere und der Größe der Studienpopulationen, die nur wenig voneinander abweichen (aktuell: 31 Implantate in 13 Patienten, Nemcovsky und Moses: 40 Implantate in 13 Patienten). In einer früheren Studie von Nemcovsky und Arzti 1999 wurde die gleiche Technik leicht abgewandelt wie in der oben beschriebenen Untersuchung von 2002 verwendet. Der Unterschied lag in der Präparation des palatinalen Rotationslappens. Er wurde in einen tiefen, gestielten, Periost und Bindegewebe enthaltenden Lappen und einen oberflächlichen, Bindegewebe und Epithel enthaltenden Lappen gespalten. Der tiefe Lappen wurde nach bukkal in Richtung der Healingabutments geschwenkt, der oberflächliche Lappen am Ursprungsort repositioniert. Im Mittel konnte eine Breite von 3,7 mm KG periimplantär gemessen werden⁹³. Bei vergleichbaren Ergebnissen hat die in der aktuellen Stu-

die angewendete Technik den Vorteil des geringeren operativen und zeitlichen Aufwands. Auch wenn die Faktoren postoperativer Schmerz, Blutung und Discomfort hier nicht berücksichtigt wurden, ist davon auszugehen, dass durch die geringere Manipulation im Bereich des Palatums diese Parameter bei Anwendung der aktuell beschriebenen Technik eine geringere Rolle spielen. Um die Aussage eindeutig zu verifizieren, müssten auch diese Parameter im Studiendesign berücksichtigt werden.

Als weitere Techniken zur Verbreiterung der keratinisierten Gingiva wird in der Literatur die Transplantation von freien Bindegewebestransplantaten, freien Schleimhauttransplantaten und künstlichen Membranen beschrieben. Zusätzlich kann ein apikal positionierter Lappen oder eine Vestibuloplastik jeweils allein oder in Kombination mit einem Transplantat angewendet werden. In den Reviews von Thoma et al. 2014 und Poskevicius et al. 2015 zeigte sich, dass auch durch diese Techniken eine Augmentation des periimplantären Weichgewebes erzielt werden kann^{86,96}. Esposito et al. bestätigen die Verbreiterung der KG mittels eines autologen Transplantats oder einer xenogene Kollagenmatrix⁹⁷.

Tunkel et al⁹⁵. verglichen 2013 drei verschiedene Freilegungsoperationen zur Verbreiterung der KG, den apikalen Verschiebelappen (ARF) nach Vence⁹⁴, den Rolllappen⁹⁸⁻¹⁰⁰ (RF) und einen apikalen Verschiebelappen plus Bindegewebestransplantat (ARFCT)^{101,102}. Die Technik des apikalen Verschiebelappens entspricht im Wesentlichen der Technik, die in der aktuellen Studie angewendet wurde. Messungen der KG fanden präoperativ, postoperativ, nach zwei Wochen, nach drei, sechs und zwölf Monaten statt. Nach zwölf Monaten wurde bei allen drei Verfahren eine Verbreiterung der KG festgestellt (ARF: + 4,63 mm, RF: + 1,35 mm, ARFCT: + 4,10 mm). Die Werte nach 90 Tagen im Vergleich zur Messung präoperativ betragen + 4,51 mm (ARF), + 1,36 mm (RF) und + 4,48 mm (ARFCT). Die Schrumpfungen betragen im Mittel nach zwölf Monaten 0,52 mm, (10,1%, ARF), 0,83 mm (38,1%, RF) und 0,90 mm (18%, ARFCT)⁹⁵. Die Schrumpfrate der aktuellen Studie und des apikalen Verschiebelappens (ARF) sind trotz der unterschiedlichen Messzeitpunkte ein bis drei Monate bzw. zwölf Monate postoperativ nahezu identisch (aktuelle Studie: 9,9%, ARF: 10,1%). Im Zeitraum zwischen den Nachkontrollen drei Monate und zwölf Mo-

naten postoperativ blieb das Behandlungsergebnis in der Studie von Tunkel et al. stabil⁹⁵. Wenn diese Aussage auf die aktuelle Studie übertragen wird, wäre es ein Hinweis auf ein stabiles Ergebnis über den Zeitraum eines Jahres, da die aktuellen Messungen zum Zeitpunkt des Einsetzens der definitiven Restauration teilweise drei Monate postoperativ stattfanden und somit mit keiner weiteren deutlichen Schrumpfung gerechnet werden müsste. Bestätigt wird diese Aussage durch das Schrumpfungsverhalten von freien Bindegewebstransplantaten. Die maximale Schrumpfung findet ebenfalls in den ersten drei Monaten postoperativ statt^{103,104}, danach schreitet die Schrumpfung noch ein Jahr mit geringerer Progression voran¹⁰⁵. Studien berichten von Schrumpfungsraten von 25% innerhalb von vier Jahren für die Verwendung von freien Schleimhauttransplantaten (FST)¹⁰⁶ und 40% innerhalb eines Jahres für die Verwendung eines subepithelialen Bindegewebstransplantats (BGT)¹⁰⁷. Die Schrumpfung ist bei der Verwendung von freien Transplantaten deutlich größer als bei den in der Untersuchung von Tunkel et al.⁹⁵ und der aktuellen Studie verwendeten gestielten Lappen. Begründet ist dies durch bessere Einheilungsbedingungen. Freie Transplantate werden vollständig von der Spenderregion getrennt, mit allen Konsequenzen bezüglich Perfusion, Stoffwechsel und Stabilität. Die Ernährung kann bis zum Einsprossen von neuen Blutgefäßen nur durch Diffusion im Bereich der Empfängerregion erfolgen. Bei gestielten Lappen bleibt ein Teil des Blutflusses durch die belassene Gewebebrücke erhalten. Somit erfolgt zusätzlich zur Diffusion und trotz Einschränkungen durch die Inzision die Ernährung schon initial durch die Blutzufuhr über den Gewebestiel. Die damit verbundene geringere Schrumpfung [aktuell: 9,9%, Basegmez et al. 2012¹⁰⁸: 39,14% (FST), Basegmez et al. 2013¹⁰⁹: 32,52% (FST), Tunkel et al. 2013⁹⁵: 18% (ARFCT)] stellt neben dem Vorteil des geringeren operativen Aufwands verglichen mit der Transplantation von freier Schleimhaut oder Bindegewebe einen weiteren Vorteil der in der aktuellen Studie verwendeten Technik dar.

Lee et al. berichten von einer deutlich kleineren Schrumpfung. Sie verwendeten ein BGT zur Augmentation der KG nach Implantation an oberen Schneidezähnen. Zwei Jahre postoperativ wurde eine Verbreiterung der KG um 2,5 mm ± 0,6 mm verglichen mit dem Ausgangswert gemessen. Zum Zeitpunkt des Einsetzens der definitiven Restauration vier bis sechs Monate postoperativ wurde

ein Gewinn an KG um $2,6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ festgestellt. Zwischen diesen beiden Messungen fand eine Schrumpfung um $0,1 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$ ¹¹⁰ bzw. 2,7% statt. Der Gewinn an KG ist in der aktuellen Studie größer verglichen mit den Ergebnissen von Lee et al., die Schrumpfung deutlich kleiner (Lee et al.: 2,7% / Aktuell: 9,9%). Das liegt möglicherweise darin begründet, dass Lee et al. keine Messung direkt postoperativ durchführten. Die maximale Schrumpfung nach BGT Transplantation findet in den ersten drei Monaten postoperativ statt^{103,104}. Dieser Zeitraum entgeht den Messungen der Studie von Lee et al., demnach sind auch deren Schrumpfungswerte geringer.

Lorenzo et al. verglichen zwei verschiedene Techniken zur Verbreiterung der keratinisierten Gingiva. Sie verwendeten in der ersten Gruppe ein freies Bindegewebetransplantat (BGT), in der zweiten Gruppe eine xenogene Kollagenmatrix (CM). Beide Techniken führten zu vergleichbaren Ergebnissen, zwischen den beiden Gruppen wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt. Nach sechs Monaten ergab sich eine signifikante Erhöhung der KG von 2,33 mm (Gruppe BGT) und 2,3 mm (Gruppe CM). Für eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit der aktuellen Studie eignen sich die Werte 30 Tage bzw. 90 Tage postoperativ (Gruppe BGT: 30 Tage + 2,75 mm, 90 Tage + 2,25 mm / Gruppe CM: 30 Tage + 2,5 mm, 90 Tage + 2,1 mm)¹¹¹.

Auch Basegmez et al.¹⁰⁸ verglichen 2012 die Ergebnisse zur Augmentation von KG in zwei verschiedenen Gruppen. Es wurde zum einen ein freies Schleimhauttransplantat (FST)^{112,113} verwendet, in der zweiten Gruppe kam eine Vestibuloplastik¹¹⁴ zum Einsatz. Die Breite der KG erhöhte sich nach zwölf Monaten um $2,36 \text{ mm} \pm 0,49 \text{ mm}$ (FST) und $1,15 \text{ mm} \pm 0,81 \text{ mm}$ (Vestibuloplastik). Die Schrumpfung betrug $2 \text{ mm} \pm 0,59 \text{ mm}$ beim FST (39,14%) und $3,06 \text{ mm} \pm 0,88 \text{ mm}$ (62,58%) bei der Vestibuloplastik. Auch 30 Tage bzw. 90 Tage postoperativ wurde ein Zugewinn der Breite der KG registriert. (30 Tage: FST + 4,36 mm, Vestibuloplastik + 4,22 mm / 90 Tage: FST + 2,79 mm, Vestibuloplastik + 2,25 mm). In einer weiteren, ähnlich konzipierten Studie verglichen Basegmez et al.¹⁰⁹ ebenfalls ein FST mit einer azellulären Matrix (AlloDerm®, LifeCell Corporation, The Woodlands TX, USA). Es wurde nach sechs Monaten ein Zuwachs an KG von $1,58 \text{ mm} \pm 0,37 \text{ mm}$ (ADM) und $2,57 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ (FST) festgestellt. Die Schrumpfung betrug $2,68 \text{ mm} \pm 0,39 \text{ mm}$ (ADM, 52,04%) und 1,72

mm \pm 0,38 mm (FST, 32,52%). Nach 30 Tagen wurde eine Zunahme um 5,15 mm \pm 0,32 mm (ADM) und 5,32 mm \pm 0,39 mm FST) gemessen. Stimmelmayr et al. untersuchten den Zusammenhang der Knochen- und Weichgewebsaugmentation mittels FST und dem Zeitpunkt des Eingriffs. In der ersten Gruppe wurden die Implantate zeitgleich mit dem Knochenaufbau gesetzt, das FST wurde bei der Freilegung der Implantate transplantiert. In der zweiten Gruppe wurden die Implantate nach Einheilung des Knochenaufbaus gesetzt und zeitgleich zur Implantation die Weichgewebsaugmentation durchgeführt. Nach einem Jahr betrug die Breite der KG bukkal 3,7 mm in Gruppe 1 und 3,3 mm in Gruppe 2. Zwischen den beiden Gruppen konnten keine signifikanten Unterschiede für den Bereich der bukkalen KG festgestellt werden¹¹⁵. Da keine präoperativen Werte vorliegen, kann keine Aussage über den Zuwachs an KG getroffen werden.

Diskussion der Ergebnisse bezüglich der unterschiedlichen Gruppen

Die Mittelwerte in der Gruppe der Männer sind zu allen Messzeitpunkten größer als die Mittelwerte in der Gruppe der Frauen (präoperativ: ♂ 1,00 mm, ♀ 0,24 mm / postoperativ: ♂ 4,71 mm, ♀ 4,35 mm / einsetzen: ♂ 4,43 mm, ♀ 3,88 mm / Inzision: ♂ 4,36 mm, ♀ 4,35 mm). Präoperativ weisen die beiden Gruppen den größten Unterschied von 0,76 mm auf (*Tabelle 8, Abbildung 14*). Dieser Unterschied wird durch die Studie von Mazeland bestätigt. Demzufolge ist die durchschnittliche Breite der keratinisierten Gingiva - wie in der aktuellen Studie - bei Männern größer als bei Frauen¹³. Auf Grund des größeren Ausgangsniveaus der Breite bei Männern sind auch die zu späteren Messzeitpunkten gewonnenen Werte größer.

Der Mittelwert im Oberkiefer ist zum Zeitpunkt präoperativ kleiner als der Mittelwert im Unterkiefer (präoperativ: OK 0,54 mm \pm 1,02 mm / UK 0,71 mm \pm 0,49 mm, *Tabelle 9, Abbildung 12*). Im Gegensatz dazu ist in der Studie von Müller und Eger die durchschnittliche Breite der KG in der Maxilla größer als in der Mandibula. Allerdings wird dieses Verhältnis nur für den Vergleich innerhalb eines Menschen beschrieben¹⁴. Die Werte der beiden Gruppen liegen bei allen Messungen innerhalb eines Intervalls von 0,50 mm. Auch bei der Verteilung der maximalen Mittelwerte zwischen Oberkiefer und Unterkiefer ist kein einheitli-

ches Muster festzustellen [(präoperativ: OK 0,54 mm, UK 0,71 mm / postoperativ: OK 4,54 mm, UK 4,43 mm / einsetzen: OK 4,17 mm, UK 4,00 mm / Inzision: OK 4,46 mm, UK 4,00 mm) (*Tabelle 9 und Abbildung 12*)]. Das kleine Intervall, in dem alle Mittelwerte liegen und die uneinheitliche Verteilung der maximalen Mittelwerte zwischen den beiden Gruppen zeigen, dass bei dieser Freilegungstechnik die Lokalisation bezüglich Unter- oder Oberkiefer nur eine untergeordnete Rolle spielt. Der größere Wert bei der Inzision im Oberkiefer ist den anatomischen Limitationen im Unterkiefer geschuldet. Im Oberkiefer dehnt sich die keratinisierte Gingiva über das gesamte Palatum aus, im Unterkiefer wird sie lingual durch verschiebliche Mucosa ersetzt.

Beim Vergleich der Gruppen mit Implantation im Front- und Seitenzahnggebiet ist nur die Differenz der beiden Gruppen zum Zeitpunkt postoperativ größer als 0,5 mm (postoperativer Mittelwert Seite ist um 0,85 mm größer als der in der Front, *Tabelle 10, Abbildung 16*). Alle anderen Werte liegen weniger als 0,5 mm zusammen. Auch die Unterteilung zwischen Front- und Seite scheint keinen maßgeblichen Einfluss auf das Operationsergebnis zu haben.

Bei 21 von insgesamt 31 Implantaten (*Tabelle 11*) wurde eine Augmentation des Kieferkamms mit Knochenersatzmaterial, zum Teil zusätzlich mit einer Membran durchgeführt. Resorptionen des Alveolarkamms sind Folgeerscheinungen nach Zahnverlust, ein insuffizientes Knochenangebot gefährdet den Behandlungserfolg der Implantation¹¹⁶. Daraus erklärt sich der große Anteil von über zwei Dritteln aller Implantate dieser Studie, bei denen eine Augmentation durchgeführt wurde. Der Vergleich zwischen den beiden Gruppen mit bzw. ohne Knochenaufbau zeigt, dass die Breite der KG präoperativ in der Gruppe mit Knochenaufbau deutlich kleiner war, als in der Gruppe ohne Knochenaufbau (präoperativ: Knochenaufbau Ja 0,24 mm ± 0,77 mm / Knochenaufbau Nein 1,3 mm ± 0,82 mm, *Tabelle 11, Abbildung 17*). Das Ziel einer Augmentation ist die Erhöhung des Knochenangebots. Um den Anforderungen der Implantologie nachzukommen, muss eine adäquate Hart- und Weichgewebesituation hergestellt werden¹¹⁶. Ein ästhetisches und funktionales Ergebnis der prothetischen Versorgung verlangt zum Teil die Positionierung der Implantate in Regionen mit insuffizientem Angebot. Die Augmentation wird bei einer defizitären Situation des Kieferkamms in vertikaler und / oder horizontaler Richtung durchgeführt. Da

möglicherweise ein Zusammenhang besteht zwischen der Breite der attached Gingiva und der vertikalen Ausdehnung des Processus alveolaris¹³, könnte dies ein Grund für die geringere Breite der KG präoperativ in der Gruppe mit Knochenaufbau sein. Die kleine Differenz der Mittelwerte der beiden Gruppen beim Einsetzen der definitiven Restauration von 0,25 mm (einsetzen: Knochenaufbau Ja 4,05 mm \pm 1,02 mm / Knochenaufbau Nein 4,30 mm \pm 0,68 mm, *Tabelle 11*, *Abbildung 17*) zeigt, dass sich die Freilegungstechnik für Implantationen mit durchgeführtem Knochenaufbau eignet. Auch für diese Situation ist eine deutliche Verbesserung der Weichgewebesituation zu erwarten. Im Mittel wurde hier eine Verbreiterung der KG um 3,81 mm erreicht (*Tabelle 11*). In der Heilungsphase der Knochenaugmentation finden Resorptionsprozesse statt¹¹⁷, die Dimensionen des Kieferkamms verkleinern sich in vertikaler und horizontaler Richtung. Aus diesem Grund wurde im Vorfeld der Untersuchung auch von einer größeren Schrumpfung der KG in der Gruppe mit Knochenaufbau zwischen den Messungen 1 und 3 ausgegangen. Die durchschnittliche Schrumpfung während der Einheilungsphase war in der Gruppe mit Knochenaufbau entgegen den Erwartungen kleiner als in der Vergleichsgruppe (Schrumpfung: Knochenaufbau Ja 0,60 mm \pm 0,70 mm / Knochenaufbau Nein 0,28 mm \pm 0,70 mm, *Tabelle 11*). Möglicherweise ist dies der geringen Fallzahl geschuldet.

Die Mittelwerte der vier Messzeitpunkte unterscheiden sich in den beiden Gruppen mit Freilegung \leq bzw. $>$ 18 Wochen nach Implantation nur gering. Mit einer Ausnahme (postoperativ: \leq 18 Wochen 4,24 mm \pm 1,30 mm / $>$ 18 Wochen 4,86 mm \pm 0,77 mm) liegen die Werte beider Gruppen innerhalb eines Intervalls $<$ 0,5 mm (*Tabelle 12* und *Abbildung 18*). Die präoperativ nahezu identischen Werte (präoperativ: \leq 18 Wochen 0,59 mm \pm 0,71 mm / $>$ 18 Wochen 0,57 mm \pm 1,16 mm, *Tabelle 12*) schließen eine Berücksichtigung der Situation präoperativ bei der Behandlungsplanung aus, ein geringes Angebot an KG präoperativ hatte keinen Einfluss auf die Dauer der Einheilungsphase.

Die Messung 3 wurde zwischen 29 und 90 Tagen postoperativ durchgeführt. Beim Vergleich der Gruppen mit unterschiedlich langer Dauer zwischen den Messungen 1 und 3 ($>$ 44 Tage und \leq 44 Tage) ist vor allem die Differenz der Werte postoperativ minus einsetzen interessant. Sie gibt das Ausmaß der Schrumpfung der nach apikal vestibulär verlagerten keratinisierten Gingiva an.

Da die größte Schrumpfung in den ersten drei Monaten auftritt⁹⁵, wäre in der Gruppe mit längerer Zeitdauer zwischen den Messungen eine größere Schrumpfung zu erwarten. Entgegengesetzt den Erwartungen ist die Schrumpfung für die Gruppe mit Abstand > 44 Tage kleiner als für die Gruppe mit Abstand ≤ 44 Tage (Schrumpfung: > 44 Tage 0,14 mm ± 0,66 mm / ≤ 44 Tage 0,59 mm ± 0,72 mm, *Tabelle 13*). Die Differenz der Schrumpfungswerte der beiden Gruppen ist kleiner als 0,5 mm, daher sollte diesem Ergebnis keine zu große Beachtung zukommen. Wahrscheinlich steht hier die interindividuelle Situation der Wundheilung der einzelnen Patienten im Vordergrund.

In der Medizin hat das Alter der Patienten in vielen Fällen Einfluss auf das Behandlungsergebnis. Generell ist die Wundheilung abhängig vom Lebensalter⁷⁶, was durch zahlreiche Tierversuche belegt wird. Beispielsweise konnte eine beeinträchtigte Epithelneubildung, Angiogenese und ein veränderter Aufbau der Basalmembran nachgewiesen werden. Auch Wachstumsfaktoren (PDGF, EGF, TGF-β) treten verspätet auf. Ein älterer Mensch hat im Vergleich zum Jüngeren eine verzögerte Wundheilung¹¹⁸⁻¹²². Dieser Hintergrund lässt annehmen, dass die Schrumpfung bei älteren Patienten größer als bei jungen Patienten ist. Die Ergebnisse dieser Studie können diese Aussage nicht bestätigen. Die mittlere Schrumpfung der Gruppe > 71 Jahre ist kleiner als die der Gruppe ≤ 71 Jahre (Schrumpfung: Alter > 71 Jahre 0,06 mm ± 0,64 mm / Alter ≤ 71 Jahre 0,69 mm ± 0,73 mm, *Tabelle 14, Abbildung 17*). Die Werte postoperativ und zum Zeitpunkt des Einsetzens liegen in einem Intervall < 0,5 mm, die Etablierung einer adäquater Breite an KG gelingt demnach altersunabhängig (einsetzen: Alter > 71 Jahre 4,27 mm ± 0,70 mm / Alter ≤ 71 Jahre 4,00 mm ± 1,10 mm, *Tabelle 14, Abbildung 17*). Bei der Breite der KG präoperativ steht die individuelle anatomische Situation im Vordergrund. Zahlreiche Messungen kommen zu dem Ergebnis, dass große intra- und interindividuelle Unterschiede bestehen^{5,6,8-12}. Der Vergleich des Angebots an KG in den zwei Altersgruppen präoperativ ist demnach nicht aussagekräftig, da zusätzlich lokale, vom Alter unabhängige Faktoren einwirken, zum Beispiel die Zeitdauer zwischen Zahnverlust und Implantation und damit einhergehende Resorptionen.

5 Zusammenfassung

Die Implantologie in der Zahnheilkunde ist auf ein suffizientes Angebot an Knochen und Weichgewebe angewiesen, um ein ästhetisch und funktional optimales Ergebnis zu erzielen. Die Langzeitstabilität von Implantaten kann nur gewährleistet werden, wenn periimplantär gesunde Mucosa vorhanden ist. Dabei steht eine ausreichende Breite der keratinisierten oder attached Gingiva von > 2 mm im Fokus. In der Literatur wird der Einfluss der keratinisierten Gingiva auf die Stabilität von dentalen Implantaten kontrovers diskutiert. Auf Grund von Plaque Akkumulation, Schmerzen bei der Mundhygiene, erhöhter gingivaler Inflammation, Rezessionen und Knochenverlust kann der Mangel an keratinisierter Gingiva einen Risikofaktor für Patienten mit dentalen Implantaten darstellen. Bestimmte Patientengruppen, beispielsweise mit Implantaten in chronisch entzündeten Regionen oder an Stellen mit voranschreitendem Attachmentverlust können von einer adäquaten periimplantären Breite an attached Gingiva profitieren⁴⁸. Die Entscheidung ob eine Augmentation durchgeführt wird hängt von der individuellen Situation des Patienten ab. Der apikal repositionierte Verschiebelappen ist eine mögliche Technik zur Verbreiterung der keratinisierten Gingiva. Dabei wird keratinisierte Gingiva aus dem Bereich des Kieferkamms mittels eines Spaltlappens mobilisiert und nach apikal vestibulär verlagert.

Das Ziel der Studie war eine fundierte Aussage über die Effektivität der verwendeten Technik zur Verbreiterung der keratinisierten Gingiva treffen zu können. Die gewonnenen Daten sollen zeigen, welcher Zuwachs an Breite und welche postoperative Schrumpfung zu erwarten ist. Des Weiteren sollte die Abhängigkeit des Behandlungsergebnisses von den Faktoren der Position des Implantats, dem Geschlecht der Patienten, dem Alter der Patienten, der Einheilungszeit des Implantats, der Dauer der Heilung bis zur definitiven prothetischen Versorgung und einem begleitenden Knochenaufbau untersucht werden.

Dazu wurde die Breite der keratinisierten Gingiva an den drei Messzeitpunkten präoperativ, postoperativ und zum Zeitpunkt des Einsetzens der definitiven Restauration gemessen. Um zu evaluieren, wieviele Millimeter keratinisierte

Gingiva mit Hilfe des Lappens mobilisiert werden konnten, wurde diese Breite bei der Inzision gemessen. Alle Messungen wurden von einem Untersucher durchgeführt. Die Ergebnisse der Tests wurden statistisch erfasst und ausgewertet. Das Probandengut belief sich auf $n = 13$ Patienten (8 weiblich, 5 männlich) im Alter zwischen 51 und 77 Jahren (Durchschnittsalter: $66,9 \pm 7,8$ Jahre) und insgesamt 31 Implantaten. Bei allen Patienten wurde vom gleichen Operateur eine Verbreiterung der keratinisierten Gingiva mittels eines apikal repositionierten Verschieblappens durchgeführt.

Die Breite der keratinisierten Gingiva hat sich zwischen den Messungen präoperativ und postoperativ signifikant um den Schätzwert 3,94 mm erhöht ($p < 0,0001$). Bis zum Zeitpunkt des Einsetzens konnte eine signifikante Verbreiterung der keratinisierten um den Schätzwert 3,55 mm festgestellt werden ($p < 0,0001$). In der Einheilungsphase zwischen den Zeitpunkten postoperativ und einsetzen trat eine signifikante Schrumpfung ($p = 0,0421$) um den Schätzwert von 0,39 mm (9,9%) ein (*Tabelle 1*). Bei der Analyse des Zusammenhangs der verschiedenen Kategorien Geschlecht, Alter, Front- oder Seitenzahnggebiet, Oberkiefer oder Unterkiefer, Zeit bis zur Freilegung, Dauer der Heilung und Knochenaufbau konnten keine nennenswerten Einflüsse auf das Behandlungsergebnis festgestellt werden. Zum Zeitpunkt des Einsetzens, dem wichtigsten Messwert in Bezug auf die Operationsindikation, waren die Mittelwerte in den unterschiedlichen Gruppen der einzelnen Kategorien mit einer Ausnahme alle in einem Intervall $< 0,5$ mm. Die Differenz der beiden Gruppen Männer und Frauen lag bei 0,65 mm, erklärt wird dies durch die generell größere Breite der keratinisierten Gingiva bei Männern¹³ (*Tabelle 8 – 14*).

Mit der Technik des apikal repositionierten Verschiebelappens kann eine zuverlässige Verbreiterung der keratinisierten Gingiva erreicht werden. Verglichen mit der Verbreiterung durch Transplantation von freien Schleimhauttransplantaten oder subepithelialen Bindegewebestransplantaten liegt der Vorteil der hier verwendeten Technik im geringeren operativen Aufwand und der ausbleibenden Manipulation am Palatum. Der Zugewinn an keratinisierter Gingiva liegt verglichen mit anderen Studien im oberen Bereich^{86,96,97}. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass der apikal repositionierte Verschiebelappen berechtigten Eingang in die Mukogingivalchirurgie gefunden hat.

6 Literaturverzeichnis

1. Orban B, Sicher H. The oral mucosa. *Journal of dental education*. Feb 1946;10:163.
2. Bödecker C. Subvisions of the oral mucosa. *Journal of dental education*. 1946;9:130-140.
3. Orban B. Clinical and histologic study of the surface characteristics of the gingiva. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*. Sep 1948;1(9):827-841.
4. Orban B. Histology and physiology of the gingiva. *Journal of the American Dental Association*. Jun 1952;44(6):624-628.
5. Eger T, Müller H, Heinicke A. Ultrasonic determination of gingival thickness. Subject variation and influence of tooth type and clinical features. *J Clin Periodontol*. 1996;23:839-845.
6. Ainamo J, Loe H. Anatomical characteristics of gingiva. A clinical and microscopic study of the free and attached gingiva. *Journal of periodontology*. Jan-Feb 1966;37(1):5-13.
7. Grevers A. *Width of Attached Gingiva and Vestibular Depth in Relation to Gingival Health*: Universiteit van Amsterdam; 1977.
8. Bowers G. A study of the width of attached gingiva. *J. Periodontol*. 1993;34:201-209.
9. Lang NP, Loe H. The relationship between the width of keratinized gingiva and gingival health. *Journal of periodontology*. Oct 1972;43(10):623-627.
10. Rose ST, App GR. A clinical study of the development of the attached gingiva along the facial aspects of the maxillary and mandibular anterior teeth in the deciduous, transitional and permanent dentitions. *Journal of periodontology*. Mar 1973;44(3):131-139.
11. Vincent JW, Machen JB, Levin MP. Assessment of attached gingiva using the tension test and clinical measurements. *Journal of periodontology*. Jul 1976;47(7):412-414.

12. Voigt JP, Goran ML, Flesher RM. The width of lingual mandibular attached gingiva. *Journal of periodontology*. Feb 1978;49(2):77-80.
13. Mazeland GR. The mucogingival complex in relation to alveolar process height and lower anterior face height. *Journal of periodontal research*. Jul 1980;15(4):345-352.
14. Muller HP, Eger T. Masticatory mucosa and periodontal phenotype: a review. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*. Apr 2002;22(2):172-183.
15. Rateitschak K, Rateitschak E, Wolf H. Farbatlantent der Zahnmedizin / Parodontologie. Vol 3: Rateitschak, K
Wolf, H; 2004.
16. Fickl S. Anatomy of the Periodontium. *Dental online college*.
17. Arnim SS, Hagerman DA. The connective tissue fibers of the marginal gingiva. *Journal of the American Dental Association*. Sep 1953;47(3):271-281.
18. Feneis H. [Anatomy and physiology of the normal gingiva]. *Deutsche zahnärztliche Zeitschrift*. Apr 15 1952;7(8):467-476.
19. Goldman HM. The topography and role of the gingival fibers. *Journal of dental research*. Jun 1951;30(3):331-336.
20. Page RC, Ammons WF, Schectman LR, Dillingham LA. Collagen fibre bundles of the normal marginal gingiva in the marmoset. *Archives of oral biology*. Nov 1974;19(11):1039-1043.
21. Listgarten MA. Electron microscopic study of the junction between surgically denuded root surfaces and regenerated periodontal tissues. *Journal of periodontal research*. 1972;7(1):68-90.
22. 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. *Clinical oral implants research*. Sep 1996;7(3):212-219.
23. Akagawa Y, Takata T, Matsumoto T, Nikai H, Tsuru H. Correlation between clinical and histological evaluations of the peri-implant gingiva around the single-crystal sapphire endosseous implant. *Journal of oral rehabilitation*. Nov 1989;16(6):581-587.

24. Listgarten MA, Lang NP, Schroeder HE, Schroeder A. Periodontal tissues and their counterparts around endosseous implants [corrected and republished with original paging, article originally printed in *Clin Oral Implants Res* 1991 Jan-Mar;2(1):1-19]. *Clinical oral implants research*. Jul-Sep 1991;2(3):1-19.
25. Mackenzie IC, Tonetti MS. Formation of normal gingival epithelial phenotypes around osseointegrated oral implants in humans. *Journal of periodontology*. Nov 1995;66(11):933-943.
26. Schroeder A, van der Zypen E, Stich H, Sutter F. The reactions of bone, connective tissue, and epithelium to endosteal implants with titanium-sprayed surfaces. *Journal of maxillofacial surgery*. Feb 1981;9(1):15-25.
27. Gould TR, Westbury L, Brunette DM. Ultrastructural study of the attachment of human gingiva to titanium in vivo. *The Journal of prosthetic dentistry*. Sep 1984;52(3):418-420.
28. Lindhe J, Wennstrom J, Berglundh T. The Mucosa at Teeth and Implants. In: Lindhe J, Lang NP, Karring T, eds. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*. Vol 5. Oxford: Blackwell Publishing Ltd; 2008
29. Berglundh T, Lindhe J, Ericsson I, Marinello CP, Liljenberg B, Thomsen P. The soft tissue barrier at implants and teeth. *Clinical oral implants research*. Apr-Jun 1991;2(2):81-90.
30. Buser D, Weber HP, Donath K, Fiorellini JP, Paquette DW, Williams RC. Soft tissue reactions to non-submerged unloaded titanium implants in beagle dogs. *Journal of periodontology*. Mar 1992;63(3):225-235.
31. Moon IS, Berglundh T, Abrahamsson I, Linder E, Lindhe J. The barrier between the keratinized mucosa and the dental implant. An experimental study in the dog. *Journal of clinical periodontology*. Oct 1999;26(10):658-663.
32. Berglundh T, Lindhe J, Jonsson K, Ericsson I. The topography of the vascular systems in the periodontal and peri-implant tissues in the dog. *Journal of clinical periodontology*. Mar 1994;21(3):189-193.
33. Abrahamsson I, Berglundh T, Moon IS, Lindhe J. Peri-implant tissues at submerged and non-submerged titanium implants. *Journal of clinical periodontology*. Sep 1999;26(9):600-607.

34. Schroeder HA. The Periodontium. In: Oksche A, Vollrath L, eds. *Handbook of Microscopic Anatomy*. Vol 5. Berlin, Heidelberg, Tokyo, New York: Springer Verlag; 1986.
35. Gottlieb A. Der Epithelansatz am Zahne *Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde*. 1921;39:142-147.
36. Orban B, Köhler J. Die physiologische Zahnfleischtasche, Epithelansatz und Epitheltiefenwucherung. *Zeitschrift für Stomatologie*. 1924;22(353).
37. Sicher H. Changing concepts of the supporting dental structures. *Oral surgery, oral medicine, and oral pathology*. Jan 1959;12(1):31-35.
38. Gargiulo AW, Wentz FM, Orban B. Dimensions and relations of the dentogingival junction in humans. *Journal of periodontology*. 1961;32:261-267.
39. Berglundh T, Lindhe J, Sterrett JD. Clinical and structural characteristics of periodontal tissues in young and old dogs. *Journal of clinical periodontology*. Sep 1991;18(8):616-623.
40. Abrahamsson I, Zitzmann NU, Berglundh T, Linder E, Wennerberg A, Lindhe J. The mucosal attachment to titanium implants with different surface characteristics: an experimental study in dogs. *Journal of clinical periodontology*. May 2002;29(5):448-455.
41. Berglundh T, Lindhe J. Dimension of the periimplant mucosa. Biological width revisited. *Journal of clinical periodontology*. Oct 1996;23(10):971-973.
42. Bouri A, Jr., Bissada N, Al-Zahrani MS, Faddoul F, Nouneh I. Width of keratinized gingiva and the health status of the supporting tissues around dental implants. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. Mar-Apr 2008;23(2):323-326.
43. Maynard JG, Jr., Ochsenbein C. Mucogingival problems, prevalence and therapy in children. *Journal of periodontology*. Sep 1975;46(9):543-552.
44. Nabers JM. Extension of the vestibular fornix utilizing a gingival graft-- case history. *Periodontics*. Mar-Apr 1966;4(2):77-79.
45. Sullivan HC, Atkins JH. Free autogenous gingival grafts. 3. Utilization of grafts in the treatment of gingival recession. *Periodontics*. Aug 1968;6(4):152-160.

46. Chang M, Odman PA, Wennstrom JL, Andersson B. Esthetic outcome of implant-supported single-tooth replacements assessed by the patient and by prosthodontists. *The International journal of prosthodontics*. Jul-Aug 1999;12(4):335-341.
47. Chung DM, Oh TJ, Shotwell JL, Misch CE, Wang HL. Significance of keratinized mucosa in maintenance of dental implants with different surfaces. *Journal of periodontology*. Aug 2006;77(8):1410-1420.
48. Greenstein G, Cavallaro J. The clinical significance of keratinized gingiva around dental implants. *Compendium of continuing education in dentistry*. Oct 2011;32(8):24-31; quiz 32, 34.
49. Branemark PI, Svensson B, van Steenberghe D. Ten-year survival rates of fixed prostheses on four or six implants ad modum Branemark in full edentulism. *Clinical oral implants research*. Dec 1995;6(4):227-231.
50. Buser D, Mericske-Stern R, Bernard JP, et al. Long-term evaluation of non-submerged ITI implants. Part 1: 8-year life table analysis of a prospective multi-center study with 2359 implants. *Clinical oral implants research*. Jun 1997;8(3):161-172.
51. Jemt T, Chai J, Harnett J, et al. A 5-year prospective multicenter follow-up report on overdentures supported by osseointegrated implants. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. May-Jun 1996;11(3):291-298.
52. Lindquist LW, Carlsson GE, Jemt T. A prospective 15-year follow-up study of mandibular fixed prostheses supported by osseointegrated implants. Clinical results and marginal bone loss. *Clinical oral implants research*. Dec 1996;7(4):329-336.
53. Mericske-Stern R. Clinical evaluation of overdenture restorations supported by osseointegrated titanium implants: a retrospective study. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. Winter 1990;5(4):375-383.
54. Kirsch A, Ackermann KL. The IMZ osteointegrated implant system. *Dental clinics of North America*. Oct 1989;33(4):733-791.
55. Block MS, Gardiner D, Kent JN, Misiek DJ, Finger IM, Guerra L. Hydroxyapatite-coated cylindrical implants in the posterior mandible: 10-

- year observations. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. Sep-Oct 1996;11(5):626-633.
56. Wennstrom JL, Bengazi F, Lekholm U. The influence of the masticatory mucosa on the peri-implant soft tissue condition. *Clinical oral implants research*. Mar 1994;5(1):1-8.
 57. Kim BS, Kim YK, Yun PY, et al. Evaluation of peri-implant tissue response according to the presence of keratinized mucosa. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. Mar 2009;107(3):e24-28.
 58. Bragger U, Burgin WB, Hammerle CH, Lang NP. Associations between clinical parameters assessed around implants and teeth. *Clinical oral implants research*. Oct 1997;8(5):412-421.
 59. Zigdon H, Machtei EE. The dimensions of keratinized mucosa around implants affect clinical and immunological parameters. *Clinical oral implants research*. Apr 2008;19(4):387-392.
 60. Schrott AR, Jimenez M, Hwang JW, Fiorellini J, Weber HP. Five-year evaluation of the influence of keratinized mucosa on peri-implant soft-tissue health and stability around implants supporting full-arch mandibular fixed prostheses. *Clinical oral implants research*. Oct 2009;20(10):1170-1177.
 61. Bengazi F, Wennstrom JL, Lekholm U. Recession of the soft tissue margin at oral implants. A 2-year longitudinal prospective study. *Clinical oral implants research*. Dec 1996;7(4):303-310.
 62. Yeung SC. Biological basis for soft tissue management in implant dentistry. *Australian dental journal*. Jun 2008;53 Suppl 1:S39-42.
 63. Roos-Jansaker AM, Renvert H, Lindahl C, Renvert S. Nine- to fourteen-year follow-up of implant treatment. Part III: factors associated with peri-implant lesions. *Journal of clinical periodontology*. Apr 2006;33(4):296-301.
 64. Krygier G, Glick PL, Versman KJ, Dahlin CJ, Cochran DL. To minimize complications, is it essential that implant abutments be surrounded by keratinized tissue? *The International journal of oral & maxillofacial implants*. Jan-Feb 1997;12(1):127.

65. Esposito M, Grusovin MG, Maghaireh H, Coulthard P, Worthington HV. Interventions for replacing missing teeth: management of soft tissues for dental implants. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2007(3):CD006697.
66. Friedman N. Mucogingival surgery. *Texas Dent J*. 1957;75:358-362.
67. Gordon HP, Sullivan HC, Atkins JH. Free autogenous gingival grafts. II. Supplemental findings--histology of the graft site. *Periodontics*. Jun 1968;6(3):130-133.
68. Plagmann HC, Lange DE, Bernimoulin JP, Howe H. [Experimental studies on the epithelial regeneration in heterotopic connective tissue transplantations]. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*. May 1974;29(5):497-503.
69. Karring T, Ostergaard E, Loe H. Conservation of tissue specificity after heterotopic transplantation of gingiva and alveolar mucosa. *Journal of periodontal research*. 1971;6(4):282-293.
70. Karring T, Lang NP, Loe H. The role of gingival connective tissue in determining epithelial differentiation. *Journal of periodontal research*. Feb 1975;10(1):1-11.
71. Edel A. Clinical evaluation of free connective tissue grafts used to increase the width of keratinised gingiva. *Journal of clinical periodontology*. 1974;1(4):185-196.
72. Hurzeler MB, Weng D. A single-incision technique to harvest subepithelial connective tissue grafts from the palate. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*. Jun 1999;19(3):279-287.
73. Jahnke PV, Sandifer JB, Gher ME, Gray JL, Richardson AC. Thick free gingival and connective tissue autografts for root coverage. *Journal of periodontology*. Apr 1993;64(4):315-322.
74. Del Pizzo M, Modica F, Bethaz N, Priotto P, Romagnoli R. The connective tissue graft: a comparative clinical evaluation of wound healing at the palatal donor site. A preliminary study. *Journal of clinical periodontology*. Sep 2002;29(9):848-854.

75. Farnoush A. Techniques for the protection and coverage of the donor sites in free soft tissue grafts. *Journal of periodontology*. Aug 1978;49(8):403-405.
76. Schubert J. Zahn-Mund-Kiefer Heilkunde. Band 1: Allgemeine Chirurgie. Vol 3. Stuttgart: Georg Thieme Verlag Stuttgart New York; 2000.
77. Berglundh T, Abrahamsson I, Welander M, Lang NP, Lindhe J. Morphogenesis of the peri-implant mucosa: an experimental study in dogs. *Clinical oral implants research*. Feb 2007;18(1):1-8.
78. Branemark PI, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindstrom J, Ohlsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. *Scandinavian journal of plastic and reconstructive surgery*. 1969;3(2):81-100.
79. 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 orthopaedica Scandinavica*. 1981;52(2):155-170.
80. Schroeder A, Pohler O, Sutter F. [Tissue reaction to an implant of a titanium hollow cylinder with a titanium surface spray layer]. *Schweizerische Monatsschrift fur Zahnheilkunde = Revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie / SSO*. Jul 1976;86(7):713-727.
81. Abrahamsson I, Berglundh T, Linder E, Lang NP, Lindhe J. Early bone formation adjacent to rough and turned endosseous implant surfaces. An experimental study in the dog. *Clinical oral implants research*. Aug 2004;15(4):381-392.
82. Berglundh T, Abrahamsson I, Lang NP, Lindhe J. De novo alveolar bone formation adjacent to endosseous implants. *Clinical oral implants research*. Jun 2003;14(3):251-262.
83. Lindhe J, Berglundh T, Lang NP. Osseointegration. In: Lindhe J, Lang NP, Karring T, eds. *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*. Vol 5. Oxford: Blackwell Publishing Ltd; 2008.
84. De Rouck T, Eghbali R, Colllys K, De Bruyn H, Cosyn J. The gingival biotype revisited: transparency of the periodontal probe through the

- gingival margin as a method to discriminate thin from thick gingiva. *Journal of clinical periodontology*. May 2009;36(5):428-433.
85. Soileau KM, Brannon RB. A histologic evaluation of various stages of palatal healing following subepithelial connective tissue grafting procedures: a comparison of eight cases. *Journal of periodontology*. Jul 2006;77(7):1267-1273.
 86. Poskevicius L, Sidlauskas A, Galindo-Moreno P, Juodzbaly G. Dimensional soft tissue changes following soft tissue grafting in conjunction with implant placement or around present dental implants: a systematic review. *Clinical oral implants research*. May 5 2015.
 87. Fang Y, Svoboda KK. Nicotine inhibits human gingival fibroblast migration via modulation of Rac signalling pathways. *Journal of clinical periodontology*. Dec 2005;32(12):1200-1207.
 88. Ma L, Zwahlen RA, Zheng LW, Sham MH. Influence of nicotine on the biological activity of rabbit osteoblasts. *Clinical oral implants research*. Mar 2011;22(3):338-342.
 89. Kang SW, Park HJ, Ban JY, Chung JH, Chun GS, Cho JO. Effects of nicotine on apoptosis in human gingival fibroblasts. *Archives of oral biology*. Oct 2011;56(10):1091-1097.
 90. Souza SL, Macedo GO, Tunes RS, et al. Subepithelial connective tissue graft for root coverage in smokers and non-smokers: a clinical and histologic controlled study in humans. *Journal of periodontology*. Jun 2008;79(6):1014-1021.
 91. Erley KJ, Swiec GD, Herold R, Bisch FC, Peacock ME. Gingival recession treatment with connective tissue grafts in smokers and non-smokers. *Journal of periodontology*. Jul 2006;77(7):1148-1155.
 92. Nemcovsky CE, Moses O. Rotated palatal flap. A surgical approach to increase keratinized tissue width in maxillary implant uncovering: technique and clinical evaluation. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*. Dec 2002;22(6):607-612.
 93. Nemcovsky CE, Artzi Z. Split palatal flap. II. A surgical approach for maxillary implant uncovering in cases with reduced keratinized tissue:

- technique and clinical results. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*. Aug 1999;19(4):385-393.
94. Vence M. Die vestibuläre Verschiebung des palatinalen Lappens in der Implantologie. *Die Quintessenz*. 1992;43:1569-1577.
 95. Tunkel J, de Stavola L, Khoury F. Changes in soft tissue dimensions following three different techniques of stage-two surgery: a case series report. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*. Jul-Aug 2013;33(4):411-418.
 96. 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. *Journal of clinical periodontology*. Apr 2014;41 Suppl 15:S77-91.
 97. Esposito M, Maghaireh H, Grusovin MG, Ziounas I, Worthington HV. Soft tissue management for dental implants: what are the most effective techniques? A Cochrane systematic review. *European journal of oral implantology*. Autumn 2012;5(3):221-238.
 98. Israelson H, Plemons JM. Dental implants, regenerative techniques, and periodontal plastic surgery to restore maxillary anterior esthetics. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. 1993;8(5):555-561.
 99. Abrams L. Augmentation of the deformed residual edentulous ridge for fixed prosthesis. *The Compendium on continuing education in general dentistry*. May-Jun 1980;1(3):205-213.
 100. Scharf DR, Tarnow DP. Modified roll technique for localized alveolar ridge augmentation. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*. 1992;12(5):415-425.
 101. Khoury F, Happe A. Weichgewebsmanagement in der oralen Implantologie - eine Übersicht über klinisch relevante Operationstechniken zur Schaffung einer ästhetisch-funktionellen periimplantären Weichgewebssituation I. *Quintessence*. 1998;49:861-868.
 102. Khoury F, Happe A. Weichgewebsmanagement in der oralen Implantologie - eine Übersicht über klinisch relevante Operationstechniken zur Schaffung einer ästhetisch-funktionellen

- periimplantären Weichgewebssituation II. *Quintessence*. 1998;49:969-977
103. Agudio G, Nieri M, Rotundo R, Cortellini P, Pini Prato G. Free gingival grafts to increase keratinized tissue: a retrospective long-term evaluation (10 to 25 years) of outcomes. *Journal of periodontology*. Apr 2008;79(4):587-594.
 104. Horning GM, Mullen MP. Peri-implant free gingival grafts: rationale and technique. *Compendium*. Oct 1990;11(10):604, 606-610.
 105. Sezer B, Selcuk E, Erturk S, Gomel M. Comparison of autogenous mucosal grafts and collagen-based, solvent-preserved allografts for vestibuloplasty. *Quintessence international*. Mar 2004;35(3):234-239.
 106. Rateitschak KH, Egli U, Fringeli G. Recession: a 4-year longitudinal study after free gingival grafts. *Journal of clinical periodontology*. Jun 1979;6(3):158-164.
 107. Orsini M, Orsini G, Benlloch D, Aranda JJ, Lazaro P, Sanz M. Esthetic and dimensional evaluation of free connective tissue grafts in prosthetically treated patients: a 1-year clinical study. *Journal of periodontology*. Mar 2004;75(3):470-477.
 108. Basegmez C, Ersanli S, Demirel K, Bolukbasi N, Yalcin S. The comparison of two techniques to increase the amount of peri-implant attached mucosa: free gingival grafts versus vestibuloplasty. One-year results from a randomised controlled trial. *European journal of oral implantology*. Summer 2012;5(2):139-145.
 109. Basegmez C, Karabuda ZC, Demirel K, Yalcin S. The comparison of acellular dermal matrix allografts with free gingival grafts in the augmentation of peri-implant attached mucosa: a randomised controlled trial. *European journal of oral implantology*. Summer 2013;6(2):145-152.
 110. Lee YM, Kim DY, Kim JY, et al. Peri-implant soft tissue level secondary to a connective tissue graft in conjunction with immediate implant placement: a 2-year follow-up report of 11 consecutive cases. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*. Apr 2012;32(2):213-222.

111. Lorenzo R, Garcia V, Orsini M, Martin C, Sanz M. Clinical efficacy of a xenogeneic collagen matrix in augmenting keratinized mucosa around implants: a randomized controlled prospective clinical trial. *Clinical oral implants research*. Mar 2012;23(3):316-324.
112. Bjorn H. Free transplantation of gingiva propria. *Sveriges Tandlak T*. 1963.
113. Sullivan HC, Atkins JH. Free autogenous gingival grafts. I. Principles of successful grafting. *Periodontics*. Jun 1968;6(3):121-129.
114. Edlan A, Mejchar B. Plastic surgery of the vestibulum in periodontal Therapy. *Int Dent J*. 1963:593-597.
115. Stimmelmayer M, Stangl M, Edelhoff D, Beuer F. Clinical prospective study of a modified technique to extend the keratinized gingiva around implants in combination with ridge augmentation: one-year results. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. Sep-Oct 2011;26(5):1094-1101.
116. McAllister BS, Haghghat K. Bone augmentation techniques. *Journal of periodontology*. Mar 2007;78(3):377-396.
117. Jensen SS, Brogini N, Hjorting-Hansen E, Schenk R, Buser D. Bone healing and graft resorption of autograft, anorganic bovine bone and beta-tricalcium phosphate. A histologic and histomorphometric study in the mandibles of minipigs. *Clinical oral implants research*. Jun 2006;17(3):237-243.
118. Swift ME, Kleinman HK, DiPietro LA. Impaired wound repair and delayed angiogenesis in aged mice. *Laboratory investigation; a journal of technical methods and pathology*. Dec 1999;79(12):1479-1487.
119. Ashcroft GS, Horan MA, Ferguson MW. Aging is associated with reduced deposition of specific extracellular matrix components, an upregulation of angiogenesis, and an altered inflammatory response in a murine incisional wound healing model. *The Journal of investigative dermatology*. Apr 1997;108(4):430-437.
120. Yamaura H, Matsuzawa T. Decrease in capillary growth during aging. *Experimental gerontology*. 1980;15(2):145-150.

- 121.** Holt DR, Kirk SJ, Regan MC, Hurson M, Lindblad WJ, Barbul A. Effect of age on wound healing in healthy human beings. *Surgery*. Aug 1992;112(2):293-297; discussion 297-298.
- 122.** Ashcroft GS, Horan MA, Ferguson MW. The effects of ageing on wound healing: immunolocalisation of growth factors and their receptors in a murine incisional model. *Journal of anatomy*. Apr 1997;190 (Pt 3):351-365.

Danksagung

Zu aller erst möchte ich mich sehr herzlich bei meinem **Doktorvater Priv. - Doz. Dr. med. dent. Stefan Fickl** bedanken. Sein Engagement und seine Unterstützung waren während der gesamten Zeit in allen Bereichen außergewöhnlich.

Bedanken möchte ich mich auch bei **der Abteilung Parodontologie der Poliklinik für Zahn- Mund- und Kieferkrankheiten der Universität Würzburg und allen Mitarbeitern** für die immer freundliche Zusammenarbeit und deren Hilfsbereitschaft.

Vielen Dank an das **Institut für klinische Epidemiologie und Biometrie der Universität Würzburg**, im speziellen an **Frau Viktoria Rücker** für die kompetente Unterstützung bei der statistischen Auswertung meiner Dissertation. Während der Erstellung dieser Arbeit wurde ich jederzeit hervorragend betreut, meine Fragen wurden immer hilfreich und zügig beantwortet. Auf Grund der Komplexität der Daten, respektive des Studiendesigns war eine selbstständige Erstellung der schließenden Statistik nicht möglich. Das hierzu erforderliche Niveau übersteigt bei weitem den Rahmen einer medizinischen Dissertation, deswegen gilt ein besonderer Dank an **Frau Viktoria Rücker** für die Berechnung des linearen gemischten Modells in meiner Dissertation.

Ganz besonderer Dank gilt **meinen Geschwistern**, deren Familien und vor allem **meinen Eltern**, die mich mit ihrer Kompetenz und ihrem Einsatz bei der Entstehung dieser Arbeit und während meines Studiums unterstützt haben.