

Master Thesis

Alveolarkammerhaltung (socket preservation) bei Extraktionsalveolen durch Biomaterialien Bio-Oss-Collagen® und Bio-Gide®, eine klinische, prospektive, multizentrische Studie

Dr. med. Rainer Littinski



Steinbeis-Hochschule Berlin

in Zusammenarbeit mit



Deutsche Gesellschaft für Implantologie e. V.

**"Master of Science in Oral Implantology (M.Sc.)"
Jahrgang 2005/2007**

**Alveolarkammerhaltung (socket preservation) bei Extraktionsalveolen durch
Biomaterialien Bio-Oss-Collagen® und Bio-Gide®, eine klinische,
prospektive, multizentrische Studie**

Verfasser:

Dr. med. Rainer Littinski

**Zeitraum der Projektarbeit:
01.05.2006 bis 30.07.2007**

Betreuer 1:

Dr. Markus Schlee

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|--|---|
| 1 | Einleitung und Fragestellung | 3 |
| 1.1 | Einleitung | 3 |
| 1.1.1 | Ridgepreservation und Sofortimplantation | 3 |
| 1.1.2 | Socketpreservation | 3 |
| 1.2 | Fragestellung | 3 |
| 1.2.1 | Zustand Hartgewebe | 3 |
| 1.2.2 | Zustand Weichgewebe | 3 |
| 1.2.3 | Zustand des Kieferkamms | 3 |
| 1.2.4 | Breitenverlust | 3 |
| 1.2.5 | Höhenverlust | 3 |
| 2 | Material und Methoden | 3 |
| 2.1 | Studiendesign | 3 |
| 2.2 | Patientenauswahl | 3 |
| 2.3 | Versuchsdurchführung | 3 |
| 2.3.1 | Schienenherstellung | 3 |
| 2.3.2 | Chirurgische Behandlung 1, Extraktion | 3 |
| 2.3.3 | Messwertübertragung 1 | 3 |
| 2.3.4 | Chirurgische Behandlung 2, Implantation | 3 |
| 2.3.5 | Messwertübertragung 2 | 3 |
| 2.3.6 | Erfassen des Flächeninhaltes des Mappings in den Sägeschnitten | 3 |
| 2.3.7 | Erfassung des horizontalen Kammverlustes | 3 |
| 2.3.8 | Erfassung des vertikalen Kammverlustes | 3 |
| 2.3.9 | Statistische Methoden | 3 |
| 3 | Ergebnisse | 3 |
| 3.1 | Ergebnisse der Vertikalschnitte | 3 |
| 3.1.1 | Messergebnisse und deren Darstellung in den Kieferkammschnitten | 3 |
| 3.1.2 | Messergebnisse und deren Darstellung in den Knochenschnitten | 3 |
| 3.1.3 | Vergleich des Gewebeverlustes am Kieferkamm, am Knochen und an der Gingiva | 3 |
| 3.2 | Messergebnisse der vertikalen Veränderungen | 3 |
| 3.3 | Messergebnisse der horizontalen Veränderungen | 3 |
| 3.4 | Zusammenstellung aller Daten | 3 |
| 4 | Diskussion | 3 |
| 4.1 | Auswertung der Ergebnisse aus den Vertikalschnitten | 3 |
| 4.1.1 | Auswertung der Kieferkammschnitte | 3 |
| 4.1.2 | Auswertung der Knochenschnitte | 3 |
| 4.1.3 | Auswertung der Gingivaverluste | 3 |
| 4.2 | Auswertung der Messergebnisse der vertikalen Veränderungen | 3 |
| 4.3 | Auswertung der Messergebnisse der horizontalen Veränderungen | 3 |
| 4.4 | Zusammenfassung der Messergebnisse | 3 |
| 5 | Schlussfolgerung | 3 |
| 5.1 | Der Zustand des Hartgewebes | 3 |
| 5.2 | Der Zustand des Weichgewebes | 3 |
| 5.3 | Der Zustand des Kieferkamms | 3 |
| 5.4 | Der Horizontalverlust des Kieferkammes | 3 |
| 5.5 | Der Vertikalverlust des Kieferkammes | 3 |
| 6 | Zusammenfassung / Summary | 3 |
| 7 | Tabellarisches Messwertverzeichnis | 3 |
| 8 | Eigenständigkeitserklärung | 3 |
| 9 | Danksagung | 3 |
| 10 | Lebenslauf | 3 |
| 11 | Abbildungsverzeichnis | 3 |
| 12 | Tabellenverzeichnis | 3 |
| 13 | Literaturverzeichnis | 3 |

1 Einleitung und Fragestellung

1.1 Einleitung

Der Stellenwert des Knochens in der Zahnheilkunde hat in den letzten Jahrzehnten zunehmend an Bedeutung gewonnen. Die Gründe dafür sind vielfältig und basieren ausnahmslos auf der rasanten Entwicklung der Zahnmedizin in diesem Zeitraum. Besonderen Anteil daran haben die Implantologie und der eminent gestiegene Anspruch an die Ästhetik in diesem medizinischen Fachgebiet. Die Komplexität des Knochens in seiner Bedeutung als wichtiges Organ im menschlichen Körper wird mehr und mehr verstanden, bietet jedoch noch in vielerlei Hinsicht ein weites Betätigungsfeld für zukünftige Forschungen.

Die äußerst enge Beziehung der Funktion zum Zustand des Knochens ist schon sehr lange bekannt. Diese Wechselwirkung beschrieb *J. Wolff* in seinem heute noch aktuellen und viel zitierten Werk aus dem Jahr 1892 „Das Gesetz der Transformation des Knochens“ unter anderem mit folgenden Worten: „Es werden viel mehr die Knochenformen, wie dies mit gleich großer Sicherheit auf mathematischem, anatomischem und klinischem Wege bewiesen werden konnte, einzig und allein bestimmt durch die statische Inanspruchnahme..., der er gewachsen sein muss, oder – was dasselbe bedeutet – durch seine Function“ [72]. Auch das Goethesche Wort „es ist nichts in der Haut, was nicht im Knochen ist“ [72] hat in der heutigen Zeit bewiesene Bedeutung. Die Erkenntnis und der Grundsatz in der modernen Zahnheilkunde „Weichgewebe folgt Hartgewebe“ heißt nichts anderes.

Es ist eine klinische Binsenweisheit, dass der Extraktion eines Zahnes immer ein mehr oder weniger großer Kammverlust folgt. Dieses Phänomen wird auch von zahlreichen Autoren, die sich mit diesem Problem auseinandergesetzt haben, in vielen Publikationen beschrieben ([59], [58], [52], [18], [2], [39], [37], [3], [21]). Nach dem Wolffschen Gesetz ist dies auch logisch. Dieses Knochenareal ist eines Teils seiner Funktion beraubt. Es muss nicht mehr den Zahn tragen und den auf diesen normalerweise auftreffenden Kaukräften widerstehen und weiterleiten. Die Funktion beschränkt sich nunmehr allein auf den Zusammenhalt der knöchernen Strukturen und die Aufnahme der damit verbundenen Teilkräfte. Der Knochen und mit ihm das Weichgewebe folgt der verminderten Funktion. Dabei ist diese Tatsache ebenso bekannt wie störend. Der Knochen- und Weichgewebeverlust steht einer optimalen Ästhetik entgegen und kann geplante Implantationen erschweren oder verhindern ([33], [7], [29]).

Die moderne Zahnheilkunde postuliert in ihrer zweiten Hauptaufgabe die Etablierung und Erhaltung der sekundären oralen Gesundheit. Entstandene Schäden gilt es danach frühzeitig zu beheben und die Funktionsfähigkeit des Kauapparates zu erhalten oder wieder herzustellen. Die beste Kammprophylaxe wäre auch danach der Zahnerhalt, der jedoch mit Blick auf den Gesamtbefund, Frakturen, Zahnhartsubstanzverlust, parodontale Schädigungen etc. nicht immer zu gewährleisten ist.

Auch bei einer noch so schonend vorgenommenen Extraktion entsteht im Gingivabereich eine offene Rissquetschwunde mit exponierten und dem Mundmilieu ausgesetzten Knochenanteilen. Die Heilung derselben unterteilt Yeo [73] in vier Kaskaden:

1. Bildung eines Blutkoagulums:

Diese folgt sofort nach der Extraktion in den ersten 24 Stunden und stellt die Initialphase dar. Das fibrinreiche Koagulum verschließt die durchtrennten Blutgefäße und stoppt so die Blutung.

2. Wundreinigung:

Sie hält für zwei bis drei Tage an. Zytokine und Wachstumsfaktoren innerhalb des Koagels locken neutrophile und andere weiße Blutkörperchen an die Stelle der Wunde, wo Bakterien und Fremdkörper abtransportiert werden sollen. So wird die Wunde gereinigt. Fibroblasten und Epithelialzellen beginnen in das Koagulum einzuwandern.

3. Granulation und Gewebeformation:

Phase 3 beginnt um den vierten Tag der Wundheilung. Eingewanderte Makrophagen liefern reichlich Wachstumsfaktoren und Zytokine. Diese Signalstoffe spielen eine entscheidende Rolle bei der Anlockung und nachfolgender Einwanderung mesenchymaler und Fibroblastenzellen. Durch deren Proliferation und Etablierung in die vorhandene Matrix entsteht das Granulationsgewebe, reich an Blutgefäßen und Kollagenfasern, welches schließlich das Blutkoagulum ersetzt. Bei fortschreitender Wundheilung wird durch die kontinuierlich einwandernden Fibroblasten die provisorische Matrix durch eine kollagenreiche Matrix ersetzt. Gleichzeitig proliferiert das epitheliale Deckgewebe.

4. Gewebereifung und Remodelling:

Diese prägen die Endphase der Wundheilung. Die Reorganisation des Granulationsgewebes beginnt mit der Bildung von Gewebeknochen, der dann von lamellären Knochen ersetzt wird. Dies geschieht von apikal nach koronal in einem dichten Netz von Kollagenfasern. In den letzten drei Wochen der Wundheilung dominieren Mineralisation und die kontinuierliche Organisation der Knochen trabekel. Am Ende von 6 Wochen ist die Epithelisation der Alveolenwunde abgeschlossen.

Nach der Heilung beginnt ein lebenslanger irreversibler katabolischer Remodellierungsprozess, der mit dem Begriff „Residual ridge resorption“ (RRR) [36] beschrieben wird. Dabei sind Resorptionen von bis zu 60 Volumenprozent möglich [10]. Unter anderem sollen dafür systemische, entzündliche und funktionelle Einflüsse verantwortlich sein [11]. Zusätzlich wird dem Alveolarknochen ein im Verhältnis zu anderen Körperknochen erhöhter Zellturnover zugeschrieben [12].

Die stärkste Resorption findet in den ersten sechs Monaten nach der Extraktion statt. Wilding und Adams [1] beobachteten in ihren Untersuchungen nach zwei Monaten eine Kammvolumenreduktion von 10 % und nach einem Jahr von 18 %. Das Resorptionsmuster innerhalb des Unterkiefers und des Oberkiefers ist dabei in Beziehung zu ihrem Größenverhältnis sagittal und transversal ungünstig. Da die Kiefer in apikaler Richtung breiter werden, scheint der Unterkiefer zentrifugal (von lingual nach vestibulär) und der Oberkiefer zentripetal (vestibulär nach lingual) zu resorbieren.

Den Kieferkamm nach einer notwendigen Extraktion zu erhalten, ist somit ein in vielerlei Richtung lohnendes Ziel.

Diesem Gedanken folgend beschäftigte sich sehr bald eine immer größer werdende Anzahl von Autoren mit der Augmentation von Alveolen und der Beschreibung der jeweiligen Methode in wissenschaftlichen Veröffentlichungen, deren repräsentative Auswahl nachfolgend beschrieben wird.

Schon 1982 füllte Olson [50] zum Zweck des Kammerhalts Alveolen mit Polymilchsäuren. Mannai [44] verwendete 1986 Kollagenschwämme. Diese Methoden stabilisierten zwar das Koagulum, reduzierten Nachblutungen und damit Postextraktionsbeschwerden, konnten die Knochenreduktion jedoch nicht verhindern.

In der heutigen Zeit werden für die Kammbewahrung nach Extraktion ernsthaft und praxisnah nur noch zwei klinische Möglichkeiten in Erwägung gezogen. Einmal ist das die Sofortimplantation und zum anderen die Ridge- oder Socketpreservation.

1.1.1 Ridgepreservation und Sofortimplantation

Klinisch bietet die Sofortimplantation einige Vorteile. Die Anzahl der Eingriffe wird minimiert, die Behandlungszeit verkürzt ([51], [46]) und die Ästhetik verbessert [24]. Weiterhin soll die Möglichkeit für die ideale Positionierung des Implantates verbessert sein ([69], [60]). Ein gewichtiges Argument für die Sofortimplantation ist das des Knochenerhaltes nach dieser Methode ([24], [64], [68], [25], [75]). Klinische Argumente gegen die Sofortimplantation sind mögliche Infektionen ([32], [55], [54]) und mangelhafte Weichgewebedeckung ([70], [71], [61]).

Der theoretische Grundgedanke der Kieferkammbewahrung durch Sofortimplantation liegt zumindest aus statischer Sicht auf der Hand. Dem verbliebenen Alveolarknochen wird durch die frühe Anwesenheit des Implantates und dessen sofortige oder verzögerte Belastung Funktion zugewiesen. Nach der bekannten Wechselwirkung zwischen dem Zustand des Knochens und dessen Funktion sollte zumindest mehr Knochen erhalten bleiben als bei der nicht versorgten Alveole. Eine Reihe von wissenschaftlichen Untersuchungen widmet sich diesem Thema. Aufgrund unterschiedlicher Zielrichtungen sind diese Arbeiten nur sehr schwer oder gar nicht vergleichbar.

So beschrieben Cornellini et al. [23] in einer humanen Studie anhand von zwanzig Probanden die Unterstützung der Sofortimplantation mit Bio-Gide und Bio-Oss. Eine Patientengruppe erhielt zum Sofortimplantat nur eine Membran, die andere Gruppe Bio-Gide und Bio-Oss. Die Autoren fanden radiographisch in der Knochenhöhe zwischen den Gruppen keinen signifikanten Unterschied, klinisch jedoch in der augmentierten und gedeckten Gruppe eine günstigere Weichgewebesituation.

Lorenzoni et al. [42] untersuchten den Therapieerfolg von zwölf unverzüglich belasteten Sofortimplantaten in der Inzisalregion des OK. Nach zwölf Monaten war kein Implantat verloren gegangen. Die durchschnittliche koronale Knochenresorption von 0,45 mm und 0,75 mm war sogar geringer als jene, die bei Spätimplantation ermittelt wurden.

Glauser et al. [30] ermittelten den Therapieerfolg von 102 Sofortimplantaten bei Einzelzahnversorgungen und Prothesenrekonstruktionen. Nach zwölf Monaten lag die Erfolgsquote bei 97,1 %, die durchschnittliche vertikale Knochenresorption bei 1,2 mm.

Nemcovsky et al. [46] verglichen die Marginaldefekte einer Gruppe (n=31) von verzögerten Sofortimplantationen nach Socketpreservation und eine weitere (n=23) mit Sofortimplantationen. Nach sechs bis acht Monaten wurden zwischen diesen beiden Hauptgruppen keine signifikanten Unterschiede gefunden.

Botticelli et al. [16] beschrieben die Hartgewebeveränderungen nach Sofortimplantation. Nach vier Monaten der Heilung war die bukkale Knochenwand um 56 % resorbiert, die linguale um 30 %. Die vertikale Resorption der Knochenkanten lag lingual bei 0,2 mm, bukkal bei 0,6 mm. Der größte Teil der Resorption der den Gap begrenzenden Knochenwände findet danach von der Kieferkammaußenseite statt, die Rekonstruktion derselben von der Innenseite des Defektes. In einer weiteren Studie wies diese Gruppe im Tierversuch nach, dass die Platzierung einer Barrieremembran keinen Einfluss auf die Knochenneubildung am Sofortimplantat hat [15]. In einem jüngsten Beitrag schilderte Botticelli die Abhängigkeit des Erfolges der Sofortimplantation von verschiedenen Kriterien, wie z.B. der Anwesenheit von benachbarten Parodontien. Bei deren Fehlen wurde ein Resorptionsgrad beschrieben, der den Erfolg von Implantationen in frische Extraktionsalveolen ernsthaft gefährden kann. Im übrigen zeigte die spät implantierte Gruppe einen deutlich besseren Implantat-Knochenkontakt als die der Sofortimplantation [17].

Araujo, M.G. [3] untersuchte in verschiedenen Gruppen von 2005 bis 2006 Knochenveränderungen an Extraktionsalveolen und die Beeinflussung dieses Phänomens durch Sofortimplantation in Tierexperimenten an Beaglehunden. Die stärkste Resorption findet danach in den ersten acht Wochen nach der Extraktion in zwei sich überlappenden Phasen statt. In Phase 1 wird der Bündelknochen resorbiert und durch Geflechtknochen ersetzt. Daraus folgt eine deutliche Resorption v.a. der bukkalen Lamelle. Die weitere Reduktion des Knochenwalls geschieht von seiner Außenfläche in Phase 2 [3].

In einer weiteren Studie wurden an Beaglehunden Praemolaren haemiseziert und jeweils eine Alveole nach Extraktion der Spontanheilung überlassen, eine Wurzel endodontisch versorgt belassen und in eine Alveole implantiert [4]. Nach drei Monaten zeigten die Implantatstellen bukkal einen Knochenabbau von 2,6 mm und lingual von 0,2 mm. Der Mittelwert der Resorption an der spontan geheilten Alveole lag bukkal und lingual bei 2,2 mm, während der Verlust an der belassenen Wurzel bukkal 0,5 mm und lingual 0,2 mm betrug. Daraus folgt der Schluss, dass die Sofortimplantation nicht in der Lage ist, das Remodelling und damit den Knochenabbau aufzuhalten, sondern letzterer dem Abbau der unversorgten Alveole entspricht.

Weiterhin galt die Aufmerksamkeit den Gewebeeränderungen, die der Sofortimplantation in Zeitintervallen folgen [5]. Nach vier Wochen ist der Raum zwischen Implantatoberfläche und Knochen mit Geflechtknochen ausgefüllt. Während des Heilungsprozesses reduziert sich die bukkale Knochenkante. Nach drei Monaten lag sie 2 mm weiter apikal. Der initial erreichte Implantat-Knochenkontakt geht damit durch die Resorption v.a. der bukkalen Knochenwand teilweise wieder verloren.

Diese Tendenz bestätigt eine Arbeit vom Dezember 2006 [6] nach einer ähnlich angelegten Versuchsanordnung. Es wurden nach ein und zwei Monaten deutliche Hartgewebeeränderungen nach Extraktion und Implantatsofortversorgung konstatiert. Zwar wird der marginale Gap zwischen Implantatschulter und umgebenden Knochen geschlossen, jedoch geschieht das unter einer deutlichen Schwächung sowohl der grazileren bukkalen, als auch der kräftigeren lingualen Knochenwand. Das Resümee aus dieser jüngsten Veröffentlichung und den weiteren nach Material und Methode ähnlichen Arbeiten ([4], [5], [6]) ziehen Araujo et al. eindeutig mit der Aussage, dass Sofortimplantation dem der Extraktion folgenden Knochenabbau nicht entgegen wirken kann.

Tab. 1 vermittelt einen Einblick in vergleichbare Arbeiten einiger Autoren. Größtenteils wurden keine Kontrollgruppen präsentiert. Überwiegend wird die Methode der Sofortimplantation aus der Sicht des Knochenerhaltes positiv bewertet.

| Lfd. Nr. | Autor | Jahr | human/animal | Kontrollgruppe | | | Verlust nach Sofortimpl. | | | Extraktion | Artifizielle Alv. | Augmen tation | Mem bran | primärg eschl. | Anzahl(n) | | |
|----------|--------------------|------|--------------|----------------|-----------|------|--------------------------|-----------|-----------|------------|-------------------|---------------|----------|----------------|------------|---------|----------------|
| | | | | Zeit/Mon | Höhe ling | vest | Zeit/Mon | Höhe ling | vest | | | | | | | Breite | Urteil pos/neg |
| 1 | Araujo, MG [3] | 2005 | a | 3 | 0,2 | 0,5 | X | 3 | 0,2 | 2,6 | X | neg | ja | X | nein | nein | 20 |
| 2 | Botticelli, D [17] | 2005 | a | 2-4 | X | X | X | 2-4 | > | > | > | neg | ja | X | nein | nein | 24 |
| 3 | Yukna, RA [78] | 1991 | h | X | X | X | X | 16 | 0,9 | 0,9 | X | pos | ja | X | nein | nein | 14 |
| 4 | Cornelini, R [25] | 2005 | h | X | X | X | X | 12 | 0,5 | 0,5 | X | pos | ja | X | nein | nein | 22 |
| 5 | Glauser, R [31] | 2003 | h | X | X | X | X | 12 | 1,2 | | X | pos | ja | X | nein | nein | 102 |
| 6 | Kan, JY [41] | 2000 | h | X | X | X | X | 12 | X | 1 | X | pos | ja | X | nein | nein | 35 |
| 7 | Lorenzoni, M [45] | 2003 | h | X | X | X | X | 12 | 0,45-0,75 | | X | pos | ja | X | nein | nein | 12 |
| 8 | Botticelli, D [16] | 2004 | h | X | X | X | X | 4 | 0,2 | 0,6 | 0,43 | pos | ja | X | nein | nein | 52 |
| 9 | Watzek, G [71] | 1995 | h | X | X | X | X | 27 | 1,3-2,6 | | X | pos | ja | X | nein | nein | 134 |
| 10 | Grunder [34] | 1999 | h | X | X | X | X | 12 | 0,5-0,8 | | X | pos | ja | X | nein | nein | 264 |
| 11 | Araujo, MG [6] | 2006 | a | X | X | X | X | 3 | X | 2 | X | neg | ja | X | nein | ja/nein | 28 |

Tab. 1 Sofortimplantation

(X = keine Aussage)

1.1.2 Socketpreservation

Bei der Socketpreservation wird die Alveole nach der Extraktion auf verschiedene Weise entweder nur abgedeckt oder zusätzlich mit Knochenersatzmaterial gefüllt.

Diese Methode der gesteuerten Knochenregeneration (GBR) ist aus der gesteuerten Geweberegeneration (GTR) hervorgegangen. Letztere fand und findet Anwendung bei der Therapie von Weich- und Hartgewebedefekten um natürliche Zähne. Inauguriert wurde diese Methode 1979 von Nyman und Karring [49]. Innerhalb dieser Studie wurden bei zwei Hunden an Praemolaren unter einem Vollappen fünf bis sieben Millimeter der bukkalen knöchernen Alveolenwand entfernt. Nach Wundverschluss und einer Heilungszeit von acht Monaten wurde die Operationsstelle mikroskopisch untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass sowohl die bukkale Knochenwand als auch neues Wurzelzement regenerierte und zwischen marginalem Knochenkamm und dem Epithel eine Reattachment stattfand.

Das Prinzip der GBR beruht auf der Applikation einer zellichten Barrieremembran zwischen Weich- und Hartgewebe, um den Knochen vor der Invasion konkurrierender Gewebe zu schützen und das Blutkoagulum zu sichern. 1994 untermauerten Schenk und Buser [56] diese Methode wissenschaftlich. Sie untersuchten in ihrer Studie das Muster der Knochenregeneration unter Membran gedeckten, vorher chirurgisch hergestellten Knochendefekten bei Hunden. Es wurde eindeutig bewiesen, dass die innerhalb dieser Studie artifiziell kreierte großen Knochendefekte nach einer Heilungszeit von zwei und vier Monaten unter einer Membran signifikant besser ausheilten als bei den nicht gedeckten Kontrollstellen. Dabei wurden drei Stadien der Knochenheilung Membran geschützter Defekte beschrieben:

1. Dieses erste Stadium entspricht der direkten Ossifikation und führt zur Bildung von Primärpongiosa.
2. In der zweiten Phase wird das Gerüst durch Lamellenknochen verstärkt und gleichzeitig eine Kortikalisschicht und die Sekundärpongiosa gebildet.
3. Das dritte Stadium ist durch das Remodelling von Spongiosa und Kortikalis gekennzeichnet.

Als wichtiges Ergebnis wird herausgestellt, dass die Knochenneubildung unter einer Membran dem Muster des normalen Knochenwachstums sehr nahe kommt. Die Vorteile der Anwesenheit von Augmentationsmaterial in der Extraktionsalveole sind dabei vielschichtig [73]. Zum einen schafft es eine stabile Umgebung, in der Heilung stattfinden kann. Vor allem aber bildet es ein Gerüst oder eine Matrix für einwandernde osseokonduktive Zellen.

Die resorbierbare Membran über dem Graftmaterial ist als Verband anzusehen [62], welcher die Alveole gegen die Einflüsse der Mundhöhle isoliert und das Weichgewebe um die Extraktionsstelle vor Kollapsneigung schützt. Das Funktionieren dieser Methode erscheint als ideale Voraussetzung für die Anwendung der GBR zur Therapie der leeren Extraktionsalveole und damit für die Bewahrung des Kieferkammes in seiner Höhe und Breite.

Es ist nur folgerichtig, dass in der letzten Zeit eine gehäufte Anzahl von Biomaterialien für diese Methode entwickelt wurde und sich viele Autoren mit diesem Thema wissenschaftlich auseinandersetzten (Tab. 2).

So untersuchten Schropp et al. [59] in einer klinisch-röntgenologischen Studie die Veränderung des Weich- und Hartgewebes nach Einzelzahnextraktion. Die größten Gewebeeränderungen finden danach in den ersten zwölf Monaten der Heilung statt, zwei Drittel davon in den ersten zwei Monaten. Der Alveolarkamm verliert dabei in der Breite 50%. Diese Reduktion ist bei Praemolaren geringer als bei Molaren. Auf die Gewebe der Nachbarzähne hat die Alveolenheilung keinen signifikanten Einfluss. Die Weichgewebeshöhe verändert sich nur gering, unter einem Millimeter. Nichtsdestotrotz wird die Abnahme des Kieferkammes konstatiert und die Möglichkeit von Kamm erhaltenden Maßnahmen positiv in Betracht gezogen.

Diese positive Beeinflussung finden Isabella et al. [34] bei ihren Untersuchungen an vierundzwanzig Patienten. In der Kontrollgruppe wurde nur extrahiert und in der Testgruppe zusätzlich noch mit FDBA augmentiert und mit einer Kollagenmembran abgedeckt. Die Messungen erfolgten gleich nach den Extraktionen (Erstsitzung) und nach sechs Monaten (Zweitsitzung) mit Hilfe einer Schiene. Bei der Zweitsitzung wurden innerhalb der Spätimplantation gleichzeitig Bohrkerne entnommen. Die Teststellen zeigten dabei eine verbesserte Knochenqualität. Beide Gruppen verloren Knochen in der Breite, die augmentierte Gruppe jedoch 1,7 mm weniger. In der Vertikalen gewannen die Teststellen sogar durchschnittlich 1,3 mm, während die Kontrollstellen 0,9 mm verloren. Ein starkes Votum für die Vorteile durch Socketpreservation.

Yilmaz, S. et al. [74] eruierten die Effizienz von Bioglas-Kegeln in artifiziellen Alveolen beim Bonesplitting (BS) und in frischen Extraktionsalveolen (FES). Eine Gruppe mit Extraktionsalveolen blieb als Kontrollgruppe unbehandelt. Die Auswertung fand mit Hilfe von Studienmodellen statt, die präoperativ, direkt postoperativ, drei Monate postoperativ und zwölf Monate danach angefertigt wurden. Die Messungen nach zwölf Monaten ergaben bei der FES-Gruppe keine signifikanten Veränderungen zur Ausgangslage. In der Kontrollgruppe gingen nach zwölf Monaten in der Höhe 1,35 mm verloren, während in der Breite keine signifikanten Veränderungen zu erkennen waren. Die Augmentationen beim Bonesplitting (BS) ergaben nach zwölf Monaten eine Breitenzunahme von 2,4 mm und einen Höhengewinn von 1,4 mm. Das Fazit der Autoren für die Methode der Socketpreservation fällt außerordentlich positiv aus.

Zu völlig anderen Ergebnissen kam die Gruppe um Becker, W. [13]. Sie untersuchte die Heilung von Extraktionsalveolen unter dem Einfluss von DFDBA, bovinem Material, autologem Knochen und hBMP (human bone morphogenetic protein) mit und ohne Sofortimplantation über durchschnittlich 4,6 Monate. Bohrkerne wurden histomorphometrisch ausgewertet. Sie fanden in der bovinen Gruppe Bindegewebe zwischen Implantat und Knochen. Auch das angrenzende Gewebe zeigte bovine Partikel, eingeschlossen von Bindegewebe. Unter der Verwendung von hBMP wurde vitaler Knochen und Lamellenknochen gefunden. Xenogenes bovines Material und DFDBA waren jedoch nicht in der Lage mit vitalem Knochen zum Implantat-Knochenkontakt beizutragen und verbesserten nicht die knöcherne Wiederherstellung der Alveole.

Wenig Vorteile bei ihren Untersuchungen zur Methode der Ridgeaugmentation finden auch Zubillaga, G. et al. [77]. Sie augmentierten elf frische Alveolen mit DFDBA und deckten sie mit resorbierbaren Membranen ab, von denen sie fünf mit Pins stabilisierten. Das Reentry nach vier Monaten zeigte einen beinahe totalen Kammverlust in Höhe und Breite bis 3 mm unterhalb des augmentierten Kamms.

Carmagnola et al. [22] verglichen den Einfluss auf die Bewahrung des Knochens durch die Behandlung der Alveole mit einer Bio-Gide-Membran (a) oder nur Bio-Oss (b). In einer dritten Gruppe wurde die Alveole der Spontanheilung überlassen (c). In der Gruppe der Membranabdeckung (a) fand man Lamellenknochen und Knochenmark und nur wenig Geflechtknochen. Die Biopsie der Bio-Oss-Gruppe (b) bestand aus Bindegewebe und kleinen Mengen von neu gebildeten Knochen um die Bio-Oss-Partikel. In der Gruppe der Spontanheilung (c) zeigte sich mineralisierter Knochen und Knochenmark.

Fugazzotto, P.A. et al. [27] augmentierten u. a. 59 Extraktionsalveolen mit Bio-Oss unter Bedeckung mit einer nicht resorbierbaren oder resorbierbaren Membran. Sie fordern, die Membranen zu fixieren, da die Mikrobewegung der Membran einen ungünstigen Einfluss auf die Koagulumboberfläche habe, was die Quantität des neu gebildeten Knochens vermindern würde. Dem Graftmaterial Bio-Oss werden viele nützliche Eigenschaften zugeordnet, wie Erhalt des Blutkoagulums mit dem Erfolg der Penetration und Sättigung durch Blutzellen und dem Effekt einer zeitgerechten und angemessenen Resorption. Die „Trabekulastruktur“ von Bio-Oss wird als ideal empfunden, da auf dessen Oberflächen aktive Zellen ihre resorptiven Aktivitäten entfalten können. Dies trifft aber nur bei leichtem Stopfen zu. Wird es zu fest gestopft, ist die Trabekulastruktur zerstört, es entsteht ein Klumpen, der nur von außen resorbiert werden kann mit der Folge einer Zeitverzögerung. Die vollständige oder nahezu vollständige Resorption von Bio-Oss nach zwölf bis dreizehn Monaten wird bestätigt.

Nemcovsky, R. et al. [46] augmentierten dreiundzwanzig frische Alveolen mit Hydroxylapatit ohne Membran jedoch mit Primärverschluss. Alveolarkammschrumpfung wurde nur in den ersten sechs Monaten wahrgenommen. Die durchschnittliche vertikale Abnahme betrug 1,4 mm.

Camargo, P.M. et al. [19], untersuchten zweiunddreißig Extraktionsalveolen. Die Teststellen wurden mit Bioglas augmentiert und mit Kalziumsulfat abgedeckt. Die Kontrollalveolen blieben völlig unbehandelt. Das Reentry nach sechs Monaten zeigte an den Teststellen eine deutliche stärkere interne Knochenfüllung (6,43 mm) als an den Kontrollstellen (4,0 mm). Dementsprechend war der Höhenverlust an den augmentierten Stellen mit 0,38 mm geringer als an den unbehandelten Alveolen mit 1 mm. Der Verlust der Breite lag in diesem Verhältnis ähnlich mit 3,48 mm zu 3,06 mm. Das Fazit für diese Methode fällt damit positiv aus.

Lekocic, V. et al. [39] behandelten bei zehn Patienten eine von zwei benachbarten Extraktionsalveolen mit einer ePTFE-Membran (Polytetrafluoroethylen) und primärem Weichgewebeverschluss, während die andere zum Vergleich unversorgt blieb. Die Teststellen zeigten signifikant weniger Höhen- und Breitenabbau als die Kontrollstellen. Ein weiterer Beweis für den Vorteil der Membranversorgung lag in der Tatsache, dass der Vorteil an drei Operationsstellen, an denen sich die Membran exponiert hatte, aufgehoben war und der Abbau mit den Kontrollstellen identisch war.

In einer weiteren Studie verwendeten Lekovic, V. et al. [40] resorbierbare Membranen. Sie untersuchten 16 Patienten, denen jeweils zwei Zähne gezogen werden mussten. In jedem Fall blieb eine Alveole unversorgt. Die andere erhielt eine Abdeckung mit einer resorbierbaren Membran und Primärverschluss. Nach sechs Monaten zeigten die Teststellen signifikant weniger Knochenabbau. Horizontal war das Verhältnis 1,31 mm zu 4,56 mm und vertikal 0,38 mm zu 1,5 mm.

In einer klinisch-histologischen Studie mit 36 Patienten untersuchten Serino, G. et al. [63] den Einfluss von Polylactid-Polyglycolyd-Schwämmen auf die Knochenregeneration in frischen Extraktionsalveolen. Die Reaktionszeit betrug sechs Monate. Gemessen wurde mit einer Acrylschiene. Eine Kontrollgruppe blieb unbehandelt. Die Testseite zeigte in allen Messungen Vorteile, in der mittleren Messlinie sogar eine Zunahme der Knochenhöhe von 1,3 mm gegenüber einer Abnahme von 0,8 mm in der Kontrollgruppe.

Artzi, Z. et al. [8] augmentierten fünfzehn Extraktionsalveolen bei fünfzehn Patienten mit PBBM (porous bovine bone mineral) mit primärem Weichteilverschluss. Nach neun Monaten waren die Alveolen zu 82,3 % knöchern gefüllt, wenn auch PBBM-Partikel noch zu 30 % nachzuweisen sind, was klinisch als nicht nachteilig angesehen wird.

Diese zuletzt genannte Tatsache griffen auch Zitzmann, N. et al. [76] auf. In sechs Fällen wurde ein stark atrophierter Kieferkamm mit Bio-Oss augmentiert und mit Bio-Gide abgedeckt. Nach sechs bis sieben Monaten entnahm man Gewebeproben dieser Bereiche und wertete sie histologisch aus. Es wurde deutlich, dass das xenogene Material sehr gut im neu gebildeten Knochen innig eingebettet war, was auf die Osseokonduktivität des Materials hinweist, was auch Berglundh und Lindhe [14] und Artzi [8] in ihren Untersuchungen bestätigten. Bei Zitzmann befanden sich 37 % der Partikeloberflächen in Kontakt mit mineralisiertem Knochen, die restlichen Prozent mit Knochenmark und Bindegewebe. Wichtig und interessant ist auch die Feststellung, dass die natürliche Knochenresorption sowohl den regenerierten Knochen als auch in gleichem Maße das xenogene Transplantatmaterial betrifft. Dies ist der histologische Beweis für die Ähnlichkeit der osteogenen Eigenschaften von Bio-Oss und natürlichem Knochen.

Zu vergleichbaren Ergebnissen kommen auch Vasilic, N. et al. [67], indem sie bei Ridgepreservation die Anwendung von bovinem Material unter GTR oder bei Abdeckung mit autologem Fibrinsystem verglichen. Das Resultat zeigte, dass PBBM für die Kammerhaltung geeignet ist, und dass die zusätzliche Anwendung von GTR der autologen Fibrinmembranabdeckung überlegen ist.

Der besonderen Herausforderung der Augmentation von Alveolen mit prominenten Wurzeln stellten sich Nevins, M. et al. [48]. Sechsendreißig obere Frontzähne wurden extrahiert, deren Alveolen mit Bio-Oss aufgefüllt und primär verschlossen. Nach drei Monaten zeigten die augmentierten Alveolen ein um 3 mm geringeres Kammvolumen als die unbehandelten Kontrollstellen. Die Autoren erkennen in ihren histologischen Untersuchungen die osteokonduktive Potenz von Bio-Oss und empfehlen diese Methode uneingeschränkt für den Erhalt der bukkalen Knochenplatte v.a. bei der Extraktion von Zähnen mit prominenten Wurzeln.

Der überwiegende Teil der Literatur zur Socketpreservation sieht in dieser Methode große Vorteile zur Verbesserung der Knochenregeneration und Einschränkung der Knochenresorption in und an der Extraktionsalveole. Im Allgemeinen sind jedoch die Resultate vieler Arbeiten nur sehr schwer oder gar nicht vergleichbar, da Material und Methode vor allem bei den Auswertungsmethoden differieren. Histologische [56], [44], [13], [34], [33], [65], [35], [57], [20] und histomorphometrische [33], [22], [26], [76], [77], [43], [53], [48], [8], [3], [27] Untersuchungen sind zahlreich vertreten. Daneben findet man Veröffentlichungen mit rein klinischen Aussagen [40], [31], metrischen Angaben [34], [77], [74], [67], [63], radiographischen [59], [39], [41] und photometrischen [1] Untersuchungsmethoden. Dabei fällt eine große Zahl von wissenschaftlichen Untersuchungen mit den Biomaterialien Bio-Oss und Bio-Gide auf [22], [48], [27], [35], [21], [37], [35], [27] [8], [9], [7].

Aber auch innerhalb letzterer Arbeiten ist die Vergleichbarkeit stark eingeschränkt. Eine prospektive multizentrische Studie auf diesem Gebiet wäre in diesem Zusammenhang ein wichtiger Schritt in Richtung Signifikanz und Vergleichbarkeit zum Thema „Socketpreservation“.

| Lfd. Nr. | Autor | Jahr | human/ animal | Kontrollgr., Verlust % /mm | | | Verlust. nach Sock.pres.% / | | | Urteil pos/neg | Augmentationsmaterial | Membran | | prim. geschl. | Anzahl/n | | | |
|----------|----------------------|------|---------------|----------------------------------|--------------------------|------|-----------------------------|----------|----------|----------------|--------------------------|----------|----------------|---------------|----------|---------|----------|----|
| | | | | Zeit/Mon | li. | ve. | H | Br | Zeit/Mon | | | li. | ve. | | | resorb. | nresorb. | |
| 1 | Glowacki, J [32] | 1985 | h | | | | | | | | DFDBA | X | X | X | | | | |
| 2 | Becker, W [13] | 1998 | h | histologische Aussagen | | | 03. Jun | X | X | negat. | DFDBA, autol., bov. bone | X | X | X | | | | |
| 3 | Lekovic, V [43] | 1998 | h | X | X | X | 6 | X | X | posit. | nein | ja | X | ja | | | | |
| 4 | Carmagnola, D [22] | 2003 | h | histomorphische | | | Mrz 58 | Aussagen | | posit. | Bio-Oss | ja/nein | X | ja | | | | |
| 5 | Misch, CE [48] | 1999 | h | X | X | 25% | X | X | X | posit. | autolog. Knochen | BGW | ja | X | | | | |
| 6 | Fugazzotto, P [30] | 2005 | h | Literaturübersicht und Bewertung | | | | | | | | posit. | X | X | X | | | |
| 7 | Lekovic, V [42] | 1997 | h | 1,2 | 4,4 | | 0,5 | 1,31 | | posit. | X | X | ja | >20 | | | | |
| 7 | Lekovic, V [43] | 1998 | h | 1,5 | 4,56 | | 0,38 | 1,31 | | posit. | X | ja | ja | 20 | | | | |
| 8 | Isella, JM [37] | 2003 | h | 0,9 | X | 2,9 | X | 1,3 | 1,2 | posit. | DFDBA | ja | X | 24 | | | | |
| 9 | Hoad-Reddick, G [36] | 1999 | h | radiographische | | | 6 | Aussagen | | posit. | Hydroxylapatit | X | X | X | | | | |
| 10 | Guarnieri, R [35] | 2004 | h | 3 | histomorphische | | 3 | Aussagen | | posit. | Calciumsulfat | X | X | 10 | | | | |
| 11 | Froum, S [27] | 2002 | h | 8 | histomorphische | | 8 | Aussagen | | posit. | DFDBA, Bioglas | X | ja | 30 | | | | |
| 12 | Camargo, PM [19] | 2000 | h | X | 1 | 3,06 | X | 0,38 | 3,48 | posit. | Bioglas, Calc.sulfat | X | X | 32 | | | | |
| 13 | Gross, J [33] | 1995 | h | klinische Aussagen | | | | | | | | posit. | HTR*, xenogen. | X | X | | | |
| 14 | Christensen [23] | 1996 | h | klinische Aussagen | | | | | | | | posit. | HTR, xenogen. | X | X | | | |
| 15 | Artzi, Z [8] | 2000 | h | 9 | histomorphische | | 9 | Aussagen | | posit. | PBBM* | BGW | X | ja | 15 | | | |
| 16 | Schropp, L [62] | 2003 | h | 12 | 0,8 | 0,3 | 50% | X | X | posit. | X | X | X | 46 | | | | |
| 17 | Zubigalla, G [80] | 2003 | h | 4 | X | X | X | 2,1-12% | X | X | DFDBA,ja/nein | ja/nein | X | X | 11 | | | |
| 18 | Yilmaz, S [77] | 1998 | h | 12 | 1,35 | 1,35 | 0,1 | 12 | 0 | 0 | Bioglas | X | X | 10 | | | | |
| 19 | Liu, L [44] | 2002 | h | 3 | X | X | X | 3 | 0 | 0 | Hydroxylapatit | X | X | 65 | | | | |
| 20 | Vasilic [70] | 2003 | h | 6 | X | X | X | 6 | 0,3 | 1,06 | PBBM | X | X | 26 | | | | |
| 21 | Luczyn, S.M [46]. | 2005 | h | 6 | X | X | X | 6 | 0 | 0 | Hydroxylapatit | ADMG* | X | ja | 26 | | | |
| 22 | Serino, G [66] | 2003 | h | 6 | X | 0,8 | X | 6 | 1,3 | X | Fisiograf* | X | X | 39 | | | | |
| 23 | Pinho, MN [56] | 2006 | h | 6 | X | X | 1,4 | 6 | X | 1,4 | autolog. Knochen | X | Titan | ja | 10 | | | |
| 24 | Nevins, M [51] | 2006 | h | 1-3 | X | >20% | X | 1-3 | X | <20% | Bio-Oss | X | X | ja | 36 | | | |
| 25 | Vance, G.S [69]. | 2004 | h | 4 | X | X | X | 4 | X | 0,7 | PBBM | ja | X | X | 24 | | | |
| 26 | Vance, G.S [69]. | 2004 | h | 4 | X | X | X | 4 | X | 0,5 | Allograft | Ca-Sulf. | X | X | 24 | | | |
| 27 | Fugazzotto, PA [28] | 2003 | h | 12 | histomorphische Aussagen | | | | | | | | posit. | Bio-Oss | ja | X | ja | 59 |
| 28 | Indovina, A jr [38] | 2002 | a | 2 | histologische | | 2 | Aussagen | | posit. | Bio-Oss | X | X | X | 8 | | | |
| 29 | Araujo, MG [4] | 2005 | a | 2 | X | 2,2 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | |
| 30 | Cardaropoli, G [21] | 2005 | a | 3 | histologische | | 3 | Aussagen | | pos/negat | Bio-Oss | X | X | X | | | | |
| 31 | Adams, LP [1] | 1985 | h | 2 | 0,1 | | | | | | | | X | X | X | | | |
| | Adams, LP [1] | 1985 | h | 12 | 0,18 | | | | | | | | X | X | X | | | |
| 32 | Nemcovsky, CE [49] | 1996 | h | 12-24 | photometrische Aussagen | | | | | | | | posit. | HA | X | ja | 23 | |
| | | | | | | | | 12-24 | 1,4 | X | HA | X | X | X | X | | | |
| 33 | Hoad-Reddick, G [36] | 1999 | h | 6 | X | X | 2,82 | 6 | X | X | HA | X | X | X | 1,69 | | | |

Tab. 2 Socketpreservation

(X = keine Aussage)

1.2 Fragestellung

In welchem Maße sind Knochenersatzmaterialien, in diesem Falle Bio-Oss-Spongiosa, in einem bestimmten Zeitraum, hier innerhalb von acht Wochen, in der Lage, bei Extraktionsalveolen nach dem Prinzip der gesteuerten Knochenregeneration, Knochen- und Weichteilresorptionen einzuschränken oder zu verhindern?

1.2.1 Zustand Hartgewebe

Gestattet der Zustand des nach zwei Monaten in der Alveole befindlichen Hartgewebes eine sichere Primärstabilität des Implantates? Wie groß ist der Verlust im Untersuchungszeitraum?

1.2.2 Zustand Weichgewebe

Erlaubt das neu gebildete Weichgewebe aufgrund seines Reifungsgrades einen problemlosen Wundverschluss nach der Implantation? In welcher Größenordnung nimmt es im Untersuchungszeitraum ab?

1.2.3 Zustand des Kieferkamms

Wie groß ist der Verlust im Versuchszeitraum?

1.2.4 Breitenverlust

Wie groß ist der Breitenverlust des Kieferkamms?

1.2.5 Höhenverlust

Wie groß ist der Höhenverlust des Kieferkamms?

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Diese Studie ist Bestandteil einer prospektiven und multizentrischen Studie von vierundzwanzig Gruppen mit jeweils zehn Patienten. Grundlage ist die Untersuchung des Heilungsverhaltens von Postextraktionsalveolen, die entweder unbehandelt blieben, oder unter der Abdeckung mit Bio-Gide mit Bio-Oss-Collagen, Bio-Oss-Spongiosa oder autologem Knochen augmentiert wurden. Der Resorptionsgrad wurde nach 1, 2, 4 und 6 Monaten nach dem einheitlichen Versuchsprotokoll erfasst und ausgewertet.

2.2 Patientenauswahl

Eignungskriterien:

- Die Patienten innerhalb dieser Studie sind mindestens achtzehn Jahre alte Frauen oder Männer.
- Bei jedem Patienten sind eine oder mehrere Extraktionen vorgesehen.
- Nach der Extraktion muss ein Vierwanddefekt vorhanden sein.
- Der Patient ist geistig und körperlich in der Lage, sich studienbegleitend zu verhalten. Das beinhaltet unter anderem eine gute Mundhygiene und die Teilnahme an den jeweiligen Untersuchungen.
- Der Patient ist in der Lage, das Prinzip des vorgeschlagenen Procederes zu verstehen und erteilt in diesem Bewusstsein schriftlich sein Einverständnis.

Ausschlusskriterien:

- bestehende Schwangerschaft
- stillende Mütter
- Patienten, die mehr als zehn Zigaretten pro Tag rauchen
- Alkohol- und Drogenabusus
- Probanden, die an Krankheiten leiden, deren Verlauf Einfluss auf die Knochenneubildung nehmen könnte, wie z.B.: Osteoporose, Diabetes, rheumatische Arthritis, chronische oder akute Läsionen der Mundhöhle
- weniger als 4mm Restknochen zum Zeitpunkt der Implantation
- Verlust einer begrenzenden Knochenwand während der Extraktion
- bestehende akute bakterielle Infektionen der Alveole

| Proban- dennr. | Patientenname /Geschlecht | Alter | Zahn | OK/UK | Verlustursache | Gingivatyp | Raucher |
|-------------------|------------------------------|-------|------|-------|-----------------|------------|---------|
| 1 | BE/männlich | 68 | 23 | OK | Karies | dick | nein |
| 2 | WS/weiblich | 25 | 25 | OK | Parodontopathie | dick | nein |
| 3 | SU/weiblich | 68 | 26 | OK | Parodontopathie | dick | nein |
| 4 | KCH/weiblich | 61 | 24 | OK | Parodontopathie | dünn | nein |
| 5 | TK/weiblich | 24 | 26 | OK | Fraktur | dick | nein |
| 6 | HB/weiblich | 37 | 36 | UK | Parodontopathie | dick | nein |
| 7 | RI/weiblich | 52 | 43 | UK | Parodontopathie | dünn | nein |
| 8 | TJ/männlich | 42 | 36 | UK | Parodontopathie | dick | ja |
| 9 | JS/männlich | 42 | 36 | UK | Karies | dick | ja |
| 10 | WK/weiblich | 23 | 36 | UK | Karies | dünn | nein |

Tab. 3 Übersicht Probandenauswahl

2.3 Versuchsdurchführung

2.3.1 Schienenherstellung

In einer ersten Sitzung, die zusätzlich der Unterrichtung des Patienten über die Studie diente, wurde von dem jeweiligen Kiefer mit einem dorsal bzw. palatinal gestoppten Rimlocklöffel bis weit in die Umschlagfalte eine Alginatabformung vorgenommen. Diese wurde mit Gips der Klasse 4 (Superhartgips, 20 bis 22 Shore) ausgegossen. Das so gewonnene Modell wurde für spätere Dokumentationszwecke doubliert. Auf dem Erstmodell wurde an dem zu extrahierenden Zahn und dem distalen und mesialen Nachbarzahn und bei endständigen Zähnen über mindestens zwei nebenstehenden Zähnen mit einem Vakuumtiefziehgerät eine Schiene in 2 mm Stärke gezogen.

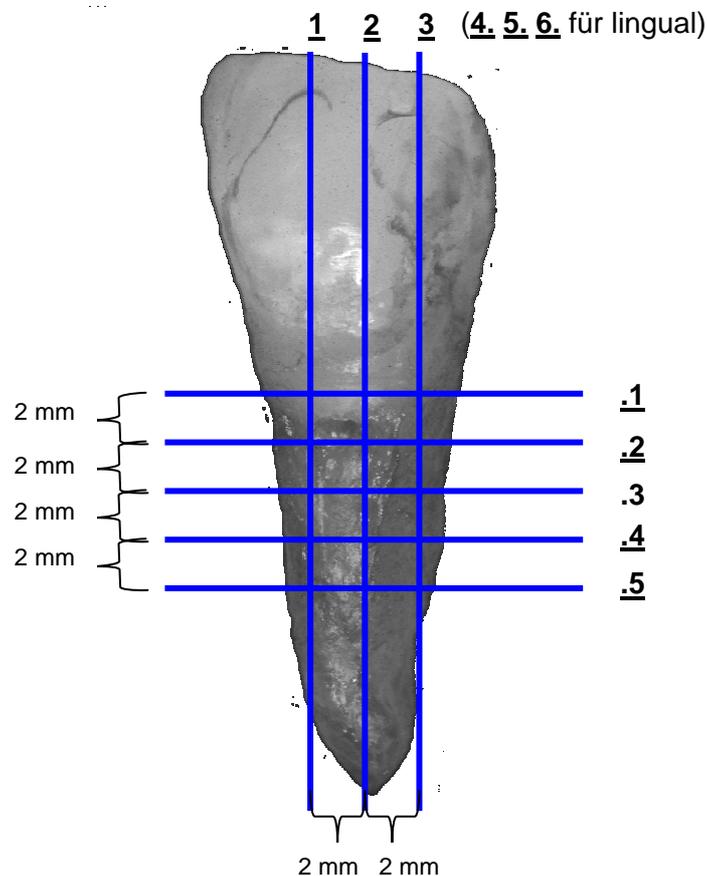


Abb. 1 Schnittschema in der Versuchsanordnung

Sowohl bei einwurzeligen als auch bei zweiwurzeligen Zähnen wurde ausgehend von der Inzisalkante bzw. Okklusalfäche mit Bleistift eine Mittelsenkrechte bis in die Umschlagfalte gezogen. Diese erhielt mesial und distal in einem Abstand von 2mm eine Parallele. Die Linien erhielten die Bezeichnung mesial (m), zentral (z) und distal (d). Ebenso wurde lingual verfahren. An diesen sechs Linien wurden jeweils 2 mm unterhalb des Gingivalrandes, bzw. an der Schmelzzementgrenze der erste Punkt auf dem Gipsmodell markiert (Abb. 1).

Das ist der erste Messpunkt. Von diesem ausgehend folgten weitere vier Messpunkte in einem Abstand von 2 mm. An diesen Stellen wurde die Schiene perforiert. So entsteht auf der Schiene ein Perforationsmuster von drei mal fünf Messpunkten in horizontalem und vertikalem Abstand von 2 mm (Abb. 2, Abb. 3).



Abb. 2 Gipsmodell Parallelschnitte und Schiene



Abb. 3 Gipsmodell Zentralschnitt und Schiene

Die Mittelsenkrechte und die beiden parallelen Linien erhielten im Labor Sägeschnitte, damit die Messwerte zum gegebenen Zeitpunkt auf das Modell übertragen werden konnten. Technisch ist es günstiger die zentralen Schnitte einerseits (Abb. 3) und die beiden benachbarten Schnitte andererseits (Abb. 2) auf das Originalmodell und das dublierte Exemplar zu verteilen, da 2 mm – Gipschnitte nicht zuverlässig gepinnt werden können. Die so gewonnene Schiene diente zur Messung während der chirurgischen Sitzung 1, der Extraktion, sowie vor der chirurgischen Sitzung 2, der Implantation.

2.3.2 Chirurgische Behandlung 1, Extraktion

Die Extraktionsstelle wurde mit Ultracain forte, 1:100.000 anästhesiert und anschließend der Sitz der Messschiene überprüft. Die Bestimmung des Gingivatyps erfolgte mit einer Parodontalsonde (WHO-Parodontalsonde HuFriedy) durch Sondierung der marginalen Gingiva. Durchscheinen der Sonde deutet auf einen dünnen Gingivatyp, bleibt sie verdeckt, auf einen dicken Gingivatyp.

Es wurde schonend extrahiert. Mehrwurzelige Zähne wurden separiert (Abb. 4), das parodontale Ligament mit Hilfe eines Periotoms und sanften Hammerschlägen durchtrennt (Abb. 5) und der Zahn unter Erhalt der knöchernen Strukturen vorsichtig entfernt. Nur eventuelles Granulationsgewebe wurde vermittels eines scharfen Löffels exkochleiert.

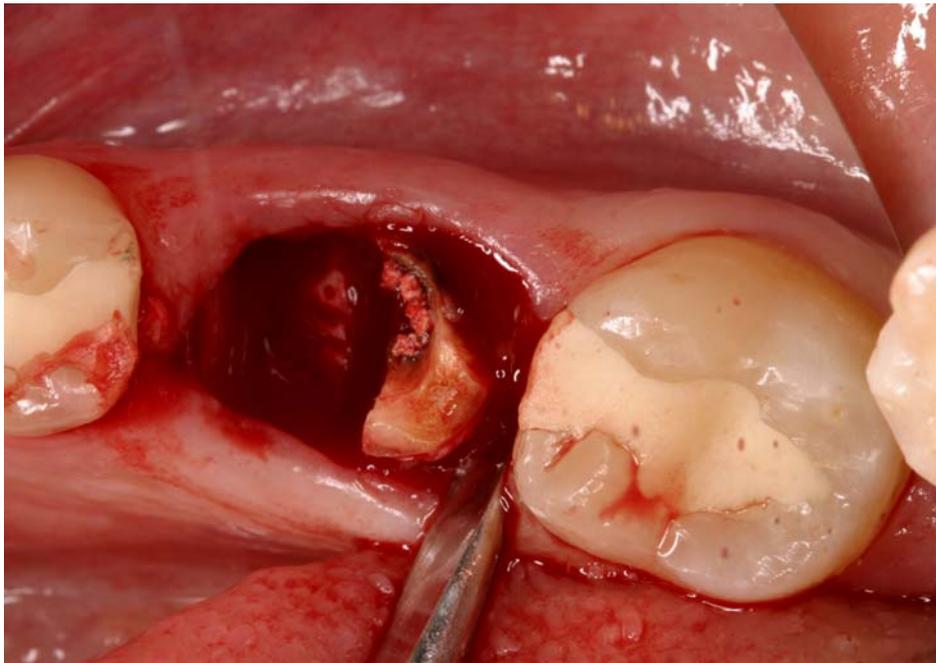


Abb. 4 Schonende Extraktion



Abb. 5 Periotom im Einsatz

Anschließend erfolgte die erste Messserie. Dabei wurde an den oben beschriebenen Messstellen mit einem Handspreader (Maillefer) der Isostärke 20, der mit einem Gummistopper versehen wurde, der Knochen durch die Perforation der Schiene und der Schleimhaut sondiert (Abb. 6). Dabei verschiebt sich der Stopper, entsprechend der Schienen- und Gingivastärke, um einen Betrag, der in einem Endblock in 0,5 mm-Schritten ausgemessen wurde. Alle Werte dokumentierte die Assistenz in einer Tabelle.

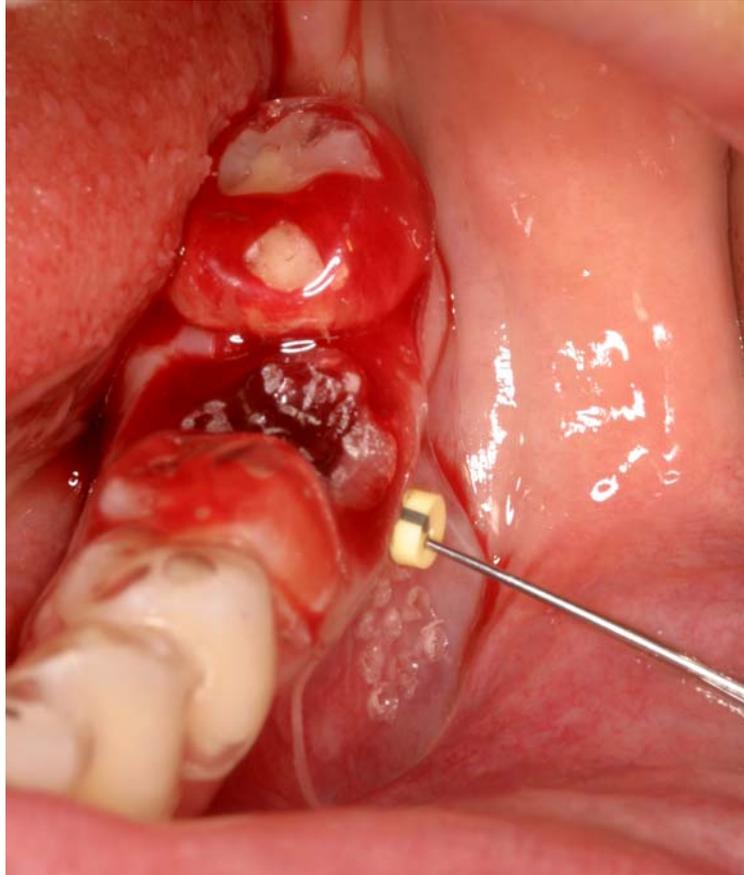


Abb. 6 Messung im Mund

Danach wurde die Alveole mit Bio-Oss-Spongiosa aufgefüllt. Dieses Augmentieren ist leichter, wenn der Spongiosablock mit Hilfe eines Skalpellts geviertelt wird. Die kleineren Teilstücke lassen sich nach Kontamination mit dem Blut der Alveole leicht in dieser drucklos adaptieren. Die lockere Auffüllung wurde mit einer an die Extraktionsstelle förmlich angepassten Bio-Gide-Membran in doppelter Lage abgedeckt (Abb. 7) und mit Gore-Nahtmaterial der Stärke 6/0 in zuglosen Matratzennähten übernäht (Abb. 8).

Der Patient wurde nun noch einmal auf der Grundlage des Versuchsprotokolls in einer gründlichen Mundhygiene unterwiesen und angehalten, die Operationsstelle 2 Wochen lang nicht mit der Zahnbürste zu putzen, sondern ab dem zweiten Tag mit CHX- Lösung (0,1 %) zu spülen. Nach acht Tagen wurden die Nähte entfernt.



Abb. 7 Gedeckte Alveole



Abb. 8 Resultat Chirurgie 1

2.3.3 Messwertübertragung 1

Für jeden Messpunkt in den drei Messlinien der chirurgischen Behandlung 1 wurden nun die Werte an den entsprechenden Sägeschnitten des vorbereiteten Gipsmodells übertragen (Abb. 9).

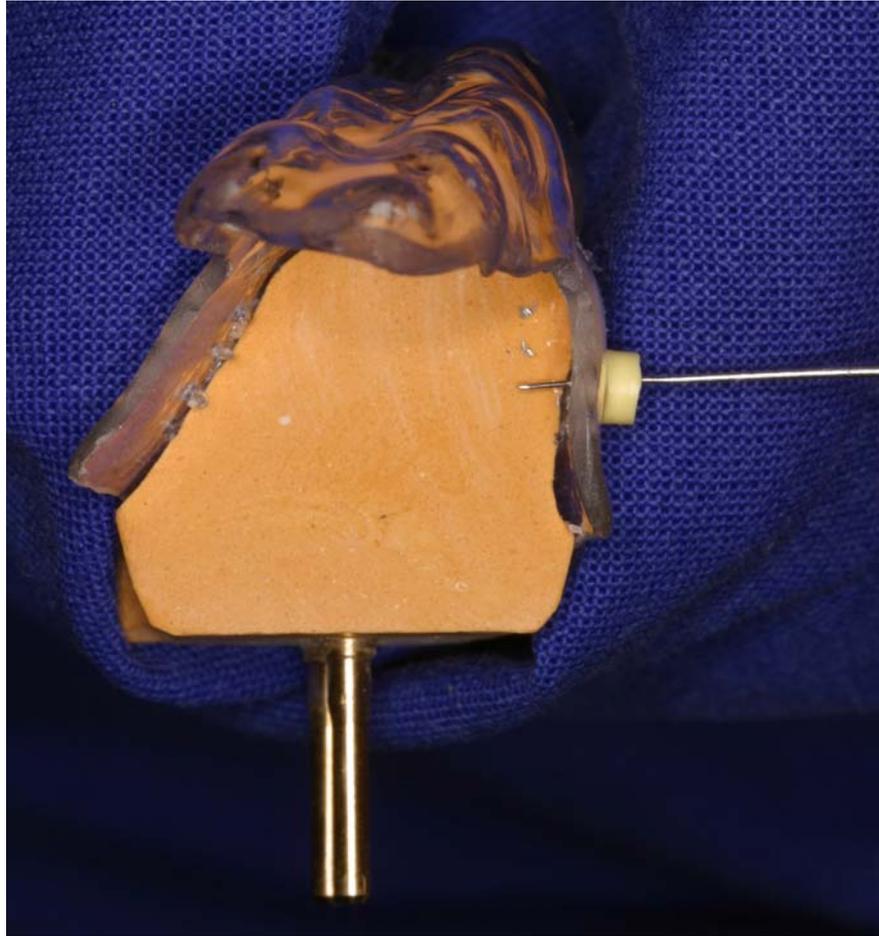


Abb. 9 Markierung der Messpunkte

Aus der Verbindung der Messpunkte innerhalb der Sägeschnitte entsteht eine polygonale Fläche eines bestimmten Inhaltes, entsprechend der knöchernen Kieferkammkontur an dieser Stelle, der Flächeninhalt 1 (Abb. 12).

Des Weiteren wurde auf Höhe der ersten Messpunkte auf dem sagittalen und den beiden parallelen Schnitten die vestibulo-linguale Breite mit einer Schiebleere gemessen (Abb. 14).

Für die Verifizierung des Vertikalverlustes wurde durch die Schiene eine Senkrechte auf den Gingivalrand an der Stelle der ersten Messpunkte einer jeden Messreihe gefällt und der Wert mit dem Handspreader und Gummistopper ermittelt (Abb. 15).

2.3.4 Chirurgische Behandlung 2, Implantation

Acht Wochen nach der Extraktion, zum Zeitpunkt der Implantation erfolgte die Anästhesie wiederum mit Ultracain forte (1:100.000). Danach wurde entsprechend dem Messprotokoll der chirurgischen Behandlung 1 erneut gemessen. Darauf folgte die Abformung des betreffenden Areals mit Hilfe der Messschiene und Fließsilikon (Permadyne) und eine Überabformung mit einem ausgeblockten Rimlocklöffel und Alginat (Abb. 10).

Ein Vollappen wurde bis zur Kammkante nach lingual und vestibulär gebildet, um die Knochenneubildung klinisch beurteilen zu können. Der Implantatstollen wurde langsam mit 600 U/min gefräst und gegebenenfalls über Bonecondensing erweitert. Das Eindrehen des Implantates erfolgte mit der Hand und einer angestrebten Primärstabilität von 20 bis 30 ncm (Abb. 11).



Abb. 10 Zweitabformung

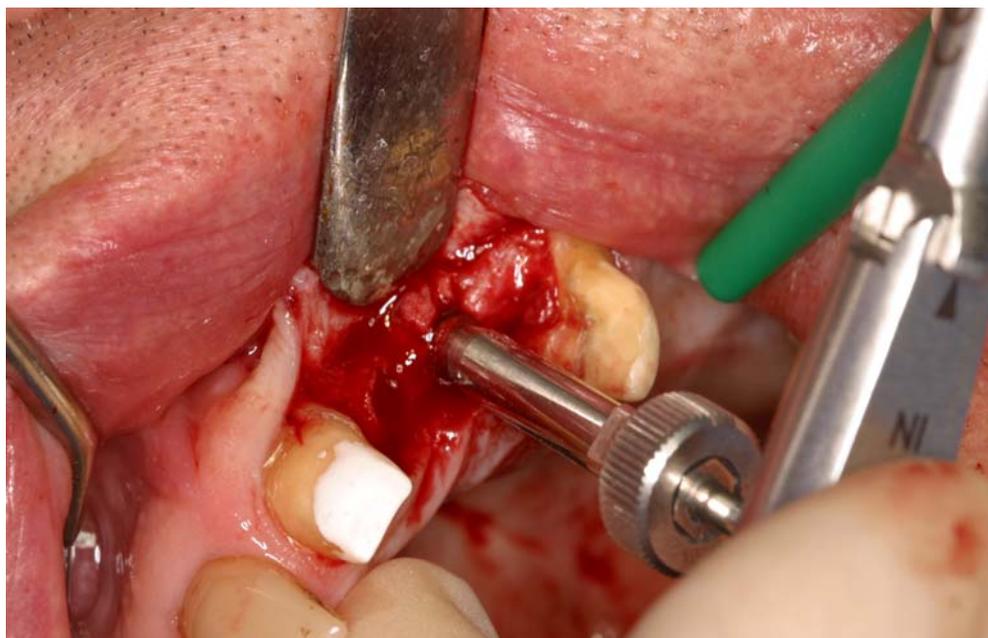


Abb. 11 Eindrehen des Implantates

2.3.5 Messwertübertragung 2

Wie unter 2.3.3 beschrieben, wurden auf das nun neu hergestellte Modell nach Herstellung der Sägeschnitte erneut die Messwerte übertragen. Das betraf sowohl das Mapping auf den Messlinien als auch die Ermittlung der Werte für die Breite und Höhe des Kieferkammes.

2.3.6 Erfassen des Flächeninhaltes des Mappings in den Sägeschnitten

Die Modellausschnitte mit den über Sondierung ermittelten und dargestellten Knochenarealen, drei aus der Messwertübertragung 1, wie die entsprechenden aus der Messwertübertragung 2, wurden auf einem Flachbettscanner digital gescannt. Dieses Scanbild stellt das gemessene Knochenareal dar (Abb. 12). Ein weiteres Scanbild bezog die vestibulär und lingual benachbarten Flächen des Knochenpolygons mit ein und entspricht damit dem ermittelten Kammareal (Abb. 34). Die Differenz zwischen beiden ergibt den Anteil der Gingiva innerhalb dieser Schnittfläche.

Die Auflösung lag bei der Standardeinstellung von 200 dpi. Die Flächenermittlung geschah mit dem Programm Image J. Dieses Programm bietet ein Polygonalwerkzeug mit dessen Hilfe eine Fläche umfahren und diese über die Anzahl von Flächenpunkten vergleichbar gemessen wird.

Diese Ergebnisse wurden in einer Exceltabelle eingetragen. Die graphischen Darstellungen und vergleichende Gegenüberstellung erfolgten ebenso über Excel.

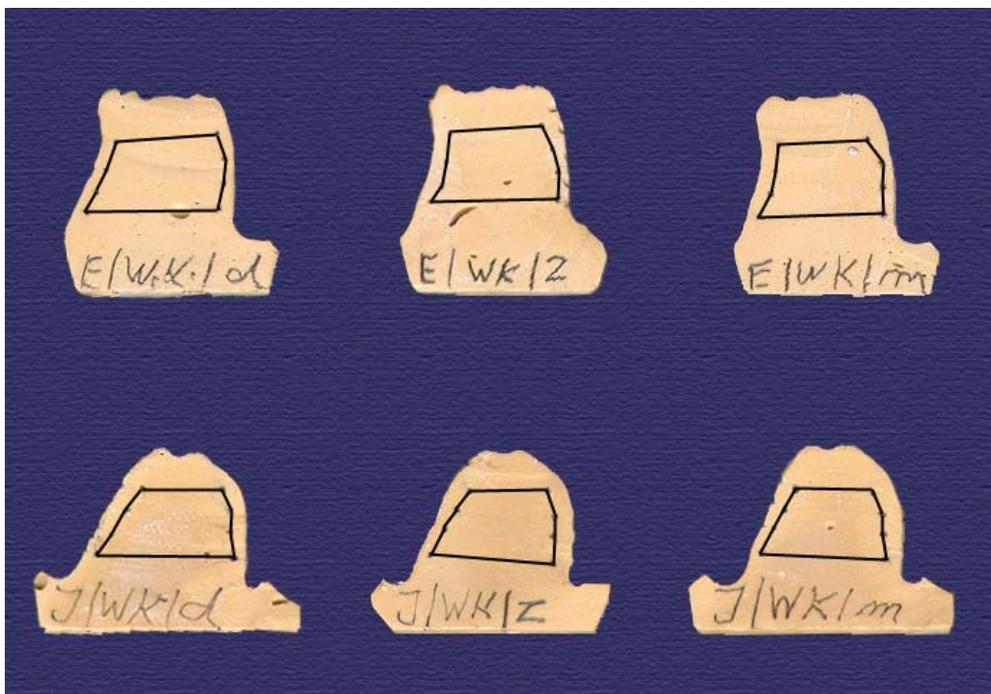


Abb. 12 Scans in den Schnitten

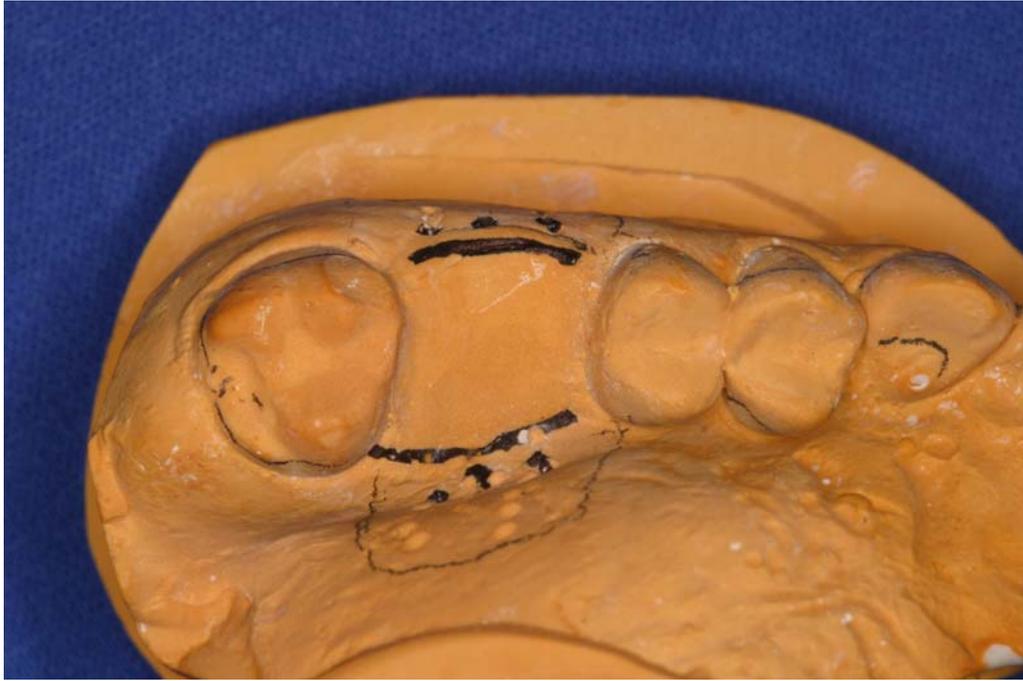


Abb. 13 Modell mit Messpunkten für Vertikal- und Horizontalverlust

2.3.7 Erfassung des horizontalen Kammverlustes

Der Horizontalverlust wurde mit Hilfe der Messschablone an den Gipsmodellen erfasst. Hierzu fand das ungeschnittene dublierte Reservemodell sowohl der Extraktionssituation als auch der Situation bei der Implantation Verwendung. Die Messlinien liegen auf der lingo-vestibulären Verbindung der marginalen ersten mesialen, zentralen und distalen Messpunkte (Schmelz-Zementgrenze) der Messschablone. Diese wurden auf das Modell übertragen (Abb. 13). Die Differenz zwischen dem jeweiligen Messwert des Extraktionsmodells und des Implantationsmodells ergibt den Horizontalverlust des Kieferkammes in Höhe der Schmelz-Zementgrenze, bzw. 2mm unterhalb des Gingivalsaums des Erst- oder Extraktionsmodells (Abb. 14).

2.3.8 Erfassung des vertikalen Kammverlustes

Für diese Messungen wurden wiederum die dublierten Reservemodelle verwendet. Auf dem Erstmodell wurde der Marginalrand mit einem Stift markiert (Abb. 13). Eine Senkrechte durch die Messschablone auf die mesiale, zentrale und distale Schnittstelle der jeweiligen lingualen und vestibulären vertikalen Messlinien mit der Marginallinie ermittelte den Abstand zum Kieferkamm. Die Differenz innerhalb der einzelnen Messpunkte zwischen dem Extraktionsmodell und dem Implantationsmodell zeigt den Vertikalverlust an (Abb. 15).

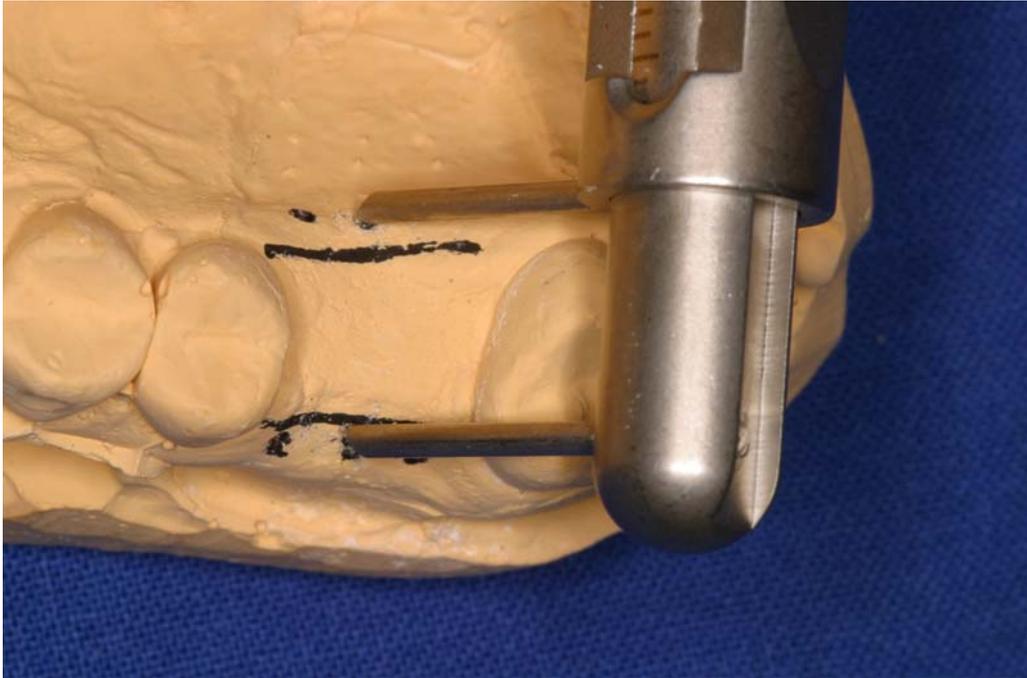


Abb. 14 Modell und Messung Horizontalverlust

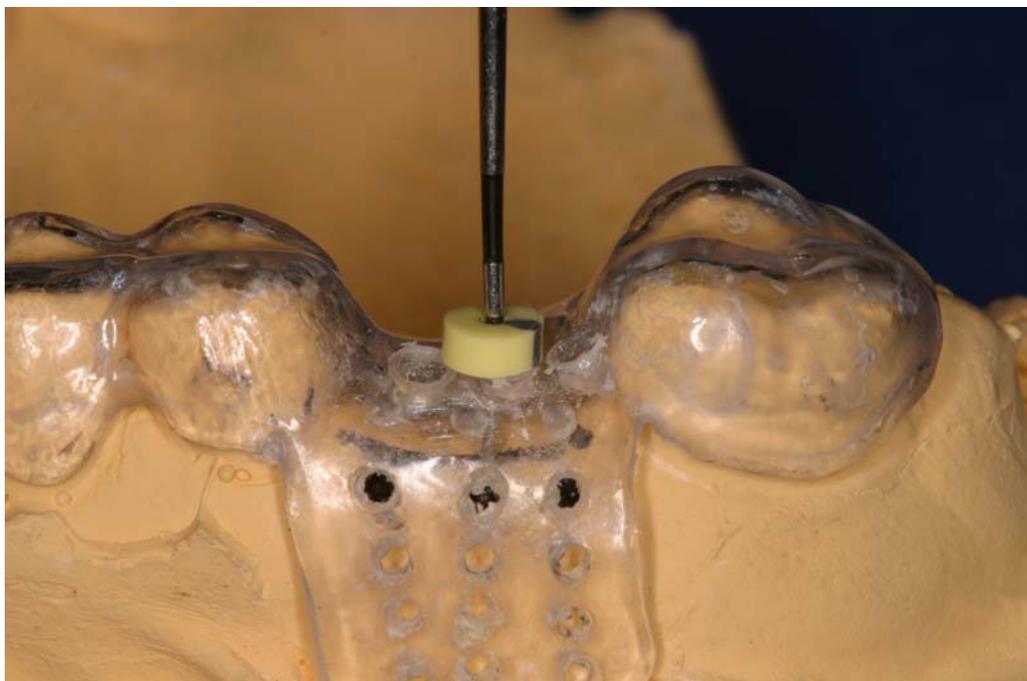


Abb. 15 Messung Vertikalverlust

2.3.9 Statistische Methoden

Die statistische Auswertung erfolgte mit Unterstützung des Institutes für Biometrie und medizinische Informatik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Das Ziel dieser Arbeit war, das Ausmaß des Knochenrückganges unter den Bedingungen der oben beschriebenen Methode zu bestimmen. Aus statistischer Sicht waren zu 2 Zeitpunkten jeweils 16 Messpunkte auf 3 Achsen gegeben. Für jede Achse wurde eine Fläche berechnet, um schließlich pro Messzeitpunkt und Zahn 3 Flächenmesswerte zu erhalten.

Die statistische Auswertung innerhalb der multizentrischen Studie erfordert auf Grund der vorhandenen Datenmenge folgende statistische Methoden:

Es sollte die zweifaktorielle Varianzanalyse angewendet werden. Aufgrund des kleinen Stichprobenumfanges von $n=10$ war diese Methode jedoch ungeeignet. Es blieb die Möglichkeit, die 3 Messwerte (Flächen) zu mitteln, um danach den Zeiteffekt mit einem Paardifferenzen-t-Test zu überprüfen. Angesichts der erwarteten Abnahme der jeweiligen Gewebe wird der Test mit einseitiger Fragestellung ausgeführt. Beim multiplen Testen wurde die alpha-Justierung nach Bonferroni vorgenommen, wobei alpha durch die Anzahl der möglichen Tests dividiert wird. Für weitere Homogenitätsprüfungen kam unter anderem der t-Test für unabhängige Stichproben zur Anwendung. Bei dem vorliegenden kleinen Stichprobenumfang bestand das Risiko, keinen statistischen Nachweis belegen zu können. Bevor man zu dem Schluss einer ausgebliebenen Änderung kam, wurde für einzelne Tests eine Poweranalyse durchgeführt. Diese klärte, ob man für den Nachweis des gefundenen Unterschiedes mit realistischen Stichprobenumfängen auskommen konnte.

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der Vertikalschnitte

Die Vertikalschnitte wurden für den Kieferkamm, den Knochen und die Gingiva bestimmt.

3.1.1 Messergebnisse und deren Darstellung in den Kieferkammschnitten

Die Schnitte des Kieferkammes beinhalten die Fläche, die, wie oben beschrieben, von den durch Sounding ermittelten Knochenarealen und der diesen Arealen vestibulär und lingual benachbarten Gingivaschnittflächen gebildet wird (Abb. 34). Die oberhalb des ersten kranialen Messpunkt befindliche Gewebeschnittfläche wird nach dieser Versuchsanordnung nicht erfasst. Dies geschieht unten in den Kapiteln 3.2 innerhalb der Vertikalmessungen und 3.3 bei der Ermittlung der Horizontalverluste.

In den nachfolgenden Grafiken beschreibt der Begriff „Extraktion“ die Situation der Messergebnisse nach der Extraktion in Chirurgie 1 und die Bezeichnung „Implantation“ deren Veränderung nach 8 Wochen in Chirurgie 2.

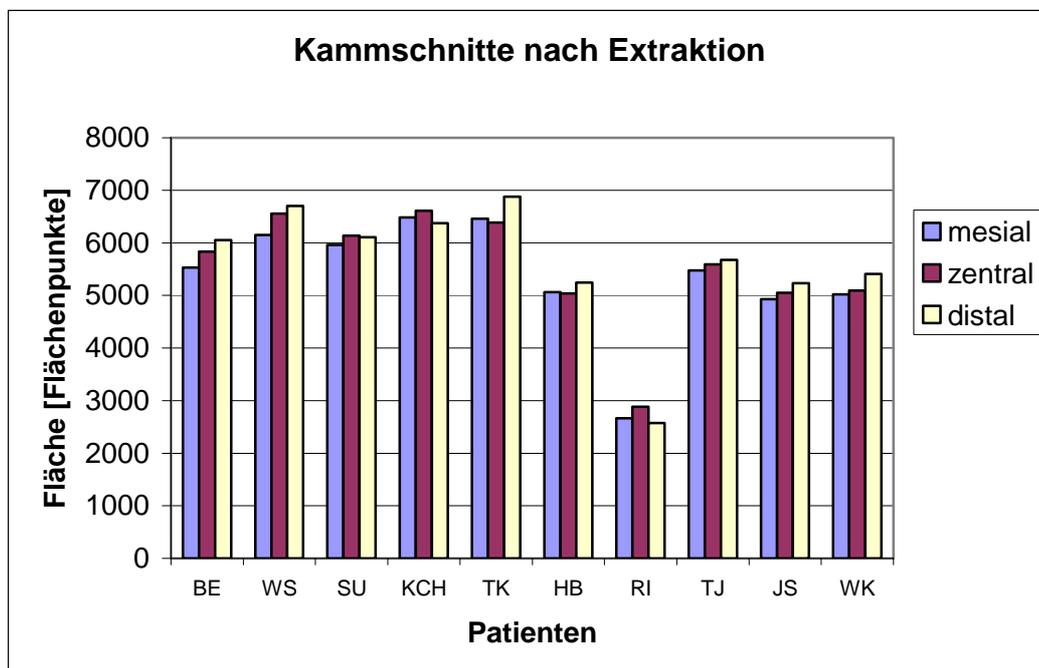


Abb. 16 Gegenüberstellung der mesialen, zentralen und distalen Kammschnitte in Flächenpunkten nach Extraktion

Der Vergleich dieser Kammschnitte (Abb. 16) bietet innerhalb der Messwerte der einzelnen Probanden keinen Zusammenhang zwischen der Schnittlage und Größe der Fläche. Die größte gemessene Fläche ist die Distalfläche bei TK mit 6880 Punkten, die geringste die Distalfläche bei RI mit 2572 Punkten. Die größte Differenz zeigen die Messungen bei WS mit 551 Punkten gleich 8,2 %, die geringste liegt bei HB mit 209 gleich 3,9 %.

Der Durchschnitt der drei Messflächen (Abb. 17) über alle Patienten zeigt leichte Unterschiede. Die höchsten Durchschnittswerte zeigen die Distalflächen mit 5624 Flächenpunkten, gefolgt von den zentralen mit 5517 und den mesialen mit 5337 Flächenpunkten. Dies entspricht einer Standardabweichung von 2,3 % bis 2,5 %. Unter Verwendung des Paardifferenzen-t-Testes mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha=0,017$ (Bonferroni-Korrektur) zeigen die Mesialschnitte zu den zentralen ($p=0,011$) und zu den distalen ($p=0,007$) signifikante Unterschiede. Die zentralen verhalten sich zu den distalen nicht signifikant unterschiedlich.

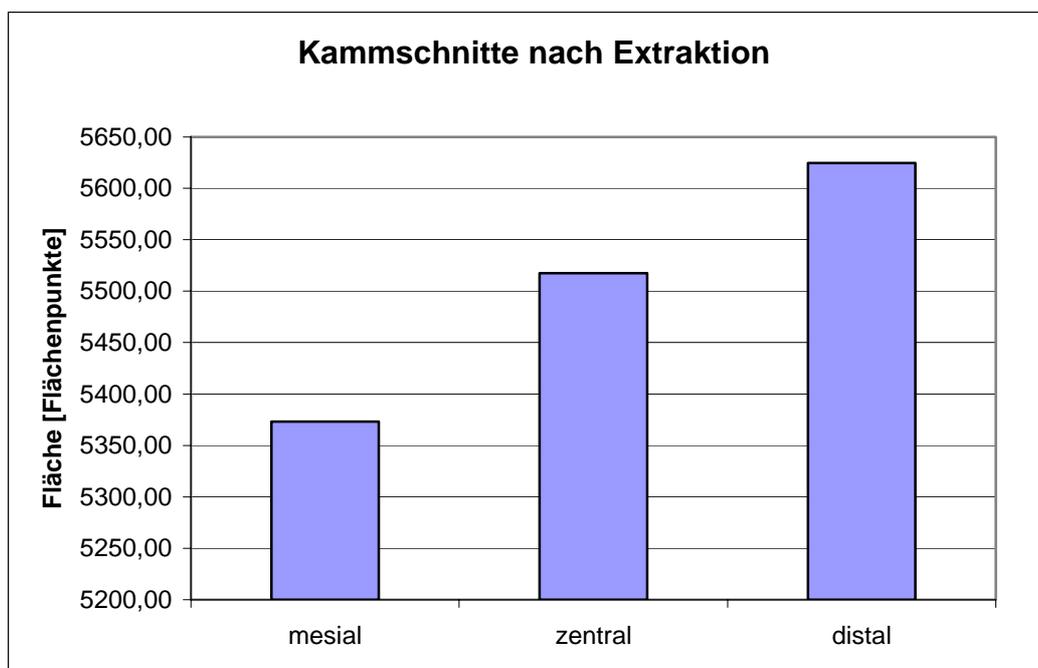


Abb. 17 Durchschnitt aller mesialen, zentralen und distalen Kammschnitte in Flächenpunkten

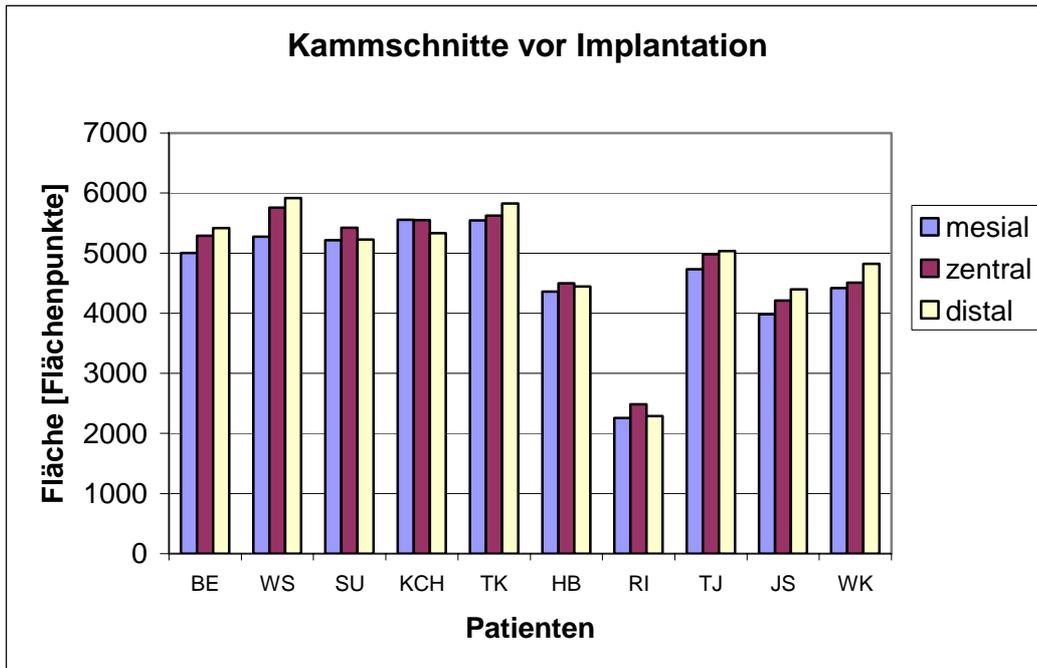


Abb. 18 Gegenüberstellung der mesialen, zentralen und distalen Kammschnitte in Flächenpunkten 8 Wochen nach Extraktion vor Implantation

Entsprechend den 8 Wochen zurückliegenden Messergebnissen ergibt sich hier (Abb. 18) ebenso kein grundsätzlicher Zusammenhang zwischen Messstelle und Flächengröße.

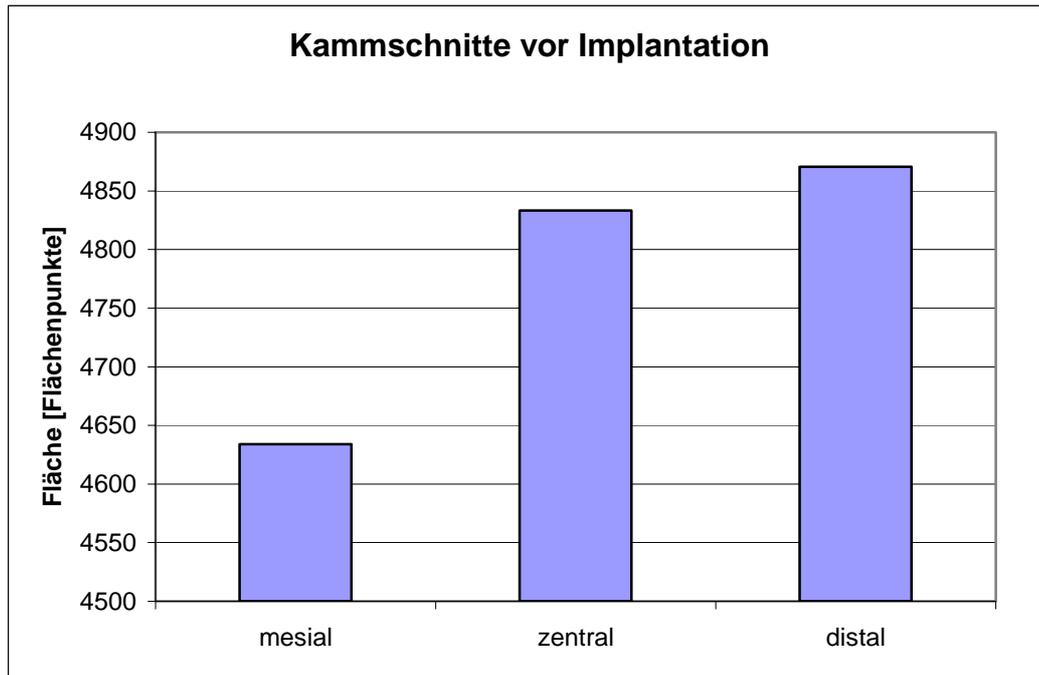


Abb. 19 Durchschnitt aller mesialen, zentralen und distalen Kammschnitte vor Implantation in Flächenpunkten

Auch 8 Wochen nach Socketpreservation zum Zeitpunkt der Implantation (Abb. 19) zeigen die Schnitte im Durchschnitt geringe Flächenunterschiede. Die Standardabweichung liegt zwischen 1,1 % und 3,0 %. Auch hier sind nur signifikante Unterschiede zwischen mesial ($p=0,001$) und zentral sowie mesial und distal ($p=0,017$) zu erkennen.

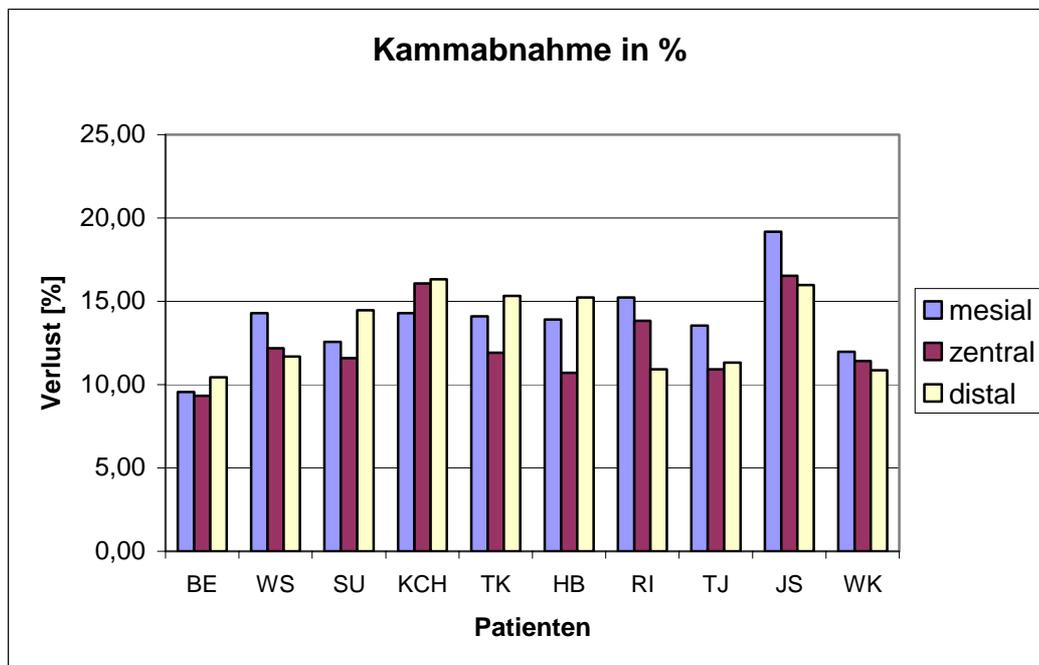


Abb. 20 Kammverlust 8 Wochen nach Socketpreservation in den einzelnen Schnitten.

Überwiegend liegt der Kammverlust (Abb. 20) in den Schnitten zwischen 10 % und 15 %. Den größten Verlust zeigt der Mesialschnitt bei JS mit 19,18 %, den geringsten der Zentralschnitt bei BE mit 9,32 %.

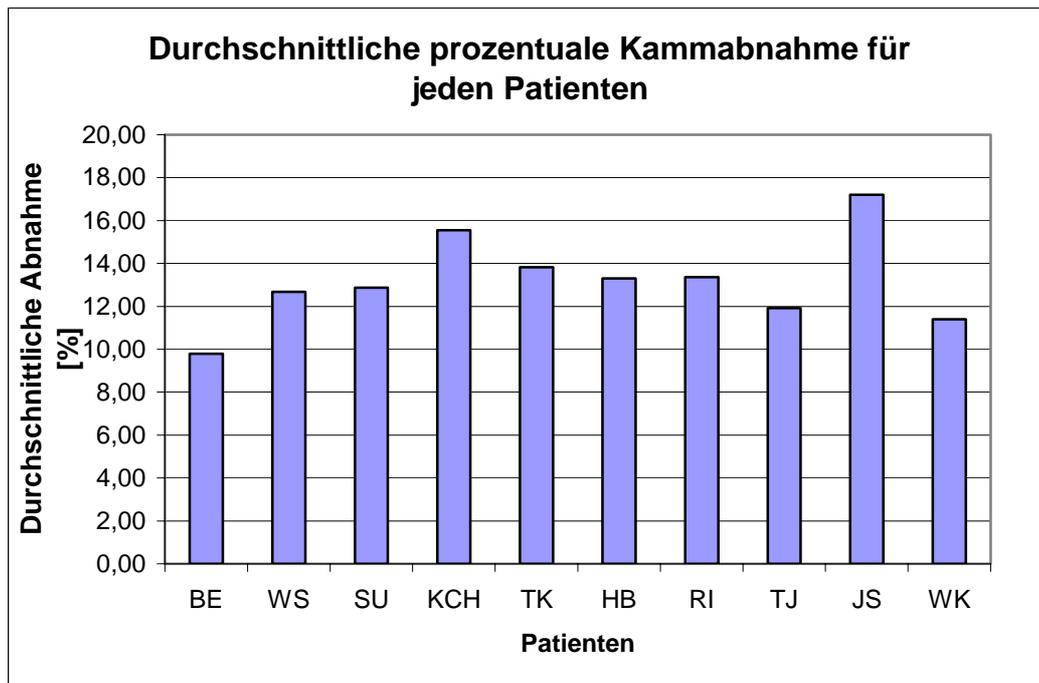


Abb. 21 Durchschnitt des Kammverlustes aus der Summe der einzelnen Schnitte für jeden Patienten.

Für jeden Patienten wurde der Durchschnitt aus den Mesial-, Zentral- und Distalschnitten errechnet (Abb. 21). 8 von 10 Patienten wiesen einen Kammverlust innerhalb des geringen Bereiches von 4 % zwischen 9,8 % und 13,8 % auf. KCH zeigte einen Kammverlust von 15,6 % und JS von 17,2 %.

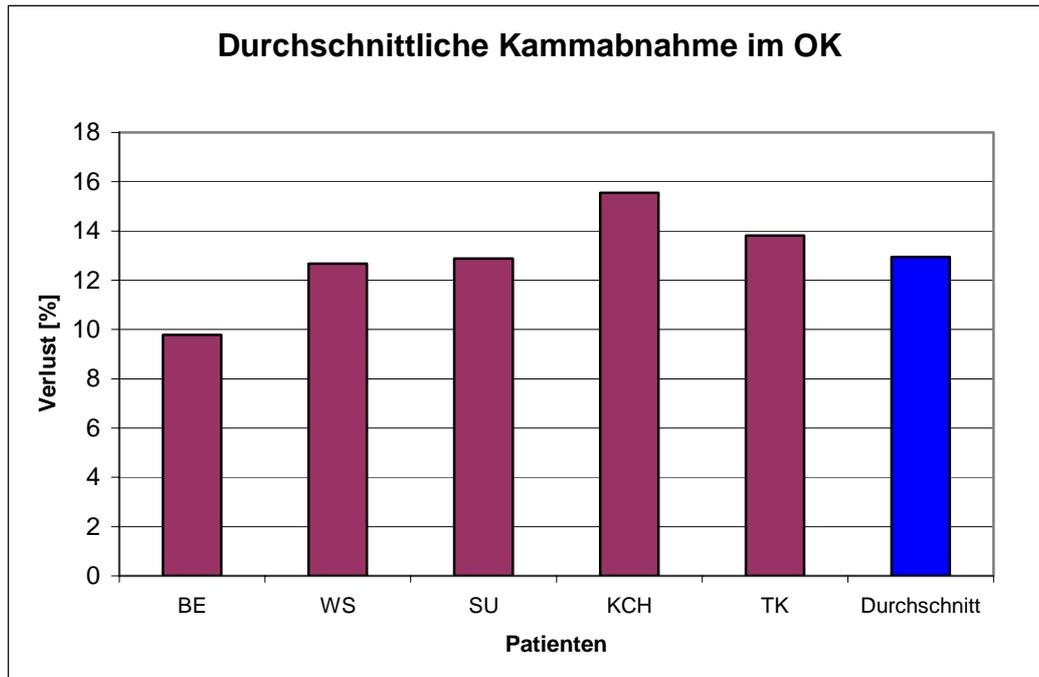


Abb. 22 Durchschnitt des Kammverlustes nur im Oberkiefer

Hier (Abb. 22) ist der durchschnittliche Kammverlust 8 Wochen nach Socketpreservation allein den Oberkiefer betreffend dargestellt. Die Verluste liegen zwischen BE 9,8 % und KCH 15,6 %. Die rechte blaue Säule zeigt den Mittelwert aller Messungen aus dem OK. Er beträgt 12,94 %.

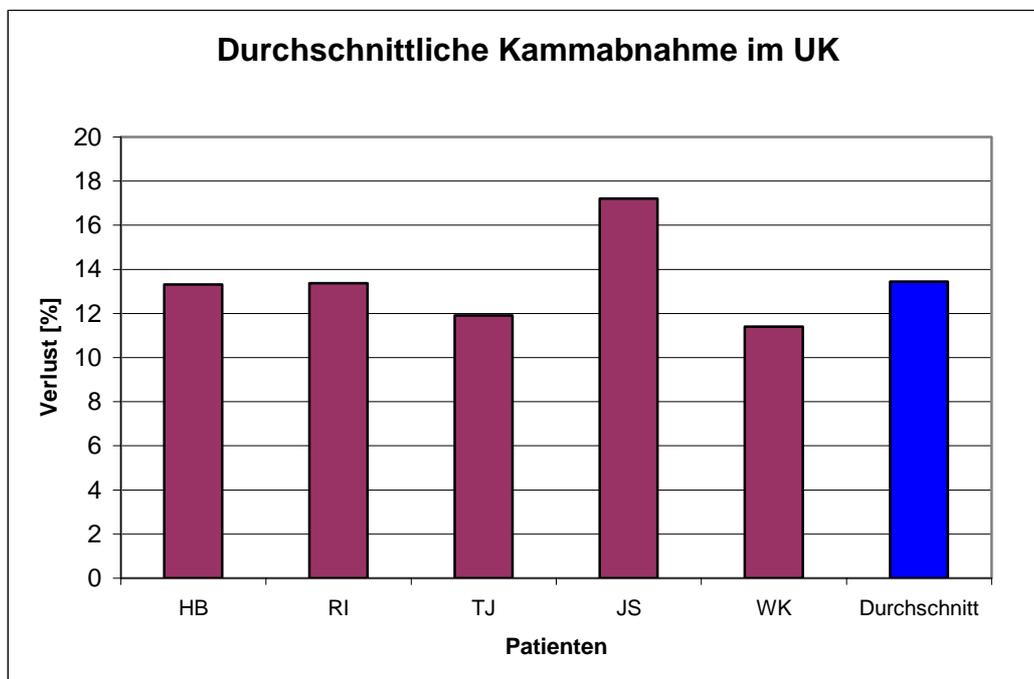


Abb. 23 Durchschnitt des Kammverlustes nur im Unterkiefer

Diese Grafik (Abb. 23) beschreibt die Kammverluste im Unterkiefer, die sich zwischen WK 11,4 % und JS 17,2 % darstellen. Durchschnittlich verliert der UK 13,4 %.

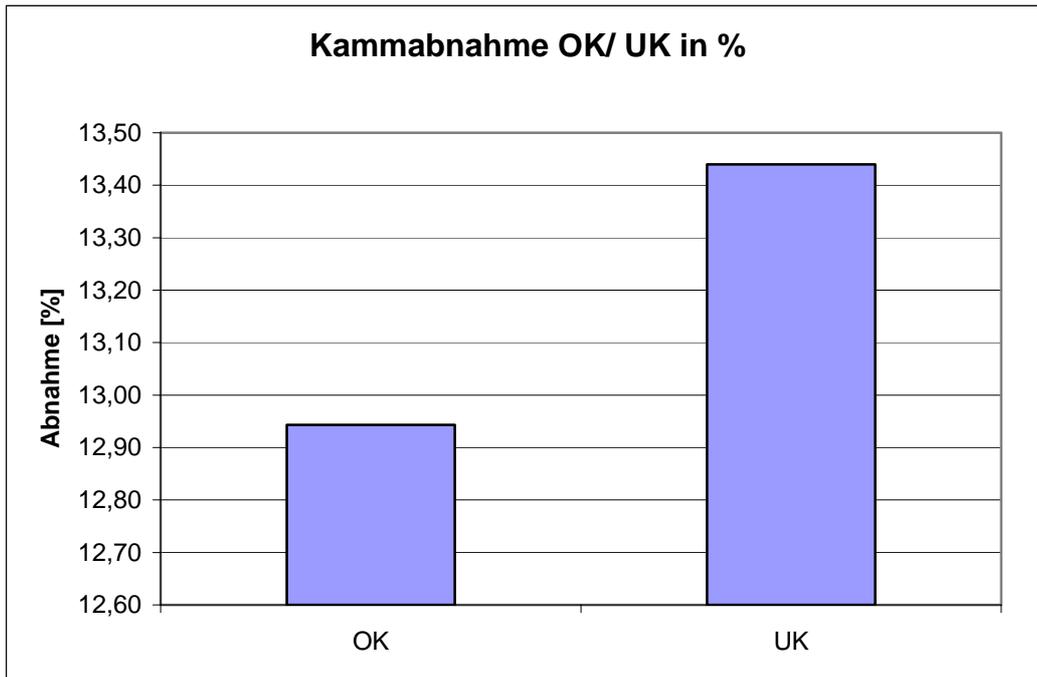


Abb. 24 Gegenüberstellung der Kammverluste im OK und UK

Der Unterschied des Kammverlustes im OK 12,94 % gegenüber dem UK 13,44 % ist mit 0,5 % relativ gering (Abb. 24). Es ist keine Signifikanz nach dem t-Test für unabhängige Stichproben nachweisbar.

Da der Stichprobenumfang von je 5 Patienten sehr gering ist, lag die Vermutung nahe, keinen statistischen Nachweis für den Kammverlust des OK gegenüber dem des UK belegen zu können. Anhand der Poweranalyse wurde auf Grund des geringen Stichprobenumfanges eine Testgüte von nur 6 % festgestellt. Eine ausreichende Güte (80 %) ist erst ab einem $n=305$ je Gruppe erreichbar. Nachfolgend wurden noch weitere Tests zwischen OK und UK durchgeführt. Für diese kann auf Grund des kleinen Stichprobenumfanges keine ausreichende Power erreicht werden.

3.1.2 Messergebnisse und deren Darstellung in den Knochenschnitten

Die Knochenschnitte beinhalten die Fläche, die, wie unter (2.3.6) beschrieben, durch Sounding ermittelt wurden.

Der Vergleich der einzelnen Schnittflächen bei den jeweiligen Probanden zeigt erwartungsgemäß Unterschiede (Abb. 25). Eine regelmäßige Abhängigkeit der Schnittlage und der Flächengröße lässt sich daraus nicht ableiten. Die größte Fläche wurde bei TK distal mit 4842 Flächenpunkten, die geringste bei RI distal mit 1527 Punkten gemessen. Die größte Differenz zeigen die Messungen bei TK mit 684 Punkten gleich 14,1 %, die geringste bei TJ mit 59 entsprechend 1,4 %.

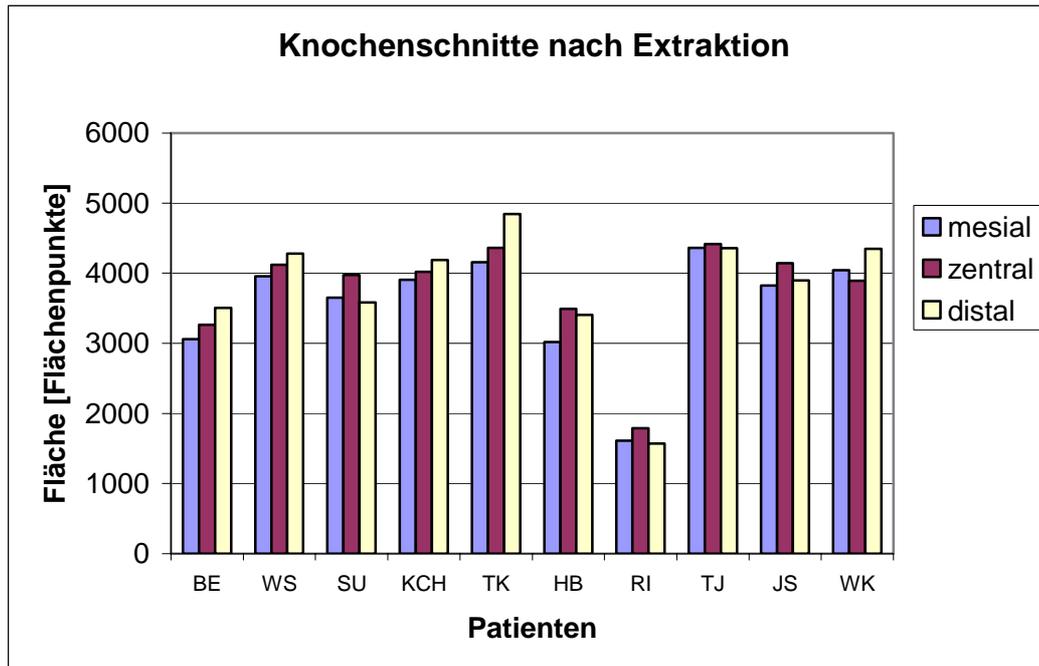


Abb. 25 Gegenüberstellung der mesialen, zentralen und distalen Knochenschnitte in Flächenpunkten nach Extraktion.

Der Durchschnitt der beschriebenen drei Messflächen über alle Patienten zeigt geringfügige Unterschiede (Abb. 26). Den höchsten Durchschnittswert zeigen die Distalflächen mit 3798 Flächenpunkten, gefolgt von den zentralen mit 3764 und die Mesialflächen mit 3559 Punkten. Dieses Ergebnis entspricht einer Standardabweichung zwischen 1,2 % und 3,8 %. Nach dem Paardifferenzen t-Test liegen signifikante Unterschiede nur zwischen mesial und zentral ($p=0,007$) und mesial und distal ($p=0,013$) vor.

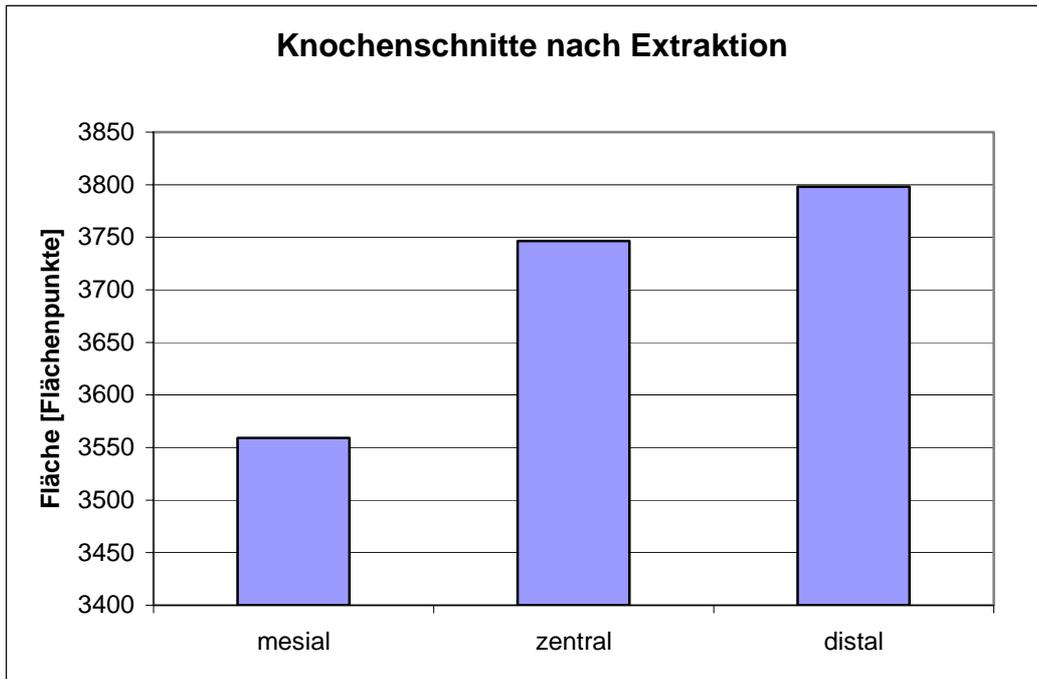


Abb. 26 Durchschnitt aller mesialen, zentralen und distalen Knochenschnitte in Flächenpunkten

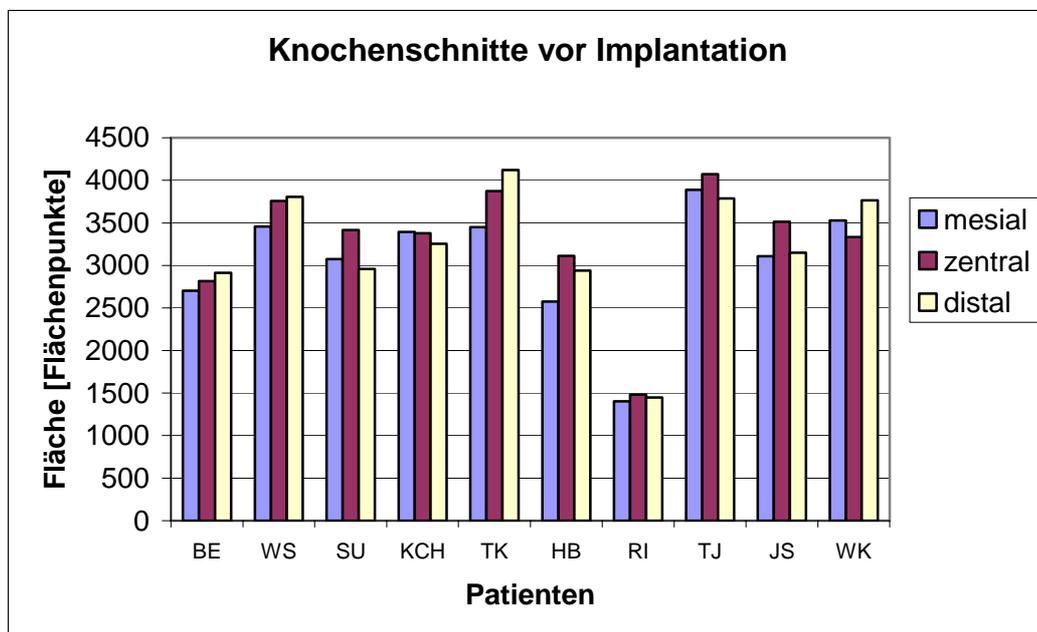


Abb. 27 Gegenüberstellung der mesialen, zentralen und distalen Knochenschnitte in Flächenpunkten 8 Wochen nach Extraktion vor der Implantation.

Entsprechend den 8 Wochen zurückliegenden Messergebnissen kann auch hier (Abb. 27) kein Zusammenhang zwischen Messstelle und Flächengröße hergestellt werden.

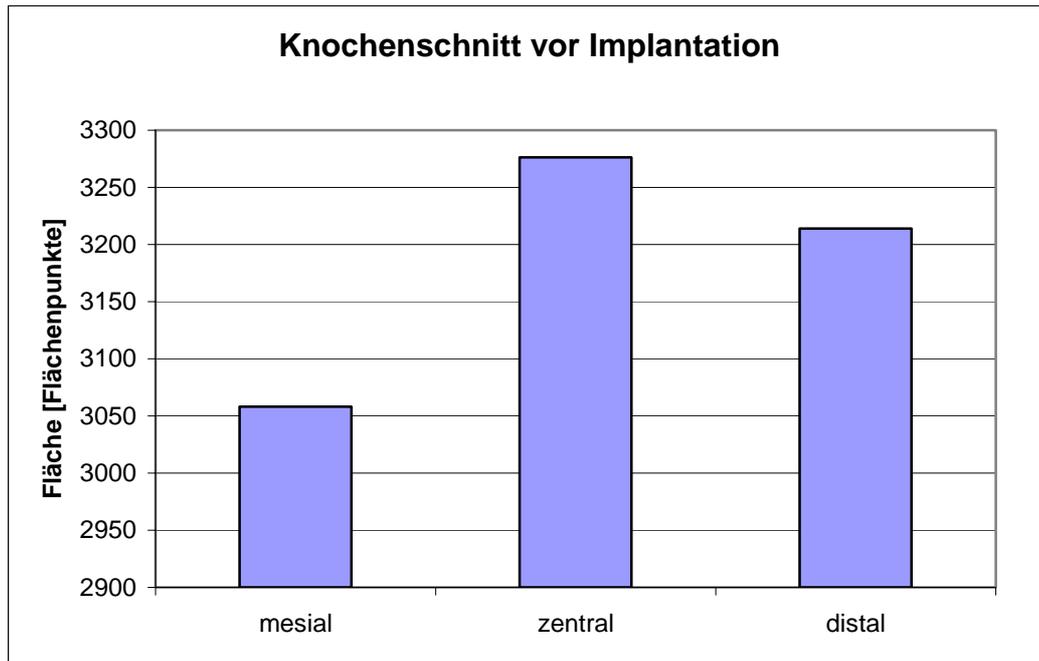


Abb. 28 Durchschnitt aller mesialen, zentralen und distalen Knochenschnitten vor Implantation in Flächenpunkten

Der Durchschnitt aller mesialen, zentralen und distalen Knochenschnitte zeigen nur geringe Abweichungen (Abb. 28). Sie liegen zwischen 0,9 % und 3,9 %, wobei ein signifikanter Unterschied nur zwischen den Mesial- und Zentralschnitten ($p=0,014$) nachzuweisen ist.

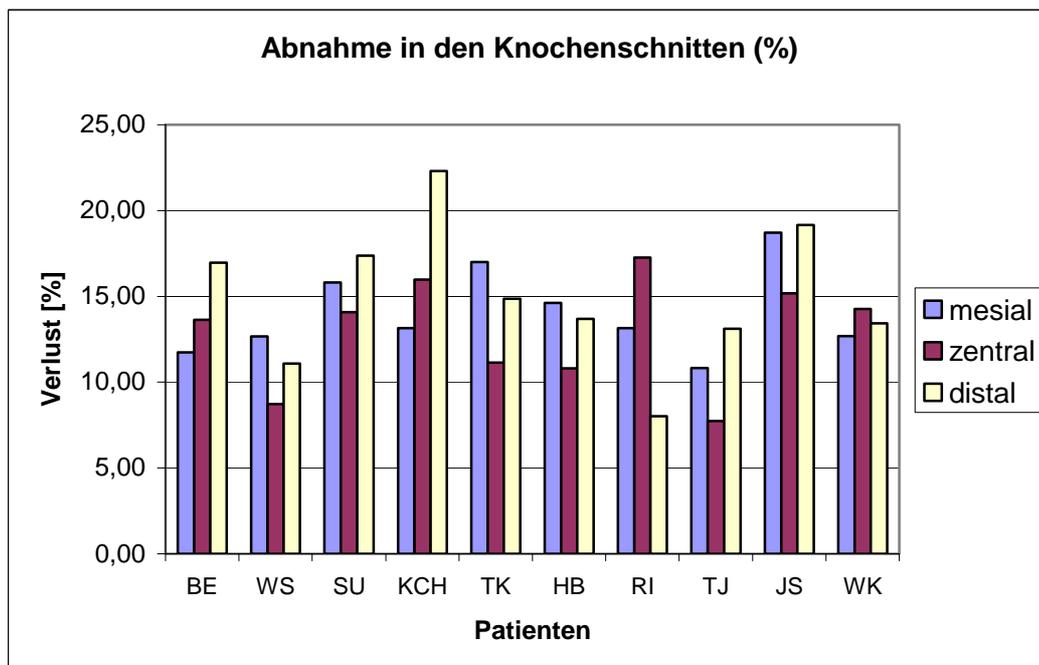


Abb. 29 Knochenverlust 8 Wochen nach Socketpreservation in den einzelnen Knochenschnitten

Der Knochenverlust in diesen Schnitten (Abb. 29) liegt größtenteils zwischen 10 % und 15 %. Die größte Knochenabnahme fand an dem Distalschnitt von KCH mit 22,3 % statt, die geringste im Mesialschnitt von TJ mit 7,74 %.

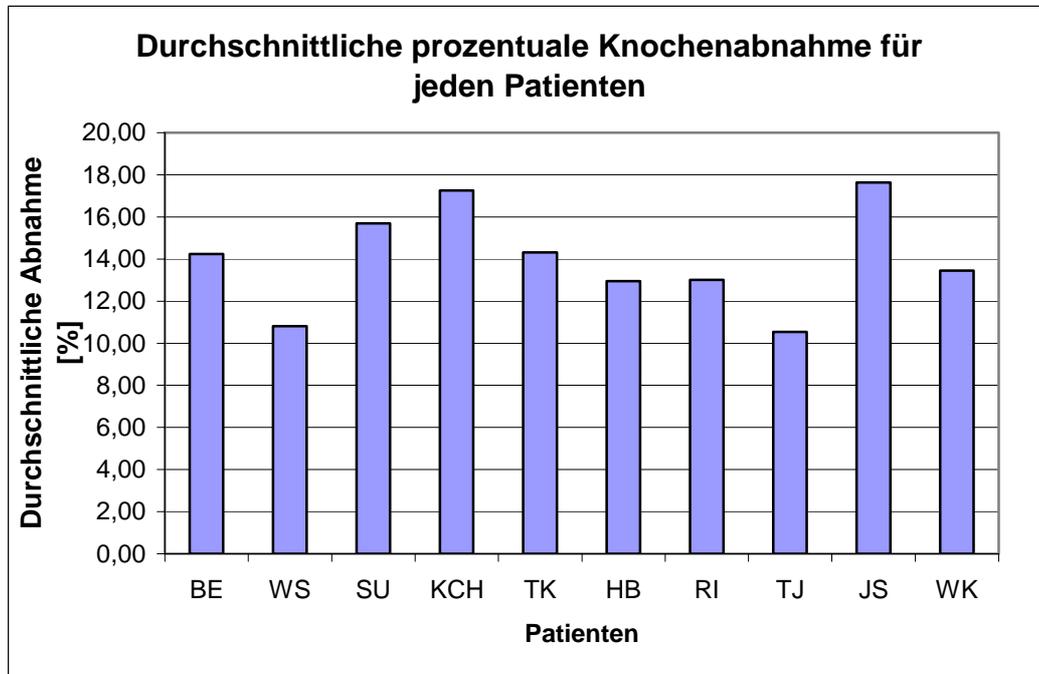


Abb. 30 Durchschnitt des Knochenverlustes aus der Summe der einzelnen Schnitte für jeden Patienten

Aus der Summe des Knochenverlustes der einzelnen mesialen, zentralen und distalen Schnitte 8 Monate nach Socketpreservation wurde der Verlust für jeden Patienten ermittelt (Abb. 30). Die geringste Abnahme zeigte Patient TJ mit 10,6 %, die umfangreichste Proband JS mit 17,6 %. Bei 8 von 10 Patienten lag der Verlust zwischen 10,6 % und 15,7 %.

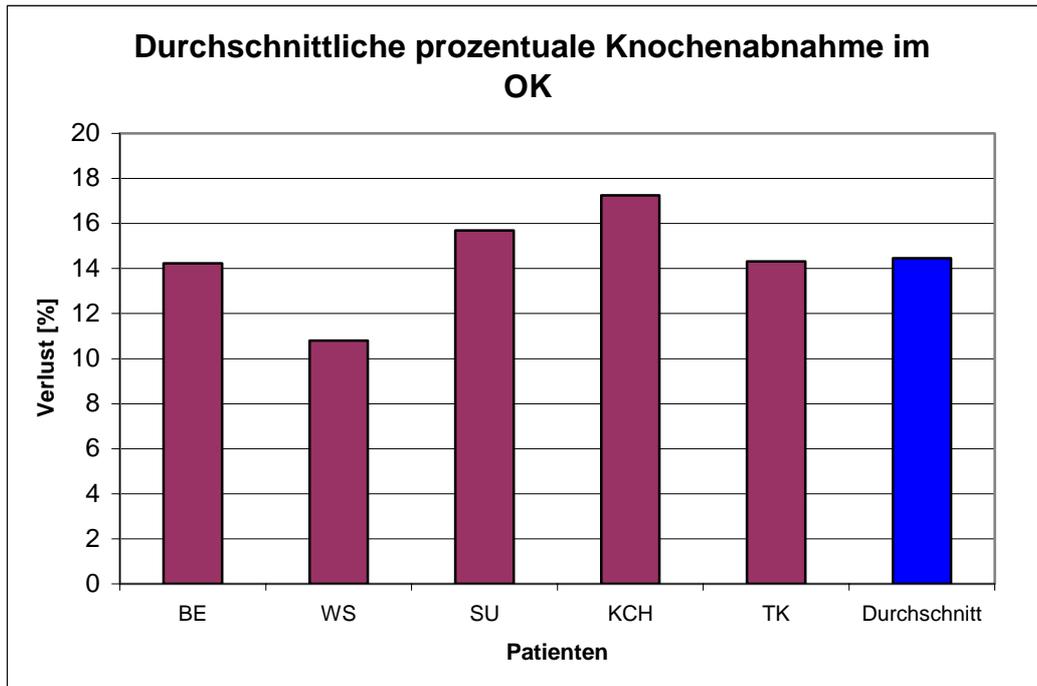


Abb. 31 Durchschnittlicher Knochenverlust nach Socketpreservation allein im Oberkiefer

Hier ist der durchschnittliche Knochenverlust allein für den Oberkiefer dargestellt (Abb. 31). Die Verluste liegen zwischen 10,9 % (WS) und 17,3 % (KCH), die durchschnittliche Abnahme im OK bei 14,5 %.

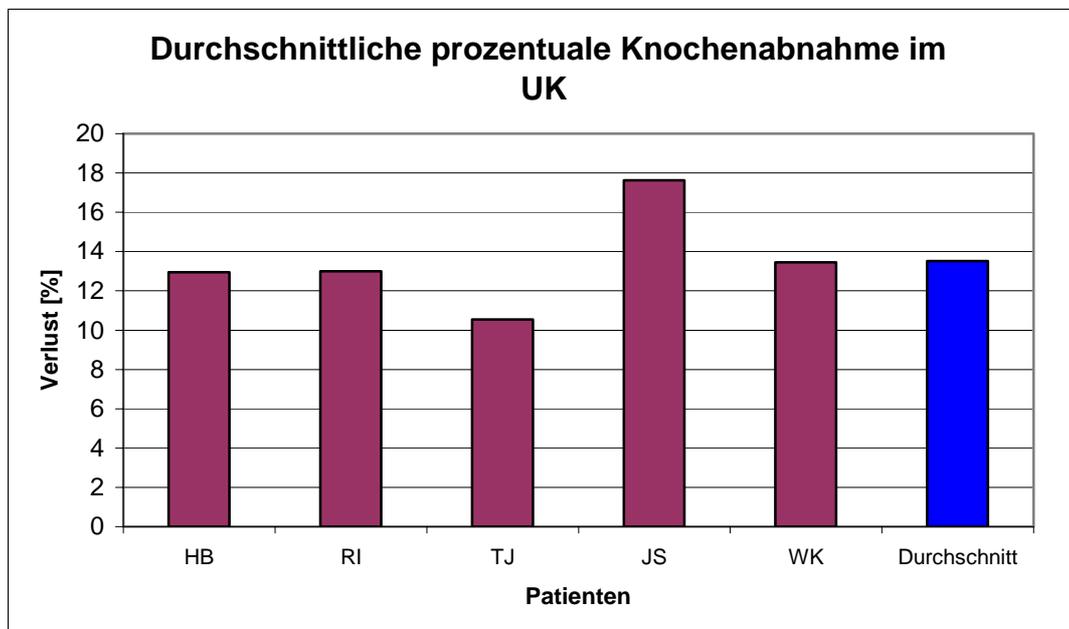


Abb. 32 Durchschnittlicher Knochenverlust nach Socketpreservation allein im UK

Der durchschnittliche Knochenverlust allein im Unterkiefer (Abb. 32) liegt insgesamt bei 13,5 %.

Der größte Verlust wurde bei JS mit 17,6 %, der geringste bei TJ mit 10,5 % gemessen.

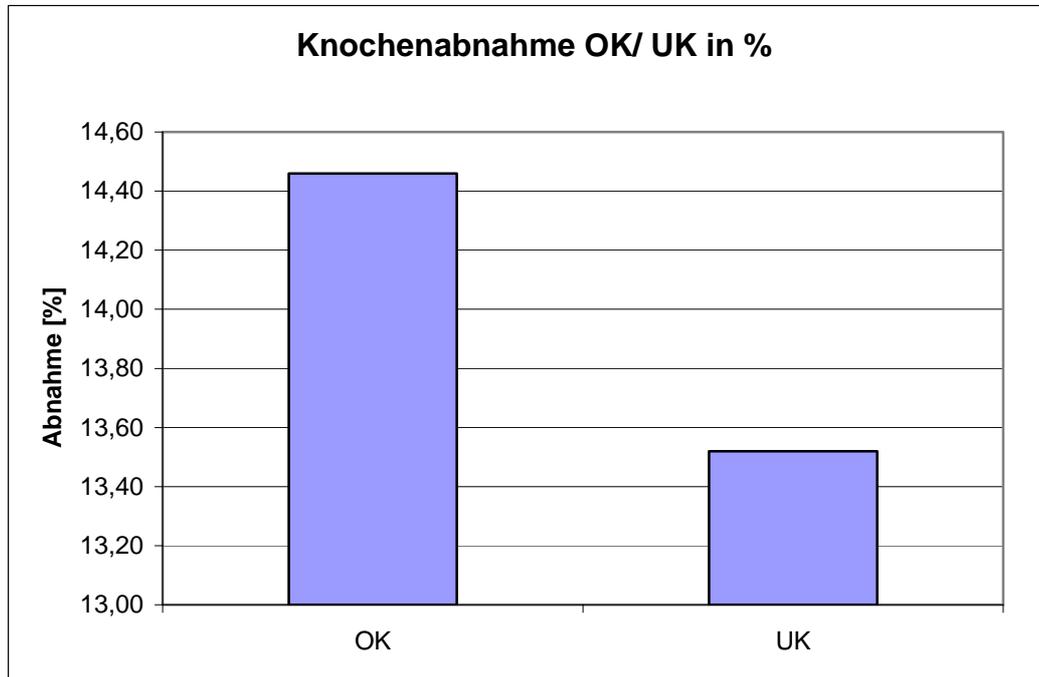


Abb. 33 Gegenüberstellung der Knochenverluste im OK und UK

Hier (Abb. 33) ist der durchschnittliche Knochenverlust der jeweils 5 Probanden im Unterkiefer, 13,5 %, und Oberkiefer, 14,5 %, vergleichend gegenübergestellt. Das ist nach dem t-Test für unabhängige Stichproben kein signifikanter Unterschied.

3.1.3 Vergleich des Gewebeverlustes am Kieferkamm, am Knochen und an der Gingiva

In den vorangegangenen Kapiteln wurde in den Diagrammen die Gewebeflächen der einzelnen Schnitte für den Kieferkamm und den Knochen, sowie deren Verlust 8 Wochen nach Socketpreservation dargestellt.

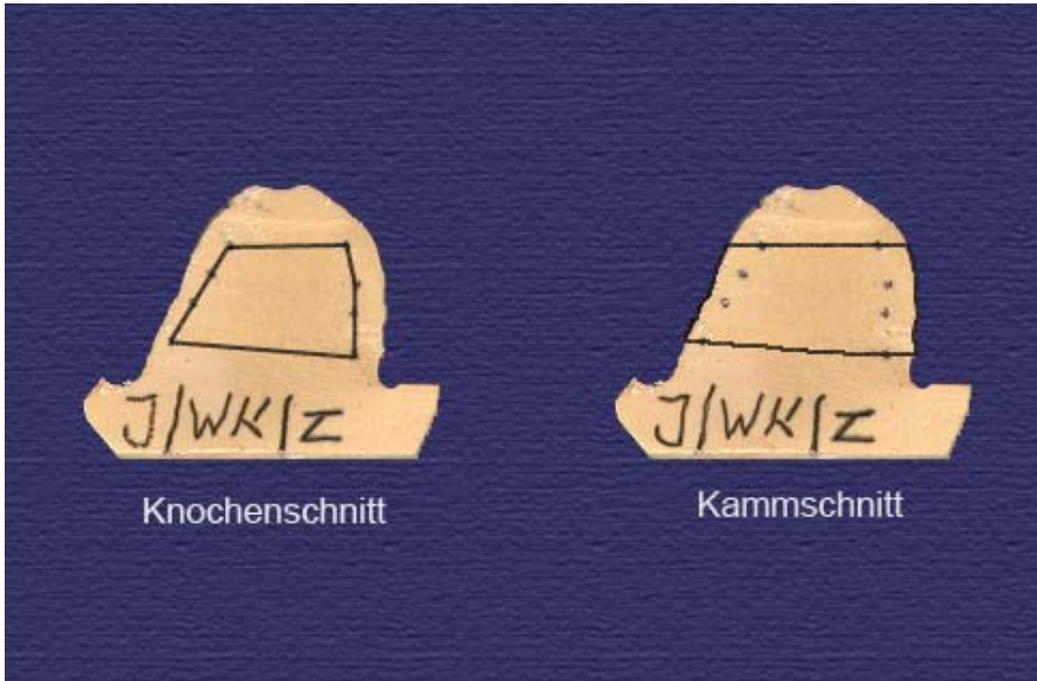


Abb. 34 Scans in den Schnitten Knochen und Kamm

In den Scans kann sowohl die Knochenfläche als auch die Kammfläche wie beschrieben ermittelt werden. Die Gingivaflächen wurden nicht gemessen, sondern aus der Differenz zwischen Kieferkamm- und Knochenfläche errechnet (Abb. 34).

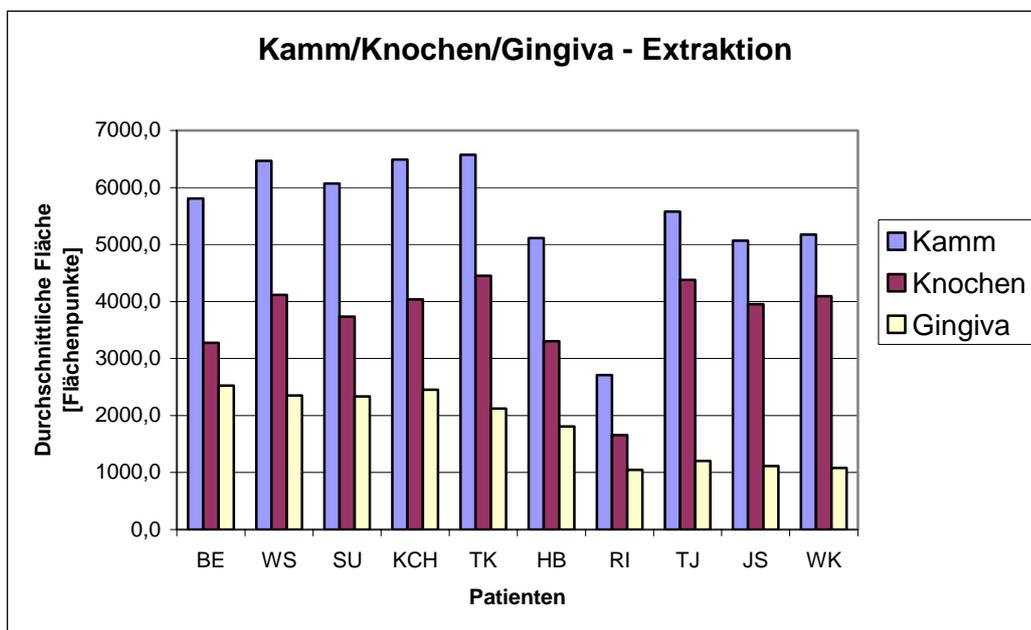


Abb. 35 Darstellung der Gewebeflächen für Kieferkamm, Knochen und Gingiva bei der Extraktion in Flächenpunkten

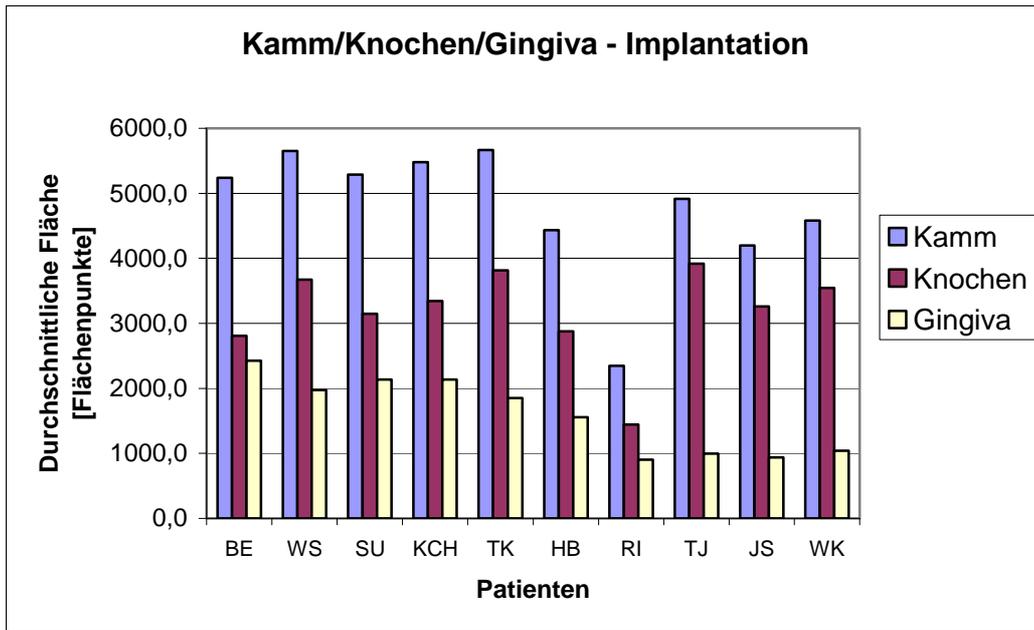


Abb. 36 Darstellung der Gewebeflächen für Kieferkamm, Knochen und Gingiva bei der Implantation in Flächenpunkten

Diese Abbildungen vermitteln einen Eindruck der Größenverhältnisse in den Schnitten für die Gewebearten Kamm, Knochen und Gingiva zum Zeitpunkt der Extraktion (Abb. 35) und 2 Monate später bei der Implantation (Abb. 36).

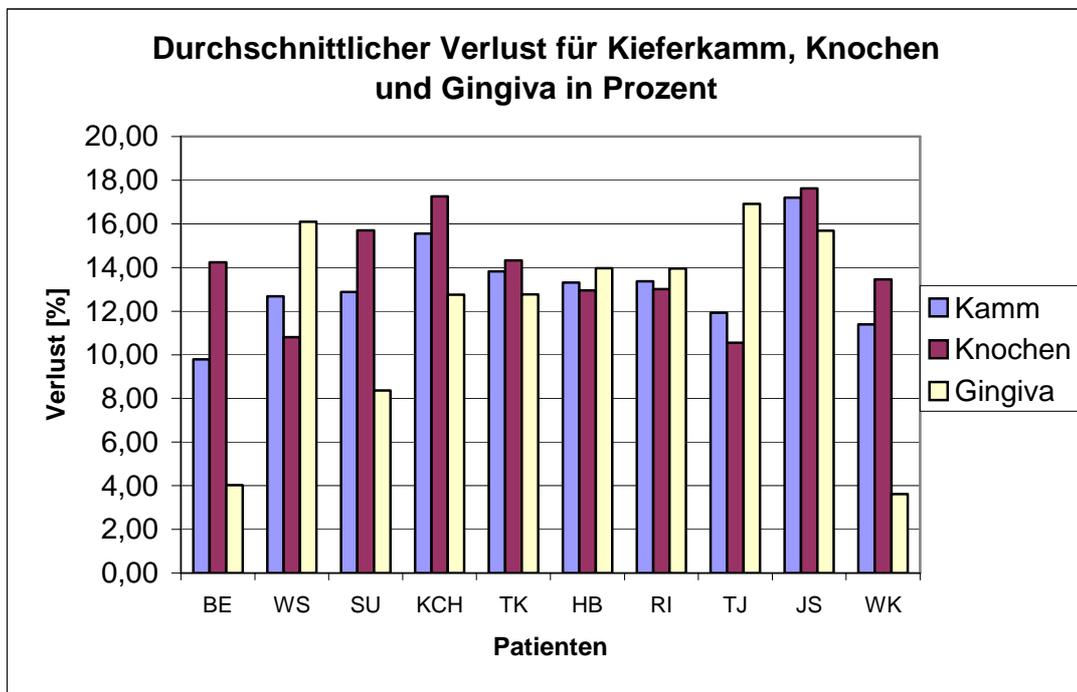


Abb. 37 Darstellung der Reduzierung von Kamm, Knochen und Gingiva

Der in den vorangegangenen Kapiteln 3.1.1 und 3.1.2 dargestellten Abnahme von Kamm und Knochen wurde der Gingivaverlust innerhalb der einzelnen Probanden zugeordnet (Abb. 37). Den geringsten prozentualen Gingivaverlust zeigt dabei Wk mit 3,6 %, den größten TJ mit 16,9 %. Eine Relation zwischen Gewebeart und Verlustumfang lässt sich nicht erkennen.

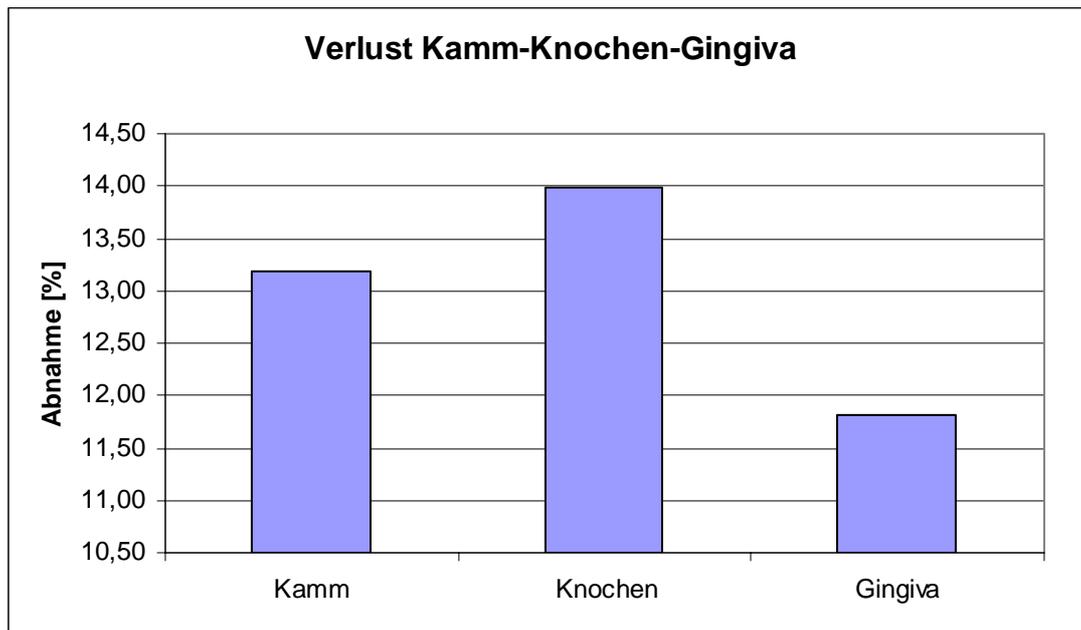


Abb. 38 Gegenüberstellung der Abnahme Kamm, Knochen und Gingiva

Im Durchschnitt über alle Patienten (Abb. 38) verliert nach zwei Monaten des Versuchszeitraumes der Knochen 13,99 %, der Kamm 13,19 % und die Gingiva 11,81 %. Für alle drei Gewebearten ist die Flächenreduzierung im Versuchszeitraum von 8 Wochen signifikant. Dies wurde anhand des Paardifferenzen-t-Tests mit einem $\alpha=0,025$ angesichts der einseitigen Fragestellung der Flächenabnahme zwischen Extraktion und Implantation ($p<0,001$) ermittelt. Nicht signifikant unterschiedlich nach dem Paardifferenzen-t-Test jedoch sind die Verluste im Vergleich zwischen Kamm, Knochen und Gingiva.

3.2 Messergebnisse der vertikalen Veränderungen

Wie unter 2.3.8 beschrieben, wurde mit Hilfe der Acrylschiene auch der Vertikalverlust des Kieferkamms erfasst. Dies geschah sowohl vestibulär als auch lingual an den jeweils drei Messpunkten an der Stelle des Auftreffens der drei Schnittflächen am Gingivalrand des Extraktionsmodells (Abb. 13, Abb. 15).

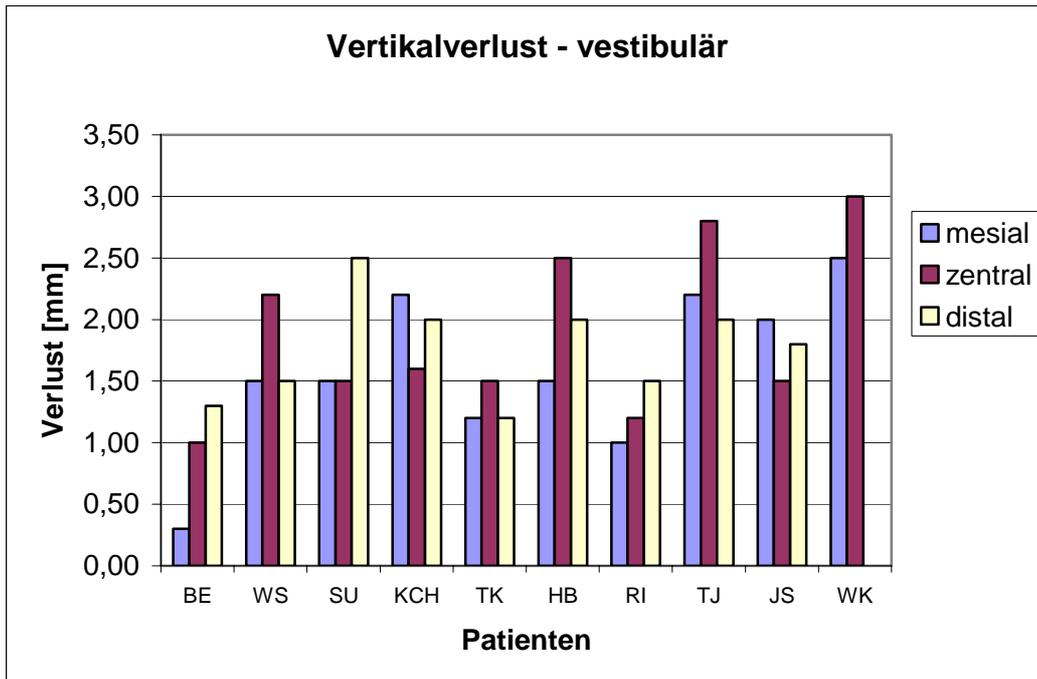


Abb. 39 Vertikalverlust an den drei vestibulären Messstellen

Die Vertikalverluste innerhalb der vestibulären Schnitte (Abb. 39) zeigen deutliche Unterschiede zwischen BE mesial 0,3 mm und WK distal 3,00 mm. Ein regelmäßiger Zusammenhang innerhalb der mesialen, zentralen und distalen Verluste ist nicht zu erkennen.

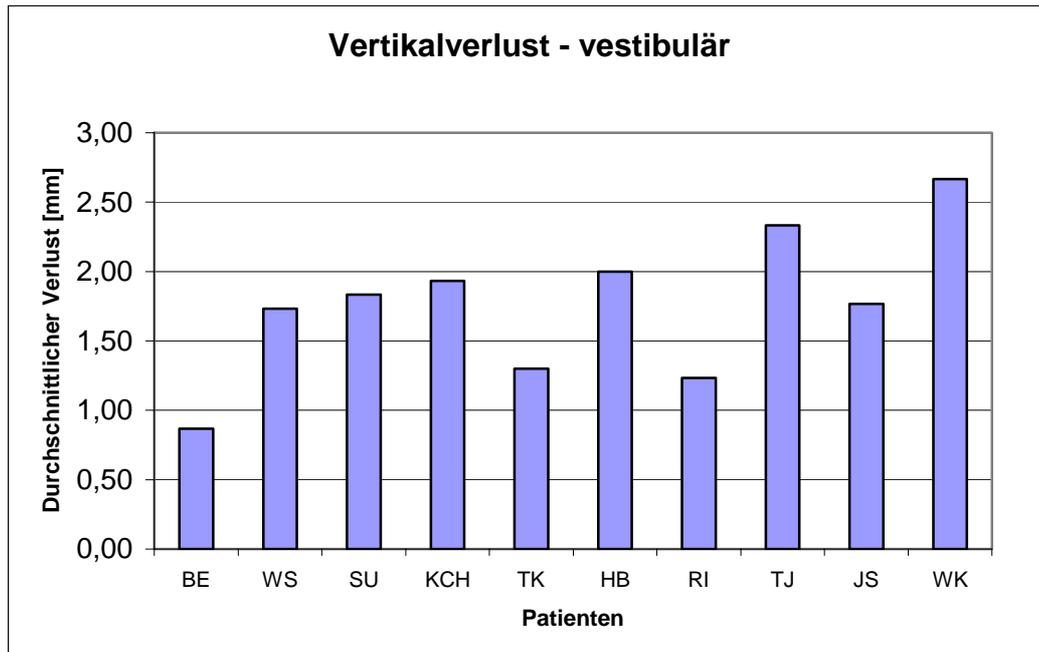


Abb. 40 Durchschnittlicher vestibulärer Vertikalverlust

Aus den drei vestibulären Vertikalmessungen eines jeden Patienten wurde der Durchschnittsverlust ermittelt (Abb. 40). Der größte Teil der Messwerte (7) liegt zwischen 1,23 mm und 2,0 mm. Den geringsten Verlust zeigt der Wert bei BE mit 0,87 mm, den größten der bei WK mit 2,67 mm.

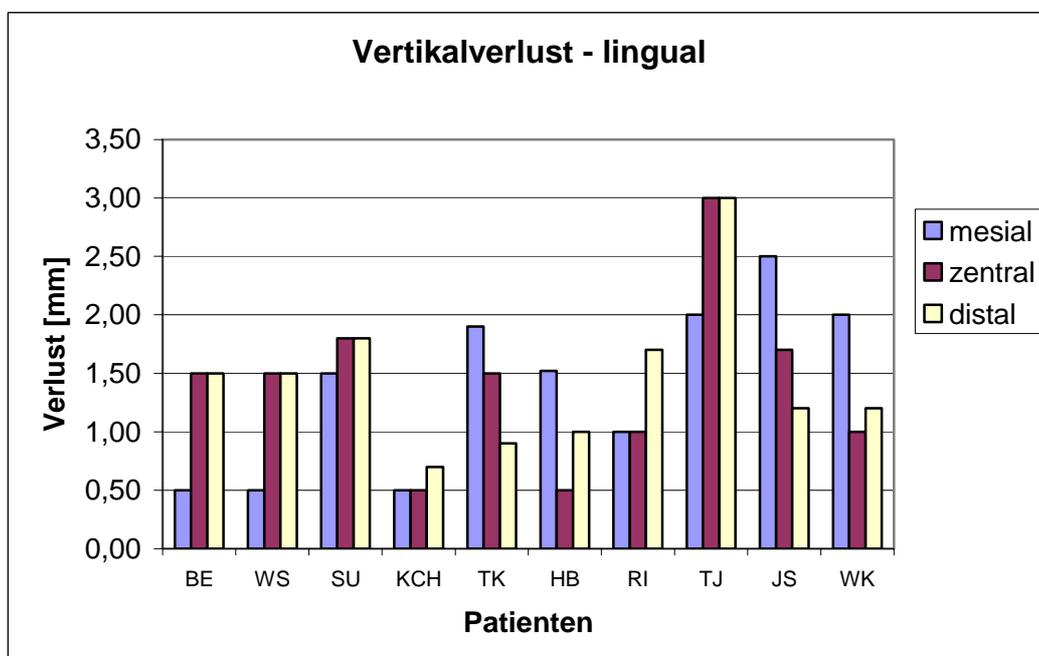


Abb. 41 Vertikalverlust an den drei lingualen Messstellen

Auch hier (Abb. 41) differieren die Werte von 0,5 mm BE mesial und WS mesial sowie KCH mesial und zentral bis TJ 3,0 mm mesial und zentral deutlich. Eine Abhängigkeit des Verlustes von dem Messpunkt ist nicht zu erkennen.

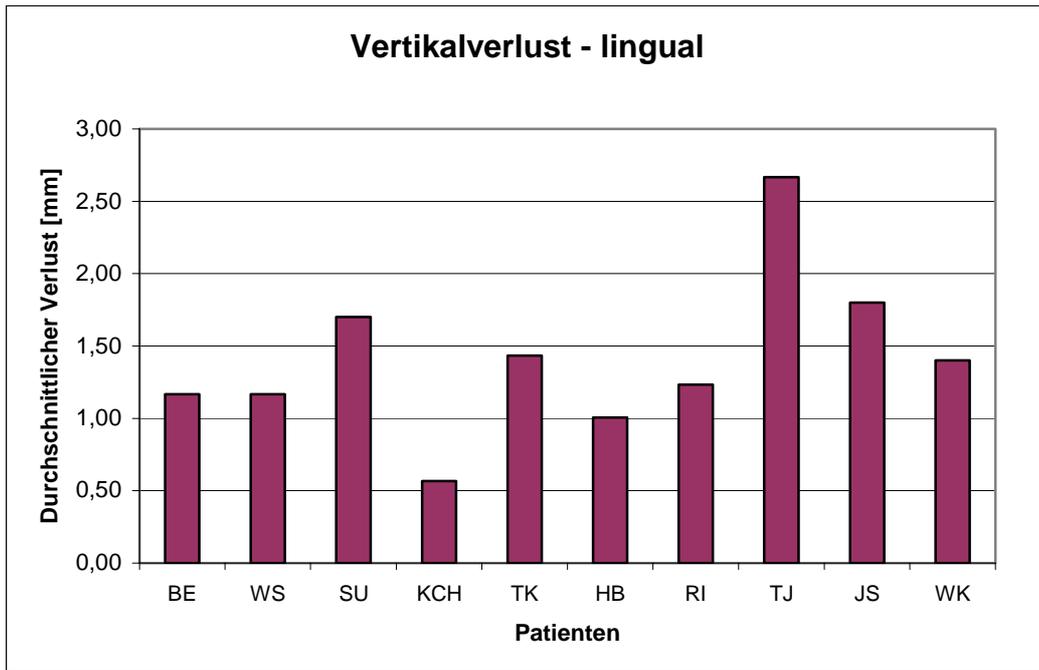


Abb. 42 Durchschnittlicher lingualer Vertikalverlust

Den vestibulären Messungen entsprechend wurde der Mittelwert der lingualen Messstellen errechnet (Abb. 42). Die Verluste stellen sich zwischen 0,57 mm bei KCH und 2,67 mm bei TJ dar. Der größte Anteil (8) liegt innerhalb der Werte 1,01 mm HB und 1,8 mm JS.

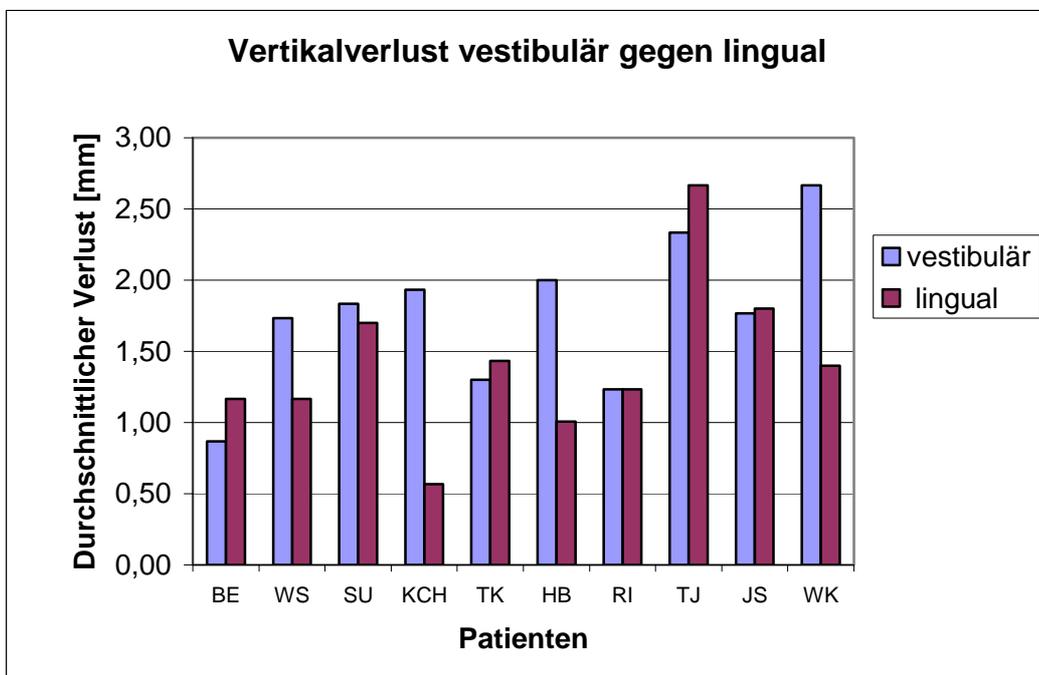


Abb. 43 Vergleich der vestibulären und lingualen Vertikalverluste

Die Gegenüberstellung der vestibulären und lingualen Vertikalverluste pro Patient (Abb. 43) zeigt keine regelmäßige Dominanz einer Seite. In fünf Fällen ist die Abnahme vestibulär höher, in einem Fall, RI, ist sie an beiden Seiten gleich und viermal ist sie lingual erhöht.

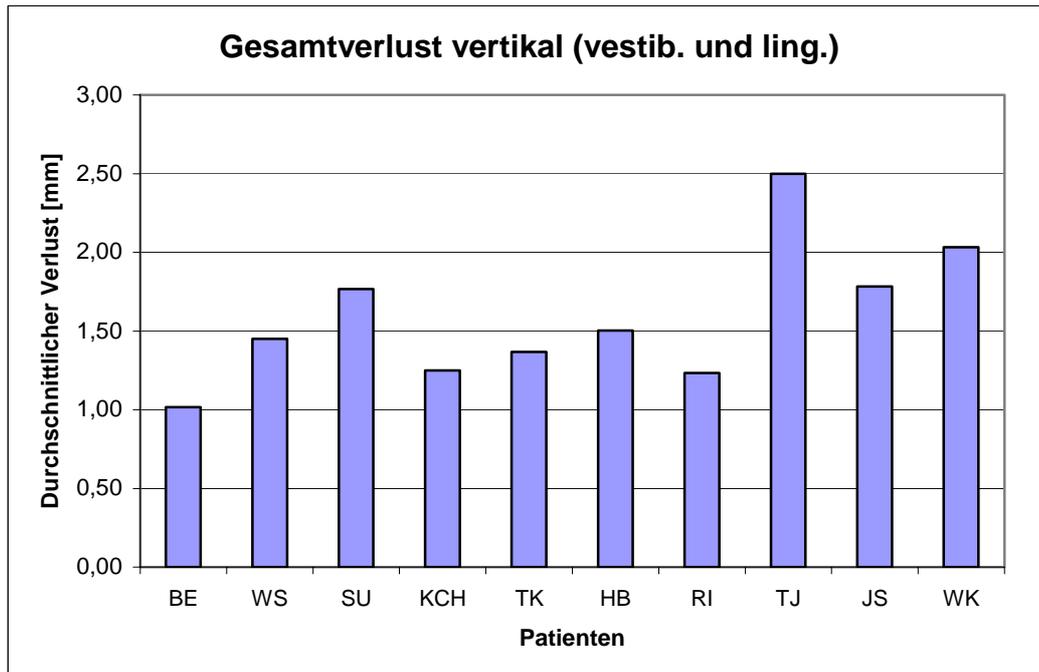


Abb. 44 Mittelwert der vestibulären und lingualen Vertikalverluste

Aus dem Mittelwert der vestibulären und lingualen Messungen resultiert der durchschnittliche vertikale Kammverlust pro Patient (Abb. 44). Die Werte liegen zwischen 1,02 mm bei BE und 2,5 mm bei TJ. Der größte Anteil (7) liegt zwischen 1,23 mm und 1,78 mm.

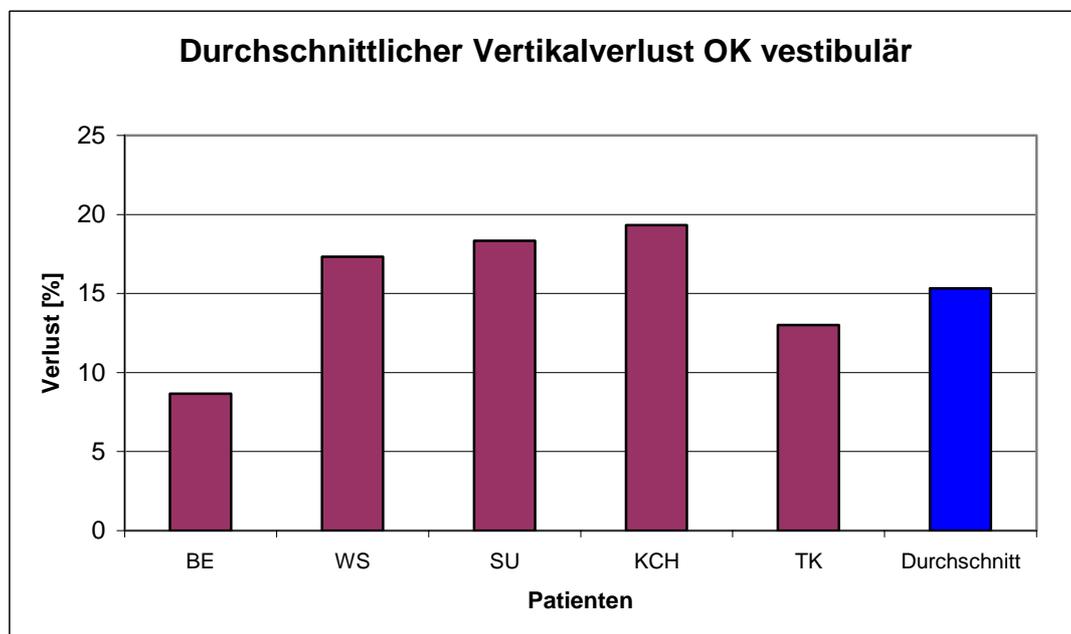


Abb. 45 Prozentualer durchschnittlicher Vertikalverlust nur im OK vestibulär

Der Möglichkeit, den prozentualen Vertikalverlust zu ermitteln, liegt folgende Überlegung zugrunde. Die Referenzlinie innerhalb der Messpunktermittlung bei der Schienenherstellung (siehe 2.3.1) ist der Gingivalrand des Extraktionsmodells. 2 mm darunter liegt der erste Messpunkt und weitere 4 mm kaudal der 5. Punkt. Die Messregion reicht somit exakt bis zu 10 mm unterhalb des Gingivalrandes des Erstmodells. Ausgehend von diesen 10 mm entspricht der prozentuale Vertikalverlust dem Zehnfachen des metrischen in mm. In Abb. 45 liegt der Vertikalverlust isoliert für den OK betrachtet zwischen 8,7 % bei BE und 19,3 % bei KCH. Alle Messungen im OK ergeben einen Mittelwert von 15,3 %.

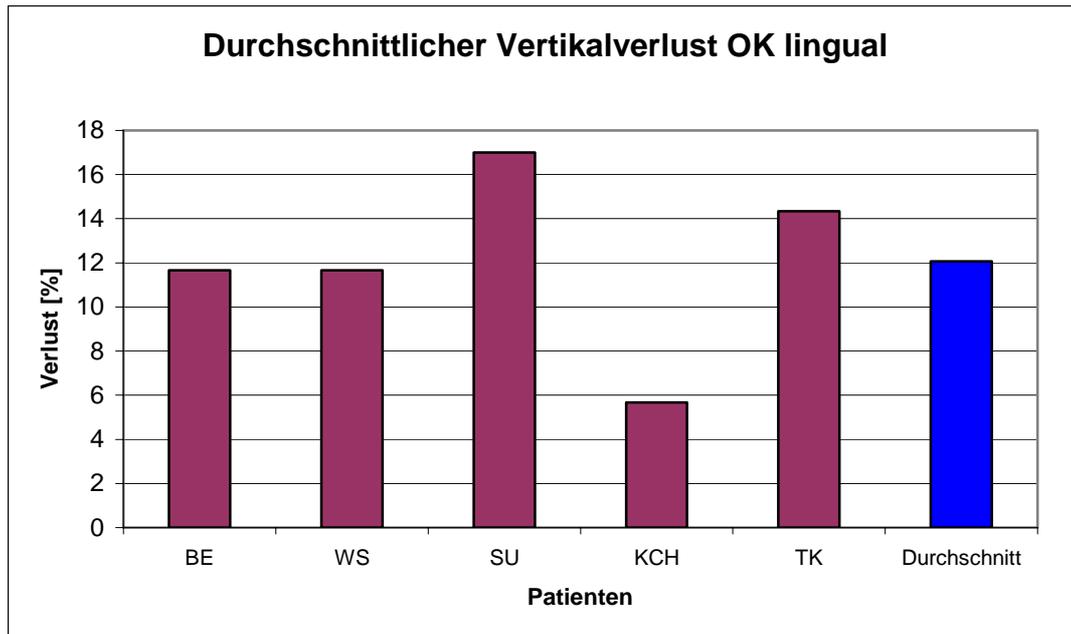


Abb. 46 Prozentualer durchschnittlicher Vertikalverlust nur im OK lingual

Um eine mögliche unterschiedliche Verlusttendenz abhängig sowohl von Ober- und Unterkiefer, als auch von der vestibulären und lingualen Messstelle zu ermitteln, werden diese isoliert betrachtet und nachfolgend verglichen. Im lingualen OK (Abb. 46) liegen die Werte zwischen 5,7 % bei KCH und 17 % bei SU, der Mittelwert bei 12,07 %.

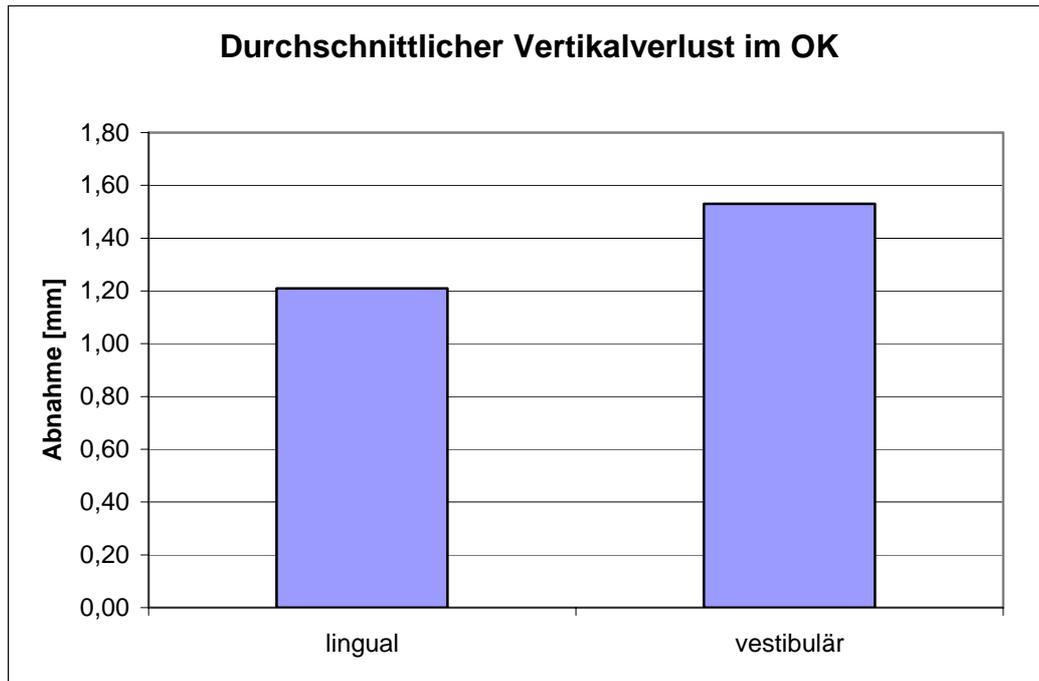


Abb. 47 Vergleich des vestibulären und lingualen Vertikalverlustes im OK

Im Vergleich der vertikalen Kieferkammabnahme liegt im Ok der Verlust vestibulär mit 1,5 mm bzw. 15,3 % höher als lingual mit 1,2 mm, bzw. 12,1 % (Abb. 47). Die Differenz beträgt 0,3 mm entsprechend 3,2 % des Mehrverlustes auf der vestibulären Seite. Dies stellt nach dem t-Test für unabhängige Stichproben keinen signifikanten Unterschied dar.

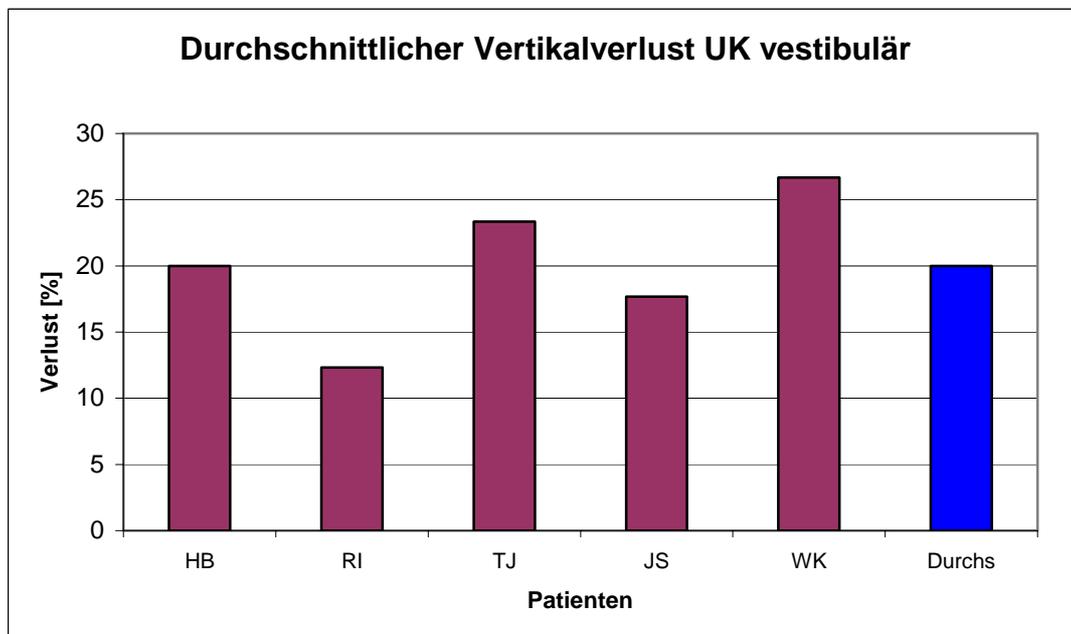


Abb. 48 Vertikalverlust nur UK und vestibulär

Bei alleiniger Betrachtung des vestibulären Unterkiefers (Abb. 48) liegen die Vertikalverluste zwischen 12,3 % RI und 27,7 % WK, der Gesamtdurchschnitt bei 20,0 %.

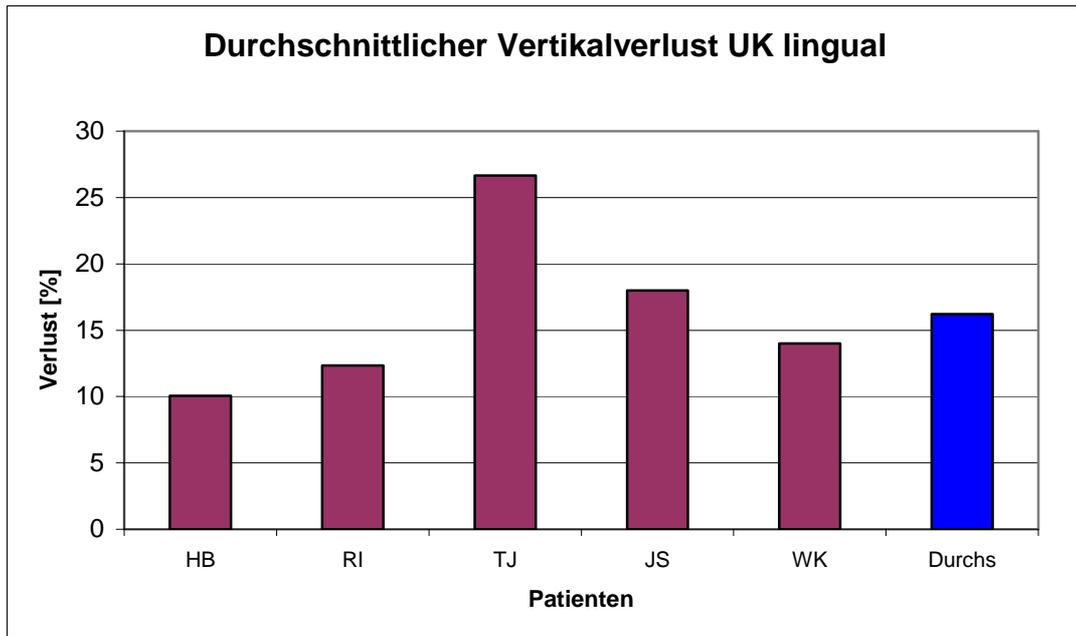


Abb. 49 Vertikalverlust nur UK und lingual

Die vertikale Kammabnahme allein im lingualen Unterkiefer (Abb. 49) liegt zwischen 10,1 % bei HB und 26,7 % bei TJ. Der Gesamtdurchschnitt zeigt den Wert 16,2 %.

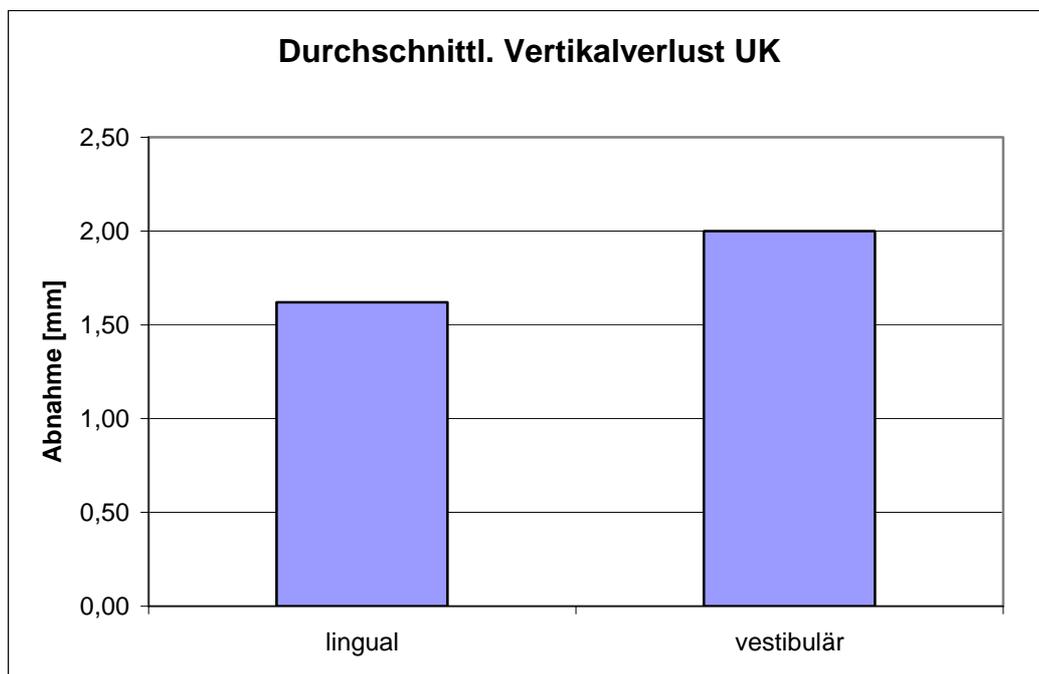


Abb. 50 Vergleich des vestibulären und lingualen Vertikalverlustes im UK

Bei dem Vergleich der vertikalen Kammabnahme im Unterkiefer zeigt die Vestibulärseite mit 20 %, bzw. 2 mm, gegenüber der Lingualseite mit 16,2 %, bzw. 1,6 mm den größeren Abbau (Abb. 50). Die Differenz beträgt 3,8 % entsprechend 0,4 mm und ist nach dem t-Test für unabhängige Stichproben kein signifikanter Unterschied.

Innerhalb der vestibulären Vertikalverluste dominiert der Unterkiefer mit 20 % (Abb. 48) gegenüber dem Oberkiefer (Abb. 45) mit 15,3 %. Das entspricht einer Differenz von 4,7 % zu Ungunsten des Unterkiefers.

Auch auf der Lingualseite liegen die Vertikalverluste im Unterkiefer (Abb. 49) mit 16,2 % höher als im Oberkiefer (Abb. 46) mit 12,1 %. Der Unterschied beträgt 4,1 %. Weder beim Vergleich der Vertikalverluste lingual und vestibulär im OK und UK sind nach dem t-Test für unabhängige Stichproben signifikante Unterschiede zu erkennen.

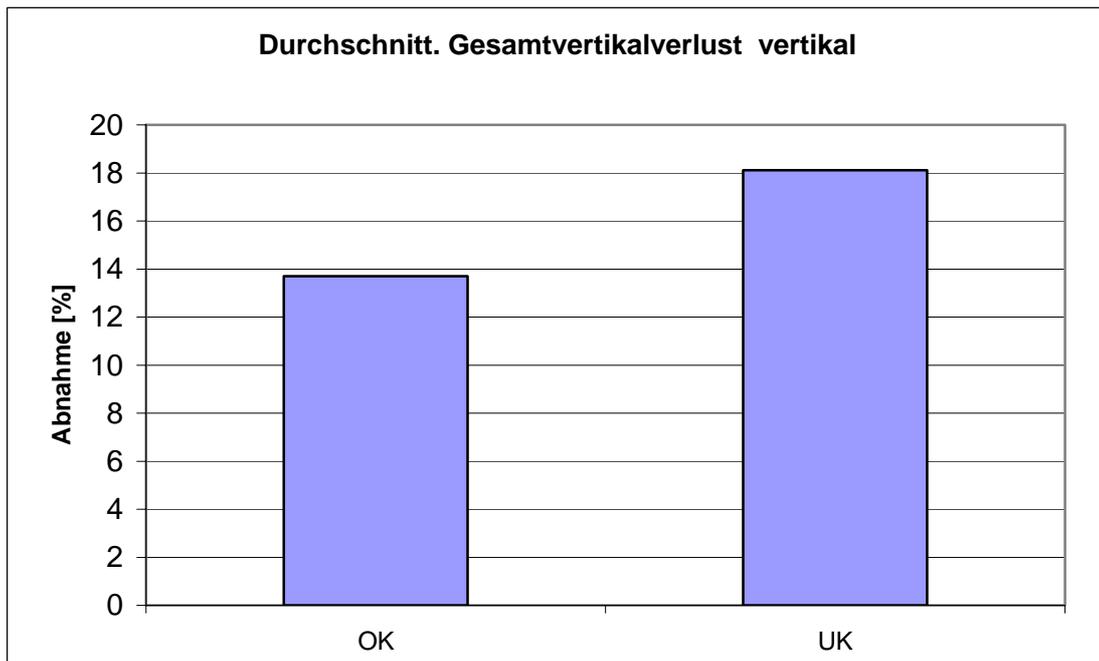


Abb. 51 Vergleich des Gesamtvertikalverlustes im OK und UK

Der vertikale Gesamtverlust übertrifft im Unterkiefer mit 18,2 % den Verlust im Oberkiefer mit 13,7 % um 4,5 % (Abb. 51). Das ist nach dem t-Test für unabhängige Stichproben kein signifikanter Unterschied.

3.3 Messergebnisse der horizontalen Veränderungen

Die horizontale Kammreduktion im Versuchszeitraum wurde, wie unter 2.3.7 dargestellt, gemessen (Abb. 14). Für jeden Patienten ergaben sich so die drei Werte mesial, zentral und distal.

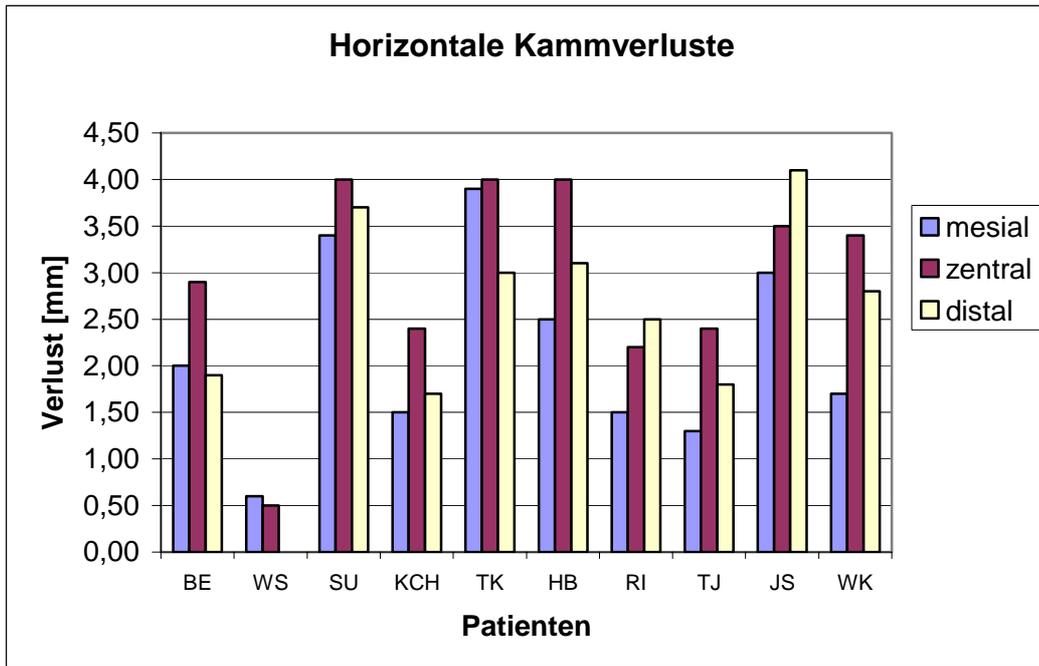


Abb. 52 Mesiale, zentrale und distale horizontale Kammverluste

Die Horizontalverluste (Abb. 52) differieren metrisch deutlich. Die geringste Abnahme zeigt WS mit distalen 0,0 mm, die deutlichste JS distal mit 4,1 mm. Eine Präferenz in Beziehung zur Abnahme der horizontalen Dimensionen innerhalb der drei Messpunkte stellt sich nicht dar.

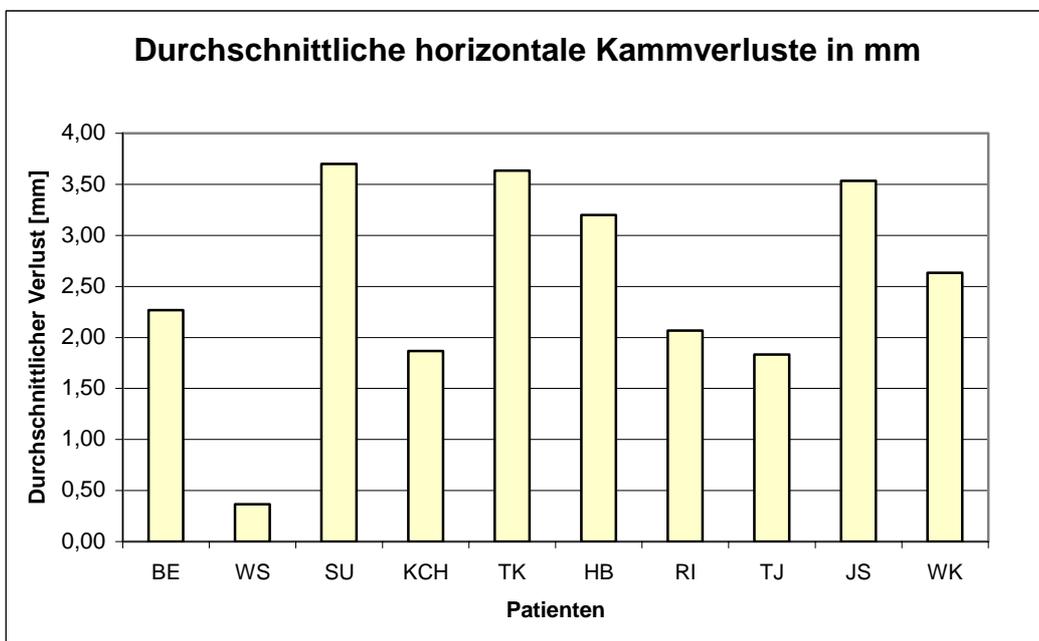


Abb. 53 Durchschnittlicher horizontaler Kammverlust für jeden Patienten

Im Schnitt liegt hier (Abb. 53) der Horizontalverlust zwischen WS 0,37 mm und SU 3,7 mm.

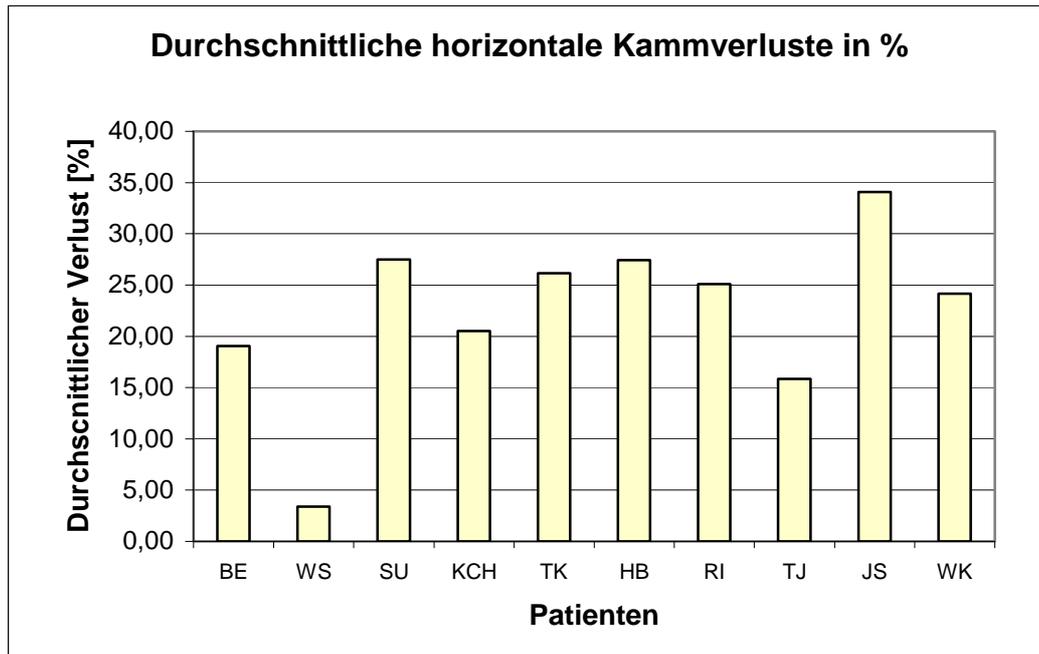


Abb. 54 Durchschnittliche horizontale Kammverluste für alle Patienten in %

Prozentual stellt sich der horizontale Kammverlust (Abb. 54) von 3,4 % bei WS und 34,1 % bei JS dar. Die durchschnittliche horizontale Kammabnahme liegt bei 22,3 %.

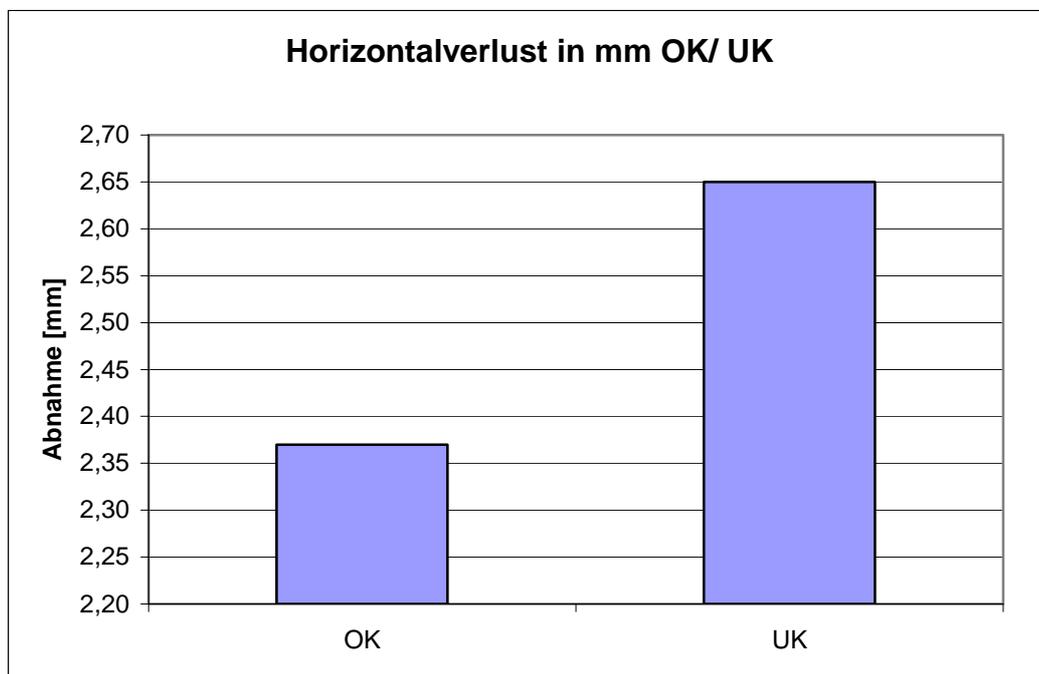


Abb. 55 Gegenüberstellung des Horizontalverlustes im OK und UK in mm

Die durchschnittlichen Horizontalverluste (Abb. 55) im Unter- und Oberkiefer differieren geringfügig um 0,3 mm.

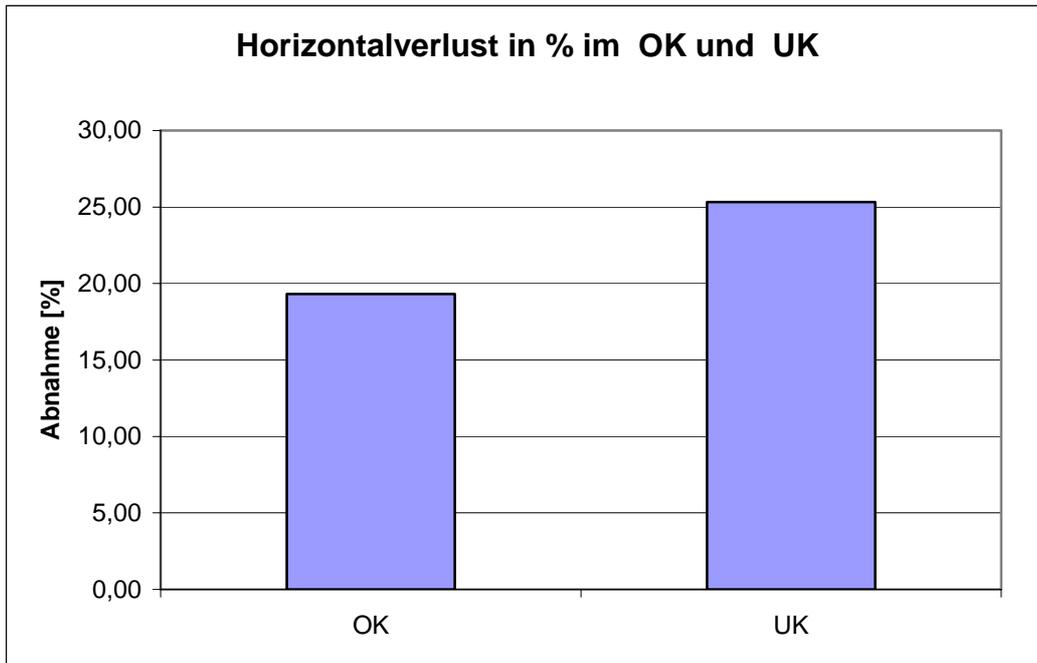


Abb. 56 Gegenüberstellung des Horizontalverlustes im OK und UK in %

Den größeren prozentualen Horizontalverlust bietet der Oberkiefer mit 25,3 %. Der Unterkiefer schrumpft horizontal um 19,3 %, 6 % weniger. Nach dem t-Test für unabhängige Stichproben ist dieser Unterschied nicht signifikant (Abb. 56).

3.4 Zusammenstellung aller Daten

Im Folgenden werden die prozentuale Gewebereduktion für die einzelnen Gewebearten und Messungen für jeden Patienten zusammengefasst dargestellt. Die Grafiken veranschaulichen damit die unterschiedliche Substanzreduktion innerhalb der einzelnen Probanden und im Vergleich der einzelnen Messmodalitäten.

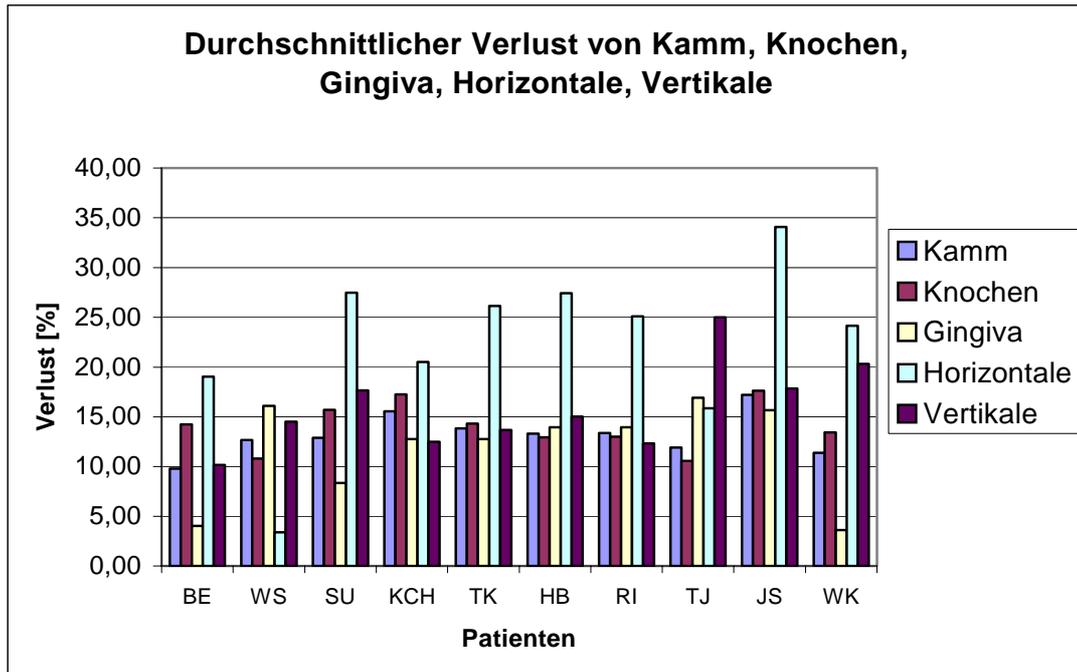


Abb. 57 Die durchschnittlichen Gewebeverluste aller Probanden

Parallelen in der Abnahmetendenz der dargestellten Schnitte und Messwerte sind innerhalb der einzelnen Probanden nicht erkennbar. Das heißt, dass keine Gewebeart regelmäßig mehr abnimmt als eine andere (Abb. 57).

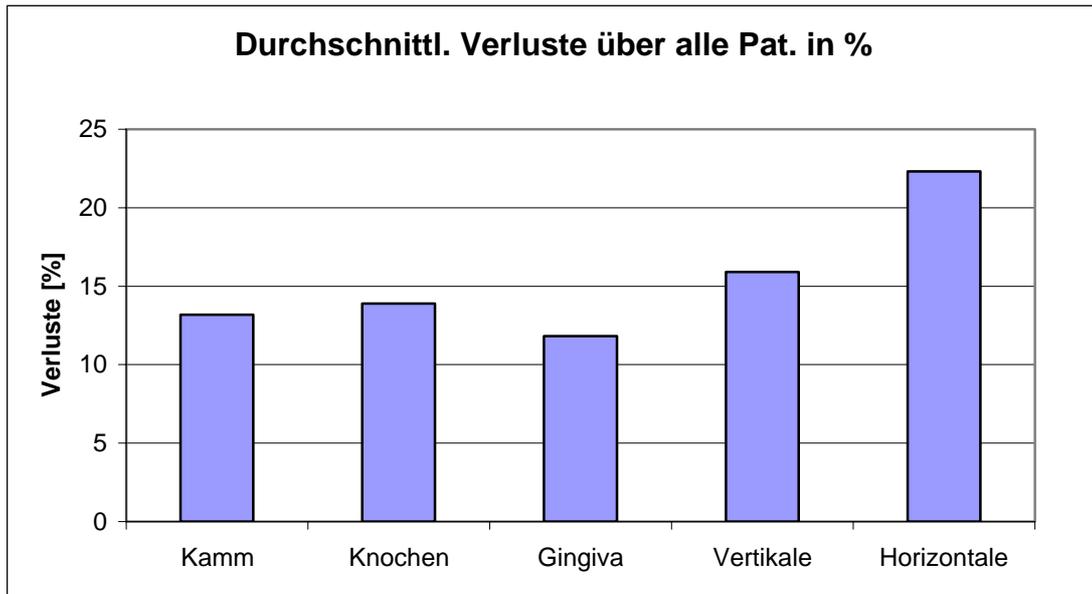


Abb. 58 Verluste der einzelnen Gewebearten und Messwerte

Der Vergleich der prozentualen Abnahme von Kieferkamm, Kieferknochen, der Gingiva der Vertikalen und der Horizontalen (Abb. 58) zeigt zum größten Teil eine deutliche Nähe. Der Kieferkamm mit 13,2 %, der Kieferknochen mit 13,9 %, die Gingiva mit 11,8 % und die Vertikale mit 15,9 % weisen eine Differenz von 4,1 % auf. Den größten Verlust bietet die Horizontale mit 22,3 %. Nach dem Paardifferenzen-t-Test für unabhängige Stichproben mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,005 (Bonferroni) ist der Unterschied im Verlust zwischen Kieferkamm und Horizontaler ($p=0,004$) und zwischen Knochen und Horizontaler ($p=0,004$) signifikant. Innerhalb der Verluste zwischen Kieferkamm, Knochen, Gingiva und dem der Vertikalen bestehen in keiner Beziehung signifikante Unterschiede.

4 Diskussion

4.1 Auswertung der Ergebnisse aus den Vertikalschnitten

Die Flächen der Vertikalschnitte wurden für die Gewebearten Kieferkamm, Knochen und Gingiva ausgewertet (Abb. 16 ff).

4.1.1 Auswertung der Kieferkammschnitte

Die mesialen, zentralen und distalen Kammschnitte zeigen in ihren Größenverhältnissen keine regelmäßige Tendenz (Abb. 16). Bei der Betrachtung der Durchschnittswerte aller Mesial-, Zentral- und Distalschnitte (Abb. 17) fällt eine Flächenzunahme in dieser Reihenfolge bei einer Standardabweichung von 2,3 % bis 2,5 % auf. Signifikant ist dieser Unterschied nur für die Mesialfläche in Beziehung zu den beiden anderen Flächen. Dies trifft sowohl für die Kammschnitte bei der Extraktion (Abb. 17) als auch für die zum Zeitpunkt der Implantation zu (Abb. 19).

Der Flächenverlust nach den zwei Monaten des Versuchszeitraums zum Zeitpunkt der Implantation gestaltete sich durchaus unterschiedlich (Abb. 20, Abb. 21). Jedoch lagen 80 % der Probanden innerhalb eines Intervalls von nur 4 %, zwischen 9,8 % und 13,8 %. Die übrigen zeigten die Werte 15,6 % und 17,2 % (Abb. 21).

Ein unterschiedliches Resorptionsverhalten im Oberkiefer und Unterkiefer ist vorstellbar. Aus diesem Grund wurde dieses für jeden Kiefer separat (Abb. 22, Abb. 23) dargestellt. Die Differenz in der Kammabnahme liegt bei einem Durchschnitt im Oberkiefer von 12,94 % und im Unterkiefer von 13,44 % bei 0,5 % (Abb. 24). Nach dem t-Test für unabhängige Stichproben ist letzterer nicht signifikant. Im Ergebnis dieser Studie verhält sich damit die Resorption des Kieferkamms im Unter- und im Oberkiefer gleich.

Der Gesamtdurchschnitt der Kammabnahme über alle Probanden beträgt 13,19 % (Abb. 38). Für nicht augmentierte Extraktionsareale misst bei zumindest ähnlicher Versuchsanordnung Adams [1] nach 2 Monaten 10 % und nach 12 Monaten 18 % Kammverlust. Der direkte Vergleich innerhalb dieser multizentrischen Studie verspricht definierte Tendenzen.

4.1.2 Auswertung der Knochenschnitte

Adäquat erfolgte die Auswertung der Knochenschnitte (Abb. 25 - Abb. 33). Die Tendenz beim Vergleich der Größe der mesialen, zentralen und distalen Messstellen entsprach zum Zeitpunkt der Extraktion (Abb. 25 und Abb. 26) der des Kamms. Bei der Implantation jedoch war ein signifikanter Unterschied nur zwischen den Mesial- und Zentralschnitten nachzuweisen (Abb. 27 und Abb. 28).

Der Knochenverlust in den Schnitten bewegte sich auch hier zu 80 % zwischen 10 % und 15 % (Abb. 29 und Abb. 30).

Die prozentuale Abnahme im Ober- und Unterkiefer verhielt sich ebenso ähnlich der des Kammes (Abb. 31 und Abb. 32). Auch hier war kein signifikanter Unterschied festzustellen (Abb. 33).

4.1.3 Auswertung der Gingivaverluste

Wie in Abb. 34 beschrieben, wurden in den Schnitten die Flächen für den Kieferkamm und den Knochen ermittelt. Die Differenz zwischen Knochen und Kamm, oder, anders ausgedrückt, die lingual und vestibulär benachbarten Flächen des Knochenschnittpolygons, ergeben die adäquate Gingivafläche. Natürlich ist diese die geringste Fläche (Abb. 35 und Abb. 36). In ihrer Reduktion verhält sie sich aber durchaus der von Kamm und Knochen (Abb. 37 und Abb. 38). Zwar zeigt sie mit 11,18 % die geringste Abnahme gegenüber dem Kamm mit 13,19 % und dem Knochen mit 13,99 %, jedoch stellt dies nach dem Paardifferenzen t-Test keinen signifikanten Unterschied dar.

4.2 Auswertung der Messergebnisse der vertikalen Veränderungen

Vor dieser Auswertung soll noch einmal die Messmethode differenziert betrachtet werden. Die Messungen der in diesem Kapitel bisher beschriebenen Areale begannen von koronal aus gesehen 4 mm unterhalb des Gingivalrandes zum Zeitpunkt der Extraktion. Dies resultiert, wie oben beschrieben (Abb. 1), aus der Positionierung des ersten Messpunktes 2mm (Messausgangspunkt) unterhalb des Gingivalrandes bzw. an der Schmelz-Zementgrenze. Weitere 2 mm darunter liegt der erste wirkliche Messpunkt oder Soundingpunkt entsprechend dem kranialen Punkt des Knochens oder Kammpolygonals. Von kaudal betrachtet liegt zum Extraktionszeitpunkt der Gingivalrand somit 4 mm oberhalb der koronalen Waagerechten des Areals (Abb. 34). Die Veränderung des Kieferkamms zwischen dieser Waagerechten und dem Gingivalrand wurde innerhalb der bisher beschriebenen Untersuchungen nicht erfasst. Dabei ist es für den Kliniker durchaus von Interesse, was sich unterhalb der ersten 4 mm des ursprünglichen Gingivalsaums mit dem Kieferkamm nach Extraktion und Socketpreservation im Zeitraum von acht Wochen ereignet. Dies betrifft sowohl die Vertikalverluste wie auch die in der Horizontalen im nächsten Kapitel. Material und Methode sind im Kapitel 2.3.8 und in den Abb. 13 und Abb. 15 beschrieben worden.

In den einzelnen vestibulären mesialen, zentralen und distalen Schnitten differieren die Verluste zwischen 0,3 mm und 3,0 mm (Abb. 39). Dies zeigt eine deutliche individuelle Streuung innerhalb der einzelnen Messungen.

Im Durchschnitt der einzelnen Probanden liegen die Werte zwischen 0,87 mm und 2,67 mm näher beieinander (Abb. 40).

Ganz ähnlich verhalten sich die lingualen Messwerte (Abb. 41, Abb. 42). Bei dem Vergleich der durchschnittlichen Vertikalverluste lingual und vestibulär ist keine Seite regelmäßig dominant (Abb. 43). Der Vertikalverlust pro Patient, das Ergebnis aus dem Mittelwert aller Vertikalmessungen (Abb. 44) liegt zwischen 1,02 mm und 2,5 mm. Dabei differieren sieben Messwerte nur sehr gering um 0,55 mm zwischen 1,23 und 1,78 mm.

Um zum Vergleich mit den anderen Messungen den Vertikalverlust prozentual ausdrücken zu können, bedarf es einer Bezugsgröße entsprechend 100 %. Da die Messungen der Schnitte, wie zu Beginn dieses Kapitels (4.1) beschrieben, 10 mm nach kaudal reichen, entsprechen diese dem Messbereich und damit 100 % der Vertikalen. Der prozentuale Vertikalverlust entspricht dann dem in mm mal 10 in Prozent.

Ein unterschiedliches Resorptionsverhalten der Vertikalen im Ober- und Unterkiefer sowie vestibulär und lingual ([52], [17], [4]) erscheint möglich. Die isolierte Betrachtung des Vertikalverlustes sowohl im OK und UK als auch lingual und vestibulär ist in diesem Zusammenhang von Bedeutung. In dieser Studie liegt die durchschnittliche vertikale Resorption vestibulär bei 15,3 % (Abb. 45) innerhalb einer Streuung von 8,7 % bis 19,3 %, die linguale bei 12,1 % zwischen 5,7 % und 17 % (Abb. 46). Beim Vergleich der lingualen und vestibulären Vertikalverluste des Oberkiefers über alle Probanden dieser Gruppe (Abb. 47) dominiert die vestibuläre Abnahme mit 15,3 % gegenüber der lingualen mit 12,1 % in der Größenordnung von 3,2 %. Dieser Unterschied ist nicht signifikant.

Im Unterkiefer liegen die Verhältnisse sehr ähnlich. Vestibulär beträgt die Differenz 15,4 % zwischen 12,3 % und 27,7 % (Abb. 48) bei einem Durchschnitt von 20 %, lingual bei einer Differenz von 16,6 % zwischen 10,1 % und 26,7 %, im Schnitt bei 16,2 % (Abb. 49). Vergleicht man den Gesamtverlust im Unterkiefer lingual gegen vestibulär (Abb. 50), so zeigt die Vestibulärseite wie im Oberkiefer die stärkere Resorption. Sie liegt bei 20 % gegen 16,2 % an der Lingualseite. Die Differenz von 3,8 % entspricht nahezu exakt der des Oberkiefers und stellt ebenso keinen signifikanten Unterschied dar. Schropp [59] erkennt dagegen bei heilenden Extraktionswunden lingual eine stärkere Abnahme als vestibulär, Pietrokovski [52] wiederum bei spontan heilenden Extraktionswunden vestibulär einen stärkeren Vertikalverlust als lingual. Zu diesem Ergebnis kommt auch Araujo [3] bei seiner Studie zur Sofortimplantation.

Führt man in der vorliegenden Studie die Werte des Ober- und Unterkiefers zusammen, so errechnet sich über alle Probanden ein vestibulärer Gesamtverlust von 17,6 % oder 1,8 mm ein lingualer von 14,2 % oder 1,4 mm. Dieser Unterschied ist nicht signifikant.

Beim Vergleich aller Vertikalverluste im Unter- und im Oberkiefer ergeben sich ebenso geringe Unterschiede (Abb. 51). Den größeren Wert zeigt der UK mit 18,2 %, den kleineren der OK mit 13,7 %. Der Unterschied von 4,5 % ist nicht signifikant. Aus diesen Zahlen errechnet sich der Gesamtvertikalverlust über alle Probanden mit 15,95 % oder 1,6 mm. Diese Werte entsprechen nicht immer den Ergebnissen der Literatur.

Yilmaz [74] findet nach 12 Monaten in der Kontrollgruppe eine Abnahme der Kammhöhe von jeweils 1,35 mm und in der Testgruppe jeweils 0,0 mm. Ebenso 0,0 mm Verlust in der Testgruppe erkennt Liu [41] vestibulär und lingual, wie auch Luczyszyn [43].

Eine Reduktion von 0,2 bis 1,2 mm finden nach Sofortimplantation Yukna [75], Cornelini [24], Glauser [30] und Botticelli [16].

Lekovic [39] kommt in seinen Untersuchungen 1997 zu anderen Ergebnissen. Er konstatiert 6 Monate nach Socketpreservation einen Vertikalverlust von 0,5 mm in der Versuchsgruppe und in der Kontrollgruppe 1,2 mm, 1998 [40] 0,38 mm in der Versuchsgruppe und 1,5 mm in der Kontrollgruppe. Iasella [34] findet in der Kontrollgruppe einen ähnlichen Verlust von 0,9 mm, in der Versuchsgruppe sogar eine Zunahme von 1,3 mm. Camargo [19] verliert in seiner Studie nach 6 Monaten in der Kontrollgruppe 1,0 mm in der augmentierten Gruppe 0,38 mm. Vasilic [67] augmentierte ebenso mit bovinem Material und fand nach 6 Monaten eine Abnahme in der Vertikalen von 0,3 mm. Nevins [48] untersuchte Extraktionsalveolen 1 bis 3 Monate nach Augmentation mit Bio-Oss. Er beschreibt den Vertikalverlust kleiner als 20 %. Dieses Ergebnis entspricht dem der vorliegenden Studie mit 15,6 % bzw. 1,56 mm. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt auch Nemcovsky [46] mit einem Vertikalverlust von 1,4 mm.

Innerhalb der Untersuchungen des Kieferkammerhaltes durch Sofortimplantation liegen die Ergebnisse der vertikalen Kammabnahme durchaus im Level der Socketpreservation. So maß Yukna [75] 0,9 mm, Cornelini [24] 0,5 mm, Kan [38] 1 mm, Lorenzoni [42] 0,45 mm bis 0,75 mm und Grunder [32] 0,5 mm bis 0,8 mm.

Den 15,6 % bzw. 1,6 mm Höhenverlust dieser Studie kommen weitere Autoren aus der Gruppe der Sofortimplantation wie Araujo [6] (Tierversuch) mit 2 mm, Watzek [68] mit 1,3 mm bis 2,6 mm und Glauser [30] mit 1,2 mm sehr nahe.

4.3 Auswertung der Messergebnisse der horizontalen Veränderungen

Analog der unter 2.3.7 beschriebenen Versuchsdurchführung wurde die Kammbreite an den mesialen, zentralen und distalen oberen Messpunkten sowohl am Extraktions-, als auch am Implantationsmodell erfasst. Die Differenz bildete den Verlust in der Horizontalen (Abb. 52). Es besteht kein regelmäßiger Zusammenhang zwischen dem Ausmaß des Horizontalverlustes und der Messstelle, obwohl diese Möglichkeit aus der Anatomie der Extraktionsalveole vorstellbar wäre. Zumindest bei den einwurzeligen Zähnen liegt am zentralen Messpunkt die im Durchmesser größte Ausdehnung der Wurzel und damit die dünnste Stelle der vestibulären und lingualen Knochenwand. Diese Überlegung bestätigt sich hier bei den Probanden (Zahnpositionen) BE (23), WS (25), KCH (24) und RI (43) nicht.

Der aus den drei Messwerten für jeden Probanden ermittelte durchschnittliche horizontale Verlust streut individuell zwischen 0,37 mm und 3,7 mm (Abb. 53), oder 3,4 % und 34,1 % (Abb. 54). Der gesamte horizontale Kammverlust über alle Probanden beträgt 22,3 % und 2,51 mm.

Einen nur geringfügig höheren Verlust findet Misch [45] nach 12 Monaten innerhalb seiner Kontrollgruppe mit 25 %. In Schropfs Studie über das Resorptionsverhalten von Extraktionsalveolen nach 12 Monaten [59] beträgt der Horizontalverlust 50 %.

Lekovic [39] misst in der Kontrollgruppe einen Verlust von 4,4 mm und in der Testgruppe 1,31 mm. Das sind 50 % des Horizontalverlustes aus dieser Studie. Iasella [34] augmentiert mit DFDBA und verliert horizontal 1,2 mm gegenüber der Kontrollgruppe mit 2,9 mm.

Camargo [19] kommt in seiner Studie an den Kontrollstellen zu einer Horizontalabnahme von 3,06 mm und an den augmentierten Alveolen zu dem höheren Wert von 3,48 mm, 1 mm oder 28 % mehr als in dieser Studie ermittelt.

Vasilic [67] augmentiert mit bovinem Material und registriert dabei einen Horizontalverlust von 1,06 mm. Vance [66] erreicht mit dem gleichen Material 0,5 mm.

Innerhalb der Untersuchungen zum Kieferkammerhalt durch Sofortimplantation registriert Botticelli [16] horizontal einen Verlust von 43 %.

Im Vergleich der Mittelwerte der Horizontalverluste im Ober- und Unterkiefer in dieser Studie unterscheiden sich die Verluste (Abb. 55, Abb. 56) mit 0,3 mm und 6 % nur geringfügig und nicht signifikant.

4.4 Zusammenfassung der Messergebnisse

In den zurückliegenden Kapiteln wurden die Gewebeveränderungen für den Kieferkamm, den Knochen, die Gingiva sowie in der Horizontalen und Vertikalen dargestellt und diskutiert. Hier sind die einzelnen Ergebnisse noch einmal für jeden Probanden vergleichend zusammengefasst (Abb. 57). Zusammenhänge in der Verlusttendenz der einzelnen Gewebe und Ausdehnungen sind nicht zu erkennen. Auffällig ist jedoch, dass die prozentuale Abnahme der Gingiva bei 8 von 10 Probanden gegenüber den anderen Verlusten dominiert.

Die Betrachtung der Durchschnittsverluste der verschiedenen Gewebe und Ausdehnungen über alle Probanden bietet zum größten Teil eine ziemliche Nähe der Messwerte (Abb. 58). Der Kieferkamm mit 13,2 %, der Kieferknochen mit 13,9 % und die Gingiva mit 11,8 % liegen 2,1 % auseinander. Unter Einbeziehung des Vertikalverlustes mit 15,9 % beträgt die Differenz 4,1 %. Mit 22,3 % erscheint der Horizontalverlust am höchsten. Nach dem t-Test für unabhängige Stichproben besteht nach diesen vorliegenden Werten nur zwischen dem Verlust sowohl des Kieferkamms als auch des Knochens zu dem Verlust in der Horizontalen ein signifikanter Unterschied. Zwischen den Verlusten des Kieferkamms, des Knochens, der Gingiva und dem in der Vertikalen existieren untereinander keine signifikanten Unterschiede.

5 Schlussfolgerung

In der vorliegenden Studie konnten die unter (1.2) formulierten Fragen beantwortet werden.

5.1 Der Zustand des Hartgewebes

Nach den zwei Monaten des Versuchszeitraums nahm das Hartgewebe in den Knochenschnitten um 13,9 % ab. Aufgrund der besonderen Messmethode kann dieser Wert kaum in der Literatur, sondern erst mit den anderen Ergebnissen dieser multizentrischen Studie verglichen werden.

In jedem Patientenfall gestattete der Hartgewebszustand eine sichere Primärstabilität des Implantats. Klinisch schien die Alveolentopographie erhalten zu sein. Im marginalen Anteil der Alveole waren immer Bio-Oss-Partikel nachzuweisen. Die Oberfläche der in Heilung befindlichen Alveole bot daher eher eine polymorphe Konsistenz. Jedoch schon nach 2 - 5 mm fand der Implantatbohrer deutlichen Widerstand. In einigen Fällen war zum Zentrum hin eine sanfte Vertiefung von bis zu 1,5 mm im Verhältnis zum Alveolenrand zu bemerken, die mit dem vorhandenen Bohrspänen leicht augmentiert werden konnte.

5.2 Der Zustand des Weichgewebes

Das Weichgewebe ging innerhalb der Schnitte um 11,81 % zurück. Dies deutet auf eine ziemlich gleichartige Resorptionsneigung in Beziehung zum Knochen hin. Der Reifungsgrad nach 2 Monaten war gut. In einigen Fällen kam es jedoch zu geringfügigen Verklebungen mit Bio-Oss-Spongiosa-Teilchen. Der Wundverschluss war trotzdem in jedem Fall problemlos möglich.

5.3 Der Zustand des Kieferkamms

Der Kieferkammverlust lag mit 13,19 % im Bereich der Gingiva und des Knochens. Im Vergleich mit den Arbeiten von Adams [1], der den Kammverlust in nicht augmentierten Alveolen untersuchte und nach 2 Monaten 10 % fand, liegt dieser Verlust höher. Die anderen Ergebnisse aus dieser multizentrischen Studie werden vergleichbare Aussagen liefern.

5.4 Der Horizontalverlust des Kieferkammes

Der Horizontalverlust weist zwischen 3,4 % und 34,1 % innerhalb der Messreihen dieser Studie die größte Messstreuung auf. Vernachlässigt man jedoch den höchsten und den geringsten Wert, so liegen die Werte über 8 Probanden zwischen 15,6 % und 27,5 % deutlich näher beieinander und am Gesamtdurchschnitt von 22,3 %, entsprechend 2,5 mm. Im Vergleich mit den Ergebnissen einiger wenigen Autoren wie Camargo [19] 3,38 mm oder 28 % bei Socketpreservation, oder Botticelli [16] 43 % nach Sofortimplantation erscheint der Horizontalverlust nach dieser Studie geringer.

Bessere Ergebnisse erreichen dagegen Vasilic [67] mit 1,06 mm, Vance [66] mit 0,5 mm, Lekovic [39] mit 1,31 mm und Iasella [34] mit 1,2 mm. Allerdings ist der Vergleich der metrischen Ergebnisse nur mit Einschränkungen möglich.

In nicht augmentierten Extraktionsalveolen findet Misch [45] einen Horizontalverlust von 25 % und Schropp [59] von 50%.

5.5 Der Vertikalverlust des Kieferkamms

Bei den Messungen wurden keine signifikanten Unterschiede der vertikalen Resorption zwischen Lingual- und Vestibulärstellen oder den Ober- oder Unterkiefer betreffend gefunden. Der Gesamtverlust des Kieferkamms aus dem Mittel der Summe aller Vertikalverluste beträgt hier 15,9 % bzw. 1,6 mm.

Nevins [48], der Extraktionsalveolen ebenso mit Bio-Oss augmentierte liegt, mit seiner Angabe zum Horizontalverlust kleiner als 20 % in diesem Bereich. Eine Reihe anderer Autoren von Lekovic [40] 0,38 mm, Vasilic [67] 0,3 mm bis Iasella [34] sogar mit einer Zunahme von 1,3 mm zeigen niedrigere Vertikalverluste.

Insgesamt sind die Messwerte mit denen der Literatur größtenteils nur bedingt vergleichbar. Ein Grund dürfte in der differenten Methodik liegen. Von außerordentlich hohem Wert erscheinen daher aus diesem Blickwinkel die Auswertung und der Vergleich mit den übrigen 23 Arbeiten innerhalb dieser multizentrischen Studie.

6 Zusammenfassung / Summary

Diese Arbeit ist Teil einer 24 Untersuchungen umfassenden multizentrischen Studie über das Verhalten von Extraktionsalveolen nach Augmentation und ohne derartige Maßnahmen. Hier wurde die Dimensionsveränderung derselben in einem Zeitraum von 8 Wochen nach Augmentation mit Bio-Oss®-Spongiosa und Bio-Gide® untersucht.

1. Material und Methode:

Es wurden 10 Patienten auf Grundlage der Bedingungen dieser Studie ausgewählt. Auf einem vor der Extraktion über eine Alginatabformung hergestelltem Modell wurde eine Schiene gefertigt. 15 Messpunkte jeweils vestibulär und lingual an der Extraktionsalveole dienten dem Sounding im Mund der Patienten, sowohl nach der Extraktion als auch 8 Wochen später bei der Implantation. Zu diesem Zeitpunkt wurde mit der Schiene erneut abgeformt. Die Veränderungen innerhalb dieser beiden Messungen stellten den Verlust dar. Ebenso wurden die Horizontal- und Vertikalverluste anhand der Schiene und den Gipsmodellen erfasst.

An der Extraktionsstelle wurden zentral sowie mesial und distal davon an den Gipsmodellen Schnitte vorgenommen. Auf diese Schnitte erfolgte die Übertragung der entsprechenden Soundingwerte aus dem Mund des Patienten. Die damit beschriebenen Flächen ergaben über Scannung und Größenerfassung derselben die Kamm- und Knochenpolygonale und aus deren Differenz die Gingivaareale.

Daraus resultierten die Werte für die Kamm-, Knochen- und Gingivaveränderungen. Darüber hinaus wurden die horizontalen und vertikalen Verluste gemessen.

2. Ergebnisse und Auswertung

Die Auswertung der Daten erfolgte unter Verwendung statistischer Methoden. Danach war die Flächen-, Höhen- und Breitenreduzierung signifikant. Die Abnahme betrug für den Kieferkamm 13,2 %, den Kieferknochen 13,9 %, die Gingiva 11,8 %, die Vertikale 15,9 % und für die Horizontale 22,3 %. Nach 8 Wochen ließen Weichgewebe und Knochen problemloses Implantieren zu.

Eine Nähe dieser Werte zu vergleichbaren der Literatur ist zu konstatieren. Von höherer Aussagekraft ist der zu erwartende Vergleich mit den übrigen 23 Arbeiten innerhalb dieser multizentrischen Studie.

Schlüsselwörter: Socketpreservation, Bio-Oss®, Gewebeverlust, Implantation

Background:

Extraction socket wound healing is characterized by the resorption of the surrounding tissues. Among other things, like aesthetics, the more or less deformation of the alveolar ridge might make the placement of implants more difficult.

Lately a large number of augmentation materials has been propagated to minimize the reduction in ridge volume. The aim of this study was to investigate the influence of Bio-Oss®-Spongiosa in connection with Bio-Gide® in the extraction site in measuring the dimension alterations 8 weeks after the time of augmentation.

The findings are part of a prospective multicentric study with 24 participating dentists in using Bio-Oss®-Collagen, Bio-Oss®-Spongiosa and autologous bone under covering with a Bio-Gide®-membrane or without any treatment, after healing periods of 1, 2, 4 or 6 months by considering of similar conditions.

1. Methods:

In the study, described here, 10 patients were included under these respective study conditions. Before extraction an impression was taken with following two situation casts and one acryl splint or surgical guide. 15 perforation points were taken at distances of 2 mm, 3 horizontal in central position as well as mesial and distal at the level of the enamel-cement-junction, and additional 4 points vertically from these perforations at the same distance. Before second stage surgery a new impression was taken using the surgical guide. The results from sounding the 15 points right after the extraction and then 8 weeks afterwards right before the implantation were transferred to the sagittal cuts of the casts. So it was possible to determine the measured area of the ridge, the bone, and the difference of both, the gingiva. Using the acryl splint and the casts, the dimension alterations of the height and width of the ridge were determined.

2. Results:

In each case the gingiva healed very well and made a sufficient wound closure possible. Also the condition of the bone allowed a problem-free implantation.

The mean decreases for ridge were 13.2 %, bone 13.9 %, gingiva 11.8 %, the vertical dimension 15.9 %, and for the horizontal 22.3 %.

These results seem to correspond to some comparable figures from literature. However, they will ultimately show their decisive relevance in the context of the multicentric study.

Keywords:

Socketpreservation, Bio-Oss®, tissue reduction, implantation

7 Tabellarisches Messwertverzeichnis

| Pat.- Nr. | Patient | Schnitte Extraktion | | ∅ | Schnitte Implantation | | ∅ | Differenz in % | | Differenz ∅ in % |
|--------------|---------|------------------------|------|--------|--------------------------|------|--------|-------------------|-------|---------------------|
| | | M | Z | | M | Z | | M | Z | |
| 1 | BE | M | 5530 | 5805,0 | M | 5001 | 5236,7 | M | 9,57 | 9,79 |
| | | Z | 5835 | | Z | 5291 | | Z | 9,32 | |
| | | D | 6050 | | D | 5418 | | D | 10,45 | |
| 2 | WS | M | 6151 | 6470,0 | M | 5272 | 5649,7 | M | 14,29 | 12,68 |
| | | Z | 6557 | | Z | 5758 | | Z | 12,19 | |
| | | D | 6702 | | D | 5919 | | D | 11,68 | |
| 3 | SU | M | 5962 | 6068,7 | M | 5213 | 5287,3 | M | 12,56 | 12,87 |
| | | Z | 6135 | | Z | 5424 | | Z | 11,59 | |
| | | D | 6109 | | D | 5225 | | D | 14,47 | |
| 4 | KCH | M | 6483 | 6489,0 | M | 5557 | 5479,7 | M | 14,28 | 15,55 |
| | | Z | 6610 | | Z | 5548 | | Z | 16,07 | |
| | | D | 6374 | | D | 5334 | | D | 16,32 | |
| 5 | TK | M | 6456 | 6573,3 | M | 5546 | 5665,0 | M | 14,10 | 13,82 |
| | | Z | 6384 | | Z | 5623 | | Z | 11,92 | |
| | | D | 6880 | | D | 5826 | | D | 15,32 | |
| 6 | HB | M | 5062 | 5113,7 | M | 4358 | 4433,0 | M | 13,91 | 13,31 |
| | | Z | 5035 | | Z | 4496 | | Z | 10,71 | |
| | | D | 5244 | | D | 4445 | | D | 15,24 | |
| 7 | RI | M | 2665 | 2707,7 | M | 2259 | 2345,7 | M | 15,23 | 13,37 |
| | | Z | 2886 | | Z | 2487 | | Z | 13,83 | |
| | | D | 2572 | | D | 2291 | | D | 10,93 | |
| 8 | TJ | M | 5475 | 5580,3 | M | 4733 | 4915,3 | M | 13,55 | 11,92 |
| | | Z | 5591 | | Z | 4980 | | Z | 10,93 | |
| | | D | 5675 | | D | 5033 | | D | 11,31 | |
| 9 | JS | M | 4928 | 5069,3 | M | 3983 | 4197,3 | M | 19,18 | 17,20 |
| | | Z | 5049 | | Z | 4214 | | Z | 16,54 | |
| | | D | 5231 | | D | 4395 | | D | 15,98 | |
| 10 | WK | M | 5019 | 5173,0 | M | 4418 | 4583,3 | M | 11,97 | 11,40 |
| | | Z | 5092 | | Z | 4511 | | Z | 11,41 | |
| | | D | 5408 | | D | 4821 | | D | 10,85 | |

Tab. 4 Kammschnitte Extraktion, Implantation und deren Differenz

| Pat.- Nr. | Patient | Schnitte Extraktion | | ∅ | Schnitte Implantation | | ∅ | Differenz in % | | Differenz ∅ in % |
|--------------|---------|------------------------|------|--------|--------------------------|------|--------|-------------------|-------|---------------------|
| | | M | Z | | M | Z | | M | Z | |
| 1 | BE | M | 3061 | 3276,7 | M | 2702 | 2810,3 | M | 11,73 | 14,23 |
| | | Z | 3262 | | Z | 2817 | | Z | 13,64 | |
| | | D | 3507 | | D | 2912 | | D | 16,97 | |
| 2 | WS | M | 3957 | 4118,7 | M | 3465 | 3676,7 | M | 12,43 | 10,73 |
| | | Z | 4118 | | Z | 3759 | | Z | 8,72 | |
| | | D | 4281 | | D | 3806 | | D | 11,10 | |
| 3 | SU | M | 3651 | 3736,0 | M | 3074 | 3149,7 | M | 15,80 | 15,69 |
| | | Z | 3975 | | Z | 3415 | | Z | 14,09 | |
| | | D | 3582 | | D | 2960 | | D | 17,36 | |
| 4 | KCH | M | 3907 | 4038,3 | M | 3393 | 3341,7 | M | 13,16 | 17,25 |
| | | Z | 4020 | | Z | 3378 | | Z | 15,97 | |
| | | D | 4188 | | D | 3254 | | D | 22,30 | |
| 5 | TK | M | 4158 | 4453,0 | M | 3451 | 3815,3 | M | 17,00 | 14,32 |
| | | Z | 4359 | | Z | 3873 | | Z | 11,15 | |
| | | D | 4842 | | D | 4122 | | D | 14,87 | |
| 6 | HB | M | 3016 | 3304,0 | M | 2575 | 2876,0 | M | 14,62 | 12,95 |
| | | Z | 3491 | | Z | 3114 | | Z | 10,80 | |
| | | D | 3405 | | D | 2939 | | D | 13,69 | |
| 7 | RI | M | 1613 | 1658,7 | M | 1401 | 1443,0 | M | 13,14 | 13,00 |
| | | Z | 1791 | | Z | 1482 | | Z | 17,25 | |
| | | D | 1572 | | D | 1446 | | D | 8,02 | |
| 8 | TJ | M | 4361 | 4378,0 | M | 3889 | 3916,3 | M | 10,82 | 10,55 |
| | | Z | 4416 | | Z | 4074 | | Z | 7,74 | |
| | | D | 4357 | | D | 3786 | | D | 13,11 | |
| 9 | JS | M | 3825 | 3955,7 | M | 3109 | 3258,3 | M | 18,72 | 17,63 |
| | | Z | 4144 | | Z | 3515 | | Z | 15,18 | |
| | | D | 3898 | | D | 3151 | | D | 19,16 | |
| 10 | WK | M | 4043 | 4094,0 | M | 3530 | 3543,3 | M | 12,69 | 13,45 |
| | | Z | 3890 | | Z | 3335 | | Z | 14,27 | |
| | | D | 4349 | | D | 3765 | | D | 13,43 | |

Tab. 5 Knochenschnitte Extraktion, Implantation und deren Differenz

| Pat.- Nr. | Patient | Kamm Extr.-Oss Extr. | | ∅ | Kamm Impl.-Oss Impl. | | ∅ | Differenz in % | | Differenz ∅ in % |
|--------------|---------|-------------------------|------|--------|-------------------------|------|--------|-------------------|-------|---------------------|
| | | M | Z | | M | Z | | M | Z | |
| 1 | BE | M | 2469 | 2528,3 | M | 2299 | 2426,3 | M | 6,89 | 4,03 |
| | | Z | 2573 | | Z | 2474 | | Z | 3,85 | |
| | | D | 2543 | | D | 2506 | | D | 1,45 | |
| 2 | WS | M | 2194 | 2351,3 | M | 1807 | 1973,0 | M | 17,64 | 16,09 |
| | | Z | 2439 | | Z | 1999 | | Z | 18,04 | |
| | | D | 2421 | | D | 2113 | | D | 12,72 | |
| 3 | SU | M | 2311 | 2332,7 | M | 2139 | 2137,7 | M | 7,44 | 8,36 |
| | | Z | 2160 | | Z | 2009 | | Z | 6,99 | |
| | | D | 2527 | | D | 2265 | | D | 10,37 | |
| 4 | KCH | M | 2576 | 2450,7 | M | 2164 | 2138,0 | M | 15,99 | 12,76 |
| | | Z | 2590 | | Z | 2170 | | Z | 16,22 | |
| | | D | 2186 | | D | 2080 | | D | 4,85 | |
| 5 | TK | M | 2298 | 2120,3 | M | 2095 | 1849,7 | M | 8,83 | 12,77 |
| | | Z | 2025 | | Z | 1750 | | Z | 13,58 | |
| | | D | 2038 | | D | 1704 | | D | 16,39 | |
| 6 | HB | M | 2046 | 1809,7 | M | 1783 | 1557,0 | M | 12,85 | 13,96 |
| | | Z | 1544 | | Z | 1382 | | Z | 10,49 | |
| | | D | 1839 | | D | 1506 | | D | 18,11 | |
| 7 | RI | M | 1052 | 1049,0 | M | 858 | 902,7 | M | 18,44 | 13,95 |
| | | Z | 1095 | | Z | 1005 | | Z | 8,22 | |
| | | D | 1000 | | D | 845 | | D | 15,50 | |
| 8 | TJ | M | 1114 | 1202,3 | M | 844 | 999,0 | M | 24,24 | 16,91 |
| | | Z | 1175 | | Z | 906 | | Z | 22,89 | |
| | | D | 1318 | | D | 1247 | | D | 5,39 | |
| 9 | JS | M | 1103 | 1113,7 | M | 874 | 939,0 | M | 20,76 | 15,68 |
| | | Z | 905 | | Z | 699 | | Z | 22,76 | |
| | | D | 1333 | | D | 1244 | | D | 6,68 | |
| 10 | WK | M | 976 | 1079,0 | M | 888 | 1040,0 | M | 9,02 | 3,61 |
| | | Z | 1202 | | Z | 1176 | | Z | 2,16 | |
| | | D | 1059 | | D | 1056 | | D | 0,28 | |

**Tab. 6 Differenz Kammschnitte und Knochenschnitte, der Gingiva
entsprechend**

| Patient | Messung 1 Extr. | | Messung 2 Impl. | | Verlust | | Differenz in mm | Differenz in % |
|---------|-----------------|------|-----------------|------|---------|-------|-----------------|----------------|
| 1 BE | M | 6,20 | M | 6,5 | M | 0,30 | 0,87 | 8,67 |
| | Z | 7,50 | Z | 8,5 | Z | 1,00 | | |
| | D | 7,20 | D | 8,5 | D | 1,30 | | |
| 2 WS | M | 8,00 | M | 8 | M | 0,00 | 0,50 | 5,00 |
| | Z | 8,50 | Z | 8 | Z | -0,50 | | |
| | D | 8,00 | D | 10 | D | 2,00 | | |
| 3 SU | M | 2,00 | M | 3,5 | M | 1,50 | 1,83 | 18,33 |
| | Z | 2,00 | Z | 3,5 | Z | 1,50 | | |
| | D | 2,00 | D | 4,5 | D | 2,50 | | |
| 4 KCH | M | 1,00 | M | 3,2 | M | 2,20 | 1,93 | 19,33 |
| | Z | 1,50 | Z | 3,1 | Z | 1,60 | | |
| | D | 1,50 | D | 3,5 | D | 2,00 | | |
| 5 TK | M | 4,00 | M | 5,2 | M | 1,20 | 1,30 | 13,00 |
| | Z | 4,50 | Z | 6 | Z | 1,50 | | |
| | D | 4,80 | D | 6 | D | 1,20 | | |
| 6 HB | M | 1,00 | M | 2,5 | M | 1,50 | 2,00 | 20,00 |
| | Z | 1,00 | Z | 3,5 | Z | 2,50 | | |
| | D | 1,00 | D | 3 | D | 2,00 | | |
| 7RI | M | 2,00 | M | 3 | M | 1,00 | 1,23 | 12,33 |
| | Z | 2,00 | Z | 3,2 | Z | 1,20 | | |
| | D | 2,00 | D | 3,5 | D | 1,50 | | |
| 8 TJ | M | 9,00 | M | 11,2 | M | 2,20 | 2,33 | 23,33 |
| | Z | 9,20 | Z | 12 | Z | 2,80 | | |
| | D | 9,00 | D | 11 | D | 2,00 | | |
| 9 JS | M | 2,00 | M | 4 | M | 2,00 | 1,77 | 17,67 |
| | Z | 2,50 | Z | 4 | Z | 1,50 | | |
| | D | 2,20 | D | 4 | D | 1,80 | | |
| 10 WK | M | 1,00 | M | 3,5 | M | 2,50 | 2,67 | 26,67 |
| | Z | 1,00 | Z | 4 | Z | 3,00 | | |
| | D | 1,00 | D | 3,5 | D | 2,50 | | |

Tab. 7 Vertikalmessungen vestibulär

| Patient | Messung 1 Extr. | | Messung 2 Impl. | | Verlust | | Differenz in mm ø | Differenz in % |
|---------|-----------------|------|-----------------|------|---------|------|-------------------|----------------|
| | | | | | | | | |
| 1 BE | M | 5,00 | M | 5,5 | M | 0,50 | 1,17 | 11,67 |
| | Z | 4,50 | Z | 6 | Z | 1,50 | | |
| | D | 4,50 | D | 6 | D | 1,50 | | |
| 2 WS | M | 8,50 | M | 9 | M | 0,50 | 0,83 | 8,33 |
| | Z | 8,00 | Z | 9,5 | Z | 1,50 | | |
| | D | 8,50 | D | 9 | D | 0,50 | | |
| 3 SU | M | 2,00 | M | 3,5 | M | 1,50 | 1,70 | 17,00 |
| | Z | 2,00 | Z | 3,8 | Z | 1,80 | | |
| | D | 2,00 | D | 3,8 | D | 1,80 | | |
| 4 KCH | M | 1,50 | M | 2 | M | 0,50 | 0,57 | 5,67 |
| | Z | 1,50 | Z | 2 | Z | 0,50 | | |
| | D | 1,50 | D | 2,2 | D | 0,70 | | |
| 5 TK | M | 4,80 | m | 6,7 | M | 1,90 | 1,43 | 14,33 |
| | Z | 5,00 | Z | 6,5 | Z | 1,50 | | |
| | D | 4,50 | D | 5,4 | D | 0,90 | | |
| 6 HB | M | 1,00 | M | 2,52 | M | 1,52 | 1,01 | 10,07 |
| | Z | 1,00 | Z | 1,5 | Z | 0,50 | | |
| | D | 1,00 | D | 2 | D | 1,00 | | |
| 7 RI | M | 2,00 | M | 3 | M | 1,00 | 1,23 | 12,33 |
| | Z | 2,00 | Z | 3 | Z | 1,00 | | |
| | D | 1,50 | D | 3,2 | D | 1,70 | | |
| 8 TJ | M | 8,00 | M | 10 | M | 2,00 | 2,67 | 26,67 |
| | Z | 7,50 | Z | 10,5 | Z | 3,00 | | |
| | D | 7,20 | D | 10,2 | D | 3,00 | | |
| 9 JS | M | 4,50 | M | 7,00 | M | 2,50 | 1,80 | 18,00 |
| | Z | 5,50 | Z | 7,20 | Z | 1,70 | | |
| | D | 6,00 | D | 7,20 | D | 1,20 | | |
| 10 WK | M | 1,00 | M | 3 | M | 2,00 | 1,40 | 14,00 |
| | Z | 1,00 | Z | 2 | Z | 1,00 | | |
| | D | 1,00 | D | 2,2 | D | 1,20 | | |

Tab. 8 Vertikalmessungen lingual

| Patient | Vestibulär | | Lingual | | Differenz | | Differenz σ |
|---------|------------|-------|---------|------|-----------|-------|--------------------|
| 1 BE | M | 0,30 | M | 0,50 | M | -0,20 | -0,30 |
| | Z | 1,00 | Z | 1,50 | Z | -0,50 | |
| | D | 1,30 | D | 1,50 | D | -0,20 | |
| 2 WS | M | 0,00 | M | 0,50 | M | -0,50 | -0,33 |
| | Z | -0,50 | Z | 1,50 | Z | -2,00 | |
| | D | 2,00 | D | 0,50 | D | 1,50 | |
| 3 SU | M | 1,50 | M | 1,50 | M | 0,00 | 0,13 |
| | Z | 1,50 | Z | 1,80 | Z | -0,30 | |
| | D | 2,50 | D | 1,80 | D | 0,70 | |
| 4 KCH | M | 2,20 | M | 0,50 | M | 1,70 | 1,37 |
| | Z | 1,60 | Z | 0,50 | Z | 1,10 | |
| | D | 2,00 | D | 0,70 | D | 1,30 | |
| 5 TK | M | 1,20 | M | 1,90 | M | -0,70 | -0,13 |
| | Z | 1,50 | Z | 1,50 | Z | 0,00 | |
| | D | 1,20 | D | 0,90 | D | 0,30 | |
| 6 HB | M | 1,50 | M | 1,52 | M | -0,02 | 0,99 |
| | Z | 2,50 | Z | 0,50 | Z | 2,00 | |
| | D | 2,00 | D | 1,00 | D | 1,00 | |
| 7 RI | M | 1,00 | M | 1,00 | M | 0,00 | 0,00 |
| | Z | 1,20 | Z | 1,00 | Z | 0,20 | |
| | D | 1,50 | D | 1,70 | D | -0,20 | |
| 8 TJ | M | 2,20 | M | 2,00 | M | 0,20 | -0,33 |
| | Z | 2,80 | Z | 3,00 | Z | -0,20 | |
| | D | 2,00 | D | 3,00 | D | -1,00 | |
| 9 JS | M | 2,00 | M | 2,50 | M | -0,50 | -0,03 |
| | Z | 1,50 | Z | 1,70 | Z | -0,20 | |
| | D | 1,80 | D | 1,20 | D | 0,60 | |
| 10 WK | M | 2,50 | M | 2,00 | M | 0,50 | 1,27 |
| | Z | 3,00 | Z | 1,00 | Z | 2,00 | |
| | D | 2,50 | D | 1,20 | D | 1,30 | |

Tab. 9 Vergleich Vertikale vestibulär und lingual

| Patient | Breite Extraktion | | ø | Breite Implant. | | ø | Differenz in mm | | øDifferenz in mm | øDifferenz in % |
|---------|-------------------|-------|-------|-----------------|------|-------|-----------------|------|------------------|-----------------|
| | M | Z | | M | Z | | M | Z | | |
| 1 BE | M | 12,00 | 11,90 | M | 10 | 9,63 | M | 2,00 | 2,27 | 19,05 |
| | Z | 12,20 | | Z | 9,3 | | Z | 2,90 | | |
| | D | 11,50 | | D | 9,6 | | D | 1,90 | | |
| 2 WS | M | 10,80 | 10,77 | M | 10,2 | 10,40 | M | 0,60 | 0,37 | 3,41 |
| | Z | 10,50 | | Z | 10 | | Z | 0,50 | | |
| | D | 11,00 | | D | 11 | | D | 0,00 | | |
| 3 SU | M | 13,20 | 13,47 | M | 9,8 | 9,77 | M | 3,40 | 3,70 | 27,48 |
| | Z | 14,00 | | Z | 10 | | Z | 4,00 | | |
| | D | 13,20 | | D | 9,5 | | D | 3,70 | | |
| 4 KCH | M | 8,50 | 9,10 | M | 7 | 7,23 | M | 1,50 | 1,87 | 20,51 |
| | Z | 9,90 | | Z | 7,5 | | Z | 2,40 | | |
| | D | 8,90 | | D | 7,2 | | D | 1,70 | | |
| 5 TK | M | 13,70 | 13,90 | M | 9,8 | 10,27 | M | 3,90 | 3,63 | 26,14 |
| | Z | 14,20 | | Z | 10,2 | | Z | 4,00 | | |
| | D | 13,80 | | D | 10,8 | | D | 3,00 | | |
| 6 HB | M | 13,00 | 12,67 | M | 9,8 | 9,27 | M | 3,20 | 3,40 | 26,84 |
| | Z | 12,00 | | Z | 10 | | Z | 2,00 | | |
| | D | 13,00 | | D | 8 | | D | 5,00 | | |
| 7 RI | M | 8,00 | 8,23 | M | 6,5 | 6,17 | M | 1,50 | 2,07 | 25,10 |
| | Z | 8,20 | | Z | 6 | | Z | 2,20 | | |
| | D | 8,50 | | D | 6 | | D | 2,50 | | |
| 8 TJ | M | 10,80 | 11,57 | M | 9,5 | 9,73 | M | 1,30 | 1,83 | 15,85 |
| | Z | 11,90 | | Z | 9,5 | | Z | 2,40 | | |
| | D | 12,00 | | D | 10,2 | | D | 1,80 | | |
| 9 JS | M | 9,50 | 10,37 | M | 6,5 | 6,83 | M | 3,00 | 3,53 | 34,08 |
| | Z | 10,50 | | Z | 7 | | Z | 3,50 | | |
| | D | 11,10 | | D | 7 | | D | 4,10 | | |
| 10 WK | M | 10,80 | 10,90 | M | 9,1 | 8,27 | M | 1,70 | 2,63 | 24,16 |
| | Z | 10,90 | | Z | 7,5 | | Z | 3,40 | | |
| | D | 11,00 | | D | 8,2 | | D | 2,80 | | |

Tab. 10 Horizontalmessungen

8 Eigenständigkeitserklärung

Ich habe die vorliegende Abschlussarbeit im Rahmen des Studienganges „Master of Science in Oral Implantology 2005/2007“ selbständig verfasst und keine anderen als die in der Danksagung angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und keine anderen als die in der Danksagung angegebenen Hilfen erhalten.

Magdeburg, den 30.07.07

Dr. med. Rainer Littinski

9 Danksagung

An erster Stelle bedanke ich mich für das liebevolle Verständnis meiner Frau, Stefanie, für meine zeitaufwendigen Bemühungen innerhalb dieser Studie und ihre Unterstützung. Ich bedanke mich auch bei meinen Patienten, die sich treu und gern für alle Untersuchungen zur Verfügung gestellt haben, sowie bei meinem Neffen Thilo Trautvetter und meinen Freund Aicke Damrau für die kompetente und so selbstverständliche Unterstützung bei Softwarefragen. Fr. Anett Theuerkauf vom Institut für Biometrie und medizinische Informatik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg gebührt Dank für den regelrechten statistischen Hintergrund, der Firma „Geistlich“ für das Sponsoring der hier verwendeten Biomaterialien. Unserem Praxis- und Laborteam gilt mein Dank für die Hilfe und die Bewältigung „unruhiger Momente“ im Zusammenhang mit dieser Arbeit.

Meinem Betreuer, Freund und außerordentlichem Zahnarzt, Markus Schlee, sage ich herzlichen Dank für seine unbürokratische und von tiefem Sachverstand geprägte Begleitung dieser Arbeit und einem Teil meiner Fortbildung in den letzten 12 Jahren.

10 Lebenslauf

Dr. med. Rainer Littinski

geb. 17.08.1943 in Gieschewald

verheiratet, 1 Kind

Nationalität: deutsch

Staatsangehörigkeit: BRD

Grundschule: 1949 - 1957 in Zeitz und Unterbreizbach

Gymnasium: 1957 – 1961 in Sondershausen und Eisenach

Wehrdienst: 1961 – 1963 in Sondershausen

Studium der Zahnheilkunde an der Universität „Rostock“ 1964 – 1969

Berufstätigkeit: 1969 – 1991 Zahnarzt und Oberarzt f. Prothetik und Weiterbildung an der „Poliklinik für Stomatologie Ost“ in Magdeburg

1992 – dato in eigener Niederlassung in Magdeburg, seit 2003 in Gemeinschaftspraxis mit Tochter Johanne Littinski.

Standespolitik: 1991 – 2004 Vorsitzender, stellv. Vorsitzender und Vorstandsmitglied der KZV-SA

1984 Promotion zum Dr. med. mit dem Thema „Zu Fragen der Kaudruckbelastung im prothetisch versorgten Lückengebiss“ an der medizinischen Akademie Magdeburg

Fortbildung: Intensive Fortbildungstätigkeit hauptsächlich bei Prof. Gutowski, Prof. Schärer, Prof. N. Lang, Prof. Motsch, Dr. Reusch, Prof. P.D. Miller, Kemptener Arbeitskreis, Dr. Gerard Chiche, Prof. Pat Allen, Dr. G. Iglhaut, Dr. M. Schlee, Dr. J. Diemer u. v. a.

Fachmitgliedschaften: DGZMK, DGP, BDIZ, DGI, Gruppe 3-F

Hobbys: Zahnheilkunde, Turniertanzsport, Selbstverteidigung, Konditionstraining

11 Abbildungsverzeichnis

| | | |
|---------|--|---|
| Abb. 1 | Schnittschema in der Versuchsanordnung | 3 |
| Abb. 2 | Gipsmodell Parallelschnitte und Schiene | 3 |
| Abb. 3 | Gipsmodell Zentralschnitt und Schiene | 3 |
| Abb. 4 | Schonende Extraktion | 3 |
| Abb. 5 | Periotom im Einsatz | 3 |
| Abb. 6 | Messung im Mund | 3 |
| Abb. 7 | Gedeckte Alveole | 3 |
| Abb. 8 | Resultat Chirurgie 1 | 3 |
| Abb. 9 | Markierung der Messpunkte | 3 |
| Abb. 10 | Zweitabformung | 3 |
| Abb. 11 | Eindreihen des Implantates | 3 |
| Abb. 12 | Scans in den Schnitten | 3 |
| Abb. 13 | Modell mit Messpunkten für Vertikal- und Horizontalverlust | 3 |
| Abb. 14 | Modell und Messung Horizontalverlust | 3 |
| Abb. 15 | Messung Vertikalverlust | 3 |
| Abb. 16 | Gegenüberstellung der mesialen, zentralen und distalen Kammschnitte in Flächenpunkten nach Extraktion | 3 |
| Abb. 17 | Durchschnitt aller mesialen, zentralen und distalen Kammschnitte in Flächenpunkten | 3 |
| Abb. 18 | Gegenüberstellung der mesialen, zentralen und distalen Kammschnitte in Flächenpunkten 8 Wochen nach Extraktion vor Implantation | 3 |
| Abb. 19 | Durchschnitt aller mesialen, zentralen und distalen Kammschnitte vor Implantation in Flächenpunkten | 3 |
| Abb. 20 | Kammverlust 8 Wochen nach Socketpreservation in den einzelnen Schnitten | 3 |
| Abb. 21 | Durchschnitt des Kammverlustes aus der Summe der einzelnen Schnitte für jeden Patienten | 3 |
| Abb. 22 | Durchschnitt des Kammverlustes nur im Oberkiefer | 3 |
| Abb. 23 | Durchschnitt des Kammverlustes nur im Unterkiefer | 3 |
| Abb. 24 | Gegenüberstellung der Kammverluste im OK und UK | 3 |
| Abb. 25 | Gegenüberstellung der mesialen, zentralen und distalen Knochenschnitte in Flächenpunkten nach Extraktion | 3 |
| Abb. 26 | Durchschnitt aller mesialen, zentralen und distalen Knochenschnitte in Flächenpunkten | 3 |
| Abb. 27 | Gegenüberstellung der mesialen, zentralen und distalen Knochenschnitte in Flächenpunkten 8 Wochen nach Extraktion vor der Implantation | 3 |
| Abb. 28 | Durchschnitt aller mesialen, zentralen und distalen Knochenschnitten vor Implantation in Flächenpunkten | 3 |
| Abb. 29 | Knochenverlust 8 Wochen nach Socketpreservation in den einzelnen Knochenschnitten | 3 |
| Abb. 30 | Durchschnitt des Knochenverlustes aus der Summe der einzelnen Schnitte für jeden Patienten | 3 |
| Abb. 31 | Durchschnittlicher Knochenverlust nach Socketpreservation allein im Oberkiefer | 3 |
| Abb. 32 | Durchschnittlicher Knochenverlust nach Socketpreservation allein im UK | 3 |
| Abb. 33 | Gegenüberstellung der Knochenverluste im OK und UK | 3 |
| Abb. 34 | Scans in den Schnitten Knochen und Kamm | 3 |
| Abb. 35 | Darstellung der Gewebeflächen für Kieferkamm, Knochen und Gingiva bei der Extraktion in Flächenpunkten | 3 |
| Abb. 36 | Darstellung der Gewebeflächen für Kieferkamm, Knochen und Gingiva bei der Implantation in Flächenpunkten | 3 |
| Abb. 37 | Darstellung der Reduzierung von Kamm, Knochen und Gingiva | 3 |
| Abb. 38 | Gegenüberstellung der Abnahme Kamm, Knochen und Gingiva | 3 |
| Abb. 39 | Vertikalverlust an den drei vestibulären Messstellen | 3 |
| Abb. 40 | Durchschnittlicher vestibulärer Vertikalverlust | 3 |
| Abb. 41 | Vertikalverlust an den drei lingualen Messstellen | 3 |
| Abb. 42 | Durchschnittlicher lingualer Vertikalverlust | 3 |
| Abb. 43 | Vergleich der vestibulären und lingualen Vertikalverluste | 3 |
| Abb. 44 | Mittelwert der vestibulären und lingualen Vertikalverluste | 3 |
| Abb. 45 | Prozentualer durchschnittlicher Vertikalverlust nur im OK vestibulär | 3 |
| Abb. 46 | Prozentualer durchschnittlicher Vertikalverlust nur im OK lingual | 3 |

| | |
|--|---|
| Abb. 47 Vergleich des vestibulären und lingualen Vertikalverlustes im OK | 3 |
| Abb. 48 Vertikalverlust nur UK und vestibulär..... | 3 |
| Abb. 49 Vertikalverlust nur UK und lingual..... | 3 |
| Abb. 50 Vergleich des vestibulären und lingualen Vertikalverlustes im UK..... | 3 |
| Abb. 51 Vergleich des Gesamtvertikalverlustes im OK und UK | 3 |
| Abb. 52 Mesiale, zentrale und distale horizontale Kammverluste | 3 |
| Abb. 53 Durchschnittlicher horizontaler Kammverlust für jeden Patienten..... | 3 |
| Abb. 54 Durchschnittliche horizontale Kammverluste für alle Patienten in % | 3 |
| Abb. 55 Gegenüberstellung des Horizontalverlustes im OK und UK in mm..... | 3 |
| Abb. 56 Gegenüberstellung des Horizontalverlustes im OK und UK in %..... | 3 |
| Abb. 57 Die durchschnittlichen Gewebeverluste aller Probanden | 3 |
| Abb. 58 Verluste der einzelnen Gewebearten und Messwerte..... | 3 |

12 Tabellenverzeichnis

| | |
|--|---|
| Tab. 1 Sofortimplantation | 3 |
| Tab. 2 Socketpreservation | 3 |
| Tab. 3 Übersicht Probandenauswahl | 3 |
| Tab. 4 Kammschnitte Extraktion, Implantation und deren Differenz..... | 3 |
| Tab. 5 Knochenschnitte Extraktion, Implantation und deren Differenz | 3 |
| Tab. 6 Differenz Kammschnitte und Knochenschnitte, der Gingiva entsprechend..... | 3 |
| Tab. 7 Vertikalmessungen vestibulär | 3 |
| Tab. 8 Vertikalmessungen lingual | 3 |
| Tab. 9 Vergleich Vertikale vestibulär und lingual | 3 |
| Tab. 10 Horizontalmessungen | 3 |

13 Literaturverzeichnis

1. Adams LP, Wilding RJ: A photogrammetric method for monitoring changes in the residual alveolar ridge form. *J Oral Rehabil* 1985;12:443-450
2. Amler MH: The time sequence of tissue regeneration in human extraction wounds. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1969;27:309-318
3. Araujo MG, Lindhe J: Dimensional ridge alterations following tooth extraction. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:212-218
4. Araujo MG, Sukekava F, Wennstrom JL, Lindhe J: Ridge alterations following implant placement in fresh extraction sockets: an experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:645-652
5. Araujo MG, Sukekava F, Wennstrom JL, Lindhe J: Tissue modeling following implant placement in fresh extraction sockets. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:615-624
6. Araujo MG, Wennstrom JL, Lindhe J: Modeling of the buccal and lingual bone walls of fresh extraction sites following implant installation. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:606-614
7. Artzi Z, Nemcovsky CE: The application of deproteinized bovine bone mineral for ridge preservation prior to implantation. Clinical and histological observations in a case report. *J Periodontol* 1998;69:1062-1067
8. Artzi Z, Tal H, Dayan D: Porous bovine bone mineral in healing of human extraction sockets. Part 1: histomorphometric evaluations at 9 months. *J Periodontol* 2000;71:1015-1023
9. Artzi Z, Tal H, Dayan D: Porous bovine bone mineral in healing of human extraction sockets: 2. Histochemical observations at 9 months. *J Periodontol* 2001;72:152-159
10. Ashman A: Ridge preservation—the future practice of dentistry. *Dent Econ* 1995;85:80, 82-3
11. Atwood DA: Reduction of residual ridges: a major oral disease entity. *J Prosthet Dent* 1971;26:266-279
12. Baylink DJ, Wergedal JE, Yamamoto K, Manzke E: Systemic factors in alveolar bone loss. *J Prosthet Dent* 1974;31:486-505
13. Becker W, Clokie C, Sennerby L, Urist MR, Becker BE: Histologic findings after implantation and evaluation of different grafting materials and titanium micro screws into extraction sockets: case reports. *J Periodontol* 1998;69:414-421
14. Berglundh T, Lindhe J: Healing around implants placed in bone defects treated with Bio-Oss.

- An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:117-124
15. Botticelli D, Berglundh T, Buser D, Lindhe J: The jumping distance revisited: An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:35-42
 16. Botticelli D, Berglundh T, Lindhe J: Hard-tissue alterations following immediate implant placement in extraction sites. *J Clin Periodontol* 2004;31:820-828
 17. Botticelli D, Persson LG, Lindhe J, Berglundh T: Bone tissue formation adjacent to implants placed in fresh extraction sockets: an experimental study in dogs. *Clin Oral Implants Res* 2006;17:351-358
 18. Buser D, Dula K, Hess D, Hirt HP, Belser UC: Localized ridge augmentation with autografts and barrier membranes. *Periodontol 2000* 1999;19:151-163
 19. Camargo PM, Lekovic V, Weinlaender M, Klokkevold PR, Kenney EB, Dimitrijevic B, *et al.*: Influence of bioactive glass on changes in alveolar process dimensions after exodontia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;90:581-586
 20. Cardaropoli G, Araujo M, Lindhe J: Dynamics of bone tissue formation in tooth extraction sites. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol* 2003;30:809-818
 21. Cardaropoli G, Araujo M, Hayacibara R, Sukekava F, Lindhe J: Healing of extraction sockets and surgically produced - augmented and non-augmented - defects in the alveolar ridge. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 2005;32:435-440
 22. Carmagnola D, Adriaens P, Berglundh T: Healing of human extraction sockets filled with Bio-Oss. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:137-143
 23. Cornelini R, Cangini F, Martuscelli G, Wennstrom J: Deproteinized bovine bone and biodegradable barrier membranes to support healing following immediate placement of transmucosal implants: a short-term controlled clinical trial. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2004;24:555-563
 24. Cornelini R, Cangini F, Covani U, Wilson TG Jr: Immediate restoration of implants placed into fresh extraction sockets for single-tooth replacement: a prospective clinical study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2005;25:439-447
 25. Denissen HW, Kalk W, Veldhuis HA, van Waas MA: Anatomic consideration for preventive implantation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1993;8:191-196
 26. Froum S, Cho SC, Rosenberg E, Rohrer M, Tarnow D: Histological comparison of healing extraction sockets implanted with bioactive glass or demineralized freeze-dried bone allograft:

- a pilot study. *J Periodontol* 2002;73:94-102
27. Fugazzotto PA: GBR using bovine bone matrix and resorbable and nonresorbable membranes. Part 1: histologic results [abstract]. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:361-369
 28. Fugazzotto PA: GBR using bovine bone matrix and resorbable and nonresorbable membranes. Part 1: histologic results. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:361-369
 29. Fugazzotto PA: Treatment options following single-rooted tooth removal: a literature review and proposed hierarchy of treatment selection. *J Periodontol* 2005;76:821-831
 30. Glauser R, Lundgren AK, Gottlow J, Sennerby L, Portmann M, Ruhstaller P, *et al.*: Immediate occlusal loading of Branemark TiUnite implants placed predominantly in soft bone: 1-year results of a prospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2003;5 Suppl 1:47-56
 31. Gross J: Ridge preservation using HTR synthetic bone following tooth extraction. *Gen Dent* 1995;43:364-367
 32. Grunder U, Polizzi G, Goene R, Hatano N, Henry P, Jackson WJ, Kawamura K, Kohler S, Renouard F, Rosenberg R, Triplett G, Werbitt M, Lithner B: A 3-year prospective multicenter follow-up report on the immediate and delayed-immediate placement of implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999;14:210-216
 33. Guarnieri R, Pecora G, Fini M, Aldini NN, Giardino R, Orsini G, *et al.*: Medical grade calcium sulfate hemihydrate in healing of human extraction sockets: clinical and histological observations at 3 months. *J Periodontol* 2004;75:902-908
 34. Iasella JM, Greenwell H, Miller RL, Hill M, Drisko C, Bohra AA, *et al.*: Ridge preservation with freeze-dried bone allograft and a collagen membrane compared to extraction alone for implant site development: a clinical and histologic study in humans. *J Periodontol* 2003;74:990-999
 35. Indovina A Jr, Block MS: Comparison of 3 bone substitutes in canine extraction sites. *J Oral Maxillofac Surg* 2002;60:53-58
 36. Jahangiri L, Devlin H, Ting K, Nishimura I: Current perspectives in residual ridge remodeling and its clinical implications: a review. *J Prosthet Dent* 1998;80:224-237
 37. Jung RE, Siegenthaler DW, Hammerle CH: Postextraction tissue management: a soft tissue punch technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2004;24:545-553
 38. Kan JY, Rungcharassaeng K: Immediate placement and provisionalization of maxillary anterior single implants: a surgical and prosthodontic rationale. *Pract Periodontics Aesthet*

- Dent 2000;12:817-24; quiz 826
39. Lekovic V, Kenney EB, Weinlaender M, Han T, Klokkevold P, Nedic M, *et al.*: A bone regenerative approach to alveolar ridge maintenance following tooth extraction. Report of 10 cases. J Periodontol 1997;68:563-570
 40. Lekovic V, Camargo PM, Klokkevold PR, Weinlaender M, Kenney EB, Dimitrijevic B, *et al.*: Preservation of alveolar bone in extraction sockets using bioabsorbable membranes. J Periodontol 1998;69:1044-1049
 41. Liu L, Li S, Tian W: [A clinical study on immediate implantation of particulate hydroxylapatite artificial bone after teeth extraction]. Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi 2002;20:42-44
 42. Lorenzoni M, Pertl C, Zhang K, Wimmer G, Wegscheider WA: Immediate loading of single-tooth implants in the anterior maxilla. Preliminary results after one year. Clin Oral Implants Res 2003;14:180-187
 43. Luczyszyn SM, Papalexou V, Novaes AB Jr, Grisi MF, Souza SL, Taba M Jr: Acellular dermal matrix and hydroxyapatite in prevention of ridge deformities after tooth extraction. Implant Dent 2005;14:176-184
 44. Mannai C, Leake D, Pizzoferrato A, Ciapetti G, Sangiorgi C: Histologic evaluation of purified bovine tendon collagen sponge in tooth extraction sites in dogs. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1986;61:315-323
 45. Misch CE, Dietsh-Misch F, Misch CM: A modified socket seal surgery with composite graft approach. J Oral Implantol 1999;25:244-250
 46. Nemcovsky CE, Serfaty V: Alveolar ridge preservation following extraction of maxillary anterior teeth. Report on 23 consecutive cases [abstract]. J Periodontol 1996;67:390-395
 47. Nemcovsky CE, Serfaty V: Alveolar ridge preservation following extraction of maxillary anterior teeth. Report on 23 consecutive cases. J Periodontol 1996;67:390-395
 48. Nevins M, Camelo M, De Paoli S, Friedland B, Schenk RK, Parma-Benfenati S, *et al.*: A study of the fate of the buccal wall of extraction sockets of teeth with prominent roots. Int J Periodontics Restorative Dent 2006;26:19-29
 49. Nyman S, Karring T: Regeneration of surgically removed buccal alveolar bone in dogs. J Periodontal Res 1979;14:86-92
 50. Olson RA, Roberts DL, Osbon DB: A comparative study of polylactic acid, Gelfoam, and Surgicel in healing extraction sites. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1982;53:441-449

51. Parel SM, Triplett RG: Immediate fixture placement: a treatment planning alternative. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:337-345
52. Pietrokovski J, Massler M: Alveolar ridge resorption following tooth extraction. *J Prosthet Dent* 1967;17:21-27
53. Pinho MN, Roriz VL, Novaes AB Jr, Taba M Jr, Grisi MF, de Souza SL, *et al.*: Titanium membranes in prevention of alveolar collapse after tooth extraction. *Implant Dent* 2006;15:53-61
54. Polizzi G, Grunder U, Goene R, Hatano N, Henry P, Jackson WJ, Kawamura K, Renouard F, Rosenberg R, Triplett G, Werbit M, Lithner B: Immediate and delayed implant placement into extraction sockets: a 5-year report. *Clin Implant Dent Relat Res* 2000;2:93-99
55. Rosenquist B, Grenthe B: Immediate placement of implants into extraction sockets: implant survival. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996;11:205-209
56. Schenk RK, Buser D, Hardwick WR, Dahlin C: Healing pattern of bone regeneration in membrane-protected defects: a histologic study in the canine mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994;9:13-29
57. Schmid J, Hammerle CH, Fluckiger L, Winkler Jr, Olah AJ, Gogolewski S, *et al.*: Blood-filled spaces with and without filler materials in guided bone regeneration. A comparative experimental study in the rabbit using bioresorbable membranes. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:75-81
58. Schmidlin PR, Jung RE, Schug J: [Prevention of alveolar ridge resorption after tooth extraction—a review]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2004;114:328-336
59. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T: Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2003;23:313-323
60. Schultz AJ: Guided tissue regeneration (GTR) of nonsubmerged implants in immediate extraction sites. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1993;5:59-65; quiz 66
61. Schwartz-Arad D, Chaushu G: Placement of implants into fresh extraction sites: 4 to 7 years retrospective evaluation of 95 immediate implants. *J Periodontol* 1997;68:1110-1116
62. Sclar AG: Preserving alveolar ridge anatomy following tooth removal in conjunction with immediate implant placement. The Bio-Col technique. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 1999;7:39-59

63. Serino G, Biancu S, Iezzi G, Piattelli A: Ridge preservation following tooth extraction using a polylactide and polyglycolide sponge as space filler: a clinical and histological study in humans. *Clin Oral Implants Res* 2003;14:651-658
64. Shanaman RH: The use of guided tissue regeneration to facilitate ideal prosthetic placement of implants. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1992;12:256-265
65. Thompson DM, Rohrer MD, Prasad HS: Comparison of bone grafting materials in human extraction sockets: clinical, histologic, and histomorphometric evaluations. *Implant Dent* 2006;15:89-96
66. Vance GS, Greenwell H, Miller RL, Hill M, Johnston H, Scheetz JP: Comparison of an allograft in an experimental putty carrier and a bovine-derived xenograft used in ridge preservation: a clinical and histologic study in humans. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:491-497
67. Vasilic N, Henderson R, Jorgenson T, Sutherland E, Carson R: The use of bovine porous bone mineral in combination with collagen membrane or autologous fibrinogen/fibronectin system for ridge preservation following tooth extraction. *J Okla Dent Assoc* 2003;93:33-38
68. Watzek G, Haider R, Mensdorff-Pouilly N, Haas R: Immediate and delayed implantation for complete restoration of the jaw following extraction of all residual teeth: a retrospective study comparing different types of serial immediate implantation. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995;10:561-567
69. Werbitt MJ, Goldberg PV: The immediate implant: bone preservation and bone regeneration. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1992;12:206-217
70. Wilson TG Jr: Guided tissue regeneration around dental implants in immediate and recent extraction sites: initial observations. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1992;12:185-193
71. Wilson TG Jr, Schenk R, Buser D, Cochran D: Implants placed in immediate extraction sites: a report of histologic and histometric analyses of human biopsies. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998;13:333-341
72. Wolff J: *Das Gesetz der Transformation des Knochens*. No publisher, Berlin, Hirschwald 1892, 36
73. Yeo AB, Ong MM: Principles and implications of site preservation for alveolar ridge development. *Singapore Dent J* 2004;26:15-20
74. Yilmaz S, Efeoglu E, Kilic AR: Alveolar ridge reconstruction and/or preservation using root

- form bioglass cones. J Clin Periodontol 1998;25:832-839
75. Yukna RA: Clinical comparison of hydroxyapatite-coated titanium dental implants placed in fresh extraction sockets and healed sites. J Periodontol 1991;62:468-472
76. Zitzmann NU, Scharer P, Marinello CP, Schupbach P, Berglundh T: Alveolar ridge augmentation with Bio-Oss: a histologic study in humans. Int J Periodontics Restorative Dent 2001;21:288-295
77. Zubillaga G, Von Hagen S, Simon BI, Deasy MJ: Changes in alveolar bone height and width following post-extraction ridge augmentation using a fixed bioabsorbable membrane and demineralized freeze-dried bone osteoinductive graft. J Periodontol 2003;74:965-975