



Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades „Doktorin der Zahnheilkunde“  
„lat.“ Doctor medicine dentalis“, abgekürzt Dr.med.dent.

# **Der Effekt von „Platform switching“ auf die Stabilität des krestalen Knochengewebes unter Verwendung von XiVE® S plus Implantaten basierend auf einer tierexperimentellen Studie.**

## **Vorläufige Ergebnisse**

Alexandra Lammer  
Eingereicht am

In der Abteilung für restaurative und prothetische Zahnheilkunde, Universitätsklinik  
für Zahn - Mund - und - Kieferheilkunde , Graz.



Lammer Alexandra  
Ragnitzstrasse 119 /EG/ 1  
8047 Graz

## EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe. Ich habe sämtliche Autoren- und Verlagsrechte der verwendeten Literaturquellen beachtet, nur die angegebenen Quellen benützt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht.

Graz , am

Alexandra Lammer

Danksagung:

Ich möchte mich herzlich bedanken bei Herrn Prof. Dr. Martin Lorenzoni, der mir dieses interessante Thema zur Verfügung gestellt hat.  
Ein ganz liebes Danke an Herrn DDr. Michael Payer, der mich geduldig mit seinem Rat unterstützte und mir zur Seite stand.  
Danke Erich Häupl für Deine Geduld und Deine fachmännische Hilfe in allen Bereichen der Soft- und Hardware.  
An Frau Mag. Wenninger ein Danke schön für Ihre Mithilfe.  
Liebe Erika, danke, dass Du für Hannah und mich da bist.  
Den größten Dank möchte ich meiner Familie aussprechen, meiner Mama, insbesondere meiner Tochter Hannah, und meiner besten Freundin Christine, die mich seit Jahren unterstützen und an mich glauben.  
Ich danke Euch sehr für Eure Liebe.

Im stillen Gedenken an meinen Vati.  
Ein herzlicher Dank an einen Menschen, der mich immer wieder auf meinem Weg begleitet, mir Mut macht weiter zu gehen und nicht aufzugeben.

## Inhaltsverzeichnis:

Zusammenfassung

Abstracts

1. Einleitung.....	9
1.1 Der Mikropalt.....	12
1.2 Die Biologische Breite.....	14
1.3 Das Konzept des Platform-Switching = PFS.....	16
1.4 Osseointegration.....	16
1.5 Implantat-Aufbauverbindung.....	18
1.6 Mikropalt und Mikrobewegungen.....	18
1.7 Spannungen.....	19
2. Allgemeiner Teil.....	20
2.1 Implantate.....	20
2.1.1 Allgemein.....	20
2.1.2 Terminologie in der Implantologie :.....	21
2.2.Implantatsystem.....	23
2.2.1 XiVE® S Implantate.....	23
2.2.2 FRIADENT® TempBase + FRIADENT® TempBase Cap.....	26
2.2.3 FRIADENT® Gingivaformer und FRIADENT® Verschlusschrauben.....	27
2.2.4 Implantatsysteme mit Konusverbindung und integriertem PFS.....	28
2.2.4.1 Ankylos.....	28
2.2.4.2 ASTRA.....	29
2.2.5 Straumann® Bone Level Implantate.....	30
2.3 Minischweine als Versuchstiere.....	31
2.3.1 Das Minischwein in der Forschung.....	31
2.3.2 Tierversuche und das Tierschutzgesetz in Österreich.....	31
2.3.3 Die Auswahl des geeigneten Versuchstiers.....	33
2.3.3.1 Das Tier als Modell.....	33
2.3.3.2 Das Schwein als Versuchstier.....	34
2.4 Das Göttinger Minischwein:.....	35
2.4.1 Rasse , Verbreitung , Beschreibung.....	35
2.4.2 Anatomische und physiologische Aspekte.....	36
2.4.2.1 Anatomie.....	36
2.4.2.2 Allgemeines zu Zähnen und Gebiss des Schweins.....	37
2.4.2.3 Die Occlusion:.....	39
2.4.2.4 Anatomie des Kauapparates - Der Kiefer.....	40
2.4.3 Haltung, Fütterung und Pflege.....	41
2.5 Narkoseverfahren.....	42
2.5.1 Narkosevorbereitung.....	42
2.5.2 Minischweine Eingriffsplan im Überblick.....	42
2.5.3 Anästhesieprotokoll Vollnarkose für operative Eingriffe bzw. Untersuchungen:.....	43
2.5.4 Anästhesieprotokoll Sedierung für CT-Kontrolle der Implantationen.....	44

3. Spezieller Teil .....	44
3.1 Versuchsprotokoll.....	44
3.2 Operative Eingriffe und weiteres Procedere:.....	46
3.2.1 Operationen, postoperative Maßnahmen, klinische Untersuchungen .....	51
3.2.2 Euthanasie .....	51
3.3 Computertomographie und Röntgenbilder post mortem: .....	52
3.4 Misserfolge.....	53
3.5 Weiteres Procedere .....	53
4. Die Trenn-Dünnschlifftechnik.....	54
5. Färbung , Histomorphometrie .....	59
6. Ergebnisse.....	59
6.1 Ergebnisse der klinischen Untersuchung .....	59
7. Diskussion und Konklusion.....	60
8. Abbildungsverzeichnis .....	67
9. Abkürzungen .....	69
10. Literaturliste .....	70

## **Zusammenfassung**

Meine Diplomarbeit befasst sich mit dem Effekt von „Platform Switching“ ( PFS ) auf die Stabilität des krestalen Knochengewebes unter Verwendung von XiVE® S plus Implantaten basierend auf einer tierexperimentellen Studie.

Ziel dieser Diplomarbeit ist ein Studienprotokoll eines Tiexperimentes zum Thema Platform-switching vorzustellen, erste klinische und radiologische Ergebnisse zusammenzufassen und einen Überblick über die aktuelle Literatur zum Thema PFS zu geben.

PFS stellt ein Konstruktionskonzept dar, bei dem der Abutmentdurchmesser kleiner als der Implantatdurchmesser ist.

Das heißt, das Abutment schließt nicht implantatkongruent ab, sondern ist nach zentral verlagert.

Platform-Switching verlagert den Übergang zwischen Implantat und Aufbau nach zentral; mechanische und mikrobielle Reize werden vom periimplantären Gewebe ferngehalten. Die biologische Breite verlagert sich aus der vertikalen in die horizontale Ebene. Der Mikrospace wird somit von der Implantatschulter nach innen verlagert, damit sich der Abstand zum Knochen vergrößert. Platform-Switching ist eventuell ein wichtiger Faktor für die Gewebestabilität. Das schmalere Abutment schafft mehr Raum für das periimplantäre Weichgewebe. Platform Switching ermöglicht eventuell Knochenapposition bis an das Abutment und schafft auf der Implantatschulter eine breite horizontale Basis für die stabile Anlagerung von Hart- und Weichgewebe mit dem Ziel implantatgetragene Restaurationen initial und dauerhaft stabil zu machen und langfristigen Gewebeerhalt zu erreichen.

An fünf Göttinger Minischweinen wurde der Effekt des Platform-Switching auf das periimplantäre Knochengewebe und die positive Auswirkung auf die Stabilität der inserierten Implantate samt Suprakonstruktion gezeigt. Es wurden insgesamt 46 XiVE® S Implantate und Sofortimplantate (Länge: 8 mm, Durchmesser: 4,5 mm) bilateral in der Maxilla der Minischweine gesetzt. Nach drei Monate dauernder Einheilphase wurden die Tiere prothetisch mit 3-5-stelligen Brücken mit 3,8 mm Abutment auf der Testseite und 4,5 mm Abutment auf der Kontrollseite versorgt. Sie wurden nach drei Monaten geopfert. Die histologische und histomorphometrische Auswertung der gewonnenen Präparate am anatomischen Institut der medizinischen Universität Graz wird Inhalt einer weiteren Arbeit sein.

33 Implantate wurden für die Studie evaluiert.

Ein Minischwein erkrankte an Pneumonie und verstarb, das ergibt einen Verlust von 10 Implantaten.

Ein Implantat in Position M1 ging verloren.

Zwei Sofortimplantate in Position P1 und ein Implantat in Position M1 mussten aufgrund fehlender Osseointegration entfernt werden.

Die in den letzten Jahren entstandenen Publikationen zeigen, dass durch PFS krestaler Knochen in seiner Position erhalten werden kann.

Letztendlich scheint jedoch das Zusammenwirken vieler Faktoren ausschlaggebend für eine erfolgreiche Implantattherapie und kosmetisch anspruchsvolle langfristige stabile Ergebnisse.

## **ABSTRACT:**

### **The effect of „platform switching“ on the crestal bone stability using XiVE® S plus implants**

This prospective experimental study on minipigs evaluated the effect of platform switching on the periimplant tissue reaction and the crestal bone stability.

Five Göttinger Minipigs (Ellegaard Göttingen Mini pigs Aps ,Dalmose, Denmark) of either sex, 24 and 26 months of age and an average body weight of 38 kg were included in this study.

The experimental protocol was approved by the Ethics Committee of the Medical University of Graz and by the Austrian Federal Ministry of Education , Science and Culture,Vienna Austria (approval Nr.:GZ 66.010/24-BrGT2005 and GZ 66.010/ 10-BrGT2005 ) and strictly adhered to the guiding principles of animal welfare in animal operating theatre.

Two premolars (P2, P3) and the first molar (M1) in five adult Göttinger minipigs were extracted bilaterally in the maxilla.Two months following extraction, 46 XiVE® S plus implants with a length of 8mm and a width of 4,5mm (DENSPLY, Friadent, Mannheim, Germany) were placed at crestal level in the maxilla of the minipigs.In three pigs where a third premolar was present it was extracted and an XiVE® S immediate implant installation with a transgingival healing abutment of 4 mm high,was performed in this position.In three pigs five implants were inserted and in two pigs four implants were inserted on each side.

Three months later, the FRIADENT® TempBase abutments were removed and transfer copings (FRIADENT® TempBase Cap) were screwed into the implant. During this operation impressions were taken using a closed tray for reposition technique with a polyether material (Impregum NF, ESPE, Germany).

Then healing abutments of 4 mm high (Dentsply, FRIADENT® Gingivaformers) were immediately fixed again into all implants.

It was found that one implant in the position of the first molar was lost.Two implants, one of the immediately installed implants and one in position of the first molar had to be removed for not being osseointegrated.

Therefore a total of 33 implants were evaluated in this study.

Two weeks later three - five unit fixed partial dentures were inserted using 3,8mm abutments on the test side (left side) and 4,5mm abutments on the control side (right side) .The partial dentures were controlled and cleaned with a piezo sonic instrument (Vector® , Dürr Dental ,Deutschland) in a two week rhythm.

After three months all minipigs were sacrificed.

Prior to specimen preparation x-rays of the implant sites were taken and the sections will be evaluated histomorphometrically in a following study.

The aim of this work was to introduce the study-record, to show the first result of the experimental study, and to give an overview of existing literature and analysis published articles dealing with platform-switched implantants.

It was concluded that platform-switching influence the crestal height and it helps to remain the bone level after implantat placement.

Platform-switching seems to reduce peri-implant bone resorption and this method provides better aesthetics results, but it was thought that further studies and investigations are necessary to prove the advantages of the platform- switching-implants.

## 1. Einleitung

Zahnimplantate haben sich in der Zahnheilkunde seit den Untersuchungen von Branemark et al., 1969 und Schröder et al., 1976 zum Ersatz fehlender Zähne als Standardtherapie etabliert.

Ziel ist es Implantate über Jahre als Fundament zur Befestigung von festsitzendem bzw. herausnehmbarem implantatgetragenen Zahnersatz stabil im Alveolarknochen halten zu können.

Neben der individuellen Anamnese des Patienten scheinen die knöchernen Aufbereitungstechnik, die Qualität, Dichte und Physiologie des Knochenlagers, sowie Implantattyp abhängige Faktoren (Form, Oberfläche, Abutmentdesign etc.) wichtig für eine erfolgreiche Implantat-Behandlung (Größner- Schreiber et al. 1991; Klokkevold et al 1997; Wilke et al. 1990; Krafft et al 1994; Kieswetter et al 1996).

Das Implantat soll biokompatibel sein um stabil und schnell einzuheilen und in weiterer Folge keine Abwehrreaktion des Körpers auszulösen (Branemark et al 1985 und Albrektsson et al.1981).

Die Oberflächenbeschaffenheit eines Implantates ist ein bestimmender Faktor für den Prozess der erfolgreichen Osseointegration (Davis et al 2003)

Implantate bestehen in der Regel aus medizinischem Reintitan (CP-Titan Grad 1-4).

Ein Schwerpunkt der aktuellen Implantatforschung liegt im Design der Implantat-Abutment-Verbindung die als potentielle Keimnische Ausgangspunkt periimplantärer Entzündungen ist.

Obwohl mittlerweile gute Langzeitergebnisse vorliegen, kommt es nach wie vor zu entzündlichen Komplikationen bei osseointegrierten Implantaten, der sogenannten Periimplantitis, die in weiterer Folge auch zu Implantatverlust führen kann (Ericsson et al., 1992; Persson et al., 1960; Berglundh et al., 1991).

Bei Implantatverlusten wird hierbei zwischen Frühverlusten (während der Einheilphase) und Spätverlusten (nach erfolgter Osseointegration) unterschieden.

Strub et al. führten 1999 12 Ursachen für Implantatverlust, sowie zusätzliche Einflussfaktoren wie Nikotinabusus, Mundhygiene und chirurgisches Vorgehen, an.

Als Ursachen für Implantatverlust in der Spätphase werden occlusales und biomechanisches Trauma, insbesondere aber die bakterielle Besiedelung mit paropathogenen Keimen und entzündliche Reaktionen diskutiert. (Rosenberg et al. 1991; Mombelli et al. 1987; Quirynen et al. 1992; Isidor 1996; Hürzeler et al.1998; Karoussis et al.,2004).

Man nimmt somit an, dass die Ätiologie der Perimplantitis, einer Gingivitis bzw. einer Parodontitis beim natürlichen Gebiss entspricht. (Eke et al.,1998; Leonhardt et al.,1993,1992). Auch unter gesunden oralen Verhältnissen gleicht die Keimflora auf Implantaten derer gesunder Zähne (Sumida et al. 2002; van Winkelhoff et al. 2000; Liljenberg et al. 1997; Papaioannou et al. 1996; Quirynen et al. 1996a; Koka et al. 1993; Bauman et al. 1992; Quirynen & Listgarten 1990; Apse et al. 1989). Pontoriero et al. 1994 und Koka et al. 1993 zeigten in ihren humanen Studien, dass inserierte Implantate von ähnlichen paropathogenen Mikroorganismen besiedelt werden wie natürliche Zähne.

Ebenso zeigten Hultin et al. 2002 in ihren Untersuchungen, dass Patienten mit einer Periimplantitis und starkem marginalen Knochenabbau das pathogene Keimspektrum einer fortgeschrittenen chronischen Parodontitis aufweisen.

Eke et al. 1998 kamen zu ähnlichen Ergebnissen und zeigten dass die Keimflora einer Periimplantitis bei Patienten mit Eigenbezahnung und einer chronischen Parodontitis ähnlich ist.

Das periimplantäre Weichgewebe, hat wohl Gemeinsamkeiten mit der Gingiva um den natürlichen Zahn, unterscheidet sich aber doch in der Zusammensetzung des Bindegewebes, im Verlauf der Kollagenfasern und der vaskulären Versorgung.

Der azelluläre Faserzement, der sich an der Zahnwurzel befindet und von dem aus der gingivale und dentoalveoläre Faserapparat nach koronal, apikal und horizontal aufstrahlt und so den Zahn federnd in der Alveole aufhängt, fehlt an osseointegrierten Implantaten (Berglundh et al. 1991). Die Kollagenfasern aus der bindegewebigen Umgebung verlaufen eher parallel zur Oberfläche der Implantate.

Die periimplantäre Mukosa entspricht eher einem Narbengewebe (Pontoriero et al. 1994), ist kollagenreich, fibroblastenarm und geringer vaskularisiert als die Gingiva. (Berglundh et al. 1994) Das Saumepithel ist im Vergleich zum Zahn länger (Berglundh & Lindhe et al., 1996; Listgarten et al. 1991).

Das periimplantäre Bindegewebe enthält keine vergleichbaren Abwehrmechanismen und paropathogene Keime und ihrer Toxine dringen rascher in die Tiefe, weshalb es um Implantate leichter zu entzündungsbedingtem Knochenabbau und somit zur Periimplantitis kommen kann (Krekeler et al 1996).

Charakteristisch für die Periimplantitis sind vertikale und horizontale Knocheneinbrüche (Lindhe & Berglundh 1999).

Konstruktionsbedingte Spalträume zwischen Implantat und Implantat-Aufbau (sog. Mikrospalt) bei zweiteiligen Implantaten stellen ein potentiellies Keimreservoir dar (Broggini et al. 2003; Jansen et al. 1995; Tschernitschek et al. 1995; Quirynen & van Steenberghe 1993; Krekeler et al. 1990b; Wahl & Schaal 1989). Die Schnittstelle zwischen Abutment und Implantat gilt als Prädilektionsstelle für Plaqueakkumulation.

Der konstruktionsbedingte Mikrospalt stellt einen Durchtrittsweg von Sulcusflüssigkeit und somit von Bakterien ins Innere der Implantate dar (Orsini et al., 2000a; Broggini et al., 2003; Quirynen et al., 1994). In einer Studie von Quirynen et al. 1994 wurde gezeigt, dass ein flow in beiden Richtungen möglich ist, von der Implantatumgebung in den Innenraum und umgekehrt. Auch ein Zusammenhang zwischen der Spaltdurchlässigkeit für Keime und der Entstehung der Periimplantitis ist dokumentiert (McCarthy & Guckes et al 1993; Quirynen et al. 1994).

Mombelli et al (1993) zeigten in einer Studie die Bedeutung der Implantatinnenräume als Keimreservoir auf. Nach erfolgter Periimplantitis-Therapie traten erneut die gleichen Keime wie vor der Therapie auf.

Wieweit der flow von pathogenen Mikroorganismen durch den Mikrospalt in das Implantatinnere und umgekehrt für die Entstehung einer Periimplantitis ursächlich ist, scheint bis jetzt noch nicht vollständig geklärt (Buzello et al. 2005).

Orsini et al. 2000a und O'Mahony et al. 2000 konnten den Zusammenhang von bakterieller Besiedelung des Implantat-Innenraumes und dem Entstehen einer Periimplantitis aufzeigen.

Viele Studien setzen sich mit dem Mikrospaltproblem auseinander (Scarano et al., 2005; Orsini et al 2000a, Quirynen et al., 2002 und 1994, Persson et al., 1996b, Ericsson et al 1995; O'Mahony et al 2000, King et al., 2002).

Ein möglicher Ansatz um periimplantäre Entzündungen in den Griff zu bekommen, scheint das sog. Platform-Switching (PFS) zu sein. Beim Platform-Switching wird der

Mikrospalt von der Implantatschulter nach innen verlagert, der Abstand zum Knochen vergrößert sich. Die Entzündungsreaktion verläuft geringer ausgeprägt ab, weil das entzündliche Infiltrat nicht so weit ins Gewebe vordringt. (Lazzaro et al 2006, Baumgartner et al., 2005; Gardner et al 2005 ).

Mit Hilfe von PFS soll somit der krestale Knochenabbau verringert werden.

Degidi et al., 2007 und 2008 zeigten auf, dass, wenn die horizontale Komponente zwischen dem äußeren Rand des Implantates und ein schmalerer Durchmesser (PFS) verwendet wird, der Knochenverlust geringer ausfällt.

Doring et al., 2004, Abboud et al 2005, Schulda et al 2006 betonen, dass durch Implantat-Abutment-Verbindungen, die konisch und bewegungsfrei sind, sich die Knochenresorption verringert etabliert.

### **Ziel der Arbeit**

Ziel dieser Diplomarbeit ist ein Studienprotokoll eines Tiexperimentes zum Thema Platform-switching vorzustellen, erste klinische und radiologische Ergebnisse zusammenzufassen und einen Überblick über die aktuelle Literatur zum Thema PFS zu geben.

Die histologische und histomorphometrische Auswertung der gewonnenen Präparate am anatomischen Institut der medizinischen Universität Graz wird Inhalt einer weiteren Arbeit sein.

## 1.1 Der Mikropalt

Wenn der prothetische Aufbau = Abutment bündig mit der Implantatschulter abschließt, entsteht bei einigen Implantatsystemen zwischen Implantatkörper und Aufbau / Heilungsschraube eine Schnittstelle, die als Mikropalt = microgap bezeichnet wird.

Aus Studien von Hermann et al., 1997, 2001 weiß man über die Bedeutung der Positionierung der Implantatschulter und ihre Auswirkungen auf die krestale Knochenresorption. Es wurde in der Tierstudie von Hermann et al., 2001 festgestellt, dass die Lage des Mikropaltes, also die Verbindung zwischen der Implantatschulter und dem Aufbau zum Alveolarkamm und die Positionierung des Überganges von glatter zu rauher Implantatoberfläche zum Alveolarkamm entscheidenden Einfluss hat auf die krestale Knochenhöhe.

In mehreren Untersuchungen wurde der Einfluss des Mikropaltes bei zweiteiligen Implantatsystemen auf das krestale Knochenniveau gezeigt. Je weiter koronal die Implantat-Abutment Verbindung lag, desto geringer war die Knochenresorption ausgeprägt und nahm zu, je weiter krestal bzw. subkrestal sie lag.

In der Studie von Hermann et al., 2001b wurde an zweiteiligen Implantatsystemen mit unterschiedlich großen Mikropalt gezeigt, dass die Knochenresorption unabhängig ist von der Größe des Mikropaltes und die Mikropaltgröße bei zweiteiligen Implantatsystemen keinen Einfluss auf den Knochen hat.

Unabhängig von der Größe des Mikropaltes kommt es nach der prothetischen Versorgung bei zweiteiligen Implantatsystemen zu einer Reduktion des krestalen Knochens von 1,5-2,5 mm, die im anterioren Bereich negative Auswirkungen zeigt auf die Weichgewebsästhetik. Auch verstärkte Kaubelastung fördert den Knochenabbau bei vorhandenem Spalt.

King et al. 2002 zeigten, dass die Größe des Mikropaltes keinen signifikanten Einfluss auf den periimplantären Knochenverlust hat und führten das Vorhandensein eines Mikropaltes und die unvermeidbare Mikrobeweglichkeit zwischen den Bestandteilen als Ursache eines erhöhten Knochenabbaus an.

Hermann et al. 2001 b verglichen einteilige mit zweiteiligen Implantatsystemen und es zeigte sich bei den zweiteiligen Implantaten eine signifikant geringere Knochenhöhe. Ebenso lag die attached gingiva bei den einteiligen Implantaten koronaler.

Bei einteiligen Implantatsystemen etabliert sich die Knochenhöhe nach der prothetischen Versorgung am glatt-rauen Übergang (Hermann et al 2001c). Das Auswechseln von Sekundärteilen, Abutment, Gingivaformer, Befestigungspfosten führen nach Hermann et al., 2001, Broggin et al., 2003, Dibart et al 2005, Covai et al 2006 zu zusätzlichen Knochenresorptionen.

Laut einer humanen Studie von Quirynen & van Steenberghe et al 1993 gibt es drei verschiedene Kontaminationsmöglichkeiten:

1. Kontamination der internen Bauteile mit Speichel und Mikroorganismen
2. Kontamination beim Ausdrehen der Schrauben
3. Kontamination aufgrund mangelnder Randspaltpassung

Persson et al. 1996b kam auf ähnliche Untersuchungsergebnis, er wies in seinen Studien anaerobe Keime nach, fand aber keinen Zusammenhang zwischen Knochenverlust und Keimspektrum.

Die Implantatinnenseite wird bakteriell kontaminiert durch die mangelnde Passgenauigkeit zwischen den einzelnen Komponenten zweiteiliger

Implantatkonstruktionen, es entsteht ein Mikrospalt, ein Hohlraum zwischen eigentlichem Implantat und Abutment

Ibrahim et al 2005 & 2003, O'Mahony et al. 2000, Guindy et al. 1998 kamen auf dieselben Erkenntnisse.

Zu einer Kontamination der Innenräume, bei bestehender oraler Keimbesiedelung, kommt es auch nach dem Einsetzen der Suprakonstruktion (van Winkelhoff et al. 2000).

Die Implantatinnenräume werden entweder durch Mikrospalten zwischen Innen- und Außenseite (Quirynen et al. 1994) oder auch durch eine Kontamination beim Einsetzen der Abutments bzw. der Suprakonstruktion bakteriell besiedelt.

Jansen et al. 1995 konnte an 13 verschiedene Implantat- Abutment- Konstruktionen Mikrospalten nachweisen.

Scarano et al. 2005; und Jansen et al. 1995 zeigten alle, dass der Implantatinnenraum mit der Implantatumgebung kommuniziert.

Steinebrunner et al. 2005 erwähnte zusätzlich zu den bekannten Gründen für die bakterielle Besiedelung des Implantatraumes, die Mikrobeweglichkeit beim Kauvorgang und den Kraftaufwand beim Eindrehen der Befestigungsschrauben, so auch Tschernitschek et al. 1995, der ein kontrolliertes Drehmoment von 20 Ncm. empfahl.

Broggini et al. 2003; Piatelli et al. 2003; King et al. 2002; Ericsson 1995 zeigten auch, dass das Vorhandensein eines Mikrospaltes zwischen Implantat und Abutment beziehungsweise Krone Einfluss auf den Knochenabbau hat und dass sich der Knochenabbau verringert, je größer der Abstand zwischen Spalt und Alveolarknochen ist.

Broggini et al. 2003 verglichen die Ansammlung von Entzündungszellen an ein- und zweiteiligen Implantatsystemen.

Zweiteilige Implantatsysteme im Vergleich zu den einteiligen zeigten eine höhere Ansammlung von Entzündungszellen insbesondere 0,5 mm koronal des Mikrospaltes und einen signifikant höheren Knochenabbau um das Implantat. Je koronaler der Mikrospalt liegt, desto geringer ist die Knochendestruktion.

In Untersuchungen Broggini et al. 2006 zeigte sich, dass die Verbindungsstelle zwischen Implantat und Abutment – Verbindung zu einer anhaltenden Entzündungsreaktion um das Implantat und damit zum Knochenabbau führt.

Hermann et al., 2001, Weng et al., 2005, Lazzara et al 2006, Dibart et al 2005 haben in ihren Studien gezeigt, dass die Lage des Mikrospaltes einen Einfluss hat auf die periimplantäre Knochenresorption und dass sich die biologische Breite auf Kosten des kristallinen Knochens bildet, wenn der Mikrospalt nahe dem Knochen liegt. (Gargiulo et al., 1961, Hermann et al., 2000, Carnevale et al., 1983, Maynard et al., 1979, Quirynen et al 1994a; Ericsson et al 1995, Persson et al 1996).

Mit der Implantatfreilegung kommt es zu einer Kontamination der Implantatoberfläche durch Exposition in die Mundhöhle, der Mikrospalt wird bakteriell besiedelt und es beginnt der Umbau nach dem Gesetz der biologischen Breite, auf Kosten des kristallinen Knochens bei zwei und einteiligen Implantatsystemen.

Fritzemeier et al 1999/2001, zitiert aus Brachwitz et al 2005. „Der Mikrospalt ist bei allen Implantatsystemen bakteriell kontaminiert.“

## 1.2 Die Biologische Breite

Der Knochen reagiert auf Umweltreize empfindlich und der Organismus reagiert darauf mit einer Schutzschicht, der sogenannten biologische Breite.

Diese beträgt beim gesunden, natürlichen Zahn 2,04 mm und setzt sich zusammen aus (Gargiulo et al 1961; Studium an menschlichen Autopsiepräparaten)

- dem Saumepithel: 0,97mm
- dem supraalveolären Bindegewebsattachment: 1,07mm, bei einer Variationsbreite von 1,06 bis 1,08 mm. (Cohen et al 1962 definierte klinisch das bindegewebige und epitheliale Attachment )

bei einer Sulcustiefe von 0,69 mm (dentogingivaler Komplex) und sollte als Abwehrmechanismus verstanden werden, als ein Resultat des Körpers auf chronische entzündliche Umbauprozesse im Bereich des kristallinen Knochengewebes und angrenzenden Weichgewebes.

Unter dem Begriff "Biologische Breite" versteht man die vertikale Dimension des Mukosa- Zahn- Attachments, diese beinhaltet die Breite des Saumepithels und das zugehörige Bindegewebe (Distanz zwischen der apikalen Begrenzung des Sulcus bis zur Höhe des ersten Knochenkontaktes).

Die Entstehung ist physiologisch. Die biologische Breite ist eine natürliche Grenzschicht zwischen Innen - und Außenwelt, eine bakteriedichte Barriere zw. dem eigentlichen Parodontalspalt und der Mundhöhle und liegt beim natürlichen Zahn an der Schmelz-Zement-Grenze.

Diese Schutzfunktion kann nur dann stattfinden, wenn der Heilungsablauf nahezu ungestört verläuft.

Die biologische Breite beeinflusst das interdentale Knochenniveau und dadurch auch die rote Ästhetik (Papille).

### **Das biologische Grundprinzip:**

Kommt der Knochen in der Mundhöhle frei zu liegen oder in Kontakt mit Mikroorganismen des Spaltes, bedeckt er sich mit Periost und Bindegewebe, das Bindegewebe zusätzlich mit Epithel.

Wenn ein chronischer Reiz auf den Knochen einwirkt, wird der Knochen sich an dieser Stelle resorbieren um einen Abstand zu diesem chronisch exponierten oder gereizten Bereich herzustellen.

Die Ursache für einen chronischen Reiz sind Bakterien, die die Implantat-Abutment-Grenzfläche erreichen oder die Entfernung des Abutments nach initialer Heilung.

Wissenschaftliche Studien (Abrahamsson et al.1997 , Hermann et al 1997,2001) zeigten, dass sich die biologische Breite an jedem Implantat ausbildet aber variiert.

Hermann et al. (2000) fanden bei einteiligen transgingivalen Implantaten ähnliche Weichteildimensionen wie bei natürlichen Zähnen (3 mm).

Die biologische Breite hat eine stabile Dimension und orientiert sich am Knochenkamm des Alveolarknochens (Gargiulo et al. 1961). Das Saumepithel bildet sich somit apikal vom Spalt aus und es kommt durch die stabile Dimension zur Knochenresorption bei Implantaten, deren obere Kante direkt an der Knochenkante oder unterhalb inseriert wurde.

Die vertikale Dimension der biologischen Breite hängt ab vom Vorhandensein eines Mikrospaltes zwischen dem Implantat und dem Abutment und von der Höhe dieses Spaltes bezogen auf den Knochenkamm.

Weber et al. (1996) fanden bei subgingival inserierten Implantaten immer das Saumepithel apikal zum Mikrospace zwischen dem Implantat und dem transgingivalen Abutment. Die Attachmenthöhe für transgingivale Implantate lag dabei insgesamt koronaler als bei subgingivalen Implantaten.

Das Vorhandensein einer Grenzfläche (Mikrospace) bei zweiteiligen Implantat-Abutmentsystemen geht dann mit crestalem Knochenverlust einher. Hermann et al. 1997; Cochran et al. 1997 zeigten, dass dies bei einteiligen transgingival inserierten Implantaten nicht auftritt.

Werden zweiteilige Implantate verwendet, dann sollte der Spalt 1,5-2 mm über dem Knochen zu liegen kommen. Die Ausbildung der biologischen Breite kann somit supracrestal erfolgen und führt zu keinem Knochenverlust.

Werden einteilige Implantate verwendet, dann sollte deren Grenzlinie zwischen rauher und glatter Oberfläche direkt an der Knochenkante liegen.

Bei einteiligen Implantaten kommt der Gingivasaum deutlich koronaler zu liegen als bei zweiteiligen Implantaten (Weber et al. 1996, Hermann et al. 2001).

Mit der Implantatfreilegung oder dem Einbringen von Sekundärteilen kommt es zu einer bakteriellen Kontamination des Mikrospace, der Knochen reagiert mit Abbau und Umbau, in vertikaler und horizontaler Richtung im Sinne eines körpereigenen Abwehrsystems auf das Agens des entzündlichen Infiltrates.

Der Knochenabbau wird eingeleitet und es zeigt sich ein 1 bis 2mm vertikaler und 1 bis 1,5mm horizontaler Knochenabbau (Tarnow et al 2000) im Bereich des marginalen Knochenniveaus innerhalb der ersten drei Monate nach der Implantatfreilegung, ausgehend vom Spalt.

„Bone remodelling“, bis zur ersten Windung ist intrinsisch und ein schüsselförmiger Knochendefekt entsteht als Antwort des Organismus auf das Entzündungsinfiltrat.

Potentielle Störfaktoren bzw. Gefahrenquellen für diese Defektheilung sind:

- Mikrobewegungen
- Mikrospace der Implantat - Abutment – Verbindung

Beim Wechseln von Sekundärteilen kann es auch zu einer Verletzung der biologischen Breite kommen und als Folge davon zu einer Migration des Epithels am Implantat nach apikal. Es resultiert daraus eine zusätzliche Resorption des marginalen Knochenniveaus (Abrahamsson et al 1997).

Cochran et al 1994 zeigten in klinischen Untersuchungen auf, dass ein bindegewebiges Attachment die apikale Epithelproliferation auf der Titanoberfläche des Implantat-Abutments vermeiden könnte.

### 1.3 Das Konzept des Platform-Switching = PFS

Das PFS verlagert den Mikrospace vom Rand der Implantatschulter nach zentral und somit vergrößert sich der Abstand des Knochens vom Mikrospace (Lazzara et al 2006; Baumgartner et al 2005; Gardner et al, 2005).

Das PFS stellt ein Konstruktionsprinzip bei Implantaten dar, deren Abutmentdurchmesser kleiner ist, als der Implantatdurchmesser.

Das heißt, dass das Abutment (= Aufbau) nicht implantatkongruent und somit nicht schlüssig mit der Aussenkante des Implantates abschließt, sondern nach zentral verlagert ist. Der bakteriell besiedelte Mikrospace verlagert sich vom Knochen weg und damit verbunden kommt es zu geringen Knochenresorptionen, die biologische Breite etabliert sich besser. Das Abutment - Implantat - Interface entfernt sich somit von der Knochengrenze.

Der Effekt des PFS wurde zu Beginn der 90er Jahre zufällig entdeckt, als größere Implantatdurchmesser mit kleineren Abutmentdurchmessern verwendet wurden, weil es damals keine entsprechenden Größen gab. Dabei zeigte sich, durch den Effekt des PFS bei zweiteiligen Implantatsystemen ein geringer bis gar kein Knochenabbau im marginalen Bereich.

Bis dahin galt ein geringer periimplantärer Knochenabbau bis zur 1sten Windung als intrinsisch und der Um- bzw. Abbau des marginalen Knochens unvermeidbar. (Ericsson et al 1995).

Viele wissenschaftliche Untersuchungen setzten sich mit dem Effekt des PFS auseinander u.a. im letzten update review von Laura López-Marí et al 2009 setzten sich die Autoren gezielt mit dem Effekt des PFS auseinander.

#### **Indikation des PFS :**

- Ästhetisch sensibler Frontzahnbereich
- Geringeres Knochenangebot, um das bestehende Knochenniveau effizient und optimal zu nutzen, ohne Einbußen der Stabilität.
- Verringerung des periimplantären Knochenabbaus
- schmale Zahnlücken

### 1.4 Osseointegration

Der Implantologe hat ein klinisches und wissenschaftlich fundiertes Therapiekonzept zur Verfügung, das auf den Patienten individuell abgestimmt werden kann und laufender Aktualisierung unterliegt.

Der Wunsch nach Verkürzung der Behandlungsdauer gibt Anlass zu überlegen, welche Faktoren in der Implantatbehandlung entscheidend sind für die Erfolgssicherung. Der Hauptfokus lag auf der chirurgischen Implantatbettauflbereitung und der gesicherten Einheilung der Implantate sowie im Vorhandensein des Alveolarfortsatzes der ein(e) beanspruchte(s) Zahnwurzel/Implantat voraussetzt.

Mit der implantatprothetischen Lasteinleitung setzt ein Remodelling im Sinne eines dynamischen Gleichgewichtes von Gewebeauf- und Gewebeabbau der periimplantären Hart- und Weichgewebe ein.

## **Osseointegration**

Branemark et al. 1983 definierte die Osseointegration als direkter funktioneller und struktureller Verbund zwischen dem organisierten, lebenden Knochengewebe und der Oberfläche eines belasteten Implantates

Osseointegration beschreibt die knöcherne Integration enossaler Implantate als Indikator für die Widerstandskraft bei deren funktioneller Belastung (Branemark et al., 1969; 1977, 1983, Schröder et al., 1978; Schröder et al., 1981) und wurde mit der Frakturheilung verglichen (Adell et al. 1981).

Die Osseointegration ist gebunden an

1. ausreichend dimensioniertes und regelrecht strukturiertes knöchernes Lagergewebe
2. Entzündungsfreiheit der periimplantären Weichgewebe
3. Adäquate funktionelle Belastung.

### **Osteogenese – Knochenheilung :**

Die Knochenneubildung geht von den Osteoblasten der das Implantat umgebenden Knochenoberfläche aus (Gehrke et al. 2003).

Man unterscheidet:

- 1.) Distanz - und 2.) Kontakt - Osteogenese

#### **1.) Distanz - Osteogenese:**

Diese Art der Osseointegration ist deshalb ungünstig, weil sich die knochenbildenden Zellen am ortständigen Knochen anlagern. Es kommt zu keiner Zellapposition sondern der Kontakt zur Implantatoberfläche entsteht durch eine extrazelluläre Matrix. Es kommt zu einer Bildung von Knochen auf der Oberfläche mit begleitendem Ionenaustausch und Bildung einer chemischen Bindung. Eine bindegewebige Membran an der Grenzfläche zwischen Implantat und Knochen wird gebildet. Zusätzlich besteht die Gefahr der Weichgewebsabscheidung.

#### **2.) Kontakt - Osteogenese:**

Ist die günstigste Art der Osseointegration.

Die osteogenetischen Zellen siedeln sich direkt auf der Implantatoberfläche an, es kommt zur Bildung von Knochen auf der Oberfläche. Die Knochenformation erfolgt direkt auf der Oberfläche des Implantates und die sich bildende Knochenmatrix verzahnt sich mit den Retentionen der Oberfläche.

Die Integration am Implantat-Knochen-Interface bedeutet direktes Wachstum auf der Implantatoberfläche (Tarnow et al., 1995) und kann in drei Phasen gegliedert werden: die Osteokonduktion, die De-novo-Knochenbildung und die Knochenmodellierung. In der Phase der knöchernen Remodellierung, wird zwischen altem Knochen und Implantatoberfläche neue Knochensubstanz gebildet

Brunski et al. verweisen auf die frühzeitige Belastung bzw. Sofortbelastung von Implantaten, wenn Mikrobewegungen der Implantate von mehr als 150 µm während der Osseintegrationsphase vermieden werden (Brunski et al., 1992 und Brunski et al., 1993).

Laut Cameron et al. 1972 kommt es auch bei Mikrobewegungen zur Osseointegration von Implantaten, Makrobewegungen jedoch führen zu einer bindegewebigen Etablierung am Interface, sodass nach Brunski et al 1993 diese während der Einheilphase nicht auftreten sollten.

Die initiale Osseointegrationsphase und die krestale Langzeitstabilität werden beeinflusst vom Implantatdesign, der Oberflächeneigenschaften und von biomechanischen Eigenschaften. Die Implantatoberfläche besonders um den Implantathals ist wichtig für die initiale Osseointegration.

Die Knochendichte des Implantatagers, das Implantatmakrodesign, die Zusammensetzung, Rauigkeit und Topographie der Implantatoberfläche am Interface sind ausschlaggebend für die Primärstabilität und Osseointegration (Größner - Schreiber et al. 1991; Klokkevold et al 1997; Wilke et al. 1990; Krafft et al 1994; Kieswetter et al 1996).

Implantatdurchmesser, -länge - oberfläche und -position in Relation zur natürlichen Wurzel sind ausschlaggebende Faktoren (Hart et al. 1983; Davy et al 1983).

## 1.5 Implantat-Aufbauverbindung

Rotationsstabile bakteriedichte Implantat-Aufbauverbindung, optimale Kräfteinleitung und die mechanische Festigkeit nehmen an Bedeutung zu in der Implantologie (Möllersten et al 1997).

Eine konische Verbindung zwischen Implantataufbau und Implantatkörper soll von Vorteil sein.

## 1.6 Mikrospace und Mikrobewegungen

Laut Weng et al 2003,2004 ist das zentrale Thema in der Implantologie sowohl die initiale als auch eine dauerhafte Stabilität von inserierten Implantaten im Hinblick auf Funktionalität und Ästhetik verbunden mit Erhalt des Weich und Hartgewebes.

Im Wesentlichen geht es immer um den Mikrospace, die Mikrobeweglichkeit und um den Knochenerhalt am Mikrospace.

Problemquellen in der Implantologie

- Entzündliches Bindegewebe
- Mikrobewegungen und damit Einbußen in der Stabilität der Implantatkomponenten auf der Implantatplattform

Versteckte und offensichtliche Mikrobeweglichkeiten verschiedener Implantatsysteme wurden von Zipprich et al 2007 in einer Studie untersucht.

Der Mikrospace per se ist nicht das Problem, sondern laut der Zipprich Studie der Mikrospace, der sich bewegt im Rahmen von Kaubewegungen, etc.

Durch die Bewegungen gelangen Bakterien samt Endotoxine in den Spalt und daraus entsteht im Rahmen eines Pumpeffektes ein mikrobieller flow, ein Mikropumpeffekt, der in der Implantathalsregion eine bindegewebige Inflammation verursacht.

Der Mikrospace führt durch Bewegungen der verschiedenen Implantatsysteme mehr oder weniger bzw. durch Bakterien und deren Stoffwechselprodukte und durch die körpereigene Immunabwehr, u.a. durch Endotoxine, zu einem Knochenabbau als Abgrenzung des Körpers gegen den bakteriell verseuchten Mikrospace.

Das Ausmaß der Knochenresorption wird durch den Radius des kontaminierten Gewebevolumens begrenzt.

Laut Zipprich gibt es „immer eine Mikrobeweglichkeit, bevor eine Lockerung auftritt. Hauptsächlich für einen beweglichen Spalt sind die Drehmomente um die Drehachse“.

Um Mikrobeweglichkeit zu verringern ist die Form und Verbindung zwischen Implantat und Abutment ausschlaggebend. Durch Implantatsysteme mit einer konischen, mikrobewegungsfreien Implantat-Abutment-Verbindung kann jedoch unter günstigen Voraussetzungen die Resorption des krestalen Knochens nachhaltig vermieden werden (Doring et al 2004; Abboud et al, 2005; Schulda et al, 2006).

Laut Broggin et al, 2006; Scarano et al, 2005; Covai et al, 2006 kann angenommen werden, dass der krestale Knochen durch den Pumpeffekt mit dieser Flüssigkeit kontaminiert wird

Der Erhalt des krestalen Knochens scheint möglich durch folgende Faktoren:

- Die biologische Breite kann sich durch die Stufenform der Implantatplattform erneut nur eingeschränkt ausbilden.
- Der vertikale Knochenabbau verringert sich.

Durch verringerten vertikalen Knochenabbau fördert das PFS den Erhalt des krestalen Knochengewebes und der krestale Knochen hält seine Position.

Bei standardisierten Implantat-Abutment-Verbindungen, die schlüssig miteinander abschließen, liegt das entzündliche Bindegewebe auf der Implantatplattform.

Der Knochen reagiert durch den Kontakt mit dem Implantat im Sinne eines Selbstschutzmechanismus mit Knochenabbau und Einhalten der biologischen Breite. Durch das PFS ist die Ausbildung der biologischen Breite eingeschränkt, weil die Stufenform des Implantats den angrenzenden Knochen isoliert und das Entzündungsgewebe weiter lateral auf der Peripherie der Implantatplattform liegt. Die Idee von Implantatsystemen mit integriertem PFS ist ein Vermeiden von Irritation und Manipulation im Bereich des krestalen Knochens, der somit vor Abbau geschützt werden soll und sich eine biologische Breite etablieren kann.

## 1.7 Spannungen

Die Studie Maeda et al.2007 zeigte, dass die Krafterleitung (Scherkräfte) in den krestalen Knochen durch PFS verringert und ein periimplantärer Knochenabbau durch mikrobielle und biomechanische Ursachen vermieden werden kann.

Es wurde auch festgehalten, dass durchmesserreduzierte Abutments zu einem größeren mechanischen Stress an der Implantat-Aufbau-Verbindung führen.

Bei der Konusverbindung bilden die Implantatplattform und die Konuspatrize des Abutments eine Stufe aus (Plattform-switching), (Lazzara et al, 2006). Diese Stufe verlagert bei extraaxialer Belastung des Implantats Spannungsspitzen vom krestalen Knochen-Implantat-Interface zu der weiter zentral liegenden Ecke zwischen Implantatplattform und Abutment.

Diese Stufe und die weiter zentral liegenden Ecke findet der Knochen auch vor, wenn die krestale Resorption an der ersten Gewindeschraube des Implantates stoppt.

## **2. Allgemeiner Teil**

### **2.1 Implantate**

#### **2.1.1 Allgemein**

Zahnimplantate sind künstliche Zahnwurzeln zur Befestigung von Kronen und Brücken (festsitzender Zahnersatz) oder Prothesen (herausnehmbarer implantatgetragener Zahnersatz) im Alveolarfortsatz die die natürlichen Zahnwurzeln ersetzen, denen sie in Form und Größe entsprechen und somit zylinder- oder wurzelförmig sind. Nach Bohrung in den Kieferknochen werden sie in diesen geschraubt, selten geklopft. Die Oberfläche ist meist säuregeätzt und/oder ist mechanisch bearbeitet (Strahlung) um den Verbund mit dem Kieferknochen zu verbessern.

#### **Implantateinteilung**

Dentale Implantate werden nach ihrer Form, der Art der Einheilung, ihren einzelnen Bauteilen, ihrem Material, ihrer Oberflächenbeschaffenheit und der Befestigung der Suprastruktur unterteilt.

#### **Implantatformen**

In der modernen Implantologie werden rotationssymmetrische Implantate verwendet. Man unterscheidet: transdentale, submuköse, subperiostale, enossale Implantate und Mischimplantate.

Enossale Implantate, direkt im Knochen verankert, sind in der zahnärztlichen Chirurgie in Verwendung, und lassen sich in Blatt-, Nadel-, Zylinder- und Schraubenimplantate (Schröder et al. 1994; Strub et al. 1999) einteilen.

#### **Implantatmaterialien**

Zahnimplantate bestehen fast nur aus Titan, es werden bioinerte Materialien verwendet, die eine physiologische Einheilung ermöglichen.

Der Werkstoff Reintitan und seine Legierungen haben sich als Metalle der ersten Wahl für die intraossären Teile der verwendeten Implantate durchgesetzt, weil sie vom Körper am besten angenommen werden

Branemark et al., 1985 und Albrektsson et al., 1981 beschrieben den Verbund zwischen dem entstehenden Titanoxid und dem Knochen als Osseointegration.

Es gibt 3 Implantatmaterialgruppen: Metalle, Keramik und Polymere. Kunststoffe oder Stahllegierungen finden in der Implantologie keine Verwendung durch fehlende Osseointegration nach Branemark et al. Aluminiumoxidkeramik führt wie Titan zu einer Kontaktosteogenese mit dem Knochen, wird aber nicht eingesetzt, weil die Frakturanfälligkeit der Keramik erhöht ist. Zirkonoxidkeramik könnte die Alternative zum Titanimplantat sein

Ein Implantatwerkstoff muss folgende Anforderungen erfüllen: mechanische Festigkeit, biologische Kompatibilität, Stabilität bei Biege- und Torsionsspannung, Langzeitbeständigkeit und Sterilisierbarkeit.

#### **Implantataufbau**

In der Implantologie wird zwischen einteiligen und zweiteiligen Implantaten unterschieden. Bei einteiligen Implantaten sind die Implantatbasis und das Retentionselement aus einem Stück. Somit erfolgt die Einheilung immer transgingival. Bei zweiteiligen Implantaten wird das Abutment auf die Implantatbasis aufgeschraubt, die Einheilung kann trans- oder subgingival erfolgen.

Der Vorteil zweiteiliger Implantate ist im breiten Spektrum der prothetischen Versorgungsmöglichkeit zu sehen und in der zufriedenstellenden ästhetischen und funktionellen oralen Rehabilitation

Als Nachteil sind die einzelnen Implantatbestandteile zu sehen und die konstruktionsbedingten Spalten der einzelnen Bauteile.

## 2.1.2 Terminologie in der Implantologie :

Nach dem **Implantationszeitpunkt** unterscheidet man:

- Sofortimplantation: Implantation unmittelbar nach Zahnverlust
- Verzögerte Sofortimplantation: Implantation nach abgeschlossener epithelialer Wundheilung und vor knöcherner Konsolidierung.
- Spätimplantation: Implantation nach knöcherner Konsolidierung der ehemaligen Alveole.

Nach der **Einheilphase** unterscheidet man zwischen einer gedeckten und offenen Einheilung

### 1.) Subgingivale Einheilung:

Die Einheilung des Implantates in den Kieferknochen erfolgt unbelastet für einige Monate (gedeckte Einheilzeit 2-6 Monate) unter verschlossenem MPL und ist während der Einheilungsphase mit einer Verschlusschraube speichel- und bakteriendicht verschlossen. Diese Methode ermöglicht eine weitgehend keimfreie Einheilung des Implantats (Branemark et al. 1969) und setzt ein zweizeitiges operatives Vorgehen voraus (z.B. bei Ankylos)

Ein zweiter operativer Eingriff zur Implantatfreilegung ist somit erforderlich, dabei wird ein Gingivaformer in das Implantat eingebracht um den Schleimhautsaum an der Durchtrittsstelle auszuformen. (Tarnow et al.1995 ).

### 2.) Transgingivale Einheilung:

Einige Implantatsysteme heilen transgingival ein. Die Implantate werden auf Gingivaniveau inseriert, das Implantat tritt durch die Schleimhaut hindurch, wird mit einer Einheilschraube verschlossen und der Mundhöhle sofort exponiert. Diese Insertionstechnik wird auch als „offene“ Einheilung bezeichnet, die Freilegung vor der definitiven Versorgung entfällt.

Die Weichgewebsheilung um den transgingivalen Implantatanteil erfolgt primär und das periimplantäre Weichgewebe muss abgestützt werden. Erreicht wird das durch Gingivaformer in den entsprechenden Gingivahöhen, die das Weichgewebe adaptieren mit dem Ziel die Gingiva zu erhalten und frühzeitig auszuformen, um eventuell spätere aufwendigere Eingriffe zur Rekonstruktion zu vermeiden.

Diese Implantatsysteme eignen sich zur Sofortbelastung mit provisorischen Brücken oder Kronen, insbesondere dann, wenn die Funktionalität der prothetischen Rekonstruktion im Vordergrund stehen soll.

Eine gute Mundhygiene ist notwendig, da die Bakterien leichter in die Tiefe gelangen können

Abrahamsson et al. 1996 zeigte vergleichbare Erfolgsquoten zwischen transgingivalen und subgingivalen Implantaten auf.

Die Dauer der Einheilphase, in der die Implantate nicht belastet werden, hängt vor allem von der Qualität und Quantität des ortständigen Gewebes ab. Je kompakter der ortständige Knochen ist, desto stabiler sind die Implantate beim Setzen und desto kürzer ist die Einheilphase.

Moderne Implantattechniken haben sich das Ziel gesetzt, die Einheilphase in bestimmten Fällen bis zu einer Sofortbelastung der Implantate zu verkürzen.

### **Sofortimplantation und die Sofortbelastung von Implantaten**

Unter Sofortimplantation versteht man das sofortige Einbringen eines Zahnimplantates in die Alveole direkt nach erfolgter Zahnextraktion oder dem Zahnverlust. Dies ist ein Versuch der natürlichen Knochenresorption besonders im ästhetisch sensiblen Frontzahnbereich entgegen zu wirken. Bei ausreichender Primärstabilität des Implantates ist eine sofortige provisorische Versorgung mit Krone oder Brücke möglich (Sofortbelastung), (Ledermann et al., 1996).

Danach erfolgen bei allen Systemen die Abformung des Kiefers mit den Implantaten und die Anfertigung der temporären und definitiven prothetischen Versorgung.

Die einzelnen Implantatsysteme unterscheiden sich in ihrer Oberflächenbeschaffenheit und in ihrer Formgebung, der Makro und Nanostruktur

### **Oberflächenbeschaffenheit der Implantate**

Die Oberflächenbeschaffenheit ist für den Implantat-Knochenverbund, die Osseointegration, von besonderer Bedeutung. Die Osseointegration ist eine ausschlaggebende Voraussetzung für den Erfolg der Behandlung.

Mit Titan wurde ein bioinertter Werkstoff gefunden und man versuchte eine Oberfläche zu finden, die die Einheilung und Verankerung der Implantate verbessert. Brunette et al., 1988 fand heraus, dass osteogene Zellen raue Oberflächen zur Besiedelung bevorzugen. Die Adhäsion von Zellen an Implantatoberflächen spielt eine entscheidende Rolle. Der Langzeiterfolg von dentalen Implantaten widerspiegelt sich in der Adhäsionsfähigkeit der Zellen an der Implantatoberfläche (Kawahara et al., 1983.)

Neuere Studien zeigten auf, dass raue Oberflächen von osteogenen Zellen bevorzugt besiedelt wurden und ihre metabolische Aktivität erhöht war (Cooper et al. 1998; von Recum et al. 1995; Kieswetter et al. 1996a; Kieswetter et al. 1996b; Davies et al. 1996; Martin et al. 1995).

Moderne Implantatsysteme haben eine aufgeraute Implantatschulter (obere Anteil des Implantats) und ein Mikrogewinde im Bereich der Implantatschulter, einige Implantatsysteme weisen eine zusätzliche Beschichtung für einen besseren Knochen-Implantatverbund auf.

### **Befestigung der Suprakonstruktion**

Die verschiedenen Implantatsysteme unterscheiden sich in der Anzahl und Auswahl der Aufbauten, mit dem Schwerpunkt prothetische Suprakonstruktion optimal auf den Implantaten zu befestigen um bestmögliche ästhetische und funktionelle Ergebnisse zu erzielen.

Unter Suprakonstruktion, dem eigentliche Zahnersatz, versteht man Einzelzahnkronen, Brücken und Prothesen, teleskop-, steg- oder druckknopfverankert. Je nach Implantatsystem und Indikation, wird die Suprakonstruktion auf das Abutment zementiert oder verschraubt, abhängig von der Indikationsstellung und dem Implantatsystem.

## 2.2. Implantatsystem

Im Rahmen dieser tierexperimentellen Studie wurden insgesamt 46 XiVE® S Implantate inseriert. Davon wurden 40 XiVE® S Implantate für die gedeckte und sechs XiVE® S Implantate für die offene Implantateinheilung verwendet und somit der transgingivalen Einheilung ausgesetzt.

### 2.2.1 XiVE® S Implantate

Implantatwerkstoff: medizinisches Reintitan(ISO5832-2)

Implantatoberfläche: FRIADENT® plus Mikrostruktur (gestrahlt und hochtemperaturgeätzt)

Implantat-Aufbau-Verbindung: Innensechskant



- Der Implantathals ist im Vergleich zum Durchmesser um 0,175 mm pro Seite aufgetulpt. Im Bereich des Übergangs vom Implantat zum Aufbau verjüngt sich diese Mikroextension durch eine 0,2 mm breite Anfassung auf das prothetische Anschlussmaß.
- Das Design des Implantathalses verschließt den Spalt zwischen Knochen und Implantat mit dem Ziel, die Primärstabilität weiter zu erhöhen.
- Die Extension in Kombination mit der FRIADENT®-Prothetik ermöglicht eine sichere Hart und Weichgewebsanlagerung nach dem Prinzip des PLATFORM-SWITCHINGS.

Abb.1 :XiVE® S Implantate:

XiVE® S Implantate sind subgingivale Schraubenimplantate, die nach knöcherner Konsolidierung der Alveole für die Sofortimplantation, verzögerte Sofortimplantation und Spätimplantation geeignet sind.

Es liegt ein zweiteiliges Implantatsystem vor und kann für die gedeckte und transgingivale Implantateinheilung verwendet werden.

XiVE® S-Implantate heilen unbelastet nach Insertion in den Kieferknochen unter der vernähten Schleimhaut zwei - sechs Monate subgingival ein. Das Implantat ist während der Einheilphase mit einer FRIADENT® Verschlusschraube verschlossen. Diese Einheilungsart wird als gedeckte Einheilung bezeichnet.

Eine weitere Option, Implantate offen einheilen zu lassen, ist durch XiVE® TG plus Implantate möglich.

Makrodesign der XiVE® S Implantate:

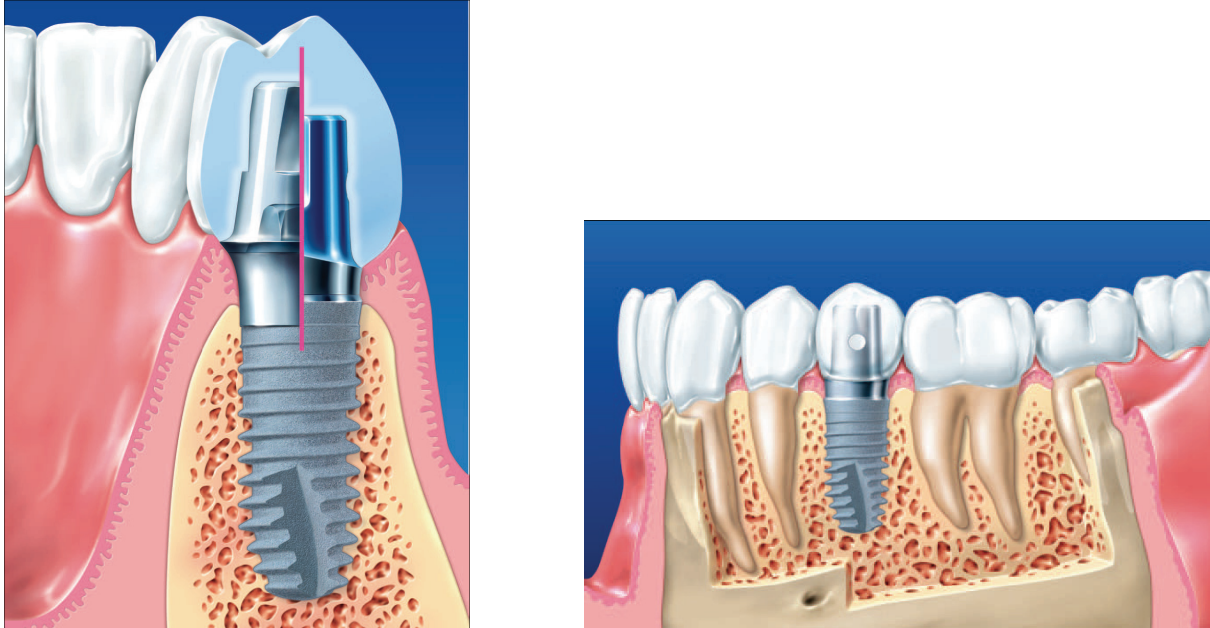


Abb.2 und 3: Makrodesign der XiVE® S Implantate

- Die Basis der XiVE® Schraubenimplantate ( XiVE® S Implantat und transgingivalen XiVE® TG ) besteht aus einem zylindrischen Kern mit einem selbstschneidenden Gewinde.
- Die Tiefe der Gewindeflanken nimmt bei gleichbleibender Gewindesteigung von krestal nach apikal zu. Dabei bleibt der Außendurchmesser konstant. Das apikale Gewinde ist mit drei in Drehrichtung angeschrägten Schneidkanten ausgestattet.
- Bei den unterschiedlichen Implantatlängen variiert die Länge des apikalen Anteils.
  - Gewinde : krestal            apikal
  - Tiefe :    0,18 mm    0,5 mm
  - Steigung : 0,85 mm    0,85 mm
- XiVE® S plus Schraubenimplantate haben einen Durchmesser : 3,0 –5,5mm und verschiedene Längen : 8 – 18 mm

**Friktion:**



Abb.4a und 4b: Friktion:

Implantatdurchmesser und -längen von subgingivalen XiVE® S plus Implantate:

**Durchmesser :**

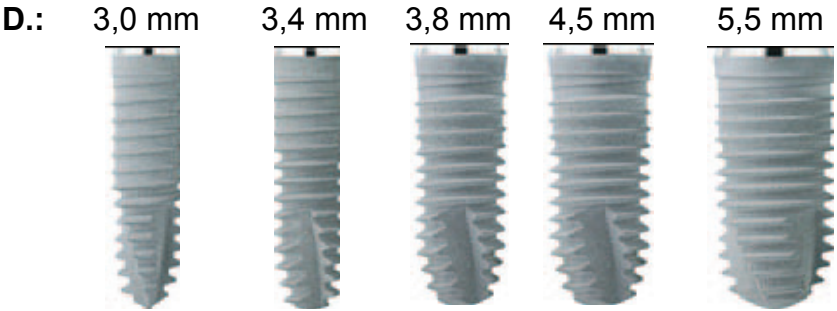


Abb.5 Durchmesser der XiVE® S plus Implantate:

**Länge:**

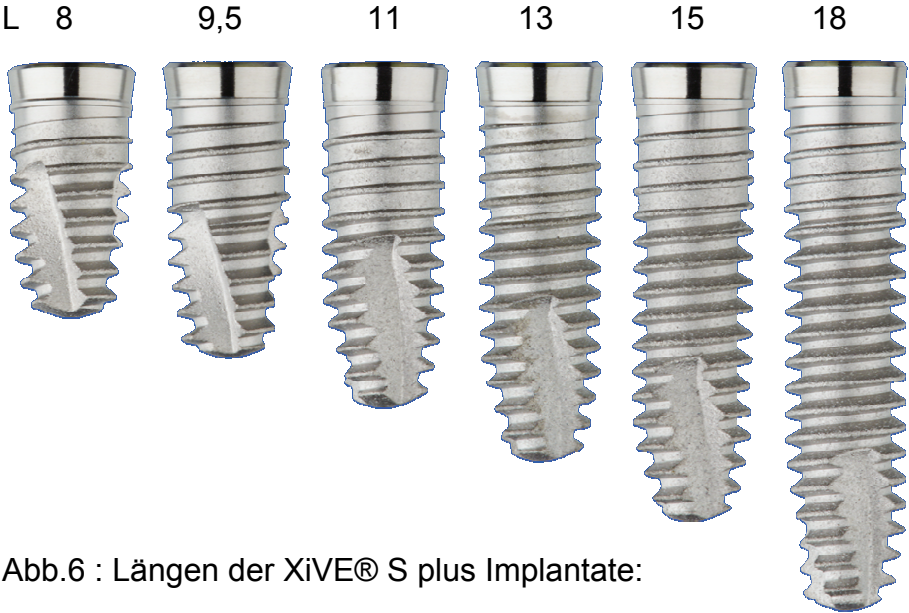


Abb.6 : Längen der XiVE® S plus Implantate:

## 2.2.2 FRIADENT® TempBase + FRIADENT® TempBase Cap

### FRIADENT® TempBase

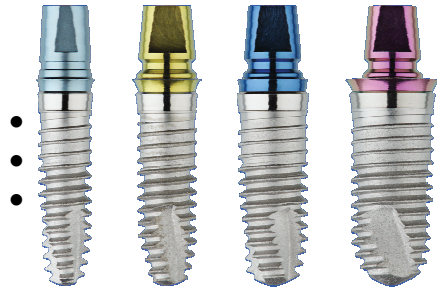


Abb.7: FRIADENT® TempBase



### FRIADENT® TempBase + FRIADENT® TempBase Cap :

Implantathalter  
Einbringpfosten  
Indexregistrierung  
Temporärer Aufbau

Abb.8: FRIADENT® TempBase +  
FRIADENT® TempBase Cap:

- Für die temporäre Sofortversorgung ( EZ oder Multiimplantatversorgung )  
chairside mit oder ohne funktioneller Sofortbelastung.
- Anfertigung eines Provisoriums im Labor nach intraoperativem Indexabdruck.

### Herstellung von Provisorien auf der FRIADENT® Temp Base:

#### Implantat-Indexregistrierung (II)

Die vereinfachte und beschleunigte Übertragung der klinischen Situation auf das Modell zur laborseitigen Anfertigung temporärer Versorgung wird als II bezeichnet.

#### FRIADENT® Temp Base, FRIADENT® Temp Base Cap:

Die farbcodierten Temp Base ist als Einbringpfosten bei allen XiVE® S Implantaten vormontiert und dient ausschließlich als temporärer Kronenaufbau.

Das Temp Base Cap ist präzise auf die Temp Base abgestimmt und wird als Basis für die Herstellung der provisorischen Rekonstruktion verwendet.

Bei einzeitigem Vorgehen ermöglicht das passende FRIADENT® Gingivaformer Cap nach erfolgter Implantatinsertion die Herstellung eines hochwertigen implantatgetragenen Provisoriums am Behandlungsstuhl.

Bei gedeckter Einheilung ist eine Indexregistrierung gleich nach der Implantat-Operation möglich. Mit diesem Abdruck kann das beauftragte Labor während der Einheilphase ein hochwertiges, passgenaues Provisorium herstellen und nach der Implantatfreilegung kann dieses direkt eingegliedert werden. Das modifizierte Temp Base Cap wird auf die Temp Base aufgesetzt.

Die ausgearbeitete provisorische Krone wird mit provisorischem Zement temporär befestigt.

### 2.2.3 FRIADENT® Gingivaformer und FRIADENT® Verschlusschrauben

- Der FRIADENT® Gingivaformer bewirkt eine rotationssymmetrische Ausformung und funktionsgerechte Ausbildung des periimplantären Weichgewebes durch eine dichte Anlagerung der Gingiva an die strukturpolierte Oberfläche.
- FRIADENT® Gingivaformer in Gingivahöhe werden für eine Extension des Weichgewebes während der Einheilphase zur Durchführung einer Weichgewebsplastik eingesetzt.
- Die Positionierung erfolgt mit Hex-Schraubendreher.



Abb.9: FRIADENT® Gingivaformer



Abb.10: FRIADENT® Verschlusschrauben

**FRIADENT®**  
**Verschlusschrauben**  
bei der gedeckten Einheilung.

## 2.2.4 Implantatsysteme mit Konusverbindung und integriertem PFS

Ankylos und Astra Tech sind Implantatsysteme, bei denen eine Konusverbindung zwischen Implantat und Aufbau liegt und daher nach den Untersuchungen von Zipprich et al 2007 keine Mikrobewegung unter dynamischer Belastung auftraten.

### 2.2.4.1 Ankylos

ist ein Implantatsystem mit integriertem PFS, ein Schraubenimplantat aus Titan mit progressivem Gewinde und der Friadent Plus Oberfläche mit hydrophiler Mikrostruktur. Mit der progressiven Gewindestruktur des enossalen Implantatkörpers versucht das Implantatsystem die Lasteinwirkung i.B. der Kortikalis zu reduzieren und verlagert sie in die Spongiosa. Eine optimale Entlastung der Region, eine gezielte Lastverteilung auf die apikal liegende Spongiosa und die spaltfreie subgingivale Konusverbindung zum Aufbau will Ankylos erzielen.

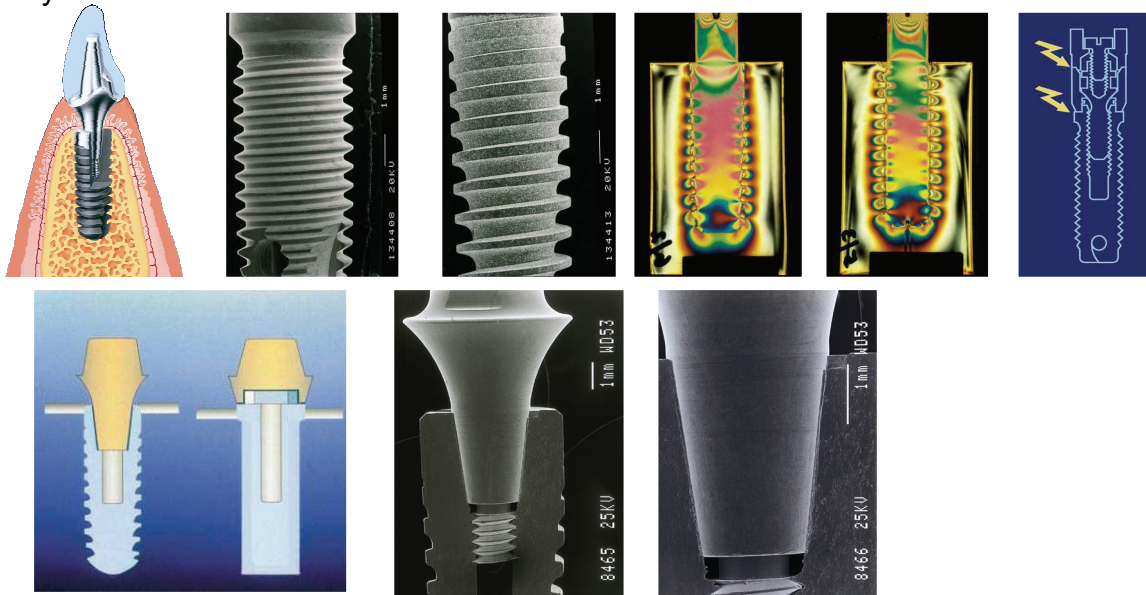
Die Aufbauverbindung Implantat-Abutment ist eine reine Konusverbindung in Form eines Außensechskantes, die das Implantat rotationssichert und stabil macht.

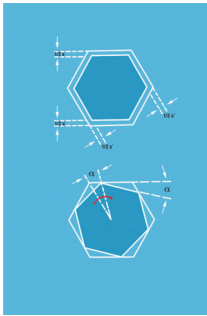
Mit der ANKYLOS TISSUE CARE Connection, die für Stabilität zwischen Implantat und Aufbau sorgt, versucht das Implantatsystem Mikrobeweglichkeit zwischen Implantat und Aufbau zu reduzieren, um durch geringere mechanische Irritationen und Reduktion der bakterieller Besiedelung, das Entzündungsrisiko unterhalb der Implantat-Aufbau-Verbindung und die bakteriell bedingte Knochenresorption zu reduzieren, sodass der Knochenabbau gering gehalten werden kann.

Die Geometrie der ANKYLOS TISSUE CARE Connection verlagert den Übergang zwischen Implantat und Aufbau nach zentral. Dieses systemimmanente PFS schafft auf der Implantatschulter eine breite horizontale Basis für die stabile Anlagerung von Hart- und Weichgewebe. Zusammen mit geringen Mikrobewegungen und der Dichtheit gegen Bakterien versucht das PFS den langfristigen Gewebeerhalt zu garantieren.

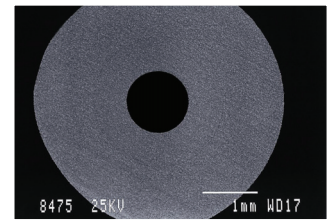
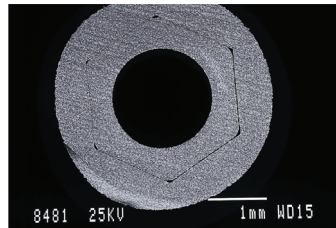
Konische Verbindungen vermeiden hohe Stressbelastungen am marginalen Knochen, damit will man verhindern, dass marginaler Knochen bei dauerhaft zu hohen Stressbelastungen abgebaut wird.

Ankylos: Abb.11 - 25

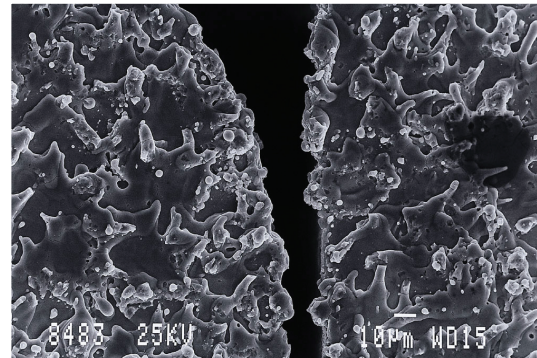
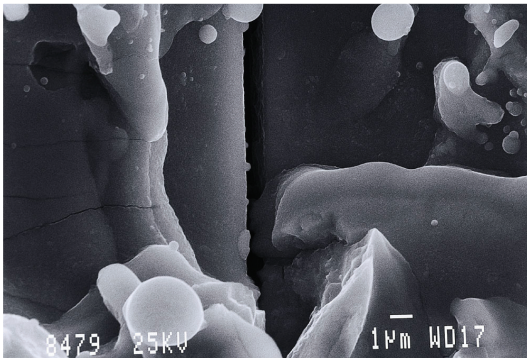




Aufbauverbindung: Implantat/Aufbaupfosten



Aufbauverbindung: Außensechskant



### 2.2.4.2 ASTRA

Das Astratech Implantat-System ist sowohl für die einzeitige, als auch für die zweizeitige Implantation geeignet.

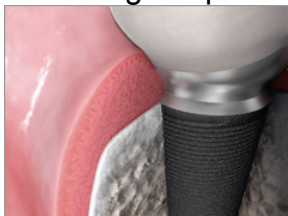


Abb.26: Astra Tech Implantat

Dieses System legt den Schwerpunkt, auf den Astra Tech Bio Management Complex, der folgende zusammenwirkende Systemmerkmale umfasst:

- OsseoSpeed™, eine fluorid-modifizierte Titan-Oberfläche,
- MicroThread™
- Conical Seal Design™
- Connective Contour™



Abb.27: Implantatsystem Astra tech -Merkmale

OsseoSpeed™:

- ist eine mikro-geraute mit Fluorid behandelte Titan-Oberfläche im Nano.-Bereich, um die Knocheneinheilung zu stimulieren, die Knochenbildung zu steigern und den Knochen-Implantat-Kontakt zu stärken (Abrahamsson et al.2003; Mellonig et al)

MicroThread™:

- Der Implantathals ist mit dem Mikrogewinde MicroThread™ versehen, um Belastungen optimal zu verteilen und Belastungsspitzen im Bereich der marginalen Kortikalis zu verringern.

Conical Seal Design™:

- Alle Astra Tech Abutment werden über eine konische Implantat -Abutment -Verbindung, das Conical Seal Design™, stabil und passgenau im Implantat verankert.
- Diese Verbindung liegt unterhalb des marginalen Knochenlevels und überträgt hohe Belastungen entlang des Implantatkörpers in den Knochen.
- Belastungsspitzen am Implantathals werden versucht zu reduzieren und den marginalen Knochen zu erhalten.
- Die hohe Passgenauigkeit der konischen Verbindung dichtet das Implantat zuverlässig gegen Bakterien ab und es entstehen keine Mikrobewegungen und Mikrospalten zwischen Implantat und Abutment.

Connective Contour™:

- beschreibt die Formgebung der Schnittstelle zwischen Implantat und Abutment, die Einschnürung des Abutments im Bereich des Implantathalses. Diese begünstigt eine erhöhte Schleimhautbildung während der Weichgewebeheilung. Die neugebildete Schleimhaut verbindet sich mit dem transmukosalen Teil des Implantates und umschließt und schützt den marginalen Knochen.

## 2.2.5 Straumann® Bone Level Implantate



Abb.28: Straumann® Bone Level Implantate

CrossFit™ Verbindung:



Abb.29: CrossFit™ Verbindung

Bone Control Design™ ist ein Konzept der Straumann Dentalimplantate, die gezielt versuchen mit dem Straumann® Bone Level Implantat dem Knochenabbau entgegenzuwirken, um ästhetisch akzeptable Resultate zu erzielen, mit dem Ziel, durch Erhalt des kristallinen Knochens Stabilität des Weichgewebes zu erreichen.

- Durch den horizontalen Abstand zwischen Mikropalt und Knochen versucht diese Implantatlösung auf Knochenlevel die biologische Distanz zu berücksichtigen.
- Der Übergang von rauher zur glatten Oberfläche befindet sich auf Höhe des kristallinen Knochens.

- Das biomechanische Implantatdesign und Gewindedesign optimiert die Kräfteinleitung in den Knochen.
- Der Mikropalt wird minimiert.
- Die konische Implantat-Abutment-Verbindung verhindert Mikrobewegungen und dichtet gut ab
- Osseokonduktion der Implantatoberfläche durch die Straumann- SLA®- Oberfläche ( Buser et al , 2004 ).

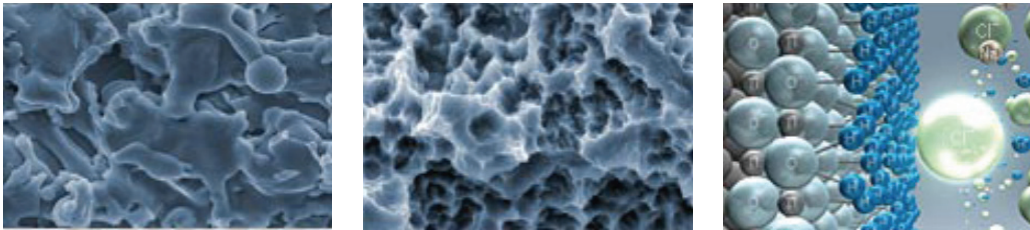


Abb. 30: Straumann SLA® - Oberfläche

## 2.3 Minischweine als Versuchstiere

### 2.3.1 Das Minischwein in der Forschung

Tierversuche sind für die klinische Forschung notwendig und das Tiermodell ist in der Forschung bis heute unbestritten.

### 2.3.2 Tierversuche und das Tierschutzgesetz in Österreich

#### Allgemeines :

Tierversuche dürfen in Österreich nur in den dafür genehmigten Tierversuchseinrichtungen und von Personen, die hierfür die entsprechende Genehmigung haben und nur nach Vorliegen einer schriftlichen Genehmigung der zuständigen Behörde durchgeführt werden.

Die Genehmigung ist bei der zuständigen Behörde zu beantragen, für Universitäten und die Österreichische Akademie der Wissenschaften ist dies das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (BMBWK).

#### Was ist ein Tierversuch?

Tierversuche sind alle für das Tier belastenden, insbesondere mit Angst, Schmerzen, Leiden oder dauerhaften Schäden verbundenen experimentellen Eingriffe an oder Behandlungen von lebenden Wirbeltieren, die über die landwirtschaftliche Nutzung und veterinärmedizinische Betreuung hinausgehen und das Ziel haben, eine wissenschaftliche Annahme zu prüfen, Informationen zu erlangen, einen Stoff zu gewinnen oder zu prüfen oder die Wirkung einer bestimmten Maßnahme am Tier festzustellen.

#### Wer darf einen Tierversuch durchführen?

Für die Durchführung eines Tierversuchs ist eine genaue Planung für einen korrekten Versuchsablauf und verwertbare Ergebnisse unerlässlich.

Tierversuche dürfen nach dem Tierschutzgesetz nur von Personen mit den dafür erforderlichen Fachkenntnissen durchgeführt werden, denen dafür eine Genehmigung erteilt worden ist. Voraussetzung für diese Genehmigung sind bestimmte Qualifikationserfordernisse (§ 7 TVG).

Die hier angeführten Personen haben eine für ihren Aufgabenbereich relevante Ausbildung absolviert und beherrschen die entsprechenden theoretischen und

praktischen Grundlagen für ihre Tätigkeit. Erwartet werden Übung in Pflege und Umgang mit Versuchstieren, sowie in der Durchführung der geplanten Behandlungen und Eingriffe. Diese Personen sollen in der Lage sein, das Befinden der Tiere mit denen sie arbeiten, zu beurteilen und Schmerz oder Unbehagen zu erkennen. Die zu erwartenden Ergebnisse des Versuches müssen statistisch aussagekräftig sein, damit eine unnötige Wiederholung desselben Tierversuches vermieden wird. Das statistische Auswertungsverfahren muss für die Fragestellung adäquat sein.

### **Durchführung von Tierversuchen**

§ 11. (1) Tierversuche sind stets auf das unerlässliche Ausmaß zu beschränken. Die Durchführung von Tierversuchen hat dem anerkannten Stand der Wissenschaften zu entsprechen.

(2) Im Einzelnen gilt für die Durchführung folgendes:

1. Sie sind unter Vermeidung aller mit dem Versuchszweck nicht notwendig verbundenen Belastungen durchzuführen; die Versuchstiere sind im erforderlichen Ausmaß sorgfältig auf die Versuchsbedingungen vorzubereiten und an diese zu gewöhnen.

### **Haltung, Unterbringung, Betreuung und Pflege von Versuchstieren**

§ 1. (1) Die Haltung, Unterbringung, Betreuung und Pflege von Versuchstieren im Zusammenhang mit Versuchen an lebenden Tieren gemäß dem Tierversuchsgesetz, BGBl. Nr. 501/1989, idF des BGBl. Nr. 169/1999 hat gemäß den im **Anhang** enthaltenen „Mindestanforderungen für die Haltung, Unterbringung und Pflege von Tieren“ zu erfolgen und gilt für alle zu Versuchen verwendeten Tiere sowohl in der Aufzucht als auch in der Unterbringung vor, während und nach einem Tierversuch. Insbesondere ist dabei auch darauf Bedacht zu nehmen, dass es sich bei den im Anhang enthaltenen Regelungen, Normen und Standards um Mindestanforderungen handelt, denen jedenfalls und zu mindestens zu entsprechen ist.

## **RÄUMLICHKEITEN DER EINRICHTUNG**

### **Tierräume**

bezeichnet Räume, in denen Tiere normalerweise zur Zucht oder Vorratshaltung oder während der Durchführung von Versuchen untergebracht werden;

1. Zur Sicherstellung einer regelmäßigen und wirksamen Säuberung der Räume und zur Aufrechterhaltung zufriedenstellender Hygienerichtwerte haben alle erforderlichen Maßnahmen getroffen zu werden. Decken und Wände müssen fest sein und eine glatte, undurchlässige und leicht abwaschbare Oberfläche haben.

2. Die Wände und Böden in Räumen, in denen Tiere sich frei bewegen können, sind mit einem besonders widerstandsfähigen Belag zu versehen, der einer starken Abnutzung durch Tiere und Reinigungsverfahren gewachsen ist. Das Material darf für die Tiere nicht gesundheitsschädlich sein und sie nicht verletzen.

### **Einstreu**

Die Einstreu sollte trocken, saugfähig, staubfrei, ungiftig und frei von Krankheitserregern, Ungeziefer oder jeder anderen Art von Kontamination sein.

**"Auslauf"** bezeichnet eine beispielsweise durch Zäune, Wände, Stäbe oder Maschendraht abgegrenzte Fläche, die häufig im Freien vor festen Gebäuden angelegt wird und auf der Tiere, die in Käfigen oder Boxen gehalten werden, sich eine bestimmte Zeit lang, je nach ihren ethologischen und physiologischen Bedürfnissen, wie dem Bewegungsdrang, frei bewegen können;

## **Bewegung und allgemeiner Umgang**

Es ist ratsam, jede sich bietende Möglichkeit zu nutzen, um den Tieren Bewegung zu verschaffen.

Falls erforderlich, sollte Zeit für das Ansprechen der Tiere, Arbeitsvorgänge mit ihnen und ihre Pflege aufgewandt werden. Das Personal sollte liebevoll, sanft und entschlossen im Umgang mit den Tieren sein.

## **PFLEGE DER TIERE**

### **Gesundheitszustand**

1. Die für eine Einrichtung zuständige Person hat dafür zu sorgen, dass eine regelmäßige Betreuung der Tiere und eine Überwachung ihrer Unterbringung und Pflege durch einen Tierarzt oder eine andere sachkundige Person gewährleistet sind und dass Mängel oder Leiden so schnell wie möglich behoben werden.
2. Der Gesundheit und Hygiene des Personals hat, in dem Maße, wie dies eine potentielle Gefahr für die Tiere darstellt, entsprechende Aufmerksamkeit gewidmet zu werden.

### **Schmerzloses Töten von Tieren**

Jede Methode, ein Tier schmerzlos zu töten, erfordert eine Erfahrung, die nur durch eine entsprechende Ausbildung erlangt wird.

Tierversuche müssen grundsätzlich unter Betäubung vorgenommen werden (§11 Abs.3 TVG).

## **2.3.3 Die Auswahl des geeigneten Versuchstiers**

### **2.3.3.1 Das Tier als Modell**

**Zitiert aus der Diplomarbeit von Otto Grit:** Untersuchungen zur postnatalen Gebissentwicklung beim Berliner Miniaturschwein:

Grundlegende Bedeutung kommt dem Tiermodell zu, welches in dem zu untersuchenden Phänomen möglichst große Ähnlichkeiten zum Menschen haben sollte, um auf diesen übertragbar zu sein (Grünberg, 1992; Held, 1983; van Zutphen et al., 1995).

Voraussetzung für die Verwendung eines Modells ist die grundsätzliche Anerkennung der Modellfähigkeit von Versuchstieren (Grünberg, 1992).

Wichtig ist, dass bei den für das Untersuchungsziel wesentlichen Merkmalen eine möglichst große Analogie zwischen Modell und Original besteht.

Ein Versuchstier erfüllt nur selten seine Modellfunktion als Ganzes, meist werden nur Teilbereiche „modelliert“. In der Regel ist es ausreichend, ein Modell zu wählen, das nur in den die Fragestellung betreffenden Punkten dem Original ähnelt (Grünberg, 1992; van Zutphen et al., 1995). Ein Tiermodell ist somit lediglich eine Annäherung an morphologische, physiologische oder molekulare Strukturen bzw. Funktionsabläufe (Weiß et al., 1996).

Entsprechend wählt man als Versuchstier eine Tierart aus, die im zu untersuchenden Bereich möglichst große Übereinstimmungen mit dem Original aufweist (Grünberg, 1992; Mitruka et al., 1976; van Zutphen et al., 1995)

### 2.3.3.2 Das Schwein als Versuchstier

**Zitiert aus der Diplomarbeit von Otto, Grit:** Untersuchungen zur postnatalen Gebissentwicklung beim Berliner Miniaturschwein:

Das Schwein eignet sich besonders gut als Versuchstier für die Zahnheilkunde aufgrund seiner anatomischen und physiologischen Ähnlichkeiten zum Menschen. Die Schweinehaut ist hell, gering behaart, Schweine haben große Ohren mit leicht zugänglichen Ohrvenen. Minischweine sind unkompliziert in der Haltung, Handhabung und kleiner in ihrer Größe, im Vergleich zum Hausschwein. Mount und Ingram (1971) sowie Hörr (1973), Bähr u. Schulze (1972); Leucht et al., 1982).

In der zahnmedizinischen Forschung weist das Schwein gegenüber den kleinen Modelltieren, wie Ratte, Maus oder Hund Vorteile aufgrund der Größe, der längeren Lebensdauer, der phylogenetischen Herkunft und seiner Ernährung auf. Der Hund ist, trotz der mit dem Menschen vergleichbaren Entwicklung des Alveolarfortsatzes und der Zahngröße, aufgrund des spezifischen Kautyps und des tiefen verzahnten Bisses für viele Fragestellungen nicht geeignet (Buck et al., 1965).

Douglas et al 1972 gibt an, dass kein anderes Tier als das Schwein dem Menschen in Entwicklung, Größe und Physiologie des Zahnes näher kommt. Bodegom (1969) betont die Ähnlichkeit der sagittalen und transversalen Beziehungen im Seitenzahngelände beim Menschen und beim Schwein. Weaver et al. 1962 brachten in einer Studie über das Minischwein in der zahnmedizinischen Forschung zum Ausdruck, dass sich Minischweine in vielen Teilgebieten der Zahnheilkunde als Modelltier einsetzen lassen. Dabei spielen folgende Vorteile eine wichtige Rolle:

- Das Schwein ist ein Omnivor, ein Allesfresser, und führt mahlende Kaubewegungen aus.
- Es besitzt ein längeres Intervall der Milch- und Übergangsbezahnung.
- Es weist eine dem Menschen vergleichbare Entwicklung auf.
- Es ist leicht zugänglich für chirurgische Behandlung und Anästhesie.

Nach Otto et al. 1994 reichen die physiologischen und pathologischen Parallelen zum Menschen vom embryonalen Stadium bis zu beinahe übereinstimmenden Ähnlichkeiten bei Mastikation und Kieferbewegungen.

Die orale Mikroflora des Schweins ist der humanen Mundflora ähnlich (Hickey et al., 1991; Weaver et al., 1962). Hickey et al. 1991 sowie Weaver et al. 1962 halten es deshalb für ein geeignetes Modell für zahnmedizinische Studien.

Die Anästhesietechniken sind bei Schweinen geläufig (Hickey et al., 1991; Leucht et al., 1982).

Die Maulhöhle ist wegen ihres geringeren Öffnungsgrades für operative Eingriffe schlechter zugänglich. Die Mundhygiene kann nur im sedierten Zustand durchgeführt werden.

Der Zahnhalteapparat sowie die dentale Anatomie sind der humanen ähnlich (Hickey et al., 1991). Die Zahnform und -größe des Minischweins sind der menschlichen vergleichbar und daher gut geeignet für die Testung neuer OP-Methoden und Zahnbehandlungen.

Der Schweinekiefer ist etwas größer als der des Menschen, was jedoch bei operativen Eingriffen von Vorteil ist (Weaver et al., 1962).

Die üblichen zahnmedizinischen Instrumente und Bohrer können übernommen werden.

Über die orale Pathologie, Plaque- und Zahnsteinbildung sowie über parodontale Erkrankungen des Schweins ist bisher relativ wenig bekannt, da diese Tiere in der Regel vor dem Erreichen des ersten Lebensjahres geschlachtet werden; zu dieser Zeit sind die Zähne und der Zahnhalteapparat jedoch noch nicht vollständig entwickelt (Weaver et al., 1962).

Das Schwein ist ein Omnivor, ein Allesfresser. Das Gebiss dient dem Nahrungserwerb, der Nahrungsaufnahme und der Zerkleinerung der Nahrung im Zusammenwirken mit dem Skelett des Ober- und Unterkiefers, den Kaumuskeln, den Lippen und der Zunge. Die Zähne stellen ebenfalls in Zusammenarbeit mit den anderen Teilen des Kauapparates Prüf-, Wehr-, Fass- und Reinigungsorgane dar (Bienieck u. Bienieck 1993).

## 2.4 Das Göttinger Minischwein:



Abb.31: Das Göttinger Minischwein

Das Göttinger Minischwein ist neben dem Hängebauchschwein die Minischweinerasse, die in Österreich und Deutschland am häufigsten anzutreffen ist. Ursprünglich wurde es als Versuchstier an der Universität in Göttingen gezüchtet, später gelangte es in private Hände und wurde zum Heimtier.

### 2.4.1 Rasse , Verbreitung , Beschreibung

(Quelle: Minischwein-Ratgeber)

#### **Geschichte:**

Anfang der 60er Jahre wurde an der Universität Göttingen die einzige Basispopulation für das Göttinger Minischwein gelegt. Da das Schwein eine dem Menschen sehr ähnliche Organstruktur besitzt, eignete es sich deshalb sehr gut für Forschungszwecke (Medizin, Biologie).

Durch die Kreuzung von Minnesota Minischweinen (ruhiges Temperament) und vietnamesischen Hängebauchschweinen (kleinwüchsig und fruchtbar) entstanden zwei Zuchtlinien: die rein weiße, also unpigmentierte, und die bunte Linie. Zuerst wurde der bunten Linie der Vorzug gegeben, doch die Wissenschaft verlangte nach rein weißen Tieren , die dann durch Einkreuzung von Hausschweinen der Deutschen Landrasse für Versuchszwecke in der medizinischen, tiermedizinischen und biologischen Forschung eingesetzt wurden.

Basiszucht an der Universität Göttingen.

**Verbreitung:**

Bundesrepublik Deutschland, später in einigen Mitteleuropäischen Staaten sowie Israel, Japan und die ehemalige Sowjetunion.

**Beschreibung:**

kleines Schwein mit Sattelnase, kurzem Rüssel, kleine Stehohren

bunte Linie: etwas schwerer im Körperbau alle Farben möglich (schwarz, grau, braun, rötlich, weiß).

**Wurfgröße:**

weiße Linie bis zu sieben Ferkel, bunte Linie bis zu sechs Ferkel.

**Größe/Gewicht:**

40-50cm hoch, 40-60kg . Ein Minischwein ist erst mit ca. vier Jahren voll ausgewachsen. Die durchschnittliche Schulterhöhe eines ausgewachsenen Minischweins beträgt ca.50 cm, seine Körperlänge beträgt ca. 80-100 cm.

**Körpertemperatur:**

Bei ausgewachsenen Schweinen beträgt sie zwischen 38,5-39,5 °C. bei Ferkeln etwas mehr zwischen 39,0-40,5 °C.

**Herzschläge:**

Bei ausgewachsenen Tieren: 60 - 80/Minute, bei Ferkeln: 120-200/Minute.

**Atemfrequenz:**

In Ruhe: 10-20 pro Minute, in Bewegung: 30-80 pro Minute

**Blutmenge:**

Pro kg Körpergewicht: ca. 74 ml

## 2.4.2 Anatomische und physiologische Aspekte

### 2.4.2.1 Anatomie

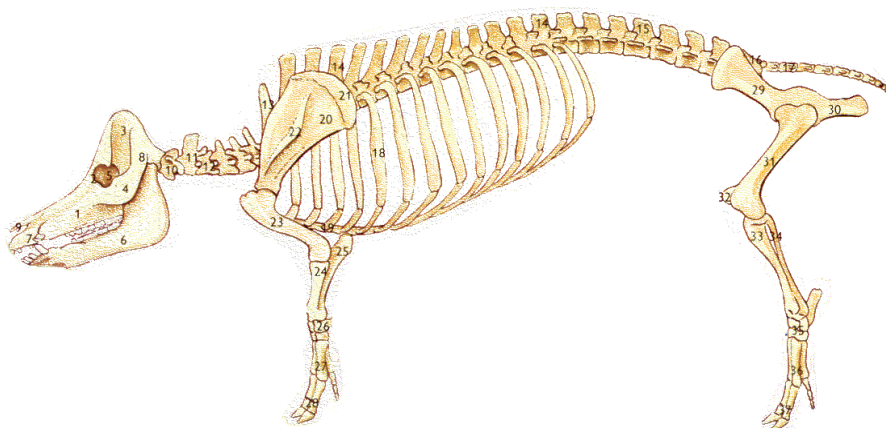


Abb.32: (Quelle: schweine-online.de)

## 2.4.2.2 Allgemeines zu Zähnen und Gebiss des Schweins

**Zitiert aus der Diplomarbeit von Otto, Grit:** Untersuchungen zur postnatalen Gebissentwicklung beim Berliner Miniaturschwein:

Beim Schwein treten zwei Dentitionen auf. Das Schweinegebiss unterliegt einem Zahnwechsel und wird somit als diphyodont bezeichnet.

Milchgebiss:

<b>OK</b>	Id3, Cd	Pd3		Id1	Pd4	Pd2			Id2
<b>UK</b>	Id3, Cd		Id1	Pd4	Pd3		Pd2	Id2	

Abb.33: Milchgebiss vom Minischwein

Im Milchgebiss, erste Dentition, werden 28 Zähne ausgebildet. Als Milchzähne (Dentes decidui) kommen Schneidezähne, Eckzähne sowie drei Prämolaren vor. Der erste Prämolare tritt nur einmal auf, zählt laut Literatur zum Milch- oder Dauergebiss und wird auch Wolfszahn (Dens lupinus) oder Lückenzahn genannt (Ripke, 1964; Habermehl, 1975).

Die Milchzähne werden mit kleinen Buchstaben benannt oder hinter dem jeweiligen Großbuchstaben wird ein kleines d (d= decidui) angehängt. Die Molaren sowie P1 werden nicht gewechselt (Habermehl, 1975; Eisenmenger u. Zetner, 1982; Nickel et al., 1987; Koch u. Berg, 1990).

Dauergebiss:

<b>OK</b>		M1	P1		I3		C	I1, M2	P2, P3, P4		I2	M3
<b>UK</b>	M1			I3		C	M2	I1	P2, P3, P4	I2		M3

Abb.34: Dauergebiss vom Minischwein

Das Schweinegebiss der 2ten Dentition ist diphyodont und heterodont und hat 44 Zähne. Die Zahnformel lautet: I 3/3, C 1/1, P 4/4, M 3/3 (Bieniek und Bieniek, 1993; Gier, 1986; Nickel et al., 1987).

Das Milchgebiss ist zum Zeitpunkt der Geburt bereits vorhanden oder bricht einige Wochen postpartal durch. Im 5. Lebensmonat beginnt der Zahnwechsel und ist mit 18-20 Monaten abgeschlossen. Der Zahnwechsel dauert sehr lange, deshalb eignet sich das Schwein für zahnärztliche Studien.

Die Zahnarten: Schneidezähne (Dentes incisivi), Haken- oder Eckzähne (Dentes canini), Prämolaren (Dentes praemolares) und Molaren (Dentes molares) (Ripke, 1964; Habermehl, 1975; Nickel et al., 1987; Koch u. Berg, 1990) Nach Eisenmenger und Zetner (1982) wird in der Veterinärmedizin die in der Humanmedizin übliche Bezifferung eingeführt.

Die Bezeichnung der Kieferhälften lautet bei bleibenden Zähnen: Ziffern 1 bis 4 und im Milchgebiss: 5 bis 8. 1 und 5: rechts oben und dann im Uhrzeigersinn.

Die Schneide- und Backenzähne des Schweins sind brachyodont, die Eckzähne des Ebers dagegen hypsodont, d.h. wurzellos, und zeitlebens wachsend. Die Backenzähne des omnivoren Schweins sind wie die des Menschen Kauzähne und damit bunodont (Nickel et al., 1987).

Zahnformel:

3I 1C 4P 3M

----- = 44 Zähne

3I 1C 4P 3M

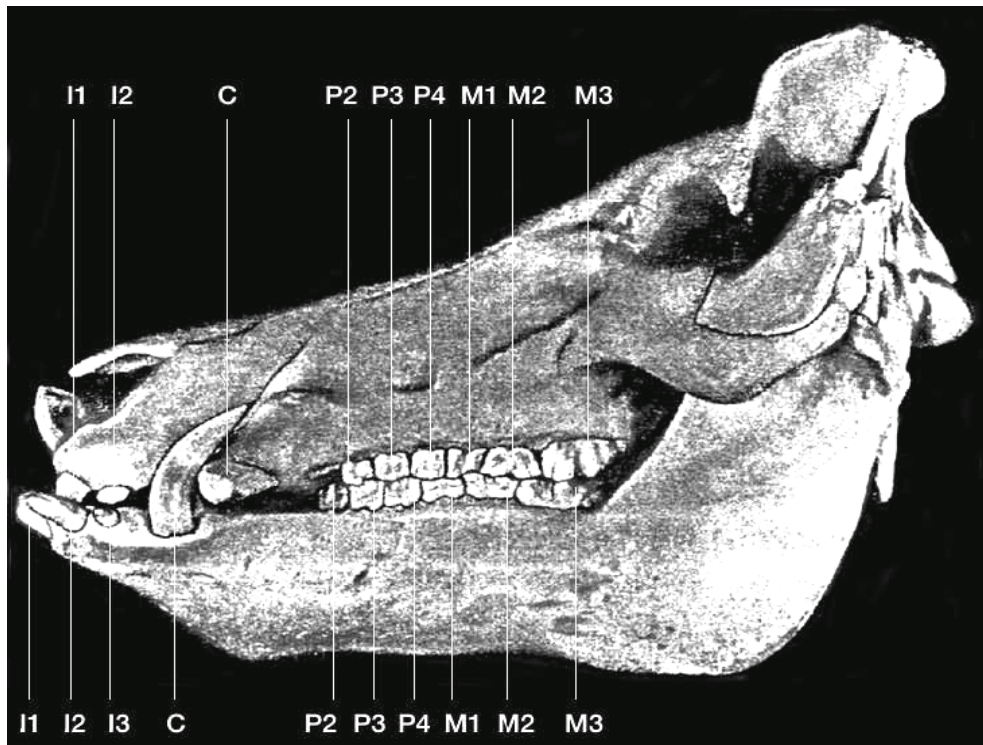


Abb. 35: Vollständiges bleibendes Gebiss eines Ebers (Habermehl, 1975)



Abb. 36: Zweiter Prämolare



Abb. 37: Bukkale Seite des unteren M1 des Unterkiefers



Abb. 38: Okklusale Seite des M1 UK  
(Alle nach Thavalingham, 1983)



Abb. 39: Oberer P1  
(Thavalingham, 1983)

### 2.4.2.3 Die Occlusion:

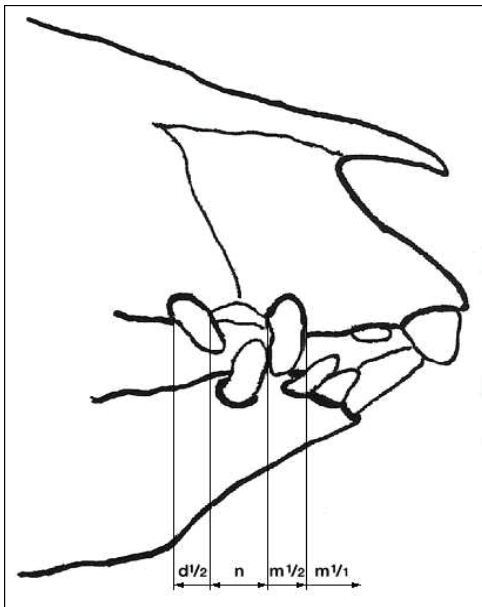


Abb.40 : Occlusion vom Minischwein, Quelle: Diplomarbeit von Otto, Grit

Das Schwein kaut wie der Mensch seine Nahrung gründlich vor dem Schlucken und hat kauphysiologisch mehr Ähnlichkeit zum Menschen als der Hund; auch ernährungsphysiologisch gleicht es dem Menschen (Hickey et al., 1991; Leucht et al., 1982; Weaver et al., 1962).

Das Kiefergelenk des Schweins ist ein Dreh-Gleit-Gelenk, wie beim Menschen. Alle Bewegungen sind möglich. (Nickel et al. 1987; Weaver et al., 1962).

Der Speichel-pH des Schweins beträgt 7,36 pH.

Die Stärkeverdauung beginnt in der Maulhöhle, (Breves et al., 2000; Gürtler, 1980; Hill, 1976) der Speichel enthält  $\alpha$ -Amylase.

Der Zahn besteht aus Dentin, Schmelz und Zement. Man unterscheidet: Zahnkrone, Zahnhal, Zahnwurzel, zwischen Krone und dem Zahnhal, verläuft die Gingiva.

Die Zahnpulpa befindet sich im Dentinkörper und besteht aus Odontoblasten, Bindegewebe, Gefäßen und Nerven. Die Zahnpulpa ist bei jungen Zähnen weit und verengt sich mit zunehmendem Alter durch die Anlagerung von Ersatzdentin.

Der Zement bildet die äußere Schicht im Bereich der Zahnwurzel, die Wurzel befindet sich in der Alveole und wird durch das Periodontium festgehalten (Becker, 1970; Nickel et al., 1987; Koch u. Berg, 1990; Romer u. Parsson, 1991; Bieneck u. Bieneck, 1993).

#### 2.4.2.4 Anatomie des Kauapparates - Der Kiefer

Zitiert aus der Diplomarbeit von Otto, Grit: Untersuchungen zur postnatalen Gebissentwicklung beim Berliner Miniaturschwein:



Abb.41 : Vier Monate altes Inzuchttier (Quelle: Otto Grit)



Abb.42.:en face

(Quelle: Otto Grit)



Abb.43: Seitliche Aufnahme

## 2.4.3 Haltung, Fütterung und Pflege

**Fütterung:** Die Minischweine bekamen ein Spezialdiätfutter (Altromin GmbH, Lage, Deutschland) mit dem Schwerpunkt der Gewichtskontrolle (200 g/Tag).

Schweine sind grundsätzlich Allesfresser, bevorzugen aber auch Grünzeug, wichtig ist der Mineralienzusatz, um mögliche Mangelerscheinungen oder Wachstumsstörungen bei heranwachsenden Minischweinen zu vermeiden. Heu, Stroh, Gemüse und Früchte kann man den Schweinen auch tagsüber anbieten.

Wie viel man füttern muss, hängt von der Größe und dem Alter des Schweins ab. Schweine benötigen 1-2 % ihres Körpergewichts am Tag an Futter.  
(Quelle : Verein IG-Minischwein Österreich)

Gefüttert wurde zweimal täglich: morgens und abends.

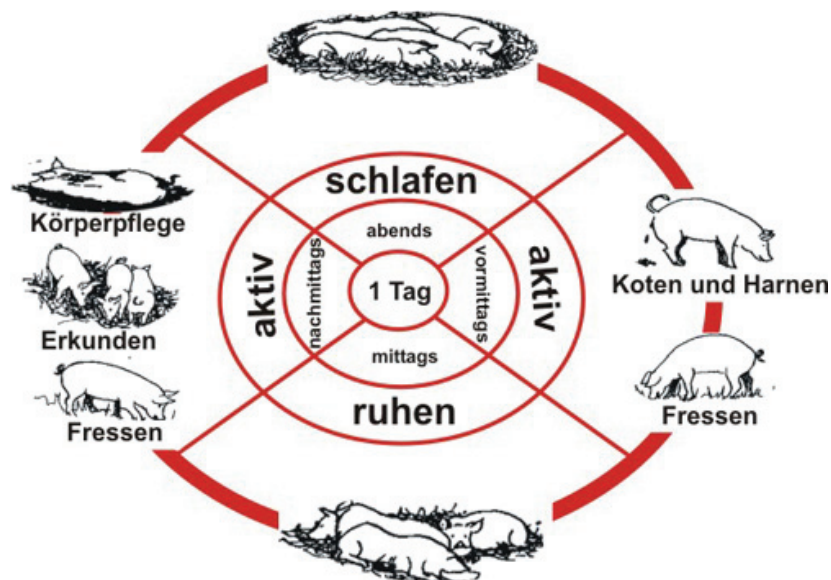


Abb.44: Lebensrhythmus des Schweins

### **Impfungen:**

Minischweine sind bei artgerechter Haltung und Fütterung sehr robust und werden nur selten krank. Sie wurden gegen Rotlauf, Parvovirose, Mykoplasmen (Schweinegrippe), Tollwut und Tetanus geimpft.

### **Entwürmen:**

Alle Minischweine wurden mit einem Breitband-Entwurmungsmittel, vom Tierarzt verschrieben, entwurmt.

### **Haltung:**

Die fünf Göttinger Minischweine wurden im Institut für biomedizinische Forschung unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Juan untergebracht.

Die Tiere wurden täglich von einem Tierarzt untersucht und von professionell geschultem Personal (Tierpfleger, gem. Tierpfleger-Ausbildungsordnung, BGBl. II Nr. 64/1997) betreut und ihr Wohlbefinden überprüft.

Die zuständigen Personen waren für die Pflege der Tiere, deren optimale Versorgung mit Wasser und Futtermittel und die Reinhaltung der Tierräume zuständig. Regelmäßige Gesundheitskontrolle wurde durchgeführt und im Erkrankungsfall der Versuchstiere war veterinärmedizinische Betreuung gewährleistet. Sie wurden in Boxen mit einer Größe von 4 x 5m und über den Tag im Freiluftgehege gehalten, den Anforderungen des Tierschutzgesetzes entsprechend.

## **2.5 Narkoseverfahren**

Die Vollnarkose, Sedierung und postoperative Analgesie erfolgte unter der Leitung von Herrn Dr. Nemetz.

### **2.5.1 Narkosevorbereitung**

Um das Narkoserisiko einschätzen zu können, wurden die Tiere einer klinischen Allgemein-Untersuchung unterzogen, vor den operativen Eingriffen wurde bei allen Schweinen das Gewicht ermittelt.

Die präoperative Nahrungskarenz sowohl im Rahmen der Operationen (Zahnextraktion, Implantation) als auch bei der Sedierung betrug einen Tag, zur Vermeidung einer Aspiration.

Die intramuskuläre Injektion mit Gewacalm, Ketalar und Azaperone zur Narkoseeinleitung erfolgte in der Nackenregion der Minischweine.

### **2.5.2 Minischweine Eingriffsplan im Überblick**

#### **1.) Eingriff (Vollnarkose):**

Bei allen Minischweinen (5 Stück) wurden die Zähne ( P2, P3, und M1 ) im Oberkiefer bilateral entfernt.

Anästhesie laut Protokoll (siehe unten)

#### **2.) Eingriff ( Sedierung ):**

Alle Minischweine wurden zum Zweck eines CT-Scans für die genaue Planung der Implantatposition sediert.

Sedierung gemäß Protokoll (siehe unten)

#### **3.) Eingriff ( Vollnarkose ):**

Extraktion von P1 im Oberkiefer bilateral bei 3 Minischweinen.

Oberkiefer aller Minischweine: Setzen von 8-Implantaten (subgingival) und bei 3 Minischweinen zusätzlich 6 (transgingival).

Anästhesie laut Protokoll ( siehe später )

OP-Dauer jeweils 3,5 h.

#### **4.) Eingriff ( Vollnarkose ):**

OK: Freilegung der Implantate und Abdrucknahme für die Brückenversorgung.

Anästhesie gemäß Kontrolle (siehe später)

#### **5.) Eingriff ( Sedierung ):**

OK alle Schweine : Zementierung der angefertigten Brücken.

Anästhesie gemäß Protokoll (siehe später )

Op-Dauer jeweils ca. 35 min.

### 2.5.3 Anästhesieprotokoll Vollnarkose für operative Eingriffe bzw. Untersuchungen:

- Nüchternes „Göttinger“ Schwein (1 Tag nüchtern).
- Nach Transport von der Tierhaltung in den OP-Bereich werden die Tiere in einem abgedunkelten, ruhigen Raum gehalten.
- Kurze klinische Kontrolle, ob die OP-Tauglichkeit besteht und das Tierschutzgesetz eingehalten wird.
- Prämedikation intramuskulär (Nackengebiet, single-shot )
  - Stresnil® 4% (Azaperon): 2 mg/kg/KG
  - Ketazol® 10% (Ketalar): 5-10 mg/kg/KG (Dosis abhängig vom Grad der Agitation)
  - Gewacalm: 0,5 mg/kg/KG
  - Atropin: 0,01 mg/kg/KG
- 10-15 Minuten Dauer bis Volleintritt der Prämedikation und die Tiere auf Schmerzreiz nicht mehr gezielt reagieren
- Einleitung der Vollnarkose intravenös
  - Hautreinigung, Desinfektion, Venenweg 1,0 (Rosa) in eine Ohrvene
  - Fentanyl 0,2 µg/kg/KG
  - Diprivan® (Propofol) 1%: 3 mg/kg/KG
  - Kein Muskelrelaxans
  - Intubation mit Magill-Tubus 5,5 – 6,5 ID und Führungsmandrin, Miller-Spatel
- Aufrechterhaltung der Narkose
  - Sevofluran® /Sevofluran 1,5 Vol.% endtidal (ET)
  - OP-Dauer 60-120 Minuten
- Begleitmedikationen
  - Lokalanästhesie durch Operateur nach Standard der Zahnchirurgie 4% Articain , Epinephrine ( 1.100.000 , Ultracain-DS forte® , Hoechst GmbH , Frankfurt am Main , Deutschland ).
  - Augmentin® (Amoxicillin und Clavulansäure) 10 mg/kg/KG i.v.
  - Diclofenac (Voltaren®) 1 mg/kg/KG i.v.
  - Atropin 0,01 mg/kg/KG bei Herzfrequenz < 60/min.
  - Oleovit Augensalbe
- Ausleitung/Extubation
  - Bei ausreichender Spontanatmung, intakten Schutzreflexen, normaler Sättigung bei Raumluft: Extubation
  - O<sub>2</sub>-Maske 6-8 l/min. bis das Tier aufstehen versuchte. Dann Transport zurück in die Tierhaltung.
- Biometrie:
  - EKG
  - Pulsoxymetrie
  - Kapnometrie abhängige Narkoseführung und Beatmung
  - Tidalvolumina: 6-10 ml/kg/KG, AF 20 – 30/min.

## 2.5.4 Anästhesieprotokoll Sedierung für CT-Kontrolle der Implantationen

- Intubationsbereitschaft mit Spatel, Tubus und Medikamente
- O<sub>2</sub>-Maske 6-8 l/min.
- Beatmungsgerät standby
- Nüchternes „Göttinger“ Schwein (1 Tag nüchtern)
- Nach Transport von der Tierhaltung in den OP-Bereich werden die Tiere in einem abgedunkelten, ruhigen Raum gehalten
- Kurze klinische Kontrolle ob die OP-Tauglichkeit besteht und Tierschutzgesetz eingehalten wird
- Prämedikation intramuskulär (Nackebereich, single-shot)
  - Stresnil ® 4% (Azaperon): 2 mg/kg/KG
  - Ketazol ® 10% (Ketalar): 5-10 mg/kg/KG (Dosis abhängig vom Grad der Agitation)
  - Gewacalm: 0,5 mg/kg/KG
  - Atropin: 0,01 mg/kg/KG
- 10-15 Minuten Dauer bis Volleintritt der Prämedikation und die Tiere auf Schmerzreiz nicht mehr gezielt reagieren
- Transportvorkehrungen:
  - Diprivan ® (Propofol) 1%: 0,5-1 mg/kg/KG als Bolus bei Unruhe
  - O<sub>2</sub>-Maske mit 6-8 l/min.
  - Pulsoxymetrie zur Sättigungs und Herzfrequenzkontrolle
  - Transport in typischer Ruheposition (Bauchlage)
- Transportdauer mit CT circa 15 Minuten
- Ausleitung bzw. Rücktransport zur Tierhaltung bei ausreichender Sättigung unter Raumluft, klinisch suffizienter Atmung, intakten Schutzreflexen und Aufstehversuch des Tieres.

## 3. Spezieller Teil

### 3.1 Versuchsprotokoll

Fünf Göttinger Minischweine( Ellegaard, Göttingen Minischwein ApS, Dalmose Dänemark) in einem Alter von 24 und 26 Monaten, unterschiedlichen Geschlechts (drei weibliche, zwei männliche) standen für die folgende tierexperimentelle Studie zur Verfügung. Ihr durchschnittliches Körpergewicht betrug 38 kg.

Die tierärztliche Studie wurde vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (Wien, Österreich Genehmigungsnummer: GZ 66.010/ 10-BrGT2005, genehmigt am 17.Februar 2005 und GZ 66.010/24-BrGT/2005, genehmigt am 2.Juni 2005) und von der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz genehmigt.

Die Minischweine wurden nach den Bedingungen des Tierschutzgesetzes gehalten.

Vor den operativen Eingriffen (Extraktion, Implantation) wurde bei allen Minischweinen eine professionelle Zahnreinigung in Narkose, bei der Plaque, Zahnstein und Konkrement mittels Ultraschall entfernt wurde, durchgeführt. (Piezo Sonic System ,Vector® , Dürr Dental ,Deutschland ).

Den Minischweinen wurden in Vollnarkose auf jeder Seite der Maxilla, zwei Prämolaren ( P2, P3 ) und der erste Molar (M1) extrahiert. Das Extraktionsgebiet wurde vom Operateur mit 4 % Articain, Epinephrine (1.100.000, Ultracain-DS forte® lokal anästhesiert.

Drei der fünf Minischweine hatten einen zusätzlichen 3ten Molaren (P1) auf jeder Seite der Maxilla. Diese wurden belassen für eine später geplante Extraktion mit anschließender Sofortimplantation.

Nach zwei Monaten dauernder Einheilphase, Status post extractionem wurden insgesamt 40 XiVE® S plus Implantate mit einer Länge von 8mm und einem Durchmesser von 4,5mm (Dentsply, Friadent, Mannheim, Deutschland), in der regio P2, P3 und M1 der Maxilla der Minischweine bilateral implantiert.

Im Anschluss an die Implantatinserion wurden alle FRIADENT® Temp Base mit dem Schraubendreher gelöst und alle Aufbauten entfernt.

Die 40 XiVE® S Implantate wurden mit Verschlusschrauben versehen, die mit max. 14 Ncm in die Implantate eingedreht wurden, und heilten subgingival ein (gedeckte Einheilung). Die Schleimhaut wurde reponiert und durch Nähte fixiert.

Während dieses operativen Eingriffes wurden bei drei Minischweinen, die einen 3ten Molaren ( M1) an jeder Seite der Maxilla hatten, diese extrahiert und in die frischen Extraktionsalveolen transgingivale Sofortimplantate gesetzt.

Das ergab bei fünf Schweinen insgesamt 40 XiVE® S plus Implantate und bei drei Minischweinen zusätzlich insgesamt 6 XiVE® S plus Implantate.

Somit wurden 46 XiVE® S plus Implantate inseriert.

Die sechs Sofortimplantate heilten transgingival und wurden mit Einheilschrauben (FRIADENT® Gingivaformer) mit einer Länge von 4mm versehen (Gingivaformer, Dentsply, Friadent). Dann wurde die Schleimhaut reponiert und durch Nähte fixiert.

Nach drei Monaten wurden die Verschlusschrauben entfernt und die restlichen Implantate mit Einheilschrauben verschlossen. In der gleichen Sitzung wurden intraoperative Abdrücke mit einem Polyether-Material (Impregum NF, ESPE, Deutschland.) in einem geschlossenen individuellen Löffel gemacht.

Ein Implantat in der Position M1 war verlorengegangen und zwei Implantate in Position M1 und P1 mussten wegen fehlender Osseointegration entfernt werden.

Zwei Wochen später wurden 3 bis 5 stellige Brücken eingebracht, mit 3,8 mm Abutments auf der Testseite (links) und 4,5 mm Abutments auf der Kontrollseite (rechts). Nach drei Monaten wurden die Tiere geopfert und 33 Implantate für die Studie evaluiert.

Die Kieferabschnitte mit den Implantaten wurden sofort in einer 10% Formalinlösung eingelagert.

Nach der Dehydratation wurden die Kieferabschnitte in lichthärtendes Harz (Technovit 7200VLC + BPO, Kulver & CO, Germany) nach der Methode von Donath eingebettet.

Die Schnitte wurden mit Hilfe von Säge und Schleifmaschinen hergestellt. Jeder Schnitt wurde auf eine Dicke von 10-20µm zugeschnitten und nach Levai Lazcko gefärbt.

In einer weiteren Studie werden die Kieferabschnitte samt Implantate histologisch und histomorphometrisch bewertet werden.

### 3.2 Operative Eingriffe und weiteres Procedere:

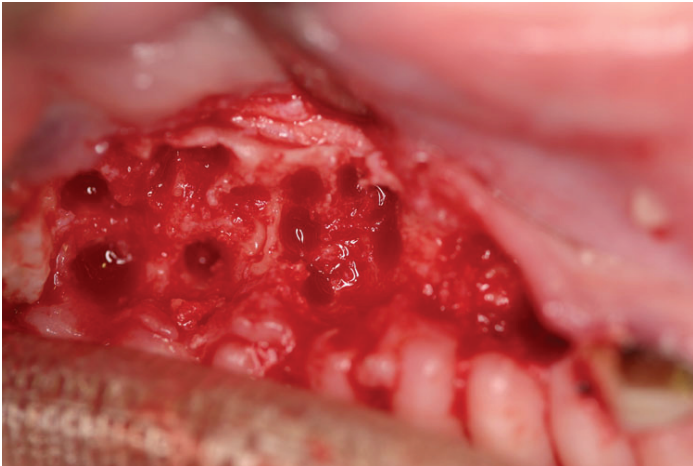


Abb.45:Extraktionsalveolen von 2 Prämolaren und 1 Molar in der Maxilla.



Abb. 46:Extraktionsalveolen von 2 Prämolaren und 2 Molaren. Der 1ste Prämolare (P1) wird belassen für die später geplante Sofortimplantation.

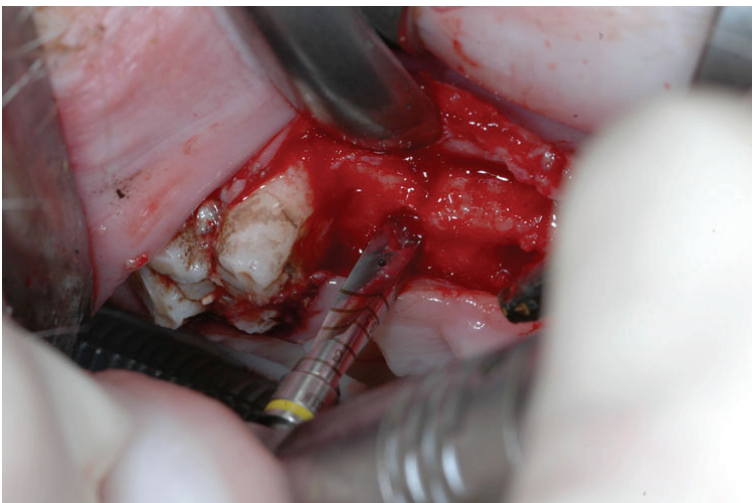


Abb.47:Präparation der Implantatposition, 2 Monate nach erfolgter Extraktion.

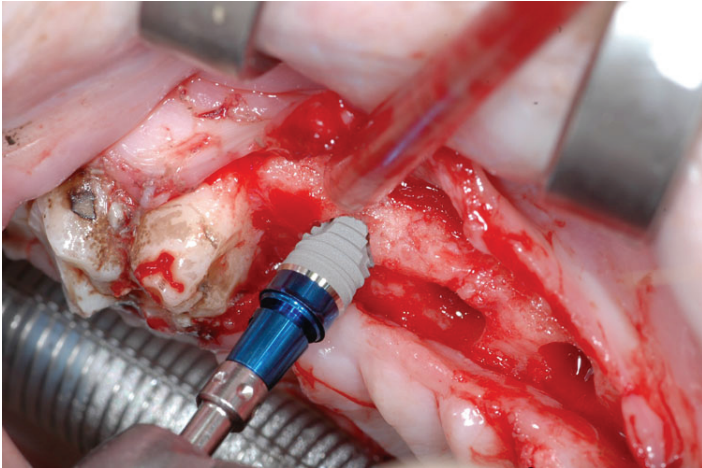


Abb.48: Implantatinsertion von XiVE<sup>®</sup> S Implantaten (4,5/8) in Position: P2, P3 und M1, zwei Monate nach erfolgter Extraktion. Ein Sofortimplantat wurde in Position P1 gesetzt.



Abb.49:4 inserierte XiVE<sup>®</sup> S Implantate (4,5mm/8mm, in Position : P2, P3 und M1) mit Temp Base<sup>®</sup> Abutment. In Position M1 sieht man ein Sofortimplantat.



Abb.50:Wundverschluss mit Einzelknopfnahnt nach erfolgter Implantatinsertion.



Abb.51: Schön verheilte Schleimhaut der Maxilla in regio P2, P3 und M1, zwei Monate nach erfolgter Extraktion.

Lockerung und Extraktion des Zahnes mit dem Bein:



Abb.52: Der 1ste Prämolare wurde extrahiert und dann ein Sofortimplantat gesetzt.

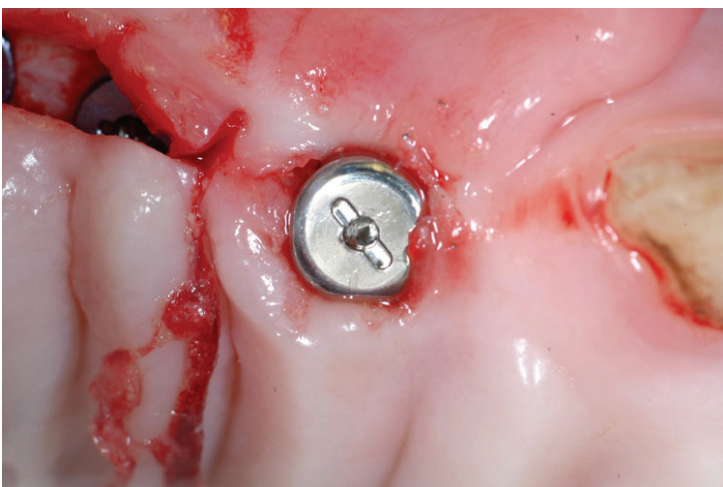


Abb.53: Einheitschraube des Sofortimplantates in Position P1 mit transgingivaler Einheilung.



Abb.54: Schön verheilte Implantatstellen, drei Monate nach erfolgter Implantatinsertion.

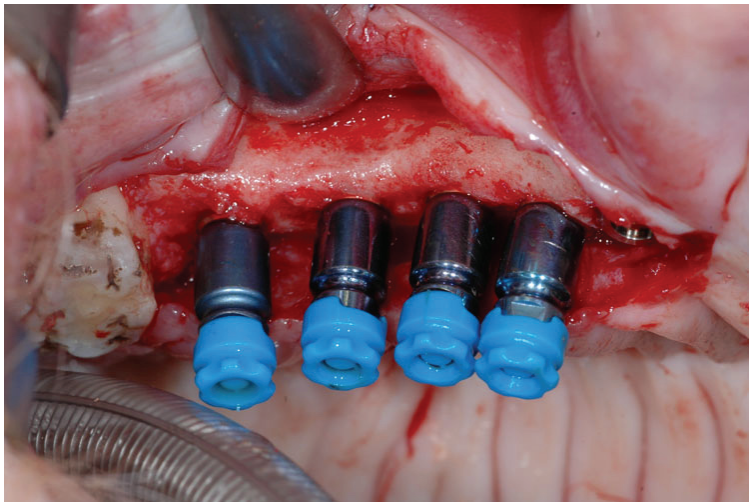


Abb.55: Insertion der transfer capings in die Implantate vor anschließender intraoperativer Abdrucknahme.



Abb.56: Intraoperative Abdrucknahme mit einem Polyether Material (Impregum NF<sup>®</sup>, ESPE, Germany)

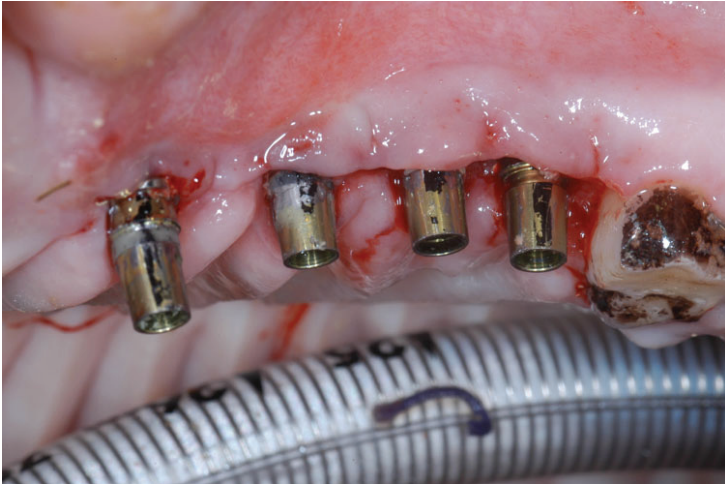


Abb.57:3,8mm Abutment auf der Testseite für eine aus vier Kronen bestehende Brücke.



Abb. 58:Aus vier Kronen bestehende Brücke auf der Testseite (rechts).



Abb. 59:Aus vier Kronen bestehende Brücke auf der Testseite (links) , ein Monat nach erfolgter Insertion.

### 3.2.1 Operationen, postoperative Maßnahmen, klinische Untersuchungen

#### **Operationen :**

Alle Schweine haben die Narkose gut vertragen, es traten keine Komplikationen während der operativen Eingriffe auf.

#### **Postoperative Maßnahmen:**

Die Minischweine verhielten sich postoperativ unauffällig und wurden antibiotisch und analgetisch abgedeckt.

In den ersten drei Tagen erhielten sie zur Schmerzlinderung mit zusätzlich entzündungshemmender Wirkkomponente Diclofenac 50mg.

#### **Klinische Untersuchung:**

Am ersten postoperativen Tag erfolgte eine Wundkontrolle, die unauffällig war. Die folgenden klinischen Untersuchungen erfolgten einmal wöchentlich, die tierärztliche Kontrolle der Minischweine erfolgte täglich.

Neben dem Allgemeinverhalten und der Vitalparameter wurde die Futteraufnahme, die Maulhöhle sowie speziell die Wundheilung der Minischweine untersucht und dokumentiert.

Wundheilungsstörungen traten nicht auf, die Wundheilung erfolgte komplikationslos.

Die Kontrolle und Reinigung der Teilprothesen erfolgte in einem Abstand von zwei Wochen mit einem Piezo Sonic System (Vector<sup>®</sup>, Dürr Dental Deutschland).

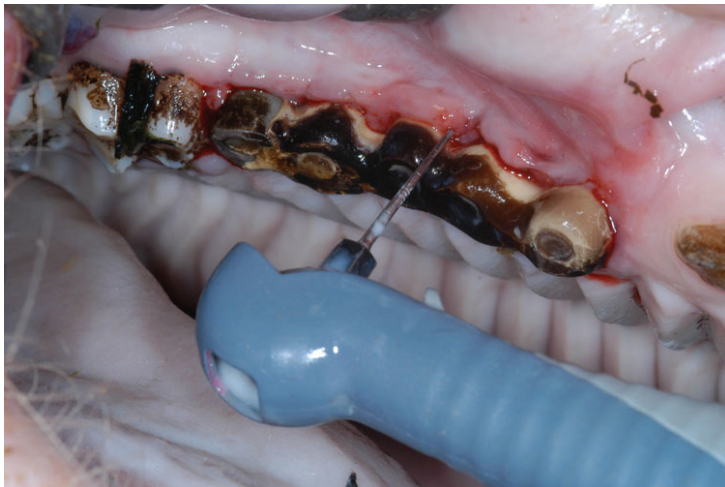


Abb. 60 :Kontrolle und Reinigung , der aus fünf Kronen bestehenden Brücke auf der Kontrollseite (rechts) mit einem Piezo Sonic System (Vector<sup>®</sup>, Dürr Dental ,Deutschland)

### 3.2.2 Euthanasie

Nach drei Monaten wurden die Tiere geopfert.

Die Tötung der Tiere erfolgte im Anschluss an eine Narkose mit Ketazol<sup>®</sup> 10% (Ketalar): 5-10 mg/kg/KG und Gewacalm: 0,5 mg/kg/KG i. m. mit einer Überdosis von 20% Pentobarbital i.v. ( Narcoren<sup>®</sup>, Merial GmbH Hallbergmoos, Germany ), dabei kam es zum Herzstillstand.

### 3.3 Computertomographie und Röntgenbilder post mortem:

Die gesamte Knochenstruktur kann im Rahmen der radiologischen Untersuchung beurteilt werden und eignet sich deshalb gut zur Kontrolle und Dokumentation der gesetzten Implantate.

Für die Planung der Implantatpositionen, der Kontrolle der Implantatpositionen nach erfolgter Insertion und nach der Freilegung der Implantate wurden CT- Bilder gemacht.

Die Tiere waren in Seitenlage auf dem Untersuchungstisch fixiert, narkotisiert bzw. sediert.

Es wurden post mortem Röntgenbilder von der Test und Kontrollseite der Oberkiefer gemacht.

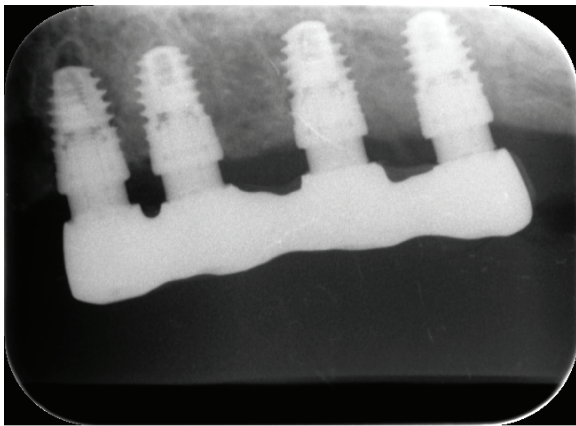


Abb. 61 :  
Röntgenaufnahme, der aus vier Kronen  
bestehenden Brücke auf der Testseite.  
(3,8mm Abutment ).

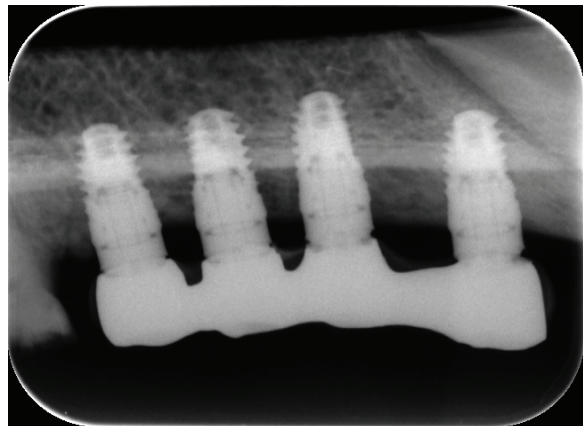


Abb.62.  
Röntgenbild der Brücke auf der  
Kontrollseite .(4,5 mm Abutment ).

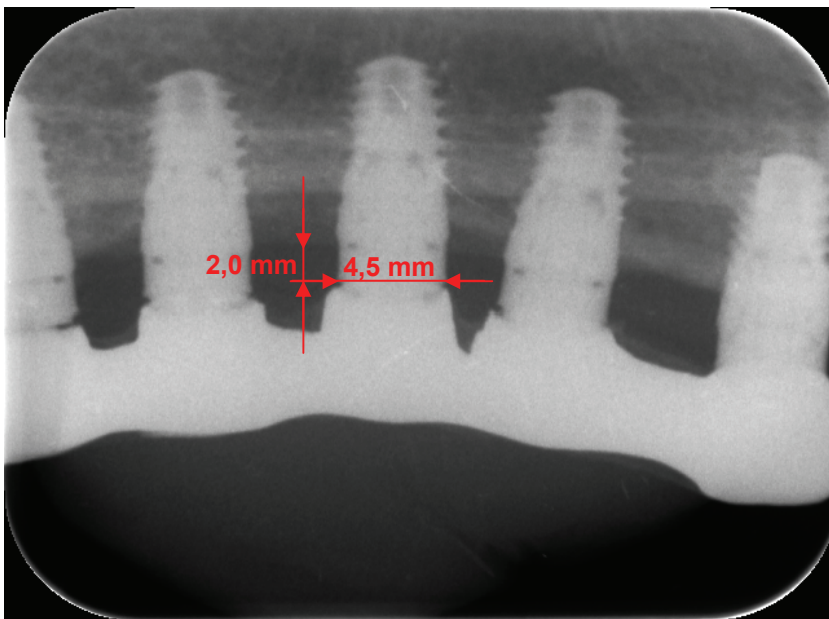


Abb.63 :Röntgenbilder der aus fünf Kronen bestehenden Brücke  
auf der Kontrollseite (4,5 mm Abutment ).

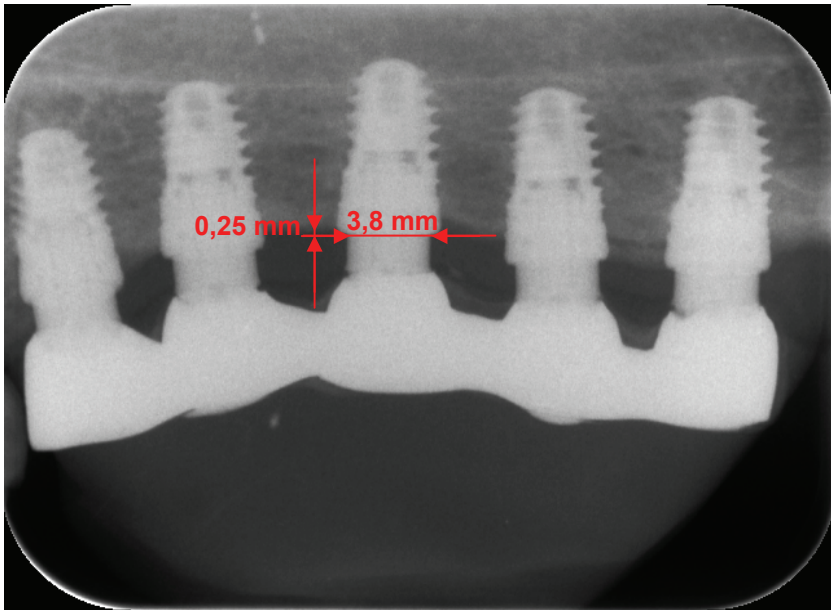


Abb.64. Röntgenbilder der aus fünf Kronen bestehenden Brücke auf der Testseite (3,8 mm Abutment).

### 3.4 Misserfolge

Ein Minischwein erkrankte an Pneumonie und verstarb, das ergibt einen Verlust von 10 Implantaten. Ein Implantat in Position M1 ging verloren (unbekannte Ursache). Zwei Sofortimplantate in Position P1 und ein Implantat in Position M1 mussten entfernt werden, aufgrund fehlender Osseointegration.

### 3.5 Weiteres Procedere

Anschließend wurden die Minischweine für die histologische Untersuchung an das Anatomische Institut unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Weiglein, zu Frau Mag. Weninger, gebracht.

Die benötigten Kieferabschnitte samt Implantate wurden entnommen, fixiert und histologisch aufbereitet.

Die Kieferabschnitte mit den Implantaten wurden sofort in einer 10% Formalinlösung eingelagert (nach Donath).

Nach der Dehydratation wurden die Kieferabschnitte in lichthärtendes Harz (Technovit 72000VLC + BPO, Kulver & CO, Germany) eingebettet.

Die Schnitte wurden mit Hilfe von Säge und Schleifmaschinen hergestellt.

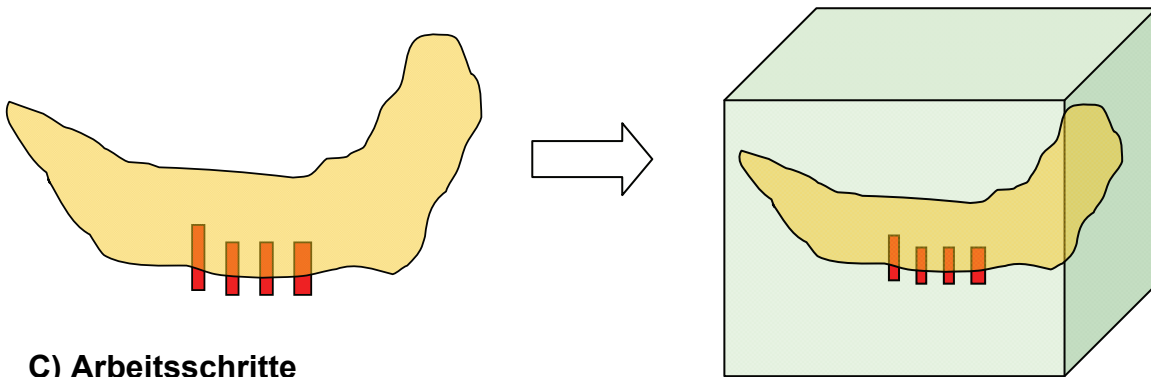
Jeder Schnitt wurde auf eine Dicke von 10- 20  $\mu$ m zugeschnitten und nach Levai-Lazcko gefärbt.

## 4. Die Trenn-Dünnschlifftechnik

( Nach Prof. Donath zur Herstellung von unentkalkten Knochenschliffpräparaten

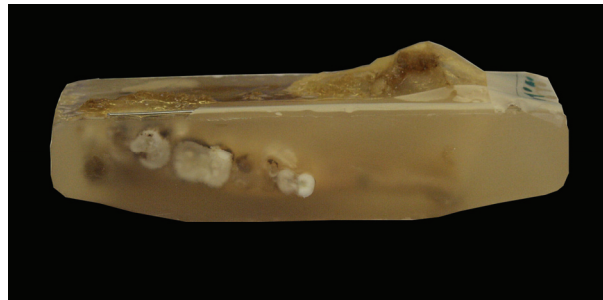
**A) Zuschnitt** der vorfixierten Probe

**B) Einbettung** Entwässerung in Aceton, Infiltration und Einbettung mittels P35 (Biodur) im Vakuum (forcierte Imprägnierung)  
Aushärtung (Luftabschluss) unter UV-Licht und im Wärmeschrank

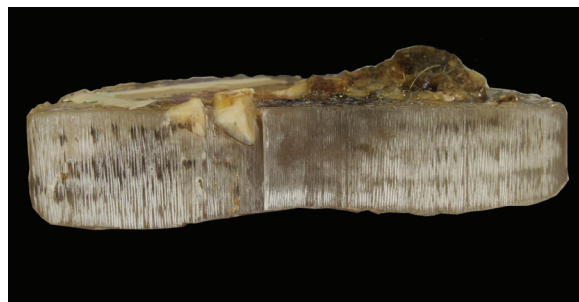
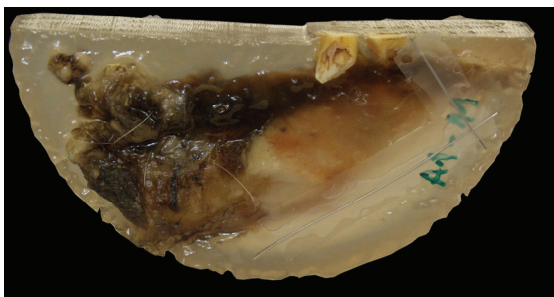


**C) Arbeitsschritte**

1. **Blöcke einzeichnen:** auf dem Gesamtpräparat mit mehreren eingebetteten Präparaten

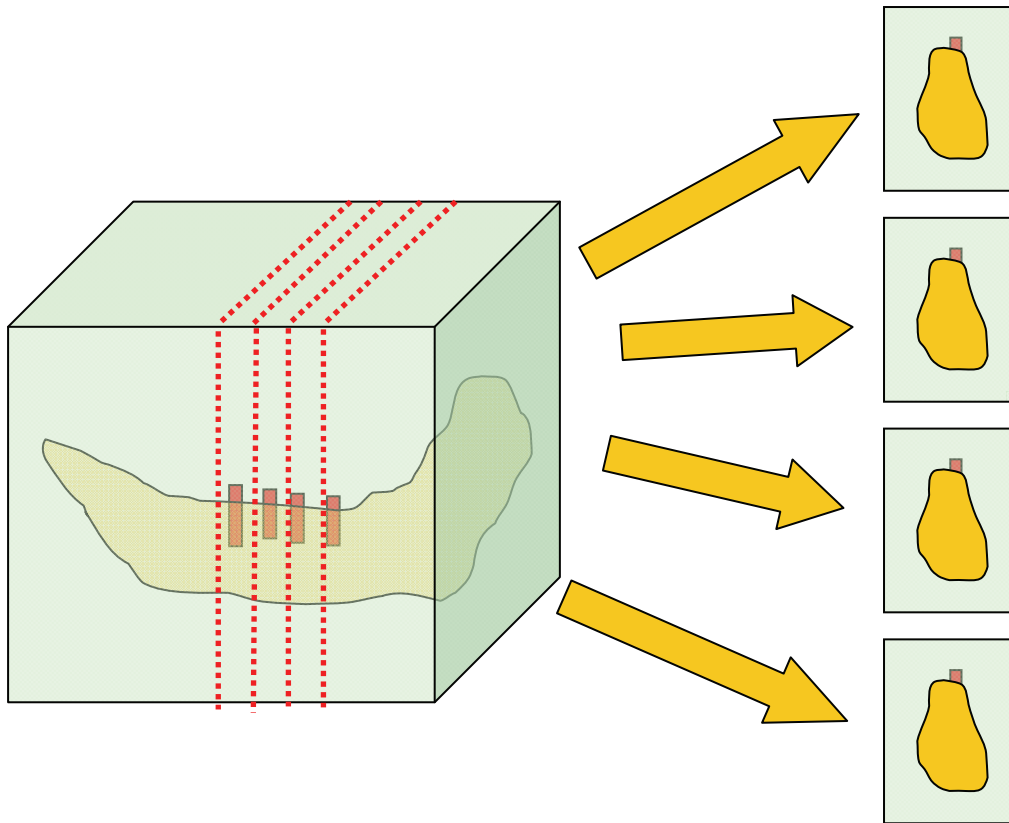


3 mm



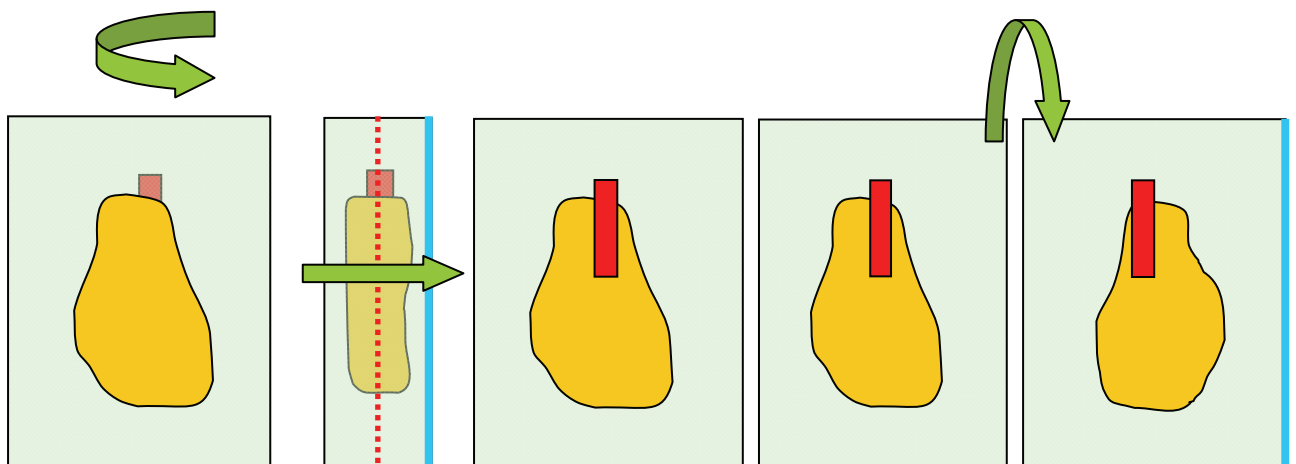
4 cm

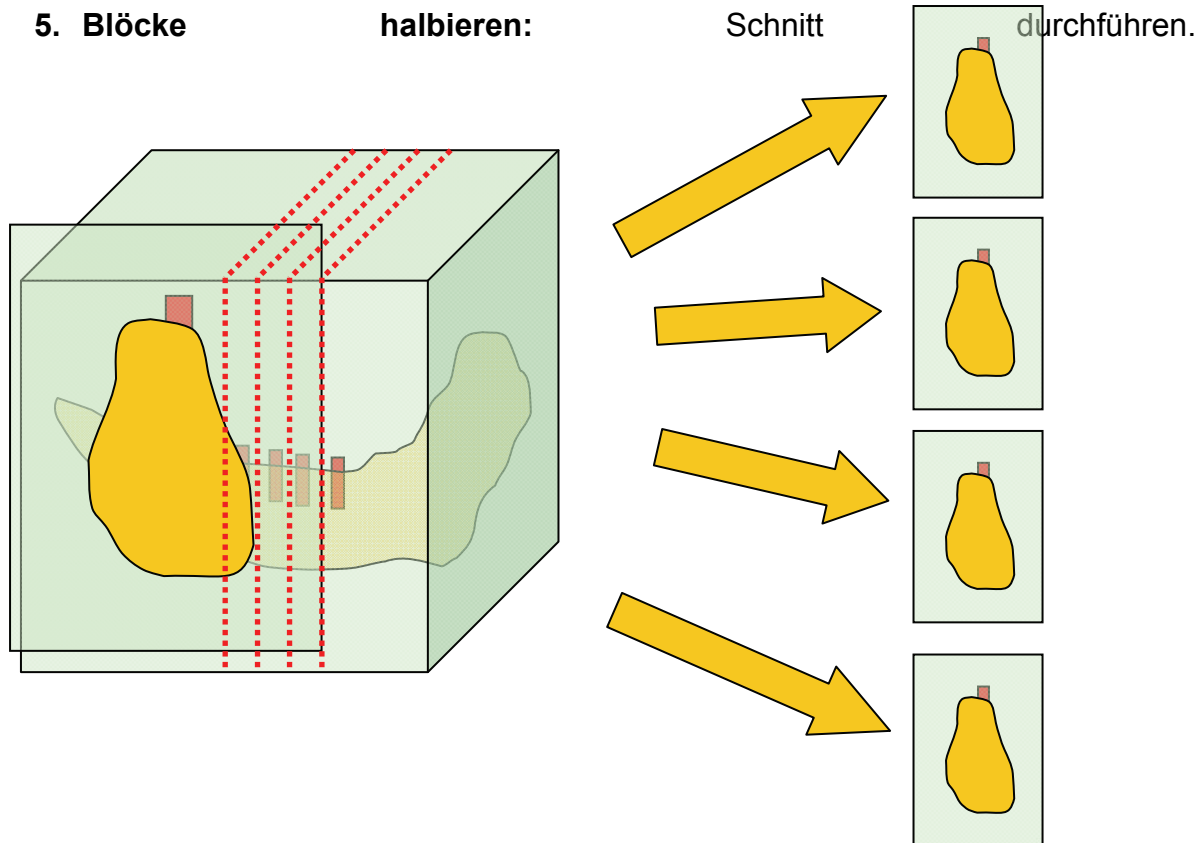
2. **Blöcke zerschneiden:** in die einzelnen interessierenden Implantatblöcke.



3. **Blöcke röntgen:** Vor der Durchleuchtung empfiehlt es sich, ein Stück Metalldraht als Orientierungshilfe auf dem Präparat anzubringen und zwar möglichst parallel zur späteren Schnittlinie durch das Implantat.

4. **Mitte einzeichnen:** Schnittlinie für den Schnitt durch das Implantat auf dem Röntgenbild eintragen (unter Berücksichtigung der verwendeten Sägeblattstärke) und mit Hilfe von Durchlicht auf das Präparat übertragen.





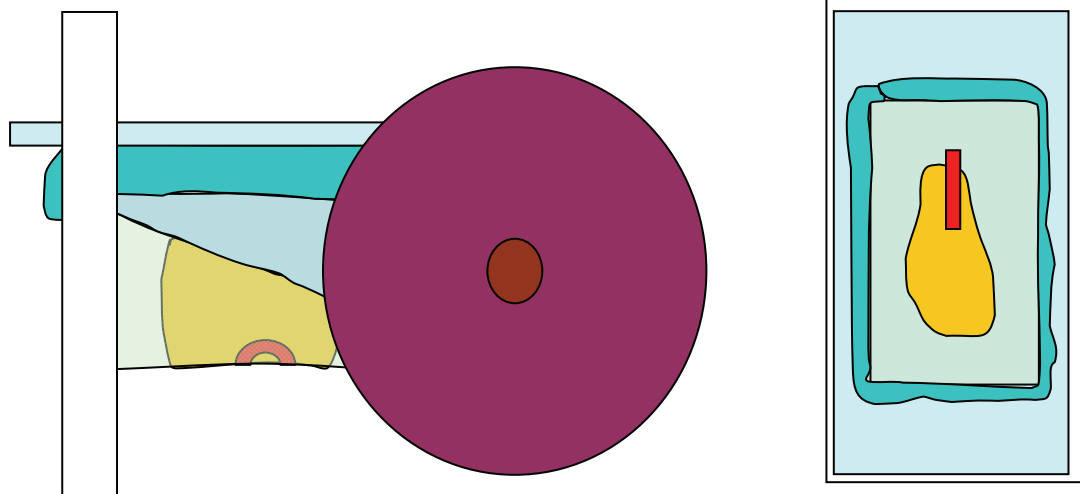
- 6. Präparatgröße einzeichnen:** zum Abschneiden überschüssigen Materials.
- 7. Trimmen:** überstehende Kunststoffreste werden weggeschliffen, wobei darauf geachtet wird, dass die eingebetteten Präparate die Objektträgergröße nicht überschreiten. Es sollte darauf geachtet werden, dass gegenüber der angeschnittenen, interessierenden Region eine möglichst parallele Fläche für das Aufkleben der Trägerplatte entsteht.
- 8. Kragen kleben:** Sollte aus welchen Gründen auch immer eine zur „Region of Interest“ parallele Fläche nicht hergestellt werden können, so muss sie künstlich geschaffen werden, indem man dem Block mit Klebeband eine „Kragen“ verpasst, den so entstandenen Raum mit flüssiger als für Klebezwecke angerührtem Technovit 4000 anfüllt und den Kleber auf einer möglichst ebenen Fläche (mit der „Region of Interest“ nach unten gerichtet) aushärten lässt. Anschließend wird der Klebebandkragen entfernt.
- 9. Planparallel kleben:** an der Seite des Präparatblockes, von der später der Schliff genommen werden soll (sog. „Region of Interest“), wird mittels eines Doppelklebebandes eine Halteplatte (großer Plastikobjektträger) angebracht. Der Objektträger, auf den das Präparat aufgeklebt werden soll, wird in der Klebepresse durch Vakuum fixiert. Technovit 4000 (Harz und Pulver) wird nicht zu weich (Verhältnis ca. 5:1) angerührt und auf der „Region of Interest“ gegenüberliegenden Seite des Präparatblockes aufgetragen. Der mittels Doppelklebeband auf der Halteplatte fixierte Präparatblock wird auf die Bodenplatte der Vakuumpresse (Kleber schaut nach oben) gelegt. Der obere Teil der Presse mit der vakuumfixierten Trägerplatte wird auf das mit Kleber bedeckte Präparat gesenkt. Nachdem das Technovit 4000 hart geworden ist, wird die Halteplatte mit dem Doppelklebeband entfernt. Der Präparatblock ist jetzt mit der Trägerplatte so verbunden, dass die nicht interessierende Region auf der Trägerplatte sitzt, die „Region of Interest“ schaut frei nach oben.

**10. Planparallel schleifen:** der Präparatblock wird auf der angeschnittenen Seite mit Filzstift markiert (Einringeln des Präparates). Die Trägerplatte mit dem Präparatblock wird mittels Vakuum in der sogenannten Mikroschleifeinheit (Nassschleifsystem – Prinzip eines Poliergerätes) fixiert. Bei mittlerer Oszillations- und Umdrehungszahl wird zunächst mit 320er Schleifpapier und anschließend mit 1200er Schleifpapier solange Material entfernt, bis eine Planparallelität zwischen der vakuumfixierten Trägerplatte und dem Anschnitt des Objektes besteht. Unterschiede sollten nicht mehr als 5 µm betragen. Die Unterschiede an der Anschliffseite werden mittels einer Mikrometerschraube (Mitutojo) gemessen.



**EXAKT Grinding System**

Abb.: 65 - 66  
Planschleifmaschine



**11. Minimalwert messen:** mit der Mikrometerschraube wird die Minimaldicke des Präparatblockes inkl. Trägerplatte gemessen. Der Wert wird auf der Trägerplatte notiert.

**12. Trocknen:** das Präparat wird 15 Minuten unter Vakuum und Wärme getrocknet.

### Ablauf : Pro Block:

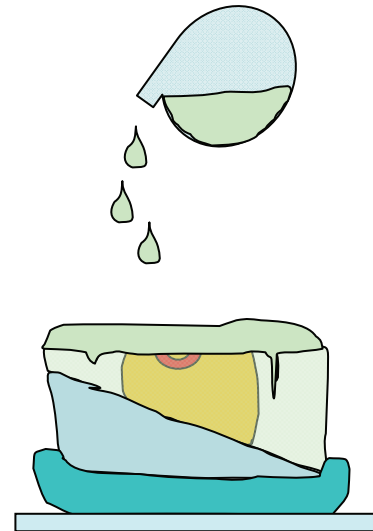
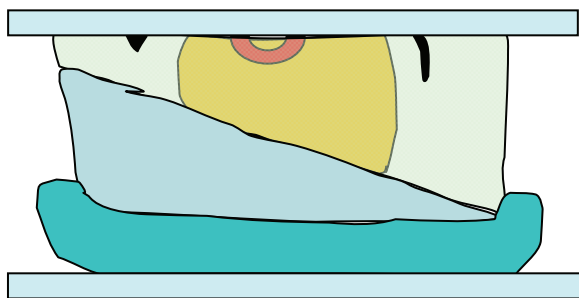
Trocknen

Nachfiltrieren Abschleifen

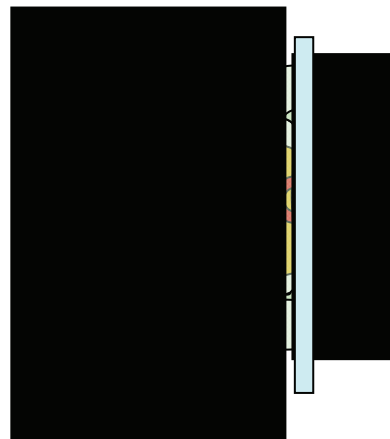
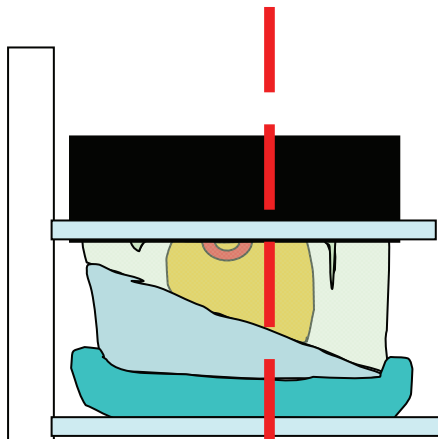
Polieren

Trocknen

Kleben



### 13. Sägen



Schleifen bis 250  $\mu\text{m}$

Schleifen auf Maß

Polieren

je nach Bedarf wiederholen

Färben und Eindeckeln



Abb.: 67-69, Implantatschnitte

## 5. Färbung , Histomorphometrie

In einer weiteren Studie werden die nach Levai-Lazcko gefärbten Kieferschnitte mit einer Schnittbreite von 10 - 20  $\mu\text{m}$  samt Implantaten histologisch und histomorphometrisch bewertet.

## 6. Ergebnisse

### 6.1 Ergebnisse der klinischen Untersuchung

Von den insgesamt 46 inserierten Implantaten wurden im Rahmen der tierexperimentellen Studie 33 Implantate evaluiert.

Ein Implantat in Position M1 ging verloren, zwei Sofortimplantate in Position P1 und ein Implantat in Position M1 mussten entfernt werden, aufgrund fehlender Osseointegration.

Auf der Kontrollseite zeigte sich an den konventionellen zweiteiligen Implantaten angedeutet eine beginnende krestale Knochenresorption, die charakteristisch ist für diese Implantatsysteme mit implantatkongruenten Abutment.

Auf der Testseite zeigte sich an den Implantaten mit durchmesserreduziertem Abutment radiologisch eine gering ausgeprägte Knochenresorption.

## 7. Diskussion und Konklusion

Ziel dieser Arbeit war es das Protokoll einer tierexperimentellen Untersuchung zum Thema Platform-Switching vorzustellen. In weiterer Folge soll die aktuelle Literatur zum Thema Platform-Switching diskutiert werden. In dem Tierexperiment wurden insgesamt 46 Implantate an Minischweinen gesetzt. Somit ist die Anzahl der inserierten Implantate in unserer tierexperimentellen Studie zu gering, um daraus eine solide Aussage für den klinischen Alltag treffen zu können bzw. statistisch signifikante Ergebnisse zu erhalten.

Dennoch scheint eine Tendenz in den radiologischen Ergebnissen nach einem Beobachtungszeitraum von 3 Monaten im Sinne eines positiven Effektes von PFS auf den Erhalt von periimplantären Knochen erkennbar.

Unsere Vorergebnisse zeigen sich somit im Einklang mit den aktuellen klinischen und experimentellen Studien.

Quirynen et al. 2002, zeigten in einer Literaturübersicht auf, dass die Ursache der Periimplantitis eher vom Implantattyp und der Implantatoberfläche abhängt.

Ericsson et al 1995 zeigte, dass zweiteilige Implantatsysteme eine leichte Entzündungsreaktion im Spaltbereich aufweisen.

Persson et al., 1996b fand heraus, dass kein Zusammenhang besteht zwischen Knochenverlust und Keimspektrum.

King et al 2002 zeigte auf, dass die Größe des Mikrospaltes keinen Einfluss auf den periimplantären Knochen hat und erwähnte die Mikrobeweglichkeit zwischen Abutment und Implantat als Ursache des krestalen Knochenabbaues.

Maeda et al., 2007 und 2008 untersuchten die biomechanische Eigenschaften durchmesserreduzierter Abutments und betonten den Einfluss der biomechanischen Ursachen auf den Knochenabbau.

Hermann et al., 2007, und Gardner et al., 2005 zeigten in ihren Studien, dass der krestale Knochenabbau von der Implantatpositionierung und der Implantat-Abutment-Verbindung abhängt.

Hermann et al., 2007 betonte weiters in seinen Studien, dass für das bone-remodelling mehrere Faktoren verantwortlich sind, insbesondere die Implantatbelastung, die Implantatposition, etc.

Lazzaro et al., 2006 zeigte in seinen Studien, dass die krestale Knochenresorption eine zusätzliche horizontale Komponente zur vertikalen aufweist und es ein Jahr nach erfolgter prothetischer Versorgung zum Knochenabbau bis zum ersten Gewinde kommt.

In einer systematischen Literaturanalyse von López-Marí et al, 2009 wurden 12 humane und tierexperimentelle Studien zum Thema PFS eingeschlossen. In diesen Untersuchungen wurden ein bis maximal 105 Implantate gesetzt, der durchschnittliche Implantatdurchmesser betrug  $4,9\text{mm} \pm 0,52\text{mm}$ , die durchschnittliche Implantatlänge betrug  $11,66\text{mm} \pm 0,2\text{mm}$ .

Es wurden verschiedene Implantatsysteme verwendet : (3i) Certain prevail, Certain , Straumann, camlog , revois , biolock ,std/wide/xp , standard. Der Beobachtungsraum betrug ein - 36 Monate.

Der marginale Knochenverlust betrug minimal:  $0,05\text{-}0,07\text{mm}$ , maximal:  $1,3\text{-}1,4\text{ mm}$  und somit signifikant weniger als in den jeweiligen Kontrollgruppen.

Table 1. Authors' follow-up of platform switching technique.

Author	Marginal Bone Loss	Follow-up	Success Rate	Implant Length	Implant Diameter	Surface	Connection	Type of Implant	N° Implants	Human/Animal
Baumgarten, 2005	no data	2 months	no data	13 mm	5 mm	osseotite	internal	certain prevail	2	human
Gardner, 2005	1.3-1.4 mm	4 months	no data	13 mm	5 mm	osseotite	internal	certain	1	human
Vela-Nebot, 2006	Mesial 0.76 mm. Distal 0.77 mm	6 months	no data	10, 11.5, 13, 15 mm	5 mm	osseotite	internal	certain	60	human
Calvo Guirado, 2007	0.05-0.07 mm	6 months	100%	13, 15 mm	4/5/4 mm -5/6/5 mm	osseotite	internal	certain prevail	10	human
Canullo L., 2007	0.78 ± 0.36 mm	22 months	no data	no data	6 mm	no data	no data	standard	10	human
Becker, 2007	0.52±0.5 mm	3 years	94.4%	11 mm	5 mm	CAM CPS	internal	camlog	54	animal
Hermann, 2007	no data	no data	no data	no data	no data	not specified	internal	revois	1	human
Degidi, 2007	no resorption	1 month	no data	8 mm	3.5 mm	sla	internal	straumann	3	human
Hurzeler, 2007	0.12±0.40 mm	12 months	100%	no data	4 mm- 5 mm	osseotite	internal	certain	22	human
Weiner, 2008	no data	6 months	no data	8 mm	4 mm	laserlock	internal	biolock	36	animal
Calvo-Guirado, 2008	0.6 mm	16 months	99.1 %	13-15 mm	4/5/4 mm -5/6/5 mm	osseotite	internal	certain prevail	105	human
Sarment et cols, 2008	no data	no data	no data	no data	no data	osseotite	internal	std/wide/xp	60	animal

### Abb.: 67, Literaturanalyse von López-Marí

Es besteht Einigkeit in der Literatur, dass Knochenverlust in der Regel nach Implantatfreilegung durch Exposition zur Keimflora der Mundhöhle und Manipulation an der Implantatschulter beobachtet wird. Weiter zeigten Untersuchungen, dass bei Implantaten mit integriertem PFS bzw. Implantaten mit durchmesserreduzierten Abutments der periimplantäre Knochenverlust geringer ist (Prosper et al., 2009; Calvo-Guirado et al. 2007, 2008).

Hermann et al, 2007 überprüften eine Anzahl von Faktoren: Insertionstiefe und Positionierung im Knochen, Implantatbelastung, die Ausbildung der biologischen Breite, PFS, Abutmentdesign, Nanorauigkeit, Feingewinde, Implantatdesign im Halsbereich und das Vermeiden von Mikroläsionen im periimplantären Weichgewebe, die eine entscheidende Rolle spielen für den Erhalt des krestalen Knochenlevels. Hermann et al beobachteten einen geringeren Knochenabbau durch PFS.

Ebenso konnten Gardner et al, 2005 in ihrer humanen Studie am Implantat von Certain eine Abhängigkeit des krestalen Knochenabbaus von Implantatpositionierung und der Implantat-Abutment-Verbindung beobachten. Es wurde festgestellt, dass mit Hilfe des PFS der periimplantäre Knochenverlust effektiv kontrolliert werden kann. Nach Gardner et al., 2005 gibt es drei Möglichkeiten den krestalen Knochen zu erhalten:

- 1.) Insertion von einteiligen Implantaten
- 2.) Insertion von zweiteiligen Implantaten mit suprakrestaler Implantat-Abutment-Verbindung
- 3.) Anwendung der PFS-Technologie

Baumgartner et al 2005 untersuchten ebenfalls an Certain-prevail-Implantaten mit einem Durchmesser von 5 mm und einer Länge von 13 mm in einer humanen Studie, in einem Beobachtungszeitraum von zwei Monaten, das Konzept des PFS.

Er betonte auch, dass ein Abstand von 3 mm und mehr im approximalen Bereich notwendig ist, um die Ausbildung der biologischen Breite adäquat zu ermöglichen.

Vela Nebot et al., 2006 beobachteten in ihrer humanen Studie an 60 Certain-Implantaten mit einer Implantatlänge von 10-11,5mm und 13-15 mm, sowie einem Implantatdurchmesser von 5 mm in einem Zeitraum von sechs Monaten eine krestale Knochenresorption mesial von 0,76 mm und distal von 0,77 mm.

In der Studie zeigte sich, dass sich die ästhetischen Resultate durch das PFS verbessern, die Etablierung der biologischen Breite und die Knochenresorption reduziert wird.

Es wurde aber betont, dass weitere pathologische, histologische und mikrobiologische und klinische Studien notwendig sind, um die Vorteile des PFS weiter zu evaluieren.

Lazzaro et al., 2006 verglich in einer 13 Jahre lang dauernden Studie Implantatsysteme mit implantatkongruenten und durchmesserreduzierten Abutments an Hand röntgenologischer Untersuchungen miteinander.

In seiner Studie zeigte er auf, dass der Knochenabbau vertikal und horizontal erfolgt (1,5-2 mm bis zur ersten Windung ) und während des ersten Jahres intrinsisch ist und durch das PFS bei extraaxialer Implantatbelastung, Spannungsspitzen vom krestalen Knochen-Implantat-Interface zu der weiter zentral liegenden Ecke zwischen Implantatplattform und Abutment verlagert werden.

Lazzaro et al, 2006 zeigte in seinen Studien, dass die krestale Knochenresorption eine zusätzliche horizontale Komponente zur vertikalen aufweist und es zum Knochenabbau bis zum ersten Gewinde kommt ein Jahr nach erfolgter prothetischer Versorgung.

Degidi et al., 2007 konnten in ihrer Studie beobachten, dass es zu einer Abnahme des krestalen Knochenabbaues kommt, wenn die horizontale Beziehung zwischen äußerer Ecke des Implantates und einem durchmesserreduziertem Abutment verändert wird.

Hürzeler et al 2007 beobachtete über einen Zeitraum von 12 Monaten in einer humanen Studie ( 12 Patienten ) 22 Implantate radiologisch.

14 Implantate mit durchmesserreduzierten Abutment und 8 Implantate mit implantatkongruenten Abutments wurden in der Studie evaluiert.

Die Implantate (Certain), die verwendet wurden, hatten einen Implantatdurchmesser von 4-5mm, alle Implantate osseointegrierten zu 100%.

Es zeigte sich ein durchschnittlicher marginaler Knochenverlust von 0,12mm $\pm$ 0,40.

In dieser Studie wollte man zeigen, dass durch den Einfluss von PFS nach prothetischer Versorgung innerhalb des folgenden Jahres, das krestale Knochenniveau stabil bleibt.

Das periimplantäre Knochenniveau wurde röntgenologisch am Tag der prothetischen Versorgung, und 1 Jahr später bewertet.

Die durchschnittliche krestale Knochenhöhe betrug auf der Testseite: -0,09mm $\pm$ 0,65, auf der Kontrollseite -1,73mm  $\pm$ 0,46.

Nach einem Jahr -0,22mm  $\pm$ 0,53 auf der Testseite, -2,02 mm  $\pm$  0,49 auf der Kontrollseite.

In der Studie Calvo-Guirado et al. 2007 wurden 10 Implantate mit einem Implantatdurchmesser von: 4/5/4-5/6/5 und einer Implantatlänge von 13 u. 15 mm verwendet. Der Beobachtungszeitraum betrug 6 Monate.

Alle Implantate osseointegrierten zu 100%, es zeigte sich ein marginaler Knochenverlust von 0,05-0,07mm. In der Folgestudie von Calvo-Guirado et al 2008 wurden 105 Implantate verwendet mit einem Implantatdurchmesser von 4/5/4-5/6/5 und einer Implantatlänge von 13-15 mm.

Die Implantate osseointegrierten zu 99,1%, der Beobachtungszeitraum betrug 16 Monate, der marginale Knochenverlust betrug 0,6mm.

In einer weiteren klinisch humanen Studie von Calvo-Guirado et al 2009 wurde an 61 inserierten Implantaten ebenfalls die krestale Knochenhöhe bewertet und der Effekt des PFS evaluiert. Der Beobachtungszeitraum betrug 12 Monate.

In die frischen Extraktionsalveolen wurden Sofortimplantate, mit integriertem PFS inseriert und es erfolgte eine sofortige prothetische Versorgung.

Es folgten röntgenologische Untersuchungen nach 15 Tagen, im Abstand von 1, 2, 3, 6, 8 und 12 Monaten zur Beurteilung des mesialen und distalen Knochenniveaus.

Die Implantate osseointegrierten zu 96,7%, 2 Implantate gingen verloren.

Ein durchschnittlicher marginaler Knochenverlust zeigte sich mesial: 0,08mm +/-0,53 und distal: 0,09mm +/-0,65.

Cappiello et al 2008 führte eine 12 Monate dauernde Studie durch, in der die Bedeutung des Mikrospaltes zwischen Implantat und Abutment aufgezeigt wurde, als Ursache für den krestalen Knochenabbau.

An der Studie nahmen 45 Patienten teil und es wurden 131 Implantate gesetzt, 75 Implantate mit einem durchmesserreduziertem Abutment von 1 mm (Testgruppe) und 56 Implantate mit implantatkongruentem Abutment. Es zeigten sich vertikale Knochenverluste auf der Testseite von 0,6-1,2 mm, durchschnittlich: 0,95 mm +/-0,32 mm, auf der Kontrollseite: 1,3-2,1 mm, durchschnittlich: 1,67 +/-0,37 mm.

Klinische und röntgenologische Untersuchungen wurden laufend durchgeführt.

In der Studie von Canullo et al 2009 wurden 22 Implantate (22 Patienten) mit 5,5 mm Plattformdurchmesser inseriert.

11 Implantate mit 3,8 mm Abutment (Testgruppe) und 11 Implantate mit 5,5mm Abutment (Kontrollgruppe) wurden in dieser humanen Studie evaluiert. Der Beobachtungszeitraum betrug 25 Monate. Die Implantate osseointegrierten zu 100%, es wurden alle Implantate evaluiert und radiologisch untersucht.

Die Testgruppe zeigte eine marginale Knochenreduktion von 0,30mm +/-0,16 mm, die Kontrollgruppe einen Knochenverlust von 1,19 mm +/-0,35mm.

Canullo et al 2003 evaluierte in seiner humanen Studie 10 Standardimplantate mit einem Implantatdurchmesser von 6 mm.

Er verglich Implantate mit durchmesserreduziertem Abutment mit Sofortimplantaten und beurteilte ihre Wirkung auf das Weich und Hartgewebe.

Der Beobachtungszeitraum betrug 22 Monate und es zeigte sich ein marginaler Knochenverlust von: 0,78mm +/-0,36.

Prosper et al 2009 evaluierten 360 Implantate in einem Zeitraum von 24 Monaten.

Es handelte sich um eine humane Studie (60 Patienten), die an 12 Kliniken stattfand. Mit Hilfe dieses randomisierten multizentrischen Versuchs wollte man den Einfluss des PFS auf den Knochenverlust nach Implantatinsertion untersuchen.

Die Änderungen der krestalen Knochenhöhe wurden radiologisch erfasst und dokumentiert zu einem Zeitpunkt von 12 und 24 Monaten nach erfolgter Implantatsetzung.

Es wurden Implantate mit integriertem PFS, mit durchmesserreduzierten Abutment und implantatkongruenten Abutment verwendet.

Drei Implantate der Kontrollgruppe gingen verloren und es zeigte sich radiologisch bei den Kontrollimplantaten ein ausgeprägter Knochenverlust als bei Implantaten mit durchmesserreduziertem Abutment bzw. Implantate mit integriertem Abutment.

Implantate mit integriertem PFS zeigten besseren krestalen Knochenhalt als die Implantate mit durchmesserreduzierten Abutment.

Vigolo et al 2009 untersuchten in einer 5 Jahre dauernden klinischen Studie an 144 Patienten mit 182 Implantaten mit einem Implantatdurchmesser von 5,5 mm.

Es ging kein Implantat verloren, alle Implantate osseointegrierten zu 100%.

In der Studie wurden 97 Implantate mit PFS (Gruppe B) und 85 Implantate mit implantatkongruenten Abutment (Gruppe A) verwendet.

Nach einem Jahr zeichneten sich deutlich Unterschiede zwischen der Gruppe A und B ab, die marginale Knochenhöhe betreffend. Die durchschnittliche marginale Knochenresorption betrug für die Gruppe A:  $0,9\text{mm} \pm 0,3\text{mm}$  und für die Gruppe B:  $0,6\text{mm} \pm 0,2\text{mm}$ .

In den darauffolgenden Jahren (2, 3, 4, 5 Jahr) konnten keine auffallenden Veränderungen, die marginale Knochenresorption betreffend, festgestellt werden.

Maeda et al 2007, eine japanische Arbeitsgruppe, versuchte an 3 D Finiten Element Modellen zu zeigen, dass PFS einen Einfluss hat auf die biomechanischen Eigenschaften der Implantat- Abutment- Verbindung und auf den periimplantären Knochen.

Es wurden Zylinder-Implantate verwendet mit einer Implantatlänge von 15mm und einem Implantatdurchmesser von 4 mm mit unterschiedlich konfigurierten Aufbauten (implantatkongruentes Abutment: 4 mm = Standardmodell; durchmesserreduziertes Abutment: 3,25 mm = PFS-Modell).

Es wurde nun die Verteilung der Verformungsenergiedichte im Implantat, im Abutment, und im angrenzenden periimplantären Knochen untersucht.

Dazu wurde eine Kraft von 10 N exzentrisch am Rand der Aufbauschraube parallel zur Implantatachse appliziert. Dabei zeigte sich eine unterschiedlich ausgeprägte Kräfteverteilung im Implantat, dem Abutment und im periimplantären Knochen.

Die größte Belastung am Standardmodell fand sich am Implantatrand und an der seitlichen Implantatoberfläche u.a. am krestalen Implantat-Knochen-Interface.

Am PFS- Modell war die Verformungsenergiedichte am Implantatrand und damit verbunden die Kräfteinleitung in den kortikalen Knochen geringer, die Kraftbelastung im Zentrum der Implantatstirnfläche am größten.

Das Schraubengewinde der Implantat-Aufbau-Verbindung war im PFS-Modell mechanisch stärker belastet als im Standardmodell.

Die Studie zeigte, dass mit durchmesserreduzierten Aufbauten (PFS) die Kräfteinleitung in den krestalen Knochen und der periimplantäre Knochenabbau verringert werden kann. Somit scheinen nicht nur mikrobielle Ursachen sondern auch biomechanische Einflüsse durch PFS verringert.

Maeda et al. 2008 zeigten in 3 dimensionalen Finiten Element Modellen (Computerberechnung) auf, dass, wenn man Implantate mit durchmesserreduziertem Aufbauten verwendet, der Stresslevel in der Implantathalsregion geringer ist als im Vergleich zu implantatkongruenten Aufbauten.

Die Studie zeigte, dass sich durch PFS die Kraftkonzentration vom krestalen Knochen-Implantat-Interface entfernt und es zu einer Krafterhöhung im Abutment bzw. in der Abutment-Schraube kommt.

Eine chinesische Arbeitsgruppe, Hus et al 2009 beurteilte ebenfalls in einer 3D-Finite- Element Modell-Analyse die Mikrobewegungen und die Knochenbelastung am Knochen-Implantat-Interface an 4 Modellen mit einem Implantatdurchmesser von 5 und 3,75mm (1 Modell) und Abutmentdurchmesser von 5,4 mm.

Es wurde nun eine Belastung seitlich und vertikal am Knochen-Implantat- Interface von 130 Newton appliziert. Während der vertikalen Kraftapplikation zeigte sich an einer Seite im Knochen eine erhöhte Kraftkonzentration in den Modellen. Die PFS zeigten eine um 10 % geringere Knochenbelastung als bei den anderen Modellen.

Es zeigte sich auch, dass bei Implantaten mit breiterem Durchmesser die Knochenbelastung geringer ausgeprägt ist.

Schrotenboer et al 2008 setzten sich in ihrer Studie (Finite Element Analyse) das Ziel, den Effekt des Mikrogewindes von Implantaten auf die Belastung des krestalen Knochens und den Einfluss unterschiedlicher Abutmentdurchmesser auf die krestalen Knochenhöhe zu untersuchen. Er verwendete Implantate mit einer Länge von 13mm und einem PFS von 5mm. Es wurde eine Kraft von 100 N appliziert auf Abutments mit unterschiedlichen Durchmessern. ( 4,0mm: 20% PFS; 4,5mm: 10% PFS; 5mm: Standard ). Mit Hilfe der Finite-Element-Analyse wurden die Belastungsmuster analysiert, insbesondere im krestalen Knochen.

Es zeigte sich auf Belastung, dass das Implantatmodell mit Mikrogewinde um 29% mehr Stress am Knochen-Implantat-Interface entwickelte, als das Implantat mit einem glatten Hals.

Beim Implantatmodell mit Mikrogewinde zeigte bei Abutment mit geringer werdendem Durchmesser von 5,0 zu 4,5mm und dann auf 4,0mm, eine Belastungsabnahme am krestalen Knochenniveau von 6,3% auf 5,4% (vertikale Belastung) bzw. 4,2 auf 3,3% (schräge Belastung).

Das Modell mit glatter Halspartie zeigte eine Belastungsabnahme von 5,6% auf 4,9% vertikal und von 3,7% auf 2,9% (schräge Belastung).

Becker et al 2007 evaluierten über einen Zeitraum von 3 Jahren in einer histomorphometrischen Tierstudie (Hunde) 54 Implantate (Camlog) mit einem Implantatdurchmesser von 5 mm und einer Implantatlänge von 11 mm. Der durchschnittliche marginale Knochenverlust betrug 0,52 mm $\pm$ 0,5mm. Die Implantate osseointegrierten zu 94,4%.

Becker et al 2009 evaluierte 72 Implantate in einer histomorphometrischen Tierstudie (12 Hunde) in einem Beobachtungszeitraum von 6 Monaten. Es wurden 72 Implantate inseriert.

Die Studie zeigte, dass es weder buccal noch lingual zu signifikanten Unterschieden zwischen der Test –und der Kontrollgruppe kam. Bone-remodelling trat in beiden Gruppen minimal auf.

Sie betonten, dass das PFS nicht von entscheidender Wichtigkeit sei für das krestale Knochenniveau.

## **Konklusion**

Das Konzept des PFS wirkt sich offensichtlich positiv auf den Erhalt stabiler periimplantärer Gewebe aus, der Effekt zeigt sich in einer Prävention des krestalen Knochenabbaues. Letztendlich scheint jedoch das Zusammenwirken vieler Faktoren ausschlaggebend für eine erfolgreiche Implantattherapie und kosmetisch anspruchsvolle langfristig stabile Ergebnisse.

Nach Überprüfung der verfügbaren Literatur bei López-Marí et al, 2009, zeigt sich, dass durch den Effekt des PFS der krestale Knochenverlust reduziert werden kann (durchschnittlich um  $1,56\text{mm} \pm 0,7\text{mm}$ ).

PFS trägt dazu bei, die krestale Knochenhöhe und Knochenbreite aufrecht zu erhalten und seine Anwendung auch im Frontzahnbereich die ästhetischen Resultate verbessern kann.

## 8. Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: XiVE® S Implantate
- Abb. 2: Makrodesign der XiVE® S Implantate
- Abb. 3: Makrodesign der XiVE® S Implantate
- Abb. 4a: Friktion
- Abb. 4b: Friktion
- Abb. 5: XiVE® S plus Implantate: Durchmesser
- Abb. 6: XiVE® S plus Implantate: Längen
- Abb. 7: FRIADENT® TempBase
- Abb. 8: FRIADENT® TempBase +FRIADENT® TempBase Cap
- Abb. 9: FRIADENT® Gingivaformer
- Abb. 10: FRIADENT® Verschlusschrauben
- Abb. 11-25 Ankylos
- Abb. 26: Astra Tech Implantat
- Abb. 27: Implantatsystem Astra tech -Merkmale
- Abb. 28: Straumann® Bone Level Implantate
- Abb. 29: CrossFit™ Verbindung
- Abb. 30: Straumann SLA®- Oberfläche
- Abb. 31: Das Göttinger Minischwein
- Abb. 32: (Quelle: schweine online.de)
- Abb. 33: Milchgebiss vom Minischwein
- Abb. 34: Dauergebiss vom Minischwein
- Abb. 35: Vollständiges bleibendes Gebiss eines Ebers (HABERMEHL, 1975)
- Abb. 36: Zweiter Prämolare
- Abb. 37: Bukkale Seite des unteren M1 des Unterkiefers
- Abb. 38: Okklusale Seite des M1 UK( alle nach THAVALINGHAM, 1983 )
- Abb. 39: Oberer P1 (THAVALINGHAM, 1983)
- Abb. 40: Occlusion vom Minischwein
- Abb. 41 : Vier Monate altes Inzucht tier (Nr. A47, F = 0,250)
- Abb. 42.:en face
- Abb. 43: Seitliche Aufnahme Abb.44: Lebensrhythmus des Schweins
- Abb. 45 : Extraktionsalveolen von 2 Prämolaren und 1 Molar in der Maxilla.
- Abb. 46 :Extraktionsalveolen von 2 Prämolaren und 2 Molaren. Der 1ste Prämolare (P1) wird belassen für die später geplante Sofortimplantation.
- Abb. 47 : Präparation der Implantatposition , 2 Monate nach erfolgter Extraktion
- Abb. 48: Implantatinsertion von XiVE® S Implantaten (4,5/8) in Position: P2, P3 und M1, zwei Monate nach erfolgter Extraktion.
- Abb. 49: 4 inserierte XiVE® S Implantate (4,5mm/8mm, in Position: P2, P3 und M1) mit Temp Base® Abutment. In Position M1 sieht man ein Sofortimplantat
- Abb. 50 : Wundverschluss mit Einzelknopfnahm nach erfolgter Implantatinsertion
- Abb. 51.: Schön verheilte Schleimhaut der Maxilla in regioP2, P3 und M1, zwei Monate nach erfolgter Extraktion.
- Abb. 52: Der 1ste Prämolare wird extrahiert und dann ein Sofortimplantat gesetzt.
- Abb.53 : Einheitschraube des Sofortimplantates in Position P1 mit transgingivaler Einheilung.
- Abb. 54: Schön verheilte Implantatstellen, drei Monate nach erfolgter Implantatinsertion.
- Abb. 55: Insertion der transfer capings in die Implantate vor anschließender intraoperativer Abdrucknahme.

Abb. 56: Intraoperative Abdrucknahme mit einem Polyether Material (Impregum NF<sup>®</sup>, ESPE, Germany)

Abb. 57: 3.8mm Abutment auf der Testseite für eine aus vier Kronen bestehende Brücke

Abb. 58: Aus vier Kronen bestehende Brücke auf der Testseite.( rechts )

Abb. 59 : Aus vier Kronen bestehende Brücke auf der Testseite ( links )

Abb. 60: Kontrolle und Reinigung , der aus fünf Kronen bestehenden Brücke auf der Kontrollseite ( rechts )mit einem Piezo Sonic System(Vector<sup>®</sup> , Dürr Dental ,Deutschland )

Abb. 61: Röntgenaufnahme , der aus vier Kronen bestehenden Brücke auf der Testseite. (3,8mm Abutment )

Abb. 62: Röntgenbilder der aus vier Kronen bestehenden Brücke auf der Kontrollseite.(4,5 mm Abutment )

Abb. 63: Röntgenbilder der aus fünf Kronen bestehenden Brücke auf der Kontrollseite . (4,5mm Abutment ).

Abb. 64 Röntgenbilder der aus fünf Kronen bestehenden Brücke auf der Testseite. (3,8mm Abutment )

Abb. 65-66: Planschleifmaschine

Abb. 67-69: Implantatschnitte

Abb. 70: Literaturanalyse López-Marí

Abb. 33-42 : aus Otto Grit: Untersuchungen zur postnatalen Gebissentwicklung beim Berliner Miniaturschwein

## 9. Abkürzungen

Abutment = Aufbau

abh. = abhängig

anterior = vorderen

AZ = Allgemeinzustand

BB = Biologische Breite

Brachyodont = Kurze Wurzeln

Bunadont = Kauzähne

ca..= circa

cm = Zentimeter

CT = Computertomograph

D = decidui

Dihyodont = Zahnwechsel

D.h.= das heißt

Etc. = et cetera

EZ = Einzelzahn

Hypsodont = wurzellos

I = Incisivi

i.B. = im Bereich

i.m.= intramuskulär

i.v. = intravenös

kg = Kilogramm

KG = Körpergewicht

l = Liter

M = Molar

MPL = Mukoperiostallappen

Min. = Minute

mg = Milligramm

mm = Millimeter

OK = Oberkiefer

OP = Operation

P = Prämolare

Postpartal = nach der Geburt

s.c. = subkutan

sog. = Sogenannt

U./min. = Umdrehungen pro min.

UK = Unterkiefer

z.B. = zum Beispiel

## 10. Literaturliste

Abrahamsson, I, Berglundh, T., Wennström, J., Lindhe, J. The peri-implant hard and soft tissues at different implant systems. A comparative study in the dog. *Clinical Oral Implants research* 1996; 7 (3 ): 212-219.

Abrahamsson, I, Berglundh T, Lindhe J: The mucosal barrier following abutment dis/reconnection. An experimental study in dogs. *J Clin Periodontol* 1997;24:569-57.

Abrahamsson, I., Berglundh, T., Lindhe. Bone healing at fluoride modified implant surfaces. Abstract. The Astra Tech International OsseoSpeed™ Meeting, Gothenburg, Sweden, June 26, 2003.

Abbound M, Koeck B, Stark H, Wahl G, Paillon R. Immediate loading of single-tooth implants in the posterior region. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005 ; 20 (1) : 61-68.

Adell, R., Lekholm, U., Rockler, B. & Branemark, P.-I. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *International Journal of Oral Surgery* 1981; 10:387-416.

Albrektsson T., Branemark P.I., Hansson H.A., Lindstrom J. (1981) Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man. *Acta Orthop Scand* 52 (2): 155-170.

Apse P., Ellen R.P., Overall C.M., Zarb G.A. (1989) Microbiota and crevicular fluid collagenase activity in the osseointegrated dental implant sulcus: A comparison of sites in edentulous and partially edentulous patients. *J Periodont Res* 24: 96-105.

Albrektsson, T., Branemark, P.-I., Hansson, H.A. & Lindström, J. Osseointegrated titanium implants: requirements for ensuring a long lasting, direct bone to implant anchorage in man. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 1981; 52: 155-170.

Bähr, K.H. und W.Schulze Das Schwein als standardisiertes Versuchstier. *Z. Rheumaforschung, Darmstadt* 1972; 31: 99-104.

Baron M., Haas R., Tepper G., Watzek G. (2001) Die experimentell induzierte Periimplantitis - Ein Literaturüberblick über unterschiedliche Behandlungsmethoden. *Implantologie* 9 (3): 281-296.

Barewal, R. et. al. A randomized prospective clinical trial comparing the effects of 3 loading protocols on Implant stability; Oregon Health and Science University.

Bauman G.R., Mills M., Rapley J.W., Hallmon W.W. (1992) Plaque-induced inflammation around implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 7 (3): 330-337.

Baumgarten H; Cocchetto R, Testori T, Meltzer A, Porter S. A New Implantat Design for crestal Bone Preservation: Initiale Observations and case report *Pract Proced Aesthet Dent* 2005; 17:735-740.

Becker, E.(1970): Zähne. In: Handbuch der speziellen pathologischen Anatomie der Haustiere. Bd.5 Digestionsapparat 1.Teil 3.Aufl., Verlag Paul Paray, Berlin und Hamburg.

Becker J, Ferrari D, Herten M, Kirsch A, Schaer A, Schwarz F. Influence of platform switching on crestal bone changes at non- submerged titanium implants: a histomorphometrical study in dogs. J Clin Periodontol. 2007;34:1089-96.

Becker J, Ferrari D, Mihatovic I, Sahn N, Schaer A, Schwarz F. Stability of crestal bone level at platform- switched non- submerged titanium implants: a histomorphometrical study in dog. J Clin Periodontol. 2009 Jun;36(6):532-9.

Berglundh. T., Lindhe, J., Ericsson, I., Marinello CP, Liljenberg, B., Thomsen, P., The soft tissue barrier at implants and teeth. Clinical oral Implants Research 1991,2: 81-90.

Berglundh T., Lindhe J., Marinello C., Ericsson I., Liljenberg B. (1992) Soft tissue reaction to de novo plaque formation on implants and teeth. An experimental study in the dog. Clin Oral Implants Res 3 (1): 1-8.

Berglundh, T., Lindhe, J., Jonsson, K., Ericsson, I. The topography of the vascular systems in the periodontium and periimplant tissue in the dog. Journal of clinical Periodontology 1994, 21: 189-193.

Berglundh, T., Lindhe, J. Dimensions of peri-implant mucosa. Biological width revisited. Journal of clinical Periodontology 1996,23: 971-973.

Bienieck, H.-J. und K.W. Bienieck Zahnheilkunde für die Kleintierpraxis. Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 1993.

Bodegom, J. Experiments on tooth eruption in miniature pigs. Nijmegen , Proefschrift 1969.

Brachwitz ,J. , Herne, Implantologie Journal 2005;6:34-38.

Branemark, P.I., Breine U., Adell, R., Hanson, B.O., Linström, J. & Ohlsson A. (1969) Intraosseous anchorage of dental prosthesis. I. Experimental studies. Scandinavian Journal of Plastic Reconstructive Surgery 3:81-100.

Branemark, P.I., Hansson, B.O., Adell R. et al. (1977) Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10- year period. Scandinavian Journal of Plastic Reconstructive Surgery 16:1-132.

Branemark, P.I. Osseointegration and its experimental background. Journal of Prosthetic Dentistry 1983;50: 399-410.

Branemark P.I. (1985) Einführung in die Osseointegration. In: Branemark P.I., Zarb G.A., Albrektsson T. (Hrsg.). Gewebeintegrierter Zahnersatz. Osseointegration in klinischer Zahnheilkunde. Quintessenz, Berlin.

Broggini N, McManus LM, Hermann JS, Medina RU, Oates TW, Schenk RK, Buser D, Mellonig JT, Cochran DL. Persistent acute inflammation at the implant-abutment interface. J Dent Res 2003; 82 (3):232-237.

Broggini N., McManus L.M., Hermann J.S., Medina R.U., Schenk R.K., Buser D., Cochran D.L. (2006) Peri-implant Inflammation Defined by the Implant-Abutment Interface. (In Process Citation). J Dent Res 85 (5): 473-478.

Brunette D.M. (1988) The effects of implant surface topography on the behavior of cells. *Int J Oral Maxillofac Implants* 3 (4): 231-246.

Brunski JB. Biomechanical factors affecting the bone-dental implant interface: Review paper. *Clin Mater* 1992, 10:153-201.

Brunski JB. Avoid pitfalls overloading and micromotions of intraosseous implants (interview). *Dental Implantol Update*, 1993, 4(10):77-81.

Buck, D.L., E.B. Jump und M.E. Weaver. Orthodontic tooth movement in miniature swine. I.A.D.R. 43<sup>rd</sup> General Meeting, Abstr. 80 1965.

Buser, D., Weber, HP. Donath, K., Fiorellini, J.P., Paquette, D.W., Williams, R.C. Soft tissue reactions to non-submerged unloaded titanium implants in beagle dogs. *Journal of Periodontology* 1992; 63: 225-235.

Buser D., Mericske-Stern R., Bernard J.P., Behneke A., Behneke N., Hirt H.P., Belser U.C., Lang N.P. (1997) Long-term evaluation of non-submerged ITI implants. Part 1: 8-year life table analysis of a prospective multi-center study with 2359 implants. *Clin Oral Implants Res* 8 (3): 161-172.

Buser, D., N. Broggini, M. Wieland, R. Schenk, A. Denzer, D. Cochran, B. Hoffmann, A. Lussi, S. Steinemann. Enhanced bone apposition to a chemically advanced SLA® titanium surface. Published 07/2004, *JDR* 83 (7): 529 – 533, 2004.

Buzello A.M., Schütt-Gerowitt H., Niedermeier W. (2005) Desinfizierende Spüllösungen zur Keimzahlreduktion im Interface zwischen Implantat und Aufbau. *Z Zahnärztl Impl* 21 (4): 216-223.

Calvo- Guirado JL., Saez Yuguero MR., Pardo Zamora G., Munoz Barrio E Immediate provisionalization on a New implantat design for esthetic restoration and preserving crestal bone. *Implant Dent* 2007;16:155-64.

Calvo- Guirado JL, Ortiz Ruiz AJ, Gomez Moreno G, Lo'pez Mari L, Bravo Gonzalez LA. Immediate loading and immediate restoration in 105 expanded- platform implants via the Diem System after a 176- month follow- up period. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2008;13:E576-81.

Calvo- Guirado JL, Ortiz- Ruiz AJ, López-Marí L, Delgado- Ruiz R, Mate'- Sa'nchez J, Bravo Gonzalez LA. Immediate maxillary restoration of single- tooth implants using platform switching for crestal bone preservation: a 12- month study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009 Mar-April;24(2):275-81.

Cameron HU, Macnab I, Pilliar R. Porous surfaced vitallium staples. *South Afr J Surg* 1972.

Cannullo L, Rasperini G. Preservation of peri- implant soft and hard tissues using platform switching of implants placed in immediate extraction sockets: a proof- of- concept study with 12- to 36- month follow- up. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2007;22:995-1000.

Cannullo L, Goglia G, Iurlaro G, Ianello G. Short- term bone level observations associated with platform switching in immediatly placed and restored single maxillary implants: a preliminary report. *Int J Prosthodont*. 2009 May-Jun;22(3):277-82.

Cappiello M, Luongo R, Di Iorio D, Bugea C, Cocchetto R, Celletti R. Evaluation of peri-implant bone loss around platform-switched implants. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2008;28:347-55.

Carnevale G, Sterrantino SF, Di Febo G: Soft and hard tissue wound healing following tooth preparation to the alveolar crest. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1983 (3); 36-53.

Cochran D, Simpson J, Weber H, Buser D: Attachment and growth of periodontal cells on smooth and rough titanium 1994. *Int J Oral Maxillofac Implants*; 9:289.

Cochran D.L., Hermann, J.S., Schenk, R.K., Higginbottom, F.L., Buser, D. Biologic width around titanium implants. A histometric analysis of the implant-to-gingival junction around unloaded and loaded nonsubmerged implants in the canine mandible. *Journal of Periodontology* 1997; 68(2): 186-198.

Cohen DW: Biologic Width. Washington DC. Presented at Walter Reed Army Medical Center 1962.

Cooper, L. F. et al. Fluoride modification effects on osteoblast behavior and bone formation at TiO<sub>2</sub>-grit blasted c.p. titanium endosseous implants. *Biomaterial*, (in press).

Covai U, Marconcini S, Crespi R, Barone A. Bacterial plaque colonization around dental implant surfaces. *Implant Dent* 2006; 15 (3): 298-304.

Davies J.E. (1996) In vitro modeling of the bone/implant interface. *Anat Record* 245 (2): 426-445.

Davies J.E. (2003) Understanding Peri-Implant Endosseous Healing. *Journal of Dental Education*, Volume 67, Number 8.

Davy DT, Hart RT. Computation of Mechanically Induced Remodeling in Bone. 36<sup>th</sup> Annual Conference Eng. Med. Biol., Columbus, Ohio. 1983.

Degidi M, Iezzi G, Scarano A, Piatelli A. Immediately loaded titanium implant with a tissue-stabilizing/maintaining design ("beyond platform switch") retrieved from man after 4 weeks: a histological and histomorphometrical evaluation. A case report. *Clin Oral Implants Res*. 2008;19:276-82.

Dilbart S, Warbington ML, Su MF, Skobe Z. Evaluating the Bacterial Seal of an Implant-Abutment Connection. Poster presentation on the American Academy of Periodontology Meeting, Orlando, Florida in November, 2004

Dilbart S, Warbington M, Su MF, Skobe Z: In vitro evaluation of the implant-abutment bacterial seal: The locking taper system. *J Oral Maxillofac Surgery*, Sept. 2005;20(5):732-737.

Douglas, W. R. Of pigs and men in research. *Space Life Sciences*, Dordrecht 3, 1972;3: 226-234.

Donath, K. Die Trenn-Dünnschliff-technik zur Herstellung histologischer Präparate von nicht schneidbaren Geweben und Materialien. *Der Präparator* 1988;34: 197-206.

Doring K, Eisenmann E, Stiller M. Functional and esthetic considerations for single-tooth Ankylos implant-crowns : 8 years of clinical performance. J Oral Implantol 2004;30 (3) : 198-209.

Eke P.I., Braswell L.D., Fritz M.E. (1998) Microbiota associated with experimental peri-implantitis and periodontitis in adult Macaca mulatta monkeys. J Periodontol 69 (2): 190-194.

Eisenmenger, E. und K. Zetner Tierärztliche Zahnheilkunde. Verlag Paul Paray, Berlin und Hamburg 1982.

Ellingsen, J.E., Johansson C.B., Wennerberg A., Holmén, A. Improved retention and bone to implant contact with fluoride modified titanium implants. Int J Oral Maxillofac Implants 2004;19: 659 – 666.

Ericsson I., Berglundh T., Marinello C., Liljenberg B., Lindhe J. (1992) Long-standing plaque and gingivitis at implants and teeth in the dog. Clin Oral Implants Res 3 (3): 99-103.

Ericsson I, Persson LG, Berglundh T, Marinello CP, Lindhe J, Klinge B: Different types of inflammatory reactions in periimplant soft tissues. J Clin Periodontol 1995 (22);255-261.

Ericsson I. Clin Oral Impl Res 1996;7:20-26.)

Gardner DM. Platform Switching as a means to achieving implant esthetics. NY State Dent J 2005; 71:34-37.

Gargiulo, AW., Wents, F.M., Orban, B. Dimension and relations of the dentogingival junction in humans. Journal of Periodontology 1961;32(2): 261-267.

Gehrke Peter Dr. med dent.; Michael Gross, Dr. med dent., Rolf Rothhammer, ZT, Ricarda Gruninger, ZÄ (Branemark, P I., Breine U., Adell, R., Hanson, B. O., Linström). Die Sofortbelastung von enossären Implantaten. Friadent, 2003 : 1-7.

Grit Otto : Untersuchungen zur postnatalen Gebissentwicklung beim Berliner Miniaturschwein, 28.4.09.

Größner-Schreiber B., Tuan R.S. (1991) Die Bedeutung der Oberfläche von Titanimplantaten im Osteointegrationsvorgang. Dtsch Zahnärztl Z 46: 691-693.

Grunder U, Gracis S, Capelli M. Influence of the 3-D Bone-to-implant Relationship on esthetics. Int J Periodontics Restorative Dent 2005; 25:113-9.

Guindy J.S., Besimo Ch.E., Besimo R., Schiel H., Meyer J. (1998) Bacterial leakage into and from prefabricated screw-retained implant-borne crowns in vitro. J Oral Rehabil 25: 403-408.

Habermehl, K.H. (1975): Die Altersbestimmung bei Haus- und Labortieren. 2. Aufl., Verlag Paul Paray, Berlin und Hamburg.

Hämmerle CH, et al. The effect of subcrestal placement of the polished surface of ITI implants on marginal soft and hard tissues. Clin Oral Implants Res 1996 Jun;7(2):111-119.

Hart Rt. Quantitative Response of Bone to mechanical stress. PhD . Dissertation. Case Western Reserve University , Cleveland, Ohio 1983.

Hermann JS, Cochran DS, Nummikoski PV, Buser D: Crestal bone changes around titanium implants. A radiographic evaluation unloaded submerged and nonsubmerged and submerged implants in the canine mandible. J Periodontol 1997; 68:1117-1130.

Hermann, J.S., Buser, D., Schenk, R.K., Higginbottom, F.L., Cochran, D.L. Biologic width around titanium dental implants. A physiologically formed and stable dimension over time. Clinical Oral Implants Research 2000;11(1): 1-11.

Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Cochran DL: Crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non-submerged and submerged implants in the canine mandible. J Periodontol 2000(71);1412-1424.

Hermann JS, Schoolfield JD, Schenk RK, Buser D, Cochran DL. Influence of the size of microgap on crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non-submerged implants in the canine mandible. J Periodontol 2001;72 (10):1372-1383.

Hermann J.S., Schoolfield J.D., Schenk R.K., Buser D., Cochran D.L. (2001a) Influence of the size of the microgap on crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non-submerged implants in the canine mandible. J Periodontol 72 (10): 1372-1383.

Hermann J.S., Buser D., Schenk R.K., Schoolfield J.D., Cochran D.L. (2001b) Biologic width around one- and two-piece titanium implants. Clin Oral Implants Res 12 (6): 559-571.

Hermann, F. : Z Oral Implant 2. Jahrgang 2006,3: 142-150. Parameter der Ästhetik Teil 1.

Hermann F., Lerner H, Palti A. Factors influencing the preservation of the periimplant marginal bone. Implant Dent, 2007;16: 165-75.

Hörr, H.P. Das Schwein als Versuchstier für die Humanmedizin. Eine Literaturstudie. Tierärztlich. Hochsch. Hannover, Diss. vet. med. 1973.

Hultin M., Gustafsson A., Hallstrom H., Johansson L.A., Ekfeldt A., Klinge B. (2002) Microbiological findings and host response in patients with peri-implantitis. Clin Oral Implants Res 13 (4): 349-358.

Hus JT, Fuh LJ, Lin DJ, Shen YW, Huang HL. Bone strain and interfacial sliding analyses of platform switching and implant diameter on an immediately loaded implant: experimental and three-dimensional finite element analyses. J Periodontol. 2009 Jul;80(7):1125-32.

Hürzeler M.B., Quinones C.R., Kohal R.J., Rohde M., Strub J.R., Teuscher U., Caffesse R.G. (1998) Changes in peri-implant tissues subjected to orthodontic forces and ligature breakdown in monkeys. J Periodontol 69 (3): 396-404.

Hürzeler M, Fickl S, Zuhr O, Wachtel HC. Peri- implant bone level around implants with platform- switched abutments: preliminary data from a prospective study. J Oral Maxillofac Surg. 2007Jul;65:33-9.

Ibrahim Z., Tschernitschek H., Rossbach A. (2003) Versiegelung der Implantatkomponenten des Branemark-Systems. Implantologie 11: 151-157.

Ibrahim Z., Stempel J., Zöllner A., Tschernitschek H. (2005) Einfluss von Implantatgetragenen prothetischen Versorgungen auf die bakterielle Besiedelung. ZWR 6: 259-266.

Isidor F. (1996) Loss of osseointegration caused by occlusal load of oral implants. A clinical and radiographic study in monkeys. Clin Oral Implants Res 7 (2): 143-152.

Jansen V.K., Conrads G., Richter E.-J. (1995) Untersuchungen zur Dichtigkeit der Implantat-Prothetikpfosten-Verbindung. Implantologie 3: 229-247.

Karoussis I.K., Bragger U., Salvi G.E., Burgin W., Lang N.P. (2004) Effect of implant design on survival and success rates of titanium oral implants: a 10-year prospective cohort study of the ITI Dental Implant System. Clin Oral Implants Res 15 (1): 8-17.

Kawahara H. (1983) Cellular responses to implant materials: biological, physical and chemical factors. Int Dent J 33 (4): 350-375.

Kieswetter K., Schwartz Z., Dean D.D., Boyan B.D. (1996a) The role of implant surface characteristics in the healing of bone. Crit Rev Oral Biol Med 7 (4): 329-345.

Kieswetter K., Schwartz Z., Hummert T.W., Cochran D.L., Simpson J., Dean D.D., Boyan B.D. (1996b) Surface roughness modulates the local production of growth factors and cytokines by osteoblast-like MG-63 cells. J Biomed Mater Res 32 (1): 55-63.

King G.N., Hermann J.S., Schollfield J.D., Buser D., Cochran D.L. (2002) Influence of the size of the microgap on crestal bone levels in non-submerged dental implants: a radiographic study in the canine mandible. J Periodontol 73 (10): 1111-1117.

Kinsel RP, Lamb RE. Tissue-directed placement of dental implant in the esthetic zone for long- term biologic synergy: A clinical report . Int J Oral Maxillofac Implants 2005;20 (6) :913-922.

Klokkevold PR, Nishimura RD, Adachi M, Caputo A. Osseointegration enhanced by chemical etching of the titanium surface. Clin Oral Impl Res 1997;8:442-447.

Koch, T. und R. Berg Lehrbuch der Veterinäranatomie. Bd.2 Eingeweidelehre 4.Aufl., Gustav Fischer Verlag, Jena 1990.

Koka S., Razzoog M.E., Bloem T.J., Syed S. (1993) Microbial colonization of dental implants in partially edentulous subjects. J Prosthet Dent 70 (2): 141-144.

- Krafft T, Peschla M. Abrasion of surface components in endosseous implants depending on their shape and coating. *Int.J.Oral Maxillofac Surg* ;23:418-419, 1994.
- Krekeler G., Schilli W., Geiger H. (1990b) Das TPS-Implantat, ein zuverlässiges Retentionselement? *Z Zahnärztl Implantol VI*: 229-234.
- Krekeler G. (1996) Periimplantäre Entzündungen. In: Koeck B., Wagner W. (Hrsg.). *Praxis der Zahnheilkunde, Band 13: Implantologie*. Urban & Schwarzenberg, München, Wien, Baltimore: 293-304.
- Lamest Dr. Christian, *Implantologie Journal* 5/ 2007.
- Lazzara RJ, Porter SS. Platform switching: A new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2006 ;\Vol 26(1):9-17.
- Lee K.H., Tanner A.C., Maiden M.F., Weber H.P. (1999a) Pre- and post-implantation microbiota of the tongue, teeth, and newly placed implants. *J Clin Periodontol* 26 (12): 822-832.
- Ledermann PD. Der Sofort-Implantat-Steg im zahnlosen Unterkiefer. Über 20jährige Erfahrungen. *Swiss Dent* 1996 ;( 17 ) Nr.4:5-18.
- Leonhardt A., Berglundh T., Ericsson I., Dahlén G. (1992) Putative periodontal pathogens on titanium implants and teeth in experimental gingivitis and periodontitis in beagle dogs. *Clin Oral Impl Res* 3: 112-119.
- Leonhardt A., Adolfsson B., Lekholm U., Wikström M., Dahlén G. (1993) A longitudinal microbiological study on osseointegrated titanium implants in partially edentulous patients. *Clin Oral Implants Res* 4 (3): 113-120.
- Leucht, W., G. Gregor und H. Stier Das Miniaturschwein. In: *Einführung in die Versuchstierkunde*. Bd.4 Gustav Fischer Verlag, Jena 1982.
- Liljenberg B., Gualini F., Berglundh T., Tonetti M., Lindhe J. (1997) Composition of plaque-associated lesions in the gingiva and the peri-implant mucosa in partially edentulous subjects. *J Clin Periodontol* 24 (2): 119-123.
- Listgarten M.A., Lang N.P., Schroeder H.E., Schroeder A. (1991) Periodontal tissues and their counterparts around endosseous implants. *Clin Oral Impl Res* 2: 1-19.
- López-Marí L., Calvo-Guirado JL, Martín- Castellote B; Gomez-Moreno G, López-Marí M. Implant platform switching concept: An updated review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2009 Sep 1;14 (9):e450-4
- Martin J.Y., Schwartz Z., Hummert T.W., Schraub D.M., Simpson J., Lankford J., Dean D.D., Cochran D.L., Boyan B.D. (1995) Effect of titanium surface roughness on proliferation, differentiation, and protein synthesis of human osteoblast-like cells (MG63) *J Biomed Mater Res* 29 (3): 389-401.
- Maynard JG, Wilson RD: Physiologic dimensions of the periodontium significant to the restorative dentist. *J Periodontol* 1979 (50); 170-174.

Maeda Y, Miura J, Faki I, Sogo M.: Biomechanical analysis on platform switching : is there any biomechanical rationale? Clin. Oral Impl. Res. 2007, Yorck Zebuhr, Zolling Konzept des PS biomechanischer Eigenschaften durchmesserreduzierte Implantataufbauten.

Maeda Y, Horisaka M, Yagi K. Biomechanical rationale for a single implant-retained mandibular overdenture: an in vitro study. Clin Oral Implants Res. 2008;19:271-5.

McCarthy G.R., Guckes A.D. (1993) Preventing bacterial colonization associated with two types of implant abutments. J Prosthet Dent 70: 479.

Mellonig, J. et. al. An open, prospective study to evaluate implant stability, marginal bone adaptation and the survival rate of Astra Tech Dental Implant System, Fixture Osseospeed™, in patients with tooth loss in the posterior maxilla in an early loading protocol.

Möllersten L, Lockowandt P, Lindén LA. Comparison of strength and failure mode of seven implant systems: An in vitro test. J Prosthet Dent 1997;78:582-91.

Mombelli A., van Oosten M.A., Schurch E., Land N.P. (1987) The microbiota associated with successful or failing implants. Oral Microbiol Immunol 2 (4): 145-151.

Mombelli A. (1993) Microbiology of the dental implant. Adv Dent Res 7 (2): 202-206.

Mount, L.E. und D. L. Ingram The pig as a laboratory animal. Academic Press, London und New York. 1971.

Nickel, R., A. Schummer und E. Seiferle Lehrbuch der Anatomie der Haustiere II. 6. Aufl., Verlag Paul Paray, Berlin und Hamburg 1987.

Oakley E., IJ Perio Rest Dent 1999, 19: 6 529-541.

O'Mahony A., MacNeill S.R., Cobb C.M. (2000) Design features that may influence bacterial plaque retention retrospective analysis of failed implants. Quintessence Int 31 (4): 249-256.

Orsini G., Fanali S., Scarano A., Petrone G., di Silvestro S., Piattelli A. (2000a) Tissue reactions, fluids, and bacterial infiltration in implants retrieved at autopsy: a case report. Int J Oral Maxillofac Implants 15 (2): 283-286.

Otto, N., A. Stiefel und M. Teichert Vergleichende Odontologie herbivorer und omnivorer Gebisse. Kühn-Archiv, Berlin und Hamburg 1994;88: 68-78.

Page R.C., Schroeder H.E. (1976) Pathogenesis of inflammatory periodontal disease. A summary of current work. Lab Invest 34 (3): 235-249.

Papaioannou W., Quirynen M., van Steenberghe D. (1996) The influence of periodontitis on the subgingival flora around implants in partially edentulous patients. Clin Oral Implants Res 7 (4): 405-409.

Persson L.G., Ericsson I., Berglundh T., Lindhe J. (1996a) Guided bone regeneration in the treatment of periimplantitis. Clin Oral Impl Res 7: 366-372.

Persson L.G., Lekholm U., Leonhardt A., Dahlén G., Lindhe J. (1996b) Bacterial colonization on internal surfaces of Branemark system implant components. *Clin Oral Impl Res* 7 (2): 90-95.

Piatelli A., Vrespa G., Petrone G., Iezzi G., Annibaldi S., Scarano A. (2003) Role of the microgap between implant and abutment: a retrospective histologic evaluation in monkeys. *J Periodontol* 74 (3): 346-352.

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Universität Würzburg. Deutschland.

Pontoriero R., Tonelli M.P., Carnevale G., Mombelli A., Nyman S.R., Lang N.P. (1994) Experimentally induced peri-implant mucositis. A clinical study in humans. *Clin Oral Implants Res* 5 (4): 254-259.

Prosper L, Redaelli S, Pasi M, Zarone F, Radaelli G, Gherlone EF. A randomized prospective multicenter trial evaluating the platform. switching technique for the prevention of postrestorative crestal bone loss. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2009 Mar- April;24(2):299-308.

Quirynen M., Listgarten M.A. (1990) The distribution of bacterial morphotypes around natural teeth and titanium implants ad modum Branemark. *Clin Oral Impl Res*: 1: 8-12.

Quirynen M., Naert I., van Steenberghe D. (1992) Fixture design and overload influence marginal bone loss and fixture success in the Branemark system. *Clin Oral Implants Res* 3 (3): 104-111.

Quirynen M., van Steenberghe D. (1993) Bacterial colonization of the internal part of two-stage implants. An in vivo study. *Clin Oral Impl Res* 4: 158-161.

Quirynen M, Bollen CM, Eyssen H, Van Steenberghe D : Microbial penetration along the implant components of the Branemark system. An in vitro study. *Clin Oral Implants Res* 1994 (5): 239-244.

Quirynen M., Papaioannou W., van Steenberghe D. (1996a) Intraoral transmission and the colonization of oral hard surfaces. *J Periodontol* 67 (10): 986-993

Quirynen M., Bollen C.M.L., Papaioannou W., Van Eldere J., van Steenberghe D. (1996b) The influence of titanium abutment surface roughness on plaque accumulation and gingivitis: short-term observations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 11 (2): 169-178.

Quirynen M., De Soete M., Diericks K, van Steenberghe D. (2001) The intra-oral translocation of periodontopathogens jeopardises the outcome of periodontal therapy. A review of the literature. *J Clin Periodontol* 28 (6): 499-507.

Quirynen M., De Soete M., van Steenberghe D. (2002) Infectious risks of oral implants: a review of the literature. *Clin Oral Implants Res* 13 (1): 1-19.

Raghavendra S, Wood MC, Taylor TD. Early wound healing around endosseous implants: a review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2005 May-Jun;20(3):425-31.

Roza Gabor Diplomarbeit PFS- Ein neues implantatprothetisches Konzept? Grundlagen und vorläufige Ergebnisse.

Ripke, E. und H. Brückl Kieferorthopädische Klinik und Therapie. Verlag J.A. Barth, Leipzig 1964.

Romer, A. S., Parsson T.S. (1991): Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. 5. Aufl., Verlag Paul Paray, Hamburg und Berlin.

Rosenberg E.S., Torosian J.P., Slots J. (1991) Microbiol differences in 2 clinically distinct types of failures of osseointegrated implants. Clin Oral Implants Res 2 (3): 135-144.

Renouard F, Nisand D., Short implants in the severely resorbed maxilla: A 2 year retrospective clinical study. Clin Implant Dent Relat Res 2005;7 ( Suppl.1 ) : S 104-110.

Sarment DP, Meraw SJ. Biological space adaption to implant dimensions. Int J Oral Maxillofac Implants. 2008;23:99-104.

Scarano A, Assenza B, Piatelli M, Iezzi G, Leghissa GC, Quaranta A, Tortora P, Piattelli A, A 16 year study of the microgap between 272 human titanium implants and their abutments. J Oral Implantol 2005;32 (6) :269-275.

Schulda C, Steveling H. Zehnjahresresultate mit dem Astra-Tech- Implantatsystem. Implantologie 2006 ; 14 (1) :81-92.

Schröder A, Stich H, Straumann F, Sutter F. The accumulation of osteocementum around a dental implant under physical loading. SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd, 88 (10): 1051-8, 1978.

Schröder A., Sutter F., Buser D., Krekeler G. (1994) Orale Implantologie. Allgemeine Grundlagen und ITI-System. 2. Aufl., Thieme, Stuttgart.

Schröder A, van der Zypen E., Stich H, Sutter F. The reaction of bone, connective tissue, and epithelium to endosteal implants with titanium- sprayed surfaces. J Maxillofac Surg, 9 (1): 15-25, 1998.

Schrotenboer J, Tsao YP, Kinariwala V, Wang HL. Effect of microthreads and platform switching on crestal bone stress levels : a finite element analysis. J Periodontol. 2008 Nov;79(11):2166-72.

Sethi A, Kaus T. An implant that does not smel - The Ankylos Implant Featured in Irish Dentist-July 2002; Probe-July 2002; Dentistry-August 2003.

Stanford, C. et. al. The FOCUS Steering Committee; A 36-month multi centre, open, observational study of treatment outcome in patients undergoing treatment for partial edentulism using Astra Tech Dental Implant System Fixture OsseoSpeed™.

Steinebrunner L., Wolfart S., Bossmann K., Kern M. (2005) In vitro evaluation of bacterial leakage along the implant-abutment interface of different implant systems. Int J Oral Maxillofac Implants 20 (6): 875-881.

Strub J.R., Türp J.C., Witkowski S., Hürzeler M.B., Kern M. (1999) Einführung in die dentale Implantologie. In: Strub J.R., Türp J.C., Witkowski S., Hürzeler M.B., Kern M (Hrsg.). Curriculum Prothetik, Band I-III. 2.Aufl., Quintessenz, Berlin, Band III: 1110-1120.

Strub J.R, et al Ursachen und Therapie der periimplantären Destruktion In: Strub J.R.(Hrsg) Prothetik,Bb3 Quintessenz Berlin 1994,1158-1160.

Sumida S., Ishihara K., Kishi M., Okuda K. (2002) Transmission of periodontal disease-associated bacteria from teeth to osseointegrated implant regions. Int J Maxillofac Implants 17 (5): 696-702.

Szmukler-Moncler, S., Piatelli, a., Favero, G.A. & Dabruille, J.-H. Considerations preliminary to the application of early and immediate loading protocols in dental implantology. Clinical Oral Implants Research 2000;11: 12-25.

Tarnow DP , Magner AW, Fletcher P. The effect of distance from the contact point to the crest of bone on the presence or absence of the interproximal dental papilla.J Perio 1992; 63:995-996.

Tarnow DP et al.“Considerations of single-unit esthetic implants ».Compend Contin Educ Dent 1995 Aug ; 16(8);778.

Tarnow DP, Cho SC, Wallace SS: The effect of inter-implant distance on the height of inter-implant bone crest. J Periodontol 2000; 71:546-549.

Tarnow DP, Elian N, Fletcher P, Froum S , Magner A, Cho SC , Salama M , Salama H , Garber DA.

Vertical distance from the crest of bone to the height of the interproximal papilla between adjacent implants. J Periodontol 2003 Dec; 74 ( 12 ): 1785-1788.

Thavalingham,M.(1983): Populations-Odontometrien an Backenzähnen weiblicher Mastschweine aus einer Mastprüfungsanstalt.Tierärztl.Hochsch. Hannover,Diss.vet.med.

Tschernitschek H., Scheller H., Günay H. (1995) Untersuchungen zur Dichtigkeit beim Branemark-Implantatsystem. Z Zahnärztl Implantol 11: 111-114.

von Recum A.F., van Kooten T.G. (1995) The influence of micro-topography on cellular response and the implications for silicone implants. J Biomater Sci Polym Edition 7 (2): 181-198.

van Winkelhoff A.J., Goené R.J., Benschop C., Folmer T. (2000) Early colonization of dental implants by putative periodontal pathogens in partially edentulous patients. Clin Oral Impl Res 11: 511-520.

Vela-Nebot X.,Rodri´guez-Ciurana X., Rodado-Alonso C.,Segala´-Torres M. Benefits of an implant platform modification technique to reduce crestal resorption. Implant Dent.2006;15:313-20.

Vigolo P, Givani A.: Platform-switched restorations on wide- diameter implants: a 5-year clinical prospective study. Int J Maxillofac Implants. 2009 Jan- Feb;24(1):103-9.

Wahl G., Schaal K.P. (1989) Mikroben in subgingivalen Implantatspalträumen. Z Zahnärztl Implantol V: 287-291.

Weaver, M.E.,F.M.Sorenson und E. B. Jump The miniature pig as an experimental animal in dental research. Arch. Oral Biol.,London 1962;7: 17-24.

- Weber, H.P., Buser, D., Donath, K. Comparison of healed tissues adjacent to submerged and nonsubmerged unloaded titanium dental implants. A histometric study in beagle dogs. *Clinical Oral Implants Research* 1996;7(1): 11-19
- Weng D, Richter EJ: Die Implantat- Abutment- Verbindung- vom mechanischen zum biologischen Aspekt des Mikrospalts. *Implantologie* 2005;13(2):125-130.
- Weng D, Nagata M, Melo L, Leite C, Bosco A, Richter E-J: Der Einfluss des Mikrospalt- Designs auf den peri-implantären Knochen. Wissenschaftliches Poster, Europerio, 19.-21 Juni 2003.
- Weng D, Nagata M, Melo L, Leite C, Bosco A, Richter E-J: Knochenreaktionen bei unterschiedlichen Mikrospalt- Designs einzeliger Implantate. Wissenschaftliches Poster, 13. Wissenschaftliche Kongress der EAO, 16.-18. September 2004.
- Wennstrom JL, Ekestubbe A, Grondahl K, Karlsson S, Lindhe J. Impl-supported single-tooth restorations : A 5 year prospective study. *J Clin Periodontol* 2005; 32 (6): 567-574.
- Wilke HJ, Caes L, Steinemann S. The influence of various titanium surface on the interface shear strength between implants and bone. In: Heimke G, Soltesz U, Lee AJC(eds.). *Advances in Biomaterials, Vol.9: Clinical Implant Materials*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers BV, 1990.
- Zebuhr Y., Zolling . Biomechanische Eigenschaften durchmesserreduzierter Implantataufbauten(BZB Okt.2007 ,56-57 ,Wissenschaft und Forschung).
- Zipprich H. Erfassung, Ursachen und Folgen von Mikrobewegungen am Implantat- Abutment-Interface. *Implantologie* 2007; 15 (1):31-46.

Datenquellen aus dem Internet (Stand Juli 2009): Minischweine:

- Verein IG-Minischwein Österreich
- [www.ign-nutztierhaltung.ch](http://www.ign-nutztierhaltung.ch)
- Der Minischwein-Ratgeber Schweinefreunde e.V.
- Tiere [www.sr-online.de/](http://www.sr-online.de/)
- [www.schweinefreunde.de/](http://www.schweinefreunde.de/) Die Internetseiten zur artgemäßen Schweinehaltung.
- [www.vu-wien.ac.at](http://www.vu-wien.ac.at)
- [www.minischweine.at](http://www.minischweine.at)
- Schweinefreunde-Forum » Schweine & Minischweine » Minischwein-Ratgeber
- [www.minischwein-abc.de/](http://www.minischwein-abc.de/)
- [www.amazon.de/Mini-Schweine-Roland-Rinderer/dp/3831107378](http://www.amazon.de/Mini-Schweine-Roland-Rinderer/dp/3831107378)
- [www.liranas-tierwelt.de](http://www.liranas-tierwelt.de)
- [www.tierheime.org/aktuelles/ratgeber/exoten/minischweine/](http://www.tierheime.org/aktuelles/ratgeber/exoten/minischweine/)
- Tierärztin Christiane Bukovsk
- [www.schweinestammtisch.de](http://www.schweinestammtisch.de).

Datenquellen aus dem Internet (Stand April 2009): PFS:

- [www.kgu.de/zmk/werkstoffkunde](http://www.kgu.de/zmk/werkstoffkunde)
- [www.friadent.de](http://www.friadent.de),
- [www.curasan.de](http://www.curasan.de)
- [www.palti.de/](http://www.palti.de/)
- [www.astratechdental.com](http://www.astratechdental.com)
- [www.citeulike.org](http://www.citeulike.org)
- [www.implantate.com/lexikon/platform\\_switching.html](http://www.implantate.com/lexikon/platform_switching.html)
- [www.dental-online-college.com/index](http://www.dental-online-college.com/index).
- [www.die-zahn-implantate . de](http://www.die-zahn-implantate.de)
- [www.lib.bioinfo.pl/pmid](http://www.lib.bioinfo.pl/pmid)
- [www.implantate.com/lexikon/platform\\_switching.html](http://www.implantate.com/lexikon/platform_switching.html)
- [www.biomet3i.com/](http://www.biomet3i.com/)
- [www.ris.bka.intra.gv.at/](http://www.ris.bka.intra.gv.at/)
- [www.straumann.com](http://www.straumann.com)

Tierschutzgesetz:

BUNDESGESETZBLATT

FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH

Jahrgang 2000 Ausgegeben am 30. Juni 2000 Teil II

198. Verordnung: Tierversuchs-Verordnung

[CELEX-Nr.: 386L0609]

198. Verordnung der Bundesministerin für Bildung, Wissenschaft und Kultur über die Haltung, Unterbringung und Pflege, Zucht- und Liefereinrichtungen sowie Kennzeichnung von Versuchstieren (Tierversuchs-Verordnung)

Auf Grund des § 13 und des § 15a des Tierversuchsgesetzes, BGBl. Nr. 501/1989, idF BGBl. I Nr. 169/1999 wird zur Umsetzung der Richtlinie 86/609/EWG, CELEX Nr. 386L0609, im Einvernehmen mit dem Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, der Bundesministerin für soziale Sicherheit und Generationen und dem Bundesminister für Wirtschaft und Arbeit verordnet:

Aus dem Institut für Tierschutz und Verhalten

(Heim-, Labortiere und Pferde)

der Tierärztlichen Hochschule Hannover und

dem Institut für Versuchstierkunde sowie Zentrallaboratorium

für Versuchstiere der Medizinischen Fakultät der RWTH Aachen

Der Hund als Tiermodell in der Parodontologie

am Beispiel der rekonstruktiven Parodontitistherapie

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades einer Doktorin der Veterinärmedizin (Dr. med. vet.)

durch die Tierärztliche Hochschule Hannover

Vorgelegt von

Judith Isabel Steible

aus Freiburg i. Brsg.

Hannover 2001

Mag. Barbara Weninger

Vice Treasurer EACA

Secretary ISP

Institute of Anatomy

MedicalUniversityGraz

Harrachgasse 21

8010 Graz

Informationen aus Astra Tech Implants-System

Informationen aus Straumann

Informationen aus Dentsply , Friadent

Informationen aus Ankylos , Friadent

Informationen aus Geistlich

Curriculum vitae:

### Persönliche Daten

Name: Alexandra Lammer  
Adresse: Ragnitzstrasse 119/EG/1 8047 Graz  
E-Mail: Alexandra.Lammer@gmx.at  
Matrikelnummer: 8710460  
Tel.: 0664/4077138  
Geburtsdatum: 25.04.1969  
Geburtsort: Schladming  
Staatsbürgerschaft: Österreich  
Familienstand: ledig  
Religion: röm.-kath.

### Schulbildung :

1975 -1979: Volksschule in Gröbming  
1979 -1983: AHS in Stainach  
1983 -1987: Oberstufengymnasium in Stainach  
1987 bis dato Student der Medizin und Zahnmedizin der MUG