

**Diplomarbeit**

**Prospektive Verlaufsmessung der Implantatstabilität  
bei implantatprothetischer Versorgung des  
zahnlosen Unterkiefers**

Vergleich Sofort - vs. Konventionelle Belastung

eingereicht von

**Philipp Eisinger**

Geb. 09.01.1984

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der Zahnheilkunde**

**(Dr. med. dent.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Universitätsklinik für Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde**

**Department für Zahnärztliche Chirurgie und Röntgenologie**

unter der Anleitung von

**Univ.-Prof. DDr. Norbert Jakse**

**Univ.-Ass.Dr. Angelika Wildburger**

Graz, 20.06.2012

## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwende habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 20.06.12

## **Danksagung**

Viele Personen haben entscheidend zum Entstehen dieser Arbeit beigetragen, an dieser Stelle möchte ich dafür meinen Dank aussprechen.

Meinen Eltern, durch deren Unterstützung mir das Zahnmedizinstudium überhaupt erst ermöglicht wurde.

Meiner Lebensgefährtin Kathrin und meinem Sohn Paul, die mir immer ein Rückhalt waren.

Univ.-Prof. DDr. Norbert Jakse für die Betreuung dieser Arbeit, sowie Univ.-Ass. Dr. Angelika Wildburger für die Betreuung wie auch die unermüdliche fachliche Unterstützung.

Die vorliegende Arbeit nutzt die Bezeichnung Behandler und Patient geschlechtsneutral, es sind immer BehandlerInnen sowie PatientInnen gleichermaßen gemeint.

# Inhalt

Zusammenfassung .....	7
Abstract .....	8
Glossar und Abkürzungen.....	9
1 Einleitung.....	10
1.1 Warum implantatverankerte Prothesen?.....	10
2 Ziel der Studie.....	13
3 Dentale Implantate .....	13
3.1 Definition .....	13
3.2 Geschichte der Dentalimplantate.....	13
3.3 Implantateinheilung.....	18
3.3.1 Ossäre Heilung .....	18
3.3.2 Weichgewebsheilung .....	20
3.4 Anforderungen an Implantate .....	20
3.4.1 Aufbau eines Dentalimplantats.....	21
3.5 Arten von Implantaten.....	22
3.5.1 Implantatoberflächen.....	23
3.6 Zeitpunkte für Implantation .....	30
3.7 Belastungszeitpunkt.....	31
3.8 Implantatsetzung .....	31
3.8.1 Schematischer Ablauf einer Implantation (Wagner, 1991).....	32
3.9 Implantatstabilität .....	33
3.9.1 Definition Implantatstabilität.....	33
3.9.2 Knochenqualität .....	34
3.9.3 Knochenquantität.....	35
3.10 Evaluierungsmethoden für Implantatstabilität.....	36
3.10.1 Drehmoment bei der Implantatsetzung.....	36
3.10.2 Ausdrehmoment .....	36
3.10.3 Cutting resistance analysis .....	36
3.10.4 Periotest® .....	37
3.10.5 Radiofrequenzanalyse / Ostell mentor® .....	38
3.11 Weitere Untersuchungsparameter .....	39
3.11.1 Radiologische Analyse .....	39
3.11.2 BOP.....	40
3.11.3 Sondierungstiefe .....	40

3.12	Erfolgskriterien für Implantate.....	41
3.13	Misserfolge.....	43
3.13.1	Planungsbedingte Misserfolge.....	43
3.13.2	Chirurgisch bedingte Misserfolge.....	45
4	Studie.....	46
4.1	Ziel der Studie.....	46
4.2	Material und Methoden.....	46
4.3	Patientenkollektiv.....	47
4.4	Insertion der Implantate.....	47
4.5	Implantatfreilegung.....	51
4.6	Einpolymerisation.....	53
4.7	Erhebung der Daten.....	56
5	Ergebnisse.....	57
	Diskussion.....	64
6	Literaturverzeichnis.....	70
7	Abbildungen.....	78
8	Tabellen.....	81
	Anhang.....	82
	Projektplan.....	83
	Lebenslauf.....	84

## Zusammenfassung

**Einleitung:** Es wurde ein alterszahnmedizinisches implantatprothetisches Versorgungskonzept mittels Locatoren® auf 4 interforaminären Implantaten geprüft und 2 Belastungskonzepte, Sofort vs. konventionelle Belastung, miteinander verglichen.

**Material und Methoden:** Im Rahmen dieser Studie wurden einem Patientenkollektiv (n=20) vier interforaminäre Neoss® Implantate mit Locatoren® als Suprastruktur inseriert, welche als Retention für eine totalprothetische Versorgung dienten. Die Implantate einer Testgruppe wurden sofort nach Implantation belastet, während die Implantate der Kontrollgruppe erst nach einer dreimonatigen Einheilphase (konv. Belastung) belastet wurden. Die Implantatstabilität wurde zum Insertionszeitpunkt, wie auch anschließend in regelmäßigen Abständen (3, 6, 12 Monate) mittels Periotest® und Osstell® ISQ evaluiert. Weiters wurden die Parameter Sondierungstiefe und BOP, sowie die Implantatüberlebensrate untersucht.

**Ergebnisse:** Im Beobachtungszeitraum von 12 Monaten kam es bei keiner der beiden Patientengruppen zu einem Implantatverlust. Sowohl bei sofort- wie konventionell belasteten Implantaten zeigte sich ein kontinuierliches Ansteigen der durch Osstell® und Periotest® ermittelten Festigkeit, wobei die Durchschnittswerte für Sofortbelastete Implantate zum OP Zeitpunkt bis zur 12 Monatskontrolle von Periotest® -5,53(SD 1,48)/ISQ 76,16(SD 4,16) auf Periotest -6,87(SD 1,01)/ ISQ 82,0(SD 3,22) stiegen. Konventionell belastet zeigt sich ein Anstieg vom Operationszeitpunkt bis zur 12 Monatsmessung Periotest von -3,98(SD 2,05) auf -6,94(SD 1,23) sowie ISQ 74,46(SD 4,42) auf 81,35(SD 3,38). Die sofortbelasteten Implantate zeigten ein zur konventionell belasteten Gruppe gleiches Einheilverhalten ohne messbare Nachteile. Die Nutzung von Locatoren® als Retentionselement für eine totalprothetische Versorgung war in beiden Gruppen ohne Komplikationen und erscheint zumindest für die gerostmatologische Versorgung empfehlenswert.

## Abstract

**Introduction:** For many years mucosa supported dentures have been established as standard therapy for edentulous mandibles. This cost effective treatment often does not offer the desired retention of the denture, due to anatomical conditions. To overcome this issue, implant supported dentures have been introduced. Because edentulous jaws can mostly be observed in older patients, an economic yet satisfying and fault redundant solution using prefabricated Locator® elements is tested. Furthermore immediate loading of those elements is compared to delayed loading in respect of Implant stability.

**Materials and methods:** During this study a group of Patients (n=20) has four Neoss® implants inserted in the interforaminal region of the mandibule. Those Implants are being loaded using Locator® retention elements. One group of patients has the implants immediately loaded, while the comparison group has the implants loaded after a healing phase of 3 months. The implant stability is evaluated at insertion and at 3, 6, 12 months, using Periotest®, Osstell® Mentor, BOP and probing depth.

**Results:** During this Study no implant failure occurred. Immediate and delayed loaded implants both show a continuous rise in implant stability from point of insertion to the 12 month checkup. The average values for immediate loaded implants at the time of insertion Periotest® -5,53(SD 1,48)/ISQ 76,16(SD 4,16) change to Periotest -6,87(SD 1,01)/ ISQ 82,0(SD 3,22) at the 12 month checkup. Delayed loaded implants show a change in Periotest® value from -3,98(SD 2,05) at insertion, to -6,94(SD 1,23) at the 12 month checkup. ISQ values changed from ISQ 74,46(SD 4,42) to 81,35(SD 3,38). The immediately loaded implants showed no clinical disadvantages compared to the delayed group. Use of the Locator® element itself as retentive element for dentures also showed no clinical disadvantages in the course of this study.

## Glossar und Abkürzungen

interforaminär	zwischen den Foramina mentalia befindlich
Neurotmesis	Kontinuitätsdurchtrennung eines Nerv
Neuropraxie	Schädigung eines Nervs durch Druck unter Erhalt der Kontinuität
Autogen	Genetisch gleiches Material
Allogen	Selbe Spezies jedoch genetisch nicht gleich
Xenogen	Verschiedene Spezies
Osteokonduktiv	Als Leitstruktur für Knochenneubildung dienend
Osteoinduktiv	Knochenneubildung fördernd
NIH	National Institute of Health, USA
CT	<b>Computer Tomographie</b>
DVT	<b>Digitale Volumen Tomographie</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Warum implantatverankerte Prothesen?

Die Regelversorgung zahnloser Kiefer ist die schleimhautgetragene Totalprothese. Im Oberkiefer kann durch die große Auflagefläche bedingt zumeist einen zufriedenstellenden Prothesenhalt erreicht werden. Der Prothesenhalt selbst kommt über die möglichst hohe Kongruenz der Flächen und den gebildeten kapillären Spalt zustande. Um eine möglichst gute Retention zu erreichen, ist ein möglichst hoher Restalveolarfortsatz wünschenswert. Je kleiner die vertikale Dimension des Prothesenlagers ist, umso weniger kann dieses horizontalen Kräften standhalten. Im Unterkiefer ist der Prothesenhalt ob des kleineren Prothesenlagers und der ansetzenden Muskulatur oftmals erschwert. Sowohl die Ansätze der Mundbodenmuskulatur wie auch die Bewegung der Zunge stellen hier anatomische Hürden für einen adäquaten konventionellen Prothesenhalt dar. Besonders bei fortgeschrittener Atrophie des Alveolarfortsatzes bedingen die genannten Strukturen oft eine nur sehr geringe vertikale Ausdehnung der Prothesenretentionsfläche. Ein für die Patienten funktionell zufriedenstellender Halt ist so oft nicht zu bewerkstelligen (Ecker et al, 2006).

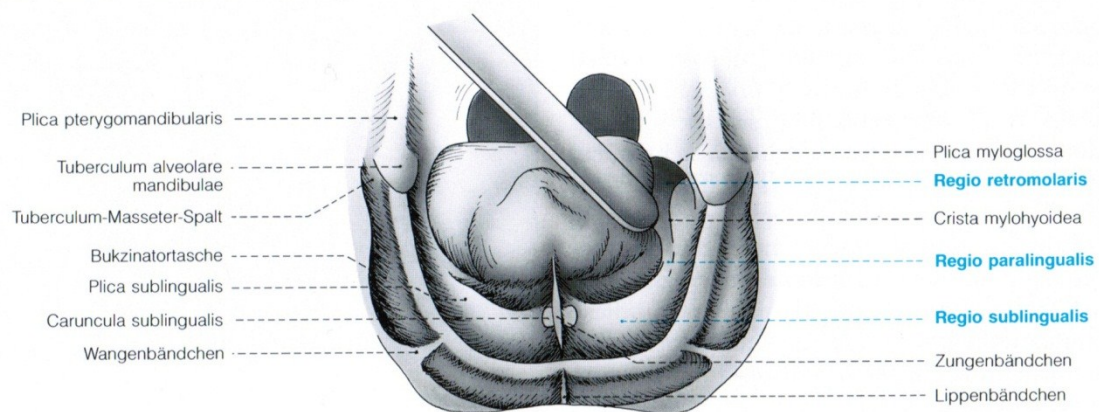
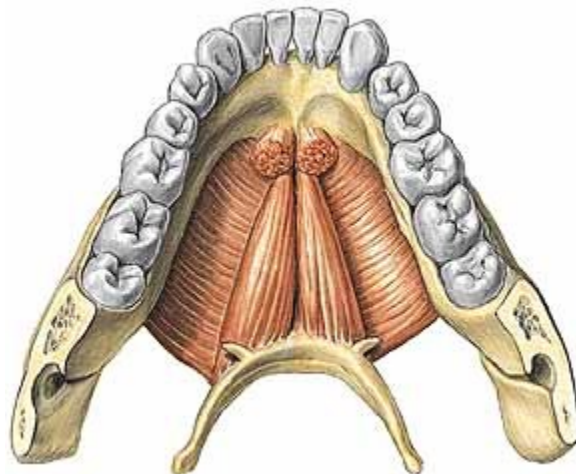


Abbildung 1: Prothesenlager im Unterkiefer

Negative Einflussfaktoren auf den Prothesenhalt (Kobes 1991):

- Atrophierter Alveolarfortsatz
- Starke Resilienzunterschiede
- Ausbildung horizontal verschieblicher Schleimhautbedeckung "Schlotterkamm",  
oder ähnlicher Neubildungen
- Kammnah ansetzende Bänder
- Xerostomie

Abbildung 2 zeigt die Ansätze des m.genioglossus, m.geniohyoideus und m.mylohyoideus am Corpus mandibulae.



**Abbildung 2: Mundbodenmuskulatur**

Um diesen Faktoren zu begegnen und dem Patient einen adäquaten Prothesenhalt zu ermöglichen, bietet sich die implantatgestützte Totalprothese an. (Bakke et al, 2006)

Durch die nicht mehr nur von anatomischen Gegebenheiten abhängige Retention können auch schwierige totalprothetische Fälle für Patient und Behandler zufriedenstellend versorgt werden.

Da vor allem ältere Patienten eine totalprothetische Versorgung benötigen, muss bei der implantologischen Versorgung wie auch bei der Wahl der Retentionselemente auf die spezifischen Bedürfnisse dieser Patientengruppe eingegangen werden. Diese sind insbesondere eine geringe Invasivität, unkomplizierte Behandlung, einfache

Handhabbarkeit des Systems um einer verringerten manuellen Geschicklichkeit zu begegnen, wie auch eine gute Hygienefähigkeit. Die Versorgung soll darüber hinaus in einem für einen Großteil der Patienten finanziell leist baren Rahmen sein.

Locator® getragene Totalprothesen stellen an der Universitätsklinik für Zahn-Mund-Kieferheilkunde in Graz nicht die Standardversorgung beim zahnlosen Kiefer dar. Standard ist die steggetragene Versorgung. Die Retentionsfläche zwischen Matrize und Patrize ist im Falle einer Locatorgetragenen Versorgung signifikant geringer, als dies bei Stegkonstruktionen, insbesondere individuell gefrästen Stegen, der Fall ist.

Einzelne Retentionselemente wie Locatoren® stellen eine preislich günstigere Möglichkeit der Versorgung verglichen mit Stegkonstruktionen dar, da auf konfektionierte Elemente zurückgegriffen werden kann. Stegkonstruktionen stellen ebenfalls einen höheren Anspruch an die Hygienefähigkeit (Cordaro 2012), wie auch an die manuellen Fähigkeiten des Patienten. Naert untersuchte 207 Patienten die teilweise mit einer Dolderstegkonstruktion und teilweise mit einzelnen Retentionselementen versorgt waren. Die stegversorgten Patienten brauchten in dieser Untersuchung weniger korrigierende Maßnahmen an Retentionselement und Prothese als es bei der Vergleichsgruppe der Fall war (Naert 1997), die bedeutet die Nachsorge erscheint bei Stegen einfacher.

Ein Nachteil der einfachen Retentionselemente stellt die ungünstigere Lastdistribution dar, da die Implantate nur indirekt über die eingesetzte Prothese miteinander verbunden sind. Studien hierzu zeigen, dass die stärkeren Belastungen vor allem bei extraaxialen Belastungen messbar sind, jedoch sind die Unterschiede zwischen den Systemen nicht signifikant (Duyck 1999). Ein anderer zu berücksichtigender Faktor stellt die im distalen Bereich geringere Stabilität und höhere Beweglichkeit dar. Bedingt ist dies durch die geringere Fassung, besonders im Vergleich mit gefrästen Konstruktionen (Ketabi et al. 2009).

Konventionell werden Implantate erst nach einer Einheilphase belastet, nachdem die Osseointegration dieser weitgehend vollzogen ist und so eine adäquate Sekundärstabilität

erreicht wurde. Um die Anzahl der notwendigen Eingriffe zu reduzieren und auch um eine kürzere Behandlungsdauer zu ermöglichen, besteht die Möglichkeit der Sofortbelastung von Dentalimplantaten. Hierbei wird eine ausreichende Primärstabilität vorausgesetzt. Eine von Bogaerde durchgeführte Studie mit 69 gesetzten Implantaten, kam zu dem Schluss, dass die Sofortbelastung der konventionellen Belastung ebenbürtig ist. (Bogaerde et al 2010)

## **2 Ziel der Studie**

Im Rahmen dieser prospektiven Studie soll die Implantatstabilität von vier interforaminär inserierten Implantaten nach Versorgung mittels einer Locator® getragenen Totalprothese im Unterkiefer untersucht werden. Zwei Belastungskonzepte, Sofortbelastung gegen konventionelle Belastung nach drei Monaten, werden miteinander verglichen. Zur Kontrolle der Implantatstabilität werden Periotest® und Osstell® genutzt.

## **3 Dentale Implantate**

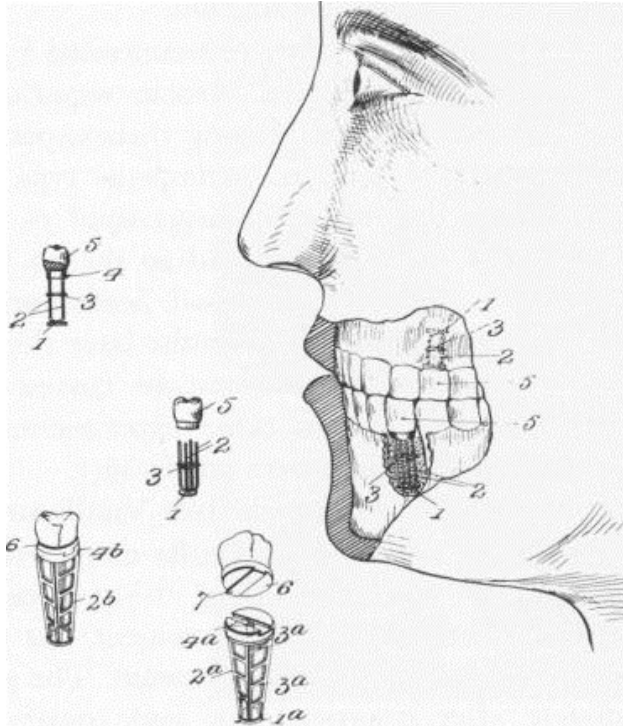
### **3.1 Definition**

Implantologie in der Zahnmedizin bezeichnet das Einbringen von alloplastischem Ersatzmaterial in den Kiefer zur Verankerung und Abstützung prothetischer Versorgungen (Spiekermann 1995).

Die Wiederherstellung und der Erhalt der Kaufunktion ist das Ziel jeder implantatprothetischen Planung (Koeck 1996)

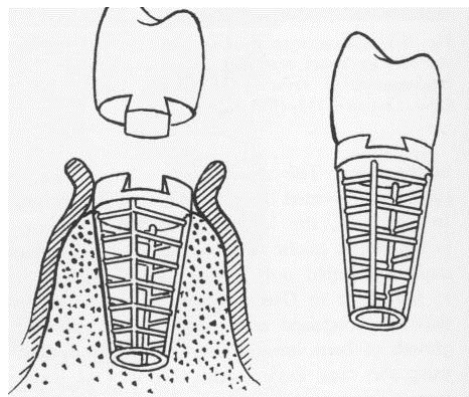
### **3.2 Geschichte der Dentalimplantate**

Der US-Amerikaner Edwin Greenfield patentierte 1901 ein Verfahren zur künstlichen Verankerung von Zähnen im Kiefer, welches auf in den Knochen inserierten Strukturen beruhte, die durchwachsen werden konnten.



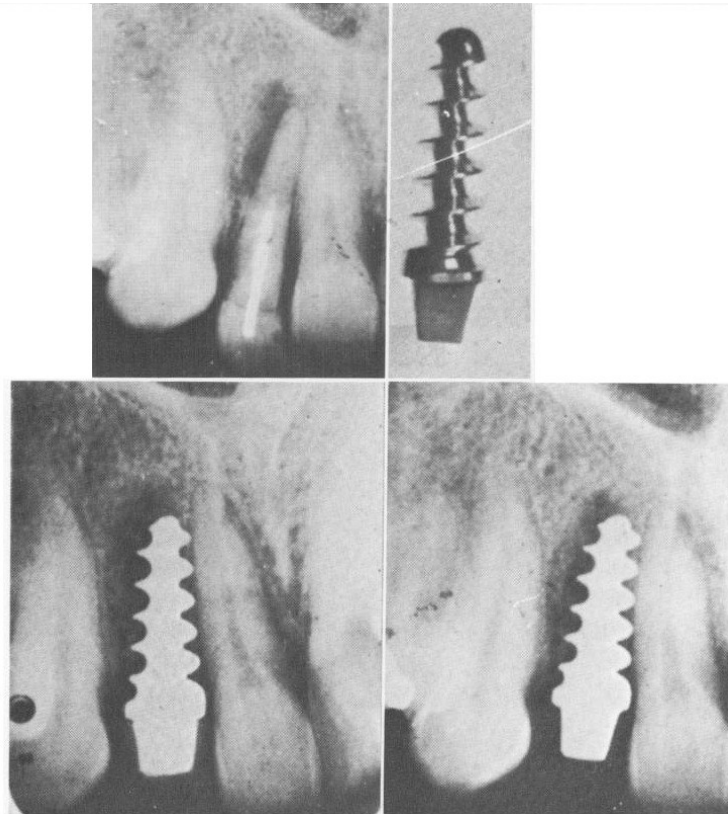
**Abbildung 3: Patentzeichnung von Greenfield**

Greenfield inserierte daraufhin 1913 erstmals ein Platin-Iridium-Implantat, das korbformig war. (Linkow 2011)



**Abbildung 4: Korbimplantat nach Greenfield**

Im Jahr 1939 stellten die Gebrüder Strock erstmals ein Zahnimplantat vor, das eine wegweisende Gewindeform hatte und aus einer Metalllegierung „Vitallium“ (= Chrom-Kobalt-Molybdän) bestand. (Strock, 1939)



**Abbildung 5: Implantat von Strock**

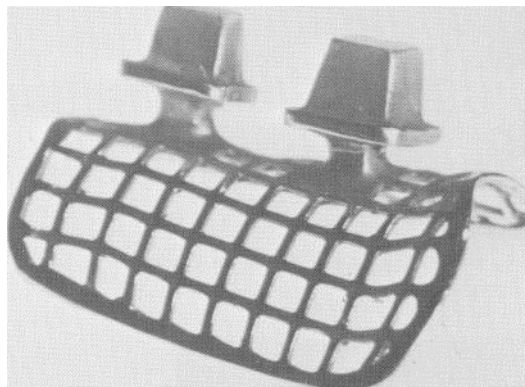
Mitte der 60er Jahre des vergangenen Jahrhunderts wurde von Branemark erstmals der Begriff der Osseointegration genutzt (Branemark et al, 1985), dem gegenüber wurde von Schröder der Begriff „funktionelle Ankylose“ geprägt (Schröder, 1979). Die von Schröder propagierte „funktionelle Ankylose“ sah die andauernde Belastung des Knochens durch das Implantat als Grundlage der Implantation.

In der Folgezeit wurde besonders von Linkow der Typ des Blattimplantates weiterentwickelt, bei dem in den Knochen eine Rille gefräst wird, in die dann das Implantat inseriert wird. Der Schonung des Knochens wurde bei dieser Methode noch wenig Rechnung getragen, da es vor allem durch thermische Einflüsse bei der Fräsung des Implantatbettes mittels Turbine zur Schädigung des Knochens kam (Grafelmann 1970).



**Abbildung 6: Blattimplantat für Oberkiefer**

Dahl führte später subperiostale Implantate ein, die für Fälle indiziert waren, in denen ein ausreichendes Knochenangebot nicht gegeben war. Der große Aufwand der bei der Verwendung subperiostaler Implantate notwendig war, wie auch die hohe Komplikationsrate, schränkte diese Implantatform während ihrer ganzen Anwendungszeit auf einen kleinen Anwenderkreis ein (Kanitz, 1982).



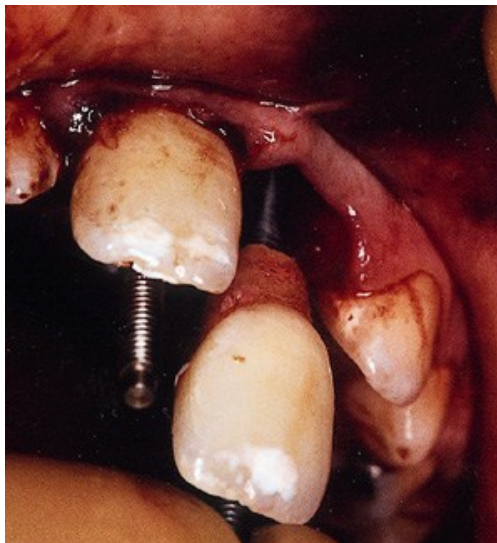
**Abbildung 7: Subperiostales Implantat**

Neben der notwendigen großflächigen Knochenfreilegung und Abdrucknahme direkt auf dem Knochen war auch der technische Aufwand der präzisen Herstellung sehr hoch. Der Zahntechniker musste ein absolut knochenkongruentes Gerüst fertigen, auf Basis eines Abdruckes der selbst schon ein genauestes technisches Vorgehen erforderte.



**Abbildung 8: OPG eines Subperiostalen Implantates**

Die ersten Implantate in Zylinder oder Konusform, die anatomisch die Zahnwurzel nachahmten, wurden als Schraubenimplantate von Chercheve (1962) und Tramonte (1965) oder Nadelimplantate von Pruin und Kirschner („Kirschner Stift“ 1978) ausgeführt. Der Kirschner Stift wurde zur transdentale Fixation natürlicher Zähne genutzt, um diese zu stabilisieren.



**Abbildung 9: Transdentale Fixation frakturierter Zähne**

Einen Meilenstein stellte das 1977 von Schulte eingeführte Sofortimplantat dar (Schulte, 1976). Dieses war erstmals zumindest theoretisch in der Lage, durch Sofortimplantation in die Extraktionsalveole, einem Knochenabbau entgegenzuwirken. Auch die für die Insertion angewandte knochenkongruente Fräsung nahm bereits einen wichtigen Aspekt moderner Implantate vorweg. Die Nachteile des Systems bestanden in Schwächen im Implantatdesign und Material ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), weshalb es oft zu Frakturen kam.



**Abbildung 10: Tübinger Sofortimplantat**

Die in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts beschleunigte Entwicklung in der Implantatprothetik führte schließlich 1982 zur Anerkennung der Implantattherapie durch die DGZMK, die 1988 mit der Aufnahme in die Gebührenordnung für Zahnärzte auch wirtschaftlich anerkannt wurde.

### **3.3 Implantateinheilung**

#### **3.3.1 Ossäre Heilung**

1966 beschrieb Brånemark erstmals die Osseointegration von Fremdkörpern im Knochen und begründete damit die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit dieser Thematik. Die Einheilung des Implantates in Knochen setzt eine angemessene Primärstabilität des Implantates voraus, damit die nachfolgend beschriebene Osseointegration ablaufen kann. Ist eine solche Primärstabilität nicht gegeben, findet keine Osseointegration statt, sondern eine bindegewebige Umscheidung. Hier setzt auch die vorliegende Studie an, da untersucht wird, inwiefern funktionelle Belastung ab Insertion die Osseointegration beeinflusst.

Steinemann (1986) stellte zwei Theorien bezüglich der Integration des Implantates im Knochen auf:

Unterschieden werden die Kontakt-Osteogenese, bei der die Ossifikation von der an das Implantat grenzenden Schicht ausgeht, das Implantat also als Ursprung der Osseointegration fungiert, und die Distanz-Osteogenese. Hierbei stellt die Grenzfläche

der gebildeten Kollagenmatrix mit dem umgebenden Knochen den Ausgangspunkt der Ossifikation dar. Laut Davies (Davies et al 2003) laufen diese beiden Prozesse jedoch weitgehend parallel ab, so dass eine reine Kontakt- oder Distanz-Osteogenese unter realen Bedingungen nicht vorkommt. Die konkrete Osseointegration teilte Davies in drei Phasen ein:

Während der **ersten Phase** lagert sich auf der von Blut benetzten Implantatoberfläche ein Netzwerk aus Fibrin an, welches den Ausgangspunkt der Osseointegration darstellt. Konditionierte Implantatoberflächen, mit einer mittleren Rauigkeit bieten diesem Prozess einen idealen Ausgangspunkt. In dem das Implantat umgebenden Knochen kommt es infolge des mechanisch bedingten Traumas zu einer Nekrose.

In der **zweiten Phase** der Integration migrieren osteogene Zellen aus dem umgebenden Knochen in das Fibrinnetzwerk und beginnen mit der Sezernierung einer osteokonduktiven Kollagenmatrix.

Ausgehend von der Kollagenmatrix beginnt die Ossifikation an der Grenzfläche der Matrix. **Im letzten Schritt** kommt es zu einem Remodeling, das sein Maximum vier bis fünf Monate nach Implantasetzung erreicht (Schulze-Mosgau et al. 2000) und schlussendlich zur Osseointegration des Implantats und zu dessen endgültiger Belastbarkeit führt (Davies et al. 2003).

### 3.3.2 Weichgewebsheilung

Ähnlich der ossären Heilung kann auch die Weichgewebsheilung grob in drei Phasen eingeteilt werden:

- entzündliche Phase
- proliferative Phase
- Phase des Remodeling

Im Zuge der entzündlichen Phase kommt es zur Migration von Zellen der Abwehr in den Wundbereich, im speziellen Leukozyten und Makrophagen. Neben der Beseitigung geschädigter Zellen kommt es zur Ausschüttung von Wachstumsfaktoren durch diese.

Durch Chemotaxis aktivierte Fibroblasten beginnen mit der Reparatur der Kontinuitätsunterbrechung der Epithelschicht sowie der Wiederherstellung der Gefäßversorgung des Wundbereichs.

Im weiteren Verlauf beginnt die Phase des Remodellings, es kommt dabei zum Absterben der Fibroblasten und periimplantär zur Ausbildung von Narbengewebe (Schulze-Mosgau et al, 2000).

### 3.4 Anforderungen an Implantate

(Koeck, 1996)

- Funktionsbezogen  
Der zu ersetzende Zahn soll in seiner Funktion ersetzt werden, bzw. die Verankerung der prothetischen Versorgung funktionell erfolgen
- Haltbarkeit  
Die Überlebensdauer des Implantates soll sich an den umliegenden Geweben orientieren
- Verträglichkeit  
Das Implantat soll das mit dem Implantat in Kontakt stehende Gewebe nicht schädigen

- Revidierbarkeit

Die Entfernung des Implantates soll ohne übermäßige Schädigung von Gewebe und ohne eine weitergehende Versorgung zu stören möglich sein

- Schonung und Erhalt von Nachbarstrukturen

### 3.4.1 Aufbau eines Dentalimplantats

Implantate bestehen im Wesentlichen aus dem Implantatkörper, der in den Knochen eingebracht wird, und dem Abutment, die die Verbindung des Implantatkörpers mit dem Zahnersatz darstellt und gemeinsam mit diesem die Suprastruktur darstellt.

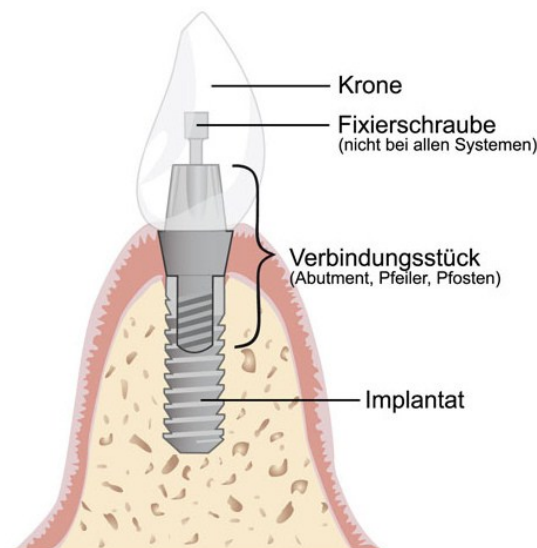


Abbildung 11: Implantat

Die heute eingesetzten Zahnimplantate gleich welcher Form oder welchen Materials übernehmen die Aufgaben der Zahnwurzeln, wenn diese dazu nicht mehr in der Lage oder nicht mehr vorhanden sind.

Zahnimplantate sollen zugleich stabil und möglichst klein sein, da der Platz im Kieferbereich häufig stark eingeschränkt ist und bei einem wenn auch selten vorkommenden Verlust des Implantats möglichst wenig Schaden am Kieferknochen entstehen soll. Zusätzlich darf das Implantat keine Abwehrreaktion des Körpers auslösen.

Aufgrund dieser Anforderungen kommen nur wenige Materialien für Implantate in Frage. Sichere und geprüfte Implantate erkennt man an der so genannten CE - oder FDA-Zulassung, mit der die Gesundheitsbehörden der EU bzw. der USA sichere Medizinprodukte kennzeichnen.

### 3.5 Arten von Implantaten

Heutzutage gibt es verschiedene Arten von Zahnimplantaten, die sich nicht nur in ihrer Form, sondern auch hinsichtlich ihres Materials unterscheiden. Die am häufigsten eingesetzten Implantate sind zylindrisch/konische Schrauben mit rauer Oberflächenstruktur und bestehen aus Titan oder Keramik. Im Zuge dieser Arbeit liegt der Fokus auf schraubenförmigen Implantaten aus Titan. Tabelle 1 zeigt Unterscheidungskriterien von Implantaten.

<b>Kriterium</b>	<b>Variante</b>
<b>Deckung</b>	-offen -geschlossen
<b>Lage</b>	-intramukös -subperiostal -enossal
<b>Material</b>	-metallisch -keramisch -Hybridformen
<b>Form</b>	-Zylinder -Konus -Extension
<b>Belastungsmodus</b>	-einphasig -zweiphasig

Tabelle 1: Einteilungskriterien von Implantaten

### 3.5.1 Implantatoberflächen

Titanimplantate stellen grundsätzlich einen vom umgebenden Gewebe tolerierten Fremdkörper dar, der aufgrund seiner durch eine Oxidschicht vor weiterer Korrosion geschützten Oberfläche keine Fremdkörperreaktion des Körpers provoziert. Das Implantat verhält sich bioinert. Die Oxidschicht stellt jedoch durch ihre chemisch-physikalischen Eigenschaften eine gute Anlagerungsfläche für Fremdmoleküle dar (Schmidt, 1992).

Um die Osseointegration des Implantates zu verbessern, nutzen Hersteller unterschiedliche Methoden um einerseits die Implantatoberfläche gegenüber dem Knochen zu vergrößern, andererseits um die Reaktivität der Oberfläche zu verbessern.

Implantate werden je nach Beschaffenheit ihrer Oberfläche in verschiedene Rauigkeitsklassen eingeteilt (Wennerberg et al, 2009).

- |               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| 1. glatt      | $S_a < 0,5 \mu\text{m}$     |
| 2. leicht Rau | $S_a = 0,5 - 1 \mu\text{m}$ |
| 3. mäßig Rau  | $S_a = 1 - 2 \mu\text{m}$   |
| 4. rau        | $S_a > 2 \mu\text{m}$       |

Diese unterschiedliche Rauigkeit hat einen direkten Einfluss auf die Zellanlagerung. Mäßig raue Oberflächen können nach dem derzeitigen Wissenstand als Ideal angesehen werden (Shalabi et al, 2006). Zur Modifikation der nach der maschinellen Herstellung prozessbedingt glatten Oberfläche werden sowohl subtraktive wie auch additive Verfahren genutzt. Subtraktiv werden Sandstrahlverfahren und chemische Verfahren eingesetzt, additiv kann eine Titan- oder Hydroxylapatit Beschichtung aufgetragen werden.

Subtraktive Verfahren, und insbesondere deren Kombinationen wie Sandstrahlen mit anschließender thermischer Säurebehandlung, zeigen im klinischen Gebrauch die besten Ergebnisse (Langhoff et al, 2008). In Abbildung 12 sind elektronenmikroskopische Aufnahmen verschiedener Implantatoberflächen sichtbar, die durch Bearbeitung der Oberfläche erzeugt werden können.

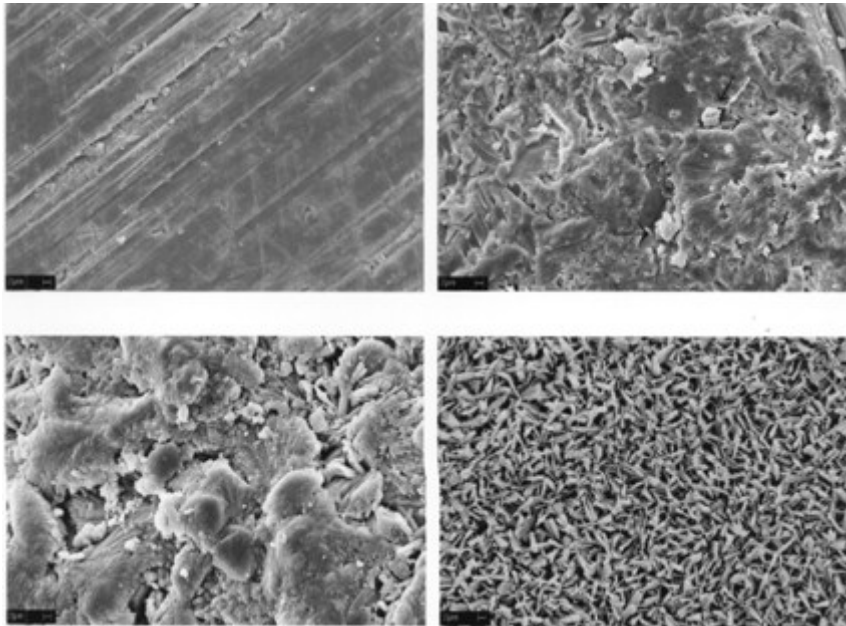


Abbildung 12: Implantatoberflächen: Oben rechts nur maschinell bearbeitet, Oben links  $\text{Al}_2\text{O}_3$  gestrahlt, Unten rechts Plasma gestrahlt mit Titan, Unten Links elektrolytisch mit Hydroxylapatit beschichtet

### 3.5.1.1 Abutmentarten

#### 3.5.1.1.1 Massivkörper

Massivkörper können in variablen Winkeln vorliegen. Sie werden mit dem Implantat verschraubt. Auf ihnen werden dann Versorgungen durch Zementierung, Klebung oder Verschraubung befestigt. Diese Verbindungsart wird für Kronen und Brückenversorgungen eingesetzt.



Abbildung 13: Massivkörper

#### 3.5.1.1.2 Stegverbindungen

Besonders Stegkonstruktionen kommt in der Retention von Totalprothesen eine hohe Bedeutung zu.

Von der einfachst möglichen Stegversorgung beginnend, einem einfachen Steggelenk ohne Extensionen welches von nur zwei Implantaten getragen in der Front zur Retention eingesetzt werden, kommen auch aufwändigere Konstruktionen wie Dolderstege oder individuell gefräste Stege zum Einsatz. Gerade bei einfachen Stegkonstruktionen ist eine genaue Planung unabdingbar, die die Belastungen in den verschiedenen Achsen berücksichtigt, um eine Überlastung der Implantate zu verhindern. Horizontal muss die Achse parallel zur idealen Kauebene liegen, um eine Überlastung eines einzelnen Implantats zu verhindern, während in der vertikalen Kauebene eine Ausrichtung an der halben Winkelhalbierenden nötig ist, um eine Überlastung der Schleimhaut zu verhindern (Becker et al 2000)

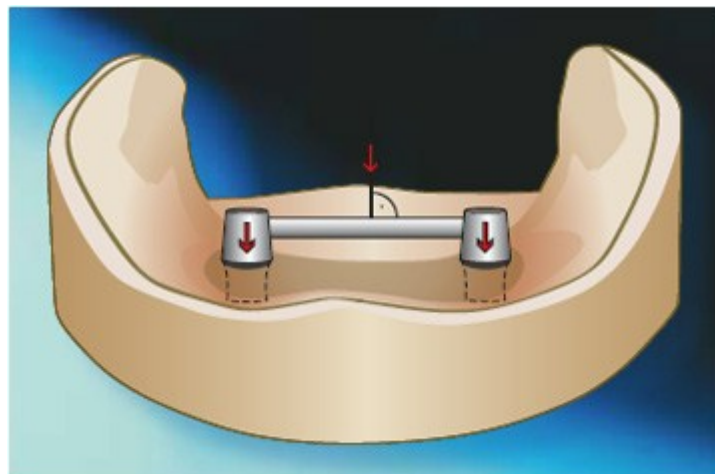


Abbildung 14: Horizontale Achse

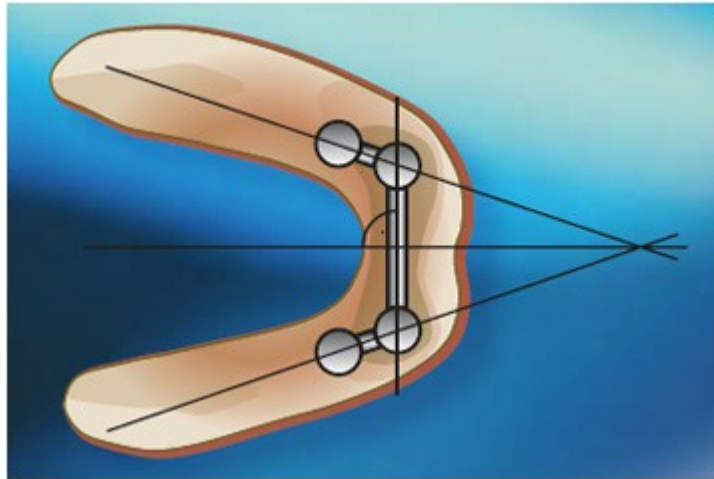


Abbildung 15: Ausrichtung in der Vertikalen

Individuell gefräste bzw. gegossene Stege bieten das höchste Retentionspotential von Stegkonstruktionen. Durch die starke körperliche Fassung zwischen Steg und Prothese wird hier die Belastung der Implantate minimiert, diese Methode stellt eine preislich anspruchsvolle Variante dar.



Abbildung 16: Individuell gefräster Steg

### 3.5.1.1.3 Teleskope

Teleskope stellen ein einzelnes Retentionselement dar, bei dem die Retention auf der körperlichen Fassung zwischen Matrize und Patrize beruht. Eine äußerst präzise Fertigung der beiden Elemente ist unabdingbar, nachträglich kann die Retention nicht durch Austausch von Retentionseinsätzen variiert werden. Teleskope zeigen die gleichen Nachteile wie alle einzelnen Retentionselemente, die einerseits eine bessere Hygienefähigkeit, aber andererseits die fehlende Verbindung der Implantate untereinander

sind, wodurch eine Lastdistribution nur über die Prothese erfolgen kann. (Bochdam et al, 2008)



Abbildung 17: Implantat getragene Teleskope

#### 3.5.1.1.4 Kugelkopfanker

Kugelkopfanker stellen ein preisgünstiges retentives Element dar, das zur Befestigung von Voll- und Teilprothesen genutzt wird. Dabei besteht nur ein geringer Widerstand gegenüber lateralen Kräften. Durch die filigranere Bauart bedingt kann es bei diesem Abutmenttyp leichter zu Frakturen (des Abutments) kommen (Cune et al 2004)



Abbildung 18: Kugelkopfanker

#### 3.5.1.1.5 Locatoren®

Locatoren® haben eine ähnlich Funktion wie Kugelkopfanker und werden wie diese zum Befestigen von Prothesen verwendet. Die Retention des Locator® Elements kann wie bei Kugelkopfverankerung auch nachträglich durch Austausch des Retentionselements in der

Matrize beeinflusst werden. Locatoren® können bereits mit geringer Höhe eingebracht werden. Durch ihre kompakte Form bedingt, haben Locatoren® eine hohe Funktionsdauer und eine geringere Ausfallrate als andere Retentionselemente. Das Locatordesign verringert durch flexible Retentionseinsätze in der Matrize die Abnutzung durch Fehlpositionierungen beim Einsetzen der Prothese.



**Abbildung 19: Locator**

Die Retention der Locatoren® weist gegenüber dem in Funktion vergleichbaren Kugelkopfanter einen Vorteil auf. Durch die Form des Locatorkopfes kommt es zu einer Friktion sowohl an der Außenseite wie auch an den Innenseiten des hohlen Locatorabutments. Durch den kompakteren Aufbau bedingt ist das Frakturrisiko geringer. (Kleis et al, 2009)



**Abbildung 20: Retentionsprinzip Locator® Abutment**

### 3.5.1.1.6 Magnetverbindungen

Eine seltenere angewandte Verbindung des Implantats zur Versorgung stellt die Magnetverbindung dar, die allerdings kaum noch Verwendung findet (Naert 1999).

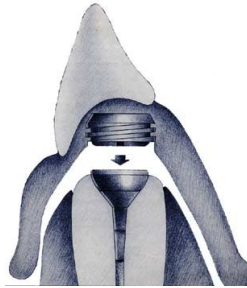


Abbildung 21: Magnetverbindung

### 3.6 Zeitpunkte für Implantation

Bei der Implantation können drei mögliche Zeitpunkte für die Implantation unterschieden werden (Jakse, 2005). Die Unterschiede beziehen sich auf den Zeitabstand zwischen Verlust des Zahnes und Einbringen des Implantates an dessen ursprüngliche Position.

Man unterscheidet:

- Sofortimplantation: Das Implantat wird unmittelbar nach Verlust eines Zahnes in dessen Alveole eingebracht, nachdem diese für die Implantation aufbereitet wurde. Dieser Implantationsmodus wird in Bezug auf Atrophie der Gewebe oft als präferabel angesehen.
- Verzögerte Sofortimplantation: Erst ca. 6-8 Wochen nach Extraktion eines Zahnes wird an dessen Stelle implantiert, das Weichgewebe hat zu diesem Zeitpunkt bereits einen Heilungsprozess durchlaufen, der Knochen ist jedoch noch nicht ausgeheilt.
- Frühimplantation: Bis zu 6 Monate nach Extraktion eines Zahnes handelt es sich um eine Frühimplantation, der Alveolarknochen ist noch nicht zur Gänze ausgeheilt
- Spätimplantation: Ab 6 Monaten nach Verlust eines Zahnes wird nach vollständigem Ausheilen des Knochens und der Weichgewebe die Implantation durchgeführt. Nachteilig wirkt sich die oft bereits erfolgte Atrophie von funktionell nicht belastetem Knochen aus.

### **3.7 Belastungszeitpunkt**

In der klassischen Implantatversorgung wird das gesetzte Implantat erst nach einer Einheilperiode von mindestens 90 Tagen belastet, nachdem die Osseointegration zumindest in weiten Teilen vollzogen ist. Von Sofortbelastung spricht man, wenn das Implantat innerhalb einer Woche nach Insertion funktionell belastet wird. Frühbelastung schließt den Zeitraum von einer Woche bis zu zwei Monate post implantationem ein. Von Spät- bzw. Konventioneller Belastung spricht man ab drei Monaten post implantationem (Esposito et al 2007).

Die Stabilität eines Implantats muss in Primär und Sekundärstabilität unterschieden werden. Primärstabilität bezeichnet die Festigkeit des Implantats die durch die mechanische Friktion nach Insertion in ausreichend festen Knochen zustande kommt. Eine entsprechende Primärstabilität ist Grundvoraussetzung um ein Implantat sofort belasten zu können. Eine zusätzlich notwendige Therapie in Form einer Knochenaugmentation oder Weichgewebsplastik bedingt zumeist ein vorheriges Abheilen, vor Belastung der Implantate. (Wagner, 1991) Sekundärstabilität wird erst nach einer Einheilphase erreicht, bei der das Implantat durch Osseointegration an Stabilität gewinnt.

### **3.8 Implantatsetzung**

Die klassische Methode der Implantatsetzung geht von einem ausreichend großen Knochenangebot aus, das das gesetzte Implantat nach Insertion allseitig ausreichend knöchern umgibt. Abweichend hiervon gibt es Implantationssituationen, bei denen eine Augmentation des Knochens vor Implantation erforderlich ist, beispielsweise durch GBR, Sinus-Lift in der Maxilla oder Knochenspreizung bei horizontaler Kieferkammatrophy (Nentwig 1996).

### **3.8.1 Schematischer Ablauf einer Implantation (Wagner, 1991)**

#### **Freilegung des Knochens**

Abhängig von der Implantatposition und der Anzahl der zu setzenden Implantate werden unterschiedliche Schnittführungen gewählt. Standardmäßig erfolgt die Präparation eines Mukoperiostlappens im zahnlosen Kiefer durch einen kreisförmigen Schnitt. Je nach Ausdehnung des Implantationsgebiets können vertikale Entlastungen erfolgen. Nach der Schnittführung erfolgt die Abpräparation des Mukoperiostlappens streng subperiostal mit dem Freer. Empfindliche Strukturen wie der Nervenast werden, falls diese im Implantationsgebiet liegen, vorsichtig dargestellt. Alternativ kann in speziellen Situationen auch eine transgingivale Implantatsetzung ohne operative Eröffnung erfolgen. Bei dieser wird mittels einer Stanze die Mukosa über der Implantationstelle entfernt und dann das Implantat transgingival eingebracht.

#### **Vorbereiten des Alveolarkamms**

Bei spitz zulaufenden Knochenkanten kann eine Glättung des Alveolarkamms zur Schaffung einer breiteren Alveolarkammbasis vor der Implantation sinnvoll sein.

#### **Markierungsbohrung**

Mittels eines Rosenbohrers und unter Zuhilfenahme einer Bohrschablone wird die Position des Implantates auf dem Alveolarkamm markiert, einerseits um die Position zu bestimmen, andererseits um den folgenden Schritten ein Verrutschen der Bohrausätze zu verhindern.

#### **Pilotbohrung**

Ein dünner Pilotbohrer (ca. 2mm) gibt die Tiefe der Implantatbohrung wie auch deren Richtung vor, weshalb diesem Schritt besondere Bedeutung zukommt.

#### **Erweiterungsbohrung/Normaufbereitung**

Durch den Einsatz sog. Spiralbohrer zunehmender Größe wird das Implantatlager auf seine finale Tiefe und Richtung erweitert.

### **Formaufbereitung**

Die Bohrung des Implantatlagers wird mittels Normfräsen auf die Maße des einzubringenden Implantates erweitert. In dichtem Knochen kann es notwendig sein, ein Gewinde in den Knochen zu schneiden um ein gewebeschonendes Einbringen des Implantates zu ermöglichen.

### **Implantation**

Durch optimale Passung des Implantates kommt es zu einer größtmöglichen Primärstabilität, selbstschneidende Implantate führen eine endgültige Formaufbereitung selbsttätig durch.

### **Verschluss**

Zur Verhinderung des Einwachsens von Gewebe in die Implantatinnenstruktur wird dieses mittels einer Verschlusschraube oder bei Sofortbelastung mittels der gewünschten Suprastruktur verschlossen.

## **3.9 Implantatstabilität**

### **3.9.1 Definition Implantatstabilität**

Implantatstabilität ist indirekt als Maß der Knochenqualität und Osseointegration anzusehen. Die Primärstabilität ergibt sich aus dem direkten Kontakt des Implantates mit dem Knochenlager, bereits initial nach Implantatsetzung. Die Sekundärstabilität entsteht zunehmend durch Osseointegration des Implantats im Knochenlager.

Einflussfaktoren für Primärstabilität sind Knochenqualität wie Quantität, die chirurgischen Fähigkeiten des Behandlers, sowie die Abmessungen und Oberflächengestaltung des Implantats. Die sekundäre Implantatstabilität ist wiederum abhängig von der Primärstabilität, der Knochenqualität, dem erfolgten Knochenumbau und der Oberflächenbehandlung des Implantates.

### 3.9.2 Knochenqualität

Die Knochenqualität an der Insertionsposition des Implantates hat einen direkten Einfluss auf dessen Stabilität und Prognose. Lekholm und Zarb wie auch Misch (1990), teilten zu diesem Zweck Knochen in vier Klassen ein. Entscheidend für die Einteilung sind das Verhältnis von Spongiosa zu Kompakta, sowie der Aufbau der Spongiosa. Knochen mit einem ausgewogenen Verhältnis von Kompakta zu Spongiosa (Knochenklassen D2 und D3) wird als idealer Knochen für die Implantatversorgung angesehen. Die verschiedenen Knochenklassen liegen meist an unterschiedlichen Stellen im Kiefer vor.



Abbildung 22: Knochenklassen von D1 bis D4

Knochenklasse nach Misch	Aufbau	Häufigste Lokalisation
<b>Klasse D1</b>	Dichte Kompakta, wenig bis keine Spongiosa	Interforaminär am atrophierten Unterkiefer
<b>Klasse D2</b>	Dichte Kompakta, dichte Spongiosa	Unterkiefer sowie Oberkieferfront
<b>Klasse D3</b>	Lockere Spongiosa, dichte Kompakta	Ober- und Unterkiefer Seitenzahnbereich, Oberkieferfront
<b>Klasse D4</b>	Lockere Spongiosa, kaum Kompakta	Oberkiefer Tuberregion

Tabelle 2: Knochenklassen nach Misch

Die Knochenqualität muss bei der Wahl der Implantatlänge und des Durchmessers berücksichtigt werden. Dichter Knochen erzeugt zwar eine hohe Stabilität, ist aber aufgrund seiner Festigkeit empfindlicher bei der Aufbereitung, während lockerer Knochen leicht aufzubereiten ist, aber weniger Festigkeit bietet und deshalb möglichst große Implantate bedingt. Die Durchblutung des Knochens ist bei großem Spongiosaanteil in der Regel höher, wodurch die Osseointegration begünstigt wird.

### 3.9.3 Knochenquantität

Um einen langfristigen Erfolg der Implantatversorgung sicherzustellen ist es erforderlich, dass das Implantat allseitig von ein bis zwei Millimeter Knochen umgeben ist. Sollte das Knochenangebot an der geplanten Implantatposition nicht ausreichend sein, muss entweder, falls dies noch möglich, ist ein kleiner dimensioniertes Implantat gewählt oder der Knochen augmentiert werden. Die Augmentation kann mit autogenem Material, wie auch mit allogenen, xenogenem oder synthetischem Material erfolgen (Solon et al, 2007). Intraoral ist das für autogene Augmentationen nutzbare Knochenangebot begrenzt, deshalb ist es für größere Defekte erforderlich extraorale Spenderregionen zu nutzen. Kleine Defekte können oft bereits mit den bei der Implantatbettauflbereitung gesammelten Knochenspänen versorgt werden, während bei größeren Augmentationen die Kieferwinkel oder Kinnregion als Spenderregion genutzt werden können. Extraoral werden Becken, Tibia oder Femur zur Gewinnung von autogenem Material genutzt.

Allogene Materialien werden aus menschlichen Spenderknochen gewonnen. Je nach Konditionierung und Verarbeitung des Spenderknochens ändern sich dessen Osteoinduktivität (Fähigkeit Knochenbildung anzuregen) bzw. Konduktivität (Fähigkeit als Leitstruktur für Knochenbildung zu dienen). Je stärker der Knochen durch thermische Behandlung oder Trocknung und Demineralisation konditioniert wird, umso geringer wird die Wahrscheinlichkeit der Übertragung von Krankheiten des Spenders auf den Empfänger. Damit einhergehend nimmt jedoch auch die osteokonduktive und induktive Wirkung ab. Lediglich die Demineralisation kann zu einer Steigerung der Osteoinduktivität führen, da im Zuge der Demineralisation im Knochen befindliche Wachstumsfaktoren freigesetzt werden (Scarano et al. 2006).

Xenogene Augmentationsmaterialien werden zumeist aus Rinderknochen (Bio-Oss®), die deproteiniert wurden, oder aus Hydroxylapatit, das aus Korallen gewonnen wird, hergestellt. Weitere Quellen für xenogenes Augmentationsmaterial stellen Algen oder die Chitinhüllen von Krustentieren (Chitosan®) dar.

Als synthetische Augmentationsmaterialien kommen unter anderem Calciumsulfate und Calciumphosphate zur Anwendung. Grundsätzlich stellen diese vorrangig Leitstrukturen für die Osteoneogenese dar, durch dotieren der Grundmaterialien mit Aminosäuren sollen diese stimulierend auf das Knochenwachstum wirken.

## **3.10 Evaluierungsmethoden für Implantatstabilität**

### **3.10.1 Drehmoment bei der Implantatsetzung**

Das Eindrehmoment bei der Implantatsetzung ist ein Maß für die für die Implantation aufzubringende Kraft. Die Größe wird beeinflusst von der Implantatgeometrie, der Knochenfestigkeit, wie auch von der Art der Implantatbettvorbereitung (Freitas et al, 2012). Ein hohes Eindrehmoment korreliert oft mit einer hohen Primärstabilität, wobei diskutiert wird, ob zu hohe Eindrehmomente den Knochen durch thermische oder mechanische Reizung schädigen (Salles et al, 2010). Im Regelfall werden Drehmomente bis 45 Ncm eingesetzt, abhängig von Implantatgröße und Knochendichte.

### **3.10.2 Ausdrehmoment**

Der Ausdrehmoment bei Implantaten misst den notwendigen Kraftaufwand, ab dem die Implantat-Knochenverbindung zerstört wird. Dieser Methode kommt keine klinische als vielmehr eine akademische Relevanz zu, da die Methode die Lösung des Implantats bedingt. Bereits Branemark wies auf die Möglichkeit der irreversiblen plastischen Deformation des periimplantären Knochen hin, auch wenn dieser unterhalb der 20Ncm Grenze belastet wird, und es zu keiner Lösung der Knochen-Implantat Verbindung kommt (Branemark et al 1985). Die Auswertung des Ausdrehmoments gemeinsam mit histologischer Betrachtung der Implantat-Knochenverbindung weist auf einen direkten Zusammenhang der Einheildauer mit der Verbindung des Knochens zum Implantat hin. Ein Ausdrehmoment ab 20Ncm wird als Schwelle der erfolgreichen Osseointegration angesehen, da O'Sullivan im Rahmen einer Studie kein osseointegriertes Implantat durch einen Drehmoment kleiner 20Ncm entfernen konnte (O'Sullivan et al 2004).

### **3.10.3 Cutting resistance analysis**

Die von Friberg (1995) weiterentwickelte CRA nach Johansson und Strid misst die Energie, die von einem elektrischen Motor aufgewendet werden muss um eine spezifische Menge Knochen zu zerteilen, gemessen in  $J/mm^3$ . Der gemessene Wert lässt einen direkten

Rückschluss auf die Knochendichte zu, die wiederum ein direkter Einflussfaktor auf die Primärstabilität ist.

Das bei der Implantation aufgewendete Drehmoment korreliert mit dem  $J/mm^3$  Wert.

Einschränkend kann dieser Wert nur während der Operation direkt erhoben werden und ist im späteren Verlauf bei konventionellem Belastungsprotokoll nicht mehr praktisch erhebbar.

#### 3.10.4 Periotest®



Abbildung 23: Periotest Gerät

Das Periotest® Gerät der Fa. Medizintechnik Gulden e. K prüft die Stabilität eines Implantates mittels eines elektromechanisch angetriebene Stößels, der gegen das Implantat gestoßen wird. Hierbei misst das Gerät, wie lange der Stößel Kontakt zum Messobjekt hat. Je nachgiebiger das Messobjekt, umso länger ist die Kontaktzeit, da die Energie des Stößels für die Bewegung des gemessenen Objekts verwendet wird und nicht sofort reflektiert wird. Das Gerät gibt daraufhin Werte auf einer Skala von -8 (sehr fest) bis +50 (sehr locker) aus. Das Periotest® System wurde ursprünglich nicht primär für die Anwendung mit Implantaten entwickelt, sondern um Zahnbeweglichkeit allgemein zu beurteilen, hieraus resultiert auch der ins Negative verschobene Wert der sich regelmäßig bei Implantatmessungen zeigt. Eine Besonderheit des Periotest® Systems besteht in der Beeinflussbarkeit des Messergebnisses durch Winkeländerung, da durch einen steileren Winkel die Auslenkbarkeit des zu messenden Objekts sinkt. Auch werden die durch

Periotest® Messung ermittelten Werte durch die Länge des Implantats und des genutzten Abutments signifikant beeinflusst (Van Steenberghe 1995)

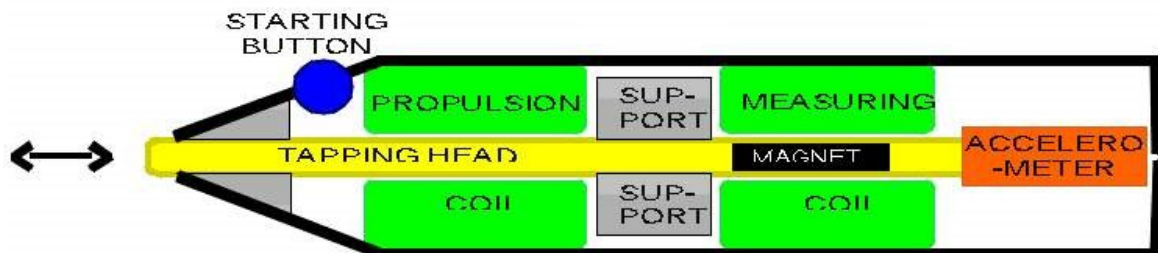


Abbildung 24: Funktionsschema Periotest

### 3.10.5 Radiofrequenzanalyse / Osstell mentor®



Abbildung 25: Osstell Mentor

Das Osstell® Mentor System beruht auf dem Resonanzprinzip, ein direkter Kontakt zwischen Messfühler und gemessenen Objekt ist nicht notwendig. Um die Stabilität eines Implantats zu messen ist es erforderlich, dass sich auf dem Implantat eine Suprastruktur befindet, die für die Resonanzmessung geeignet ist. Hierbei wird standardmäßig das SmartPeg® der Firma Osstell verwendet. Es handelt sich dabei um einen Permanentmagnet, der an der Spitze eines Metallstabes befestigt ist. Bedingt durch die physikalischen Eigenschaften von Permanentmagneten ist dieses Smartpeg® sehr empfindlich gegenüber thermischen Einflüssen wie Thermosterilisation oder starken Erschütterungen. Eine direkte Messung an einer verschraubten Krone oder Locatoren® ist nicht möglich. Im Rahmen der Messung gibt das Messgerät einen Wert, den sogenannten ISQ Wert, aus. Der ISQ (Implant Stability Quotient) Wert gibt auf einer Skala von 1 bis 100 die Stabilität eines Implantats an, wobei die Festigkeit von 1 bis 100 zunimmt. Der ISQ ist

eine nahezu lineare Abbildung der Resonanzfrequenz des SmartPeg<sup>®</sup>, welches auf dem Implantat befestigt wird, welche mit zunehmender Festigkeit des Implantats ansteigt. Im Gegensatz zum Periotest<sup>®</sup> System lässt sich der ausgegebene Wert nicht durch Winkeländerungen beeinflussen. Ältere RFA Systeme verwenden elektronische Messung statt Magnetresonanz. Die ermittelten ISQ Werte beider Messmethoden korrelieren miteinander signifikant, sind jedoch nicht gleich (Valderrama et al 2007). Die durch verschiedene Systeme gewonnenen ISQ Werte zeigen keine signifikanten Unterschiede wenn die Systeme beide auf Magnetresonanz basieren (Geckili et al 2012).



Abbildung 26: Messung ISQ mit aufgeschraubtem SmartPeg<sup>®</sup>

### **3.11 Weitere Untersuchungsparameter**

#### **3.11.1 Radiologische Analyse**

Die Analyse mittels Röntgen kann als absoluter Wert, in wieweit das Implantat im Knochen verankert ist, angesehen werden, weshalb dieser Methode eine besondere Bedeutung zukommt (Atsumi et al, 2007). Einschränkend muss allerdings auf die große Techniksensibilität dieser Methode eingegangen werden. Ein Vergleich der Aufnahmen untereinander ist nur bei gleicher rechtwinkliger Aufnahme mit parallelem Strahlengang gegeben. Auch überlagernde Strukturen können die eindeutige Befundung erschweren. Weiter kann von der Höhe der Verankerung im Knochen keine direkte Ableitung der Implantatstabilität getroffen werden. Die im Regelfall genutzte Kleinbildaufnahme der Implantatregion erweist sich in besonderen Situationen wie einem stark atrophierten Unterkiefer als schwierig, da eine Aufnahme der Implantatstrukturen oft nur mit verändertem Winkel aufgrund der relativ gesehen geringen Höhe des Knochens zum Mundboden möglich ist. Eine ideale Platzierung des Röntgenfilms bzw. des Sensors wird in diesem Fall sowohl passiv durch Weichgewebe wie auch aktiv durch Kontraktionen der

Mundbodenmuskulatur erschwert. Alternativ bietet sich in diesen Fällen die Beurteilung mittels Orthopantomogramm an. Die nicht Maßstabsgerechte Abbildung muss hier als unvermeidliche Einschränkung im Zuge von möglichst leicht reproduzierbaren und konstant bleibenden Aufnahmewinkeln, welche unabdingbar für eine kontinuierliche Kontrolle der radiologischen Implantatsituation sind, angesehen werden (Wismeijer,1999).

### **3.11.2 BOP**

Die Erhebung der Blutung auf Sondierung der periimplantären Gingiva wurde aus der Parodontologie übernommen, obgleich es keinen Zahnhalteapparat im klassischen Sinne bei Implantaten gibt. Implantate werden osseointegriert, was beim natürlichen Zahn am ehesten mit einer Ankylose vergleichbar wäre. Unabhängig davon gibt das Auftreten einer Blutung auf Sondierung Auskunft über das Vorhandensein einer Entzündung (Lang, 1990). Bei Implantatkontrollen ein wiederholt zu beobachtender positiver BOP-Wert kann ein Hinweis auf mögliche Defizite in der Implantatpflege sein. Eine Erhebung des BOP im Rahmen des Implantat-Recalls wird zum heutigen Zeitpunkt kritisch diskutiert (Lachmann et al 2007).

### **3.11.3 Sondierungstiefe**

Die Messung der Sondierungstiefe gibt bei Kenntnis der Implantatlänge Auskunft über die Verankerung des Implantats im Knochen, sie gibt darüber hinaus Hinweise auf einen langsamen Verankerungsverlust bei fortschreitender Erhöhung der Sondierungstiefe. Um eine verlässliche Beurteilung durchführen zu können, ist eine Dokumentation der Messergebnisse unabdinglich, da die Hauptaussagekraft im Vergleich einzelner Messzeitpunkte liegt.

Eine isolierte Betrachtung eines einzigen Messzeitpunktes zeigt nur eine geringe Relevanz in der Implantatbeurteilung. Im Falle der Messung an Implantaten muss, im Gegensatz zur Messung am natürlichen Zahn, eine Sonde aus Kunststoff oder Carbon genutzt werden, um die Implantatoberfläche nicht zu schädigen.

### **3.12 Erfolgskriterien für Implantate**

Verschiedene Personen und Organisationen haben Definitionen aufgestellt, wann eine Implantation als erfolgreich angesehen werden kann. Buch et al. summierte diese in seiner Übersicht wie folgt: (Buch et al 2003)

#### **NIH (Schnitman 1980)**

- Das Implantat ist in situ.
- Die Mobilität beträgt weniger als 1 mm in jede Richtung.
- Eine röntgenologische periimplantare Transluzenz ist nicht größer als 1/3 der vertikalen Implantatlänge.
- Eine evtl. vorhandene Gingivitis ist der Therapie zugänglich.
- Keine Symptome für Infektion.
- Keine Verletzung benachbarter Zähne.
- Keine Parästhesie oder Anästhesie.
- Keine Verletzung des Mandibularkanals, der Kieferhöhle oder des Nasenbodens.
- Nach 5 Jahren Belastung sollte die Überlebensrate der Implantate mindestens 75% betragen.

#### **Albrektson 1986**

- Nach 5 Jahren Belastung sollte die Überlebensrate der Implantate mindestens 85%, nach 10 Jahren mindestens 80% betragen.
- Das Implantat ist in situ.
- Das individuell unverblokte Implantat ist klinisch fest.
- Das Röntgenbild zeigt keine durchgehende periimplantare Transluzenz.
- Der vertikale Knochenabbau ist kleiner als 0,2 mm/Jahr nach dem 1. Jahr der Liegedauer.
- Es bestehen keine bleibenden und/oder irreversiblen Symptome wie Schmerz, Infektion, Neuropathie, Parästhesie oder Verletzung des Mandibularkanals.

### **Buser 1990**

- Das Implantat ist in situ.
- Es bestehen keine persistierenden Beschwerden wie Schmerz, Fremdkörpergefühl und/oder Dysästhesie.
- Es besteht keine periimplantäre Infektion mit putrider Sekretion.
- Keine Mobilität des Implantats nachweisbar.
- Keine persistierende periimplantäre Radiotransluzenz.

### **Naert 1992**

- Implantat ist in situ
- Periotestwert  $<+8$ .
- Keine periimplantäre Radiotransluzenz.
- Keine implantatinduzierten Schmerzen, Infektionen oder Parästhesien
- Keine Implantatfraktur.
- Das Implantat muss zum prothetischen Ersatz herangezogen worden sein.

### **Jahn-d'Hoedt, 1992**

- Das Implantat ist in situ.
- Die Sulkustiefe mesial, distal, bukkal und oral darf jeweils nicht mehr als 4 mm bei zwei aufeinander folgenden Kontrollen betragen.
- Die klinische Beweglichkeit darf den Lockerungsgrad I nicht übersteigen.
- Das Implantat darf keinen zweiseitig durchgehenden Spalt mit einer Breite größer als 0,5 mm im Röntgenbild aufweisen.
- Der anguläre Knochendefekt darf nicht mehr als 3/10 des konstruktivenossalen Implantatabschnitts betragen.
- Die subjektive Bewertung des Implantats nach dem deutschen Schulnotensystem durch den Patienten darf nicht schlechter als 3 sein.

Konkludent können folgende Punkte als universelle Erfolgskriterien gesehen werden: Implantat ist in situ und wird funktionell belastet, es besteht keine auffällige periimplantäre radiologische Transluzenz oder Entzündung, sowie keine Schmerzen oder erhöhte Mobilität

### **3.13 Misserfolge**

Die möglichen Ursachen für Misserfolge in der Implantatversorgung sind vielfältig und in gleichem Maße von der Mitarbeit des Patienten wie auch von der ärztlichen Leistung abhängig.

#### **3.13.1 Planungsbedingte Misserfolge**

Bereits in der Planungsphase muss besonders auf parodontale Faktoren geachtet werden, da durch Bakterienansammlungen in aktiven Taschen die Möglichkeit einer Periimplantitis stark zunimmt. Parodontale Riskofaktoren müssen demnach vor jeder Implantatprothetischen Versorgung soweit als möglich eliminiert werden. Der Einfluss von Tabakrauch ist ebenfalls ein Risikofaktor.

Patientenindividuelle anatomische Besonderheiten wie Nervenverläufe, Begrenzung der Kieferhöhlen oder Knochenangebot müssen im Rahmen jeder Implantatplanung evaluiert werden. Sollten bestehende zweidimensionale Aufnahmen die Beurteilung von Strukturen nicht im gewünschten Maße zulassen, ist die Anfertigung von 3-dimensionalen Aufnahmen mittels DVT oder CT unerlässlich. Auch ist die Patienten-Compliance ein wichtiger Einflussfaktor in der Wahl der individuell optimalen Versorgung.

Die Grenzen der ästhetischen und funktionellen Möglichkeiten des geplanten Implantates müssen zudem berücksichtigt werden.

Die geänderte Taktilität der Implantatversorgung im Vergleich zur natürlichen Bezahnung ist ebenfalls in der Planungsphase zu berücksichtigen. Durch den fehlenden Zahnhalteapparat kommt es zu einer starken Verringerung der Taktilität. Eine genaue Okklusionseinstellung ist deshalb unabdingbar um Schäden durch unkontrollierte Zahnkontakte und Fehl- und Überbelastungen zu vermeiden. Tabelle 3 und 4 listen die Kontraindikationen für Implantate auf.

<b>Art</b>	<b>Autor</b>
<b>Anatomisch ungünstige Verhältnisse</b>	Spiekermann 1994
<b>Pathologische Befunde am Kieferknochen</b>	Spiekermann 1994 Tetsch 1991
<b>Parodontale Insuffizienz</b>	Maeglin 1983
<b>Mangelhafte Mundhygiene</b>	Tetsch 1991 Maeglin 1983
<b>Pathologische Mundschleimhautveränderungen</b>	Spiekermann 1994
<b>St.p. Osteomyelitis</b>	Maeglin 1983
<b>Makroglossie</b>	Spiekermann 1994
<b>Xerostomie</b>	Spiekermann 1994
<b>Idiopathische Neuralgiforme Schmerzen</b>	Tetsch 1991
<b>Psychogene Prothesenintoleranz</b>	Tetsch 1991
<b>Ungünstige Okklusionsverhältnisse</b>	Spiekermann 1994

Tabelle 3: Zahnmedizinische Kontraindikationen nach Wahl 1996

<b>Art</b>	<b>Autor</b>
<b>Knochensystemerkrankungen</b>	Spiekermann 1994
<b>Erkrankungen rheumatischer Formenkreis</b>	Maeglin 1983
<b>Mangelhafte Immunabwehr</b>	Maeglin 1983
<b>Bedenklicher Ernährungszustand</b>	Spiekermann 1994
<b>Verdacht auf Herdinfektion</b>	Spiekermann 1994 Maeglin 1983
<b>Instabiler Diabetes mellitus</b>	Fonesca, Davis 1986
<b>Granulozytopenie</b>	Behneke, Wagner 1994 Fonesca, Davis 1986 Spiekermann 1994
<b>Ehlers-Danlos Syndrom</b>	Fonesca, Davis 1986 Spiekermann 1994
<b>Nicht kompensierbare manuelle Behinderung</b>	Tetsch 1991
<b>Neurosen/Psychosen</b>	Lekholm, Zarb 1985
<b>Immunsuppression</b>	Spiekermann 1994

Tabelle 4: Allgemeinmedizinische Kontraindikationen nach Wahl 1996

### 3.13.2 Chirurgisch bedingte Misserfolge

Das Auftreten chirurgisch bedingte Misserfolge kann durch eine exakte Planung gemeinsam mit präzisiertem chirurgischem Vorgehen minimiert werden.

Vorrangig kommt es zur Verletzung von nicht knöchernen Strukturen, oftmals durch einen von der Ideallinie abweichenden Einschraubwinkel bedingt. Diese Strukturen sind im Frontzahnbereich oftmals durch dicht beieinander liegende Wurzeln bedingt, während im Seitenzahnbereich der Mandibula bei fortschreitender Atrophie des Knochens der Verlauf des N.alveolaris inferior an Bedeutung gewinnt. Bei Implantationen in der Maxilla besteht die Möglichkeit der Perforation des Sinusbodens.

<b>Struktur</b>	<b>Intraoperative Komplikation</b>	<b>Postoperative Komplikation</b>
<b>Weichteile</b>	Quetschung	Odem
	Läsion	Infektion
	Blutung	Nekrose
	Emphysem	Blutung
<b>Knochen</b>	Perforation	Osteomyelitis
	Fraktur	Fraktur
<b>Nerven</b>	Hämatom	Parästhesie
	Ödem	Anästhesie
	Neuropraxie	
	Neurotmesis	
<b>Zähne</b>	Wurzelverletzung	Vitalitätsverlust
		Attachmentverlust
<b>Implantate</b>	Fraktur	Ermüdungsbruch
	Mangelnde Primärstabilität	

Tabelle 5: Komplikationen durch die Implantatsetzung nach Wagner 1996

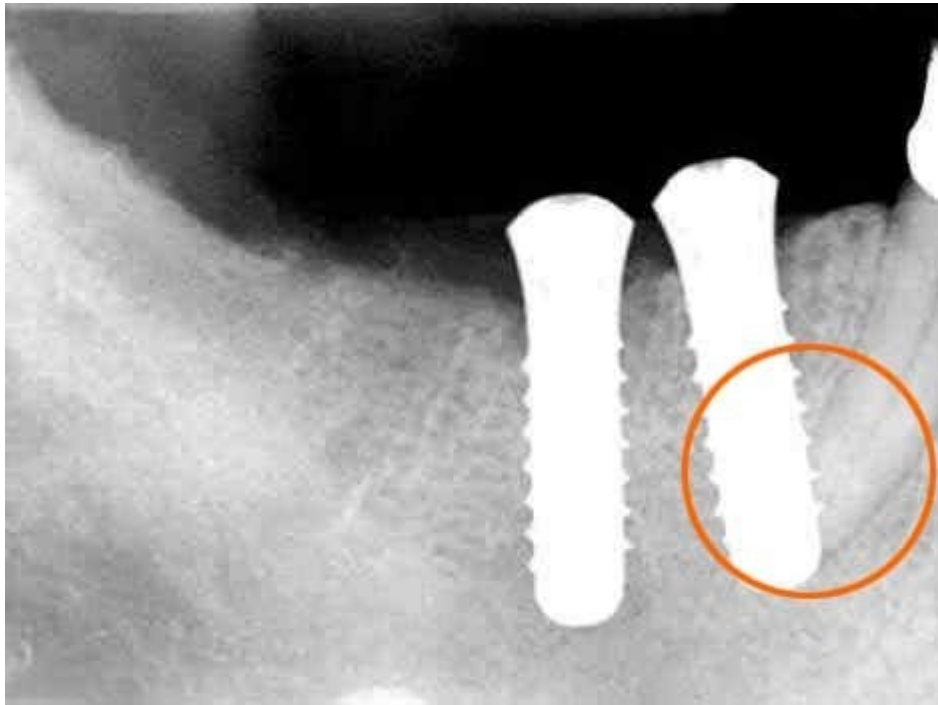


Abbildung 27: Wurzelverletzung durch Implantat

## 4 Studie

### 4.1 Ziel der Studie

Vergleich der Implantatstabilität zwischen Sofort- und konventioneller Belastung einer implantatprothetischen Versorgung des zahnlosen Unterkiefers in der Alterszahnheilkunde.

### 4.2 Material und Methoden

Im Zuge dieser Studie wurde die Implantatstabilität und periimplantäre Weichgewebs- und Knochensituation von vier interforaminär inserierten Implantaten (Neoss Ltd Harrowgate, GB) unter Anwendung von zwei prothetischen Versorgungskonzepten untersucht. Dabei wurden die Implantate in einer randomisierten Testgruppe sofort versorgt und in der Kontrollgruppe konventionell nach einer Einheilphase von drei Monaten belastet. Voraussetzung für Sofortbelastung war ein Eindrehmoment  $>30\text{Ncm}$ . Die UK-Totalprothese wurde in allen mittels Locator-Halteelementen verankert. Als

Hauptzielgrößen wurde die Implantatstabilität mittels Drehmoment, Periotest® (Medizintechnik Gulden, Modautal, Deutschland) und Osstell® (Osstell AB, Göteborg, Schweden) ISQ erhoben. Nebenzielgrößen waren Implantatüberlebensrate, sowie die Entzündungsparameter Sondierungstiefe und BOP pro Implantat. Die Daten wurden jeweils bei der Implantatsetzung, sowie 3, 6 und 12 Monate nach Versorgung der Implantate erhoben.

### **4.3 Patientenkollektiv**

Die Patientenaquirierung erfolgte am Department für Zahnärztliche Chirurgie und Röntgenologie. Der Ethikantrag (Antrag Nummer: 20-252ex 08/09 Neoss) wurde von der Ethikkommission der Universitätsklinik Graz bewilligt. Die Patient/innen willigten mittels Informed Consent in die Studie ein.

In die Studie eingeschlossen wurden 20 Patienten ab dem 65. Lebensjahr, die einen unbezahnten Unterkiefer mit fortgeschrittener Alveolarkammatrophie und schlechtem Prothesenhalt aufwiesen. Eine neue, nach prothetisch korrekten Richtlinien hergestellte Prothese musste vor der Implantation vorhanden sein oder neu hergestellt werden.

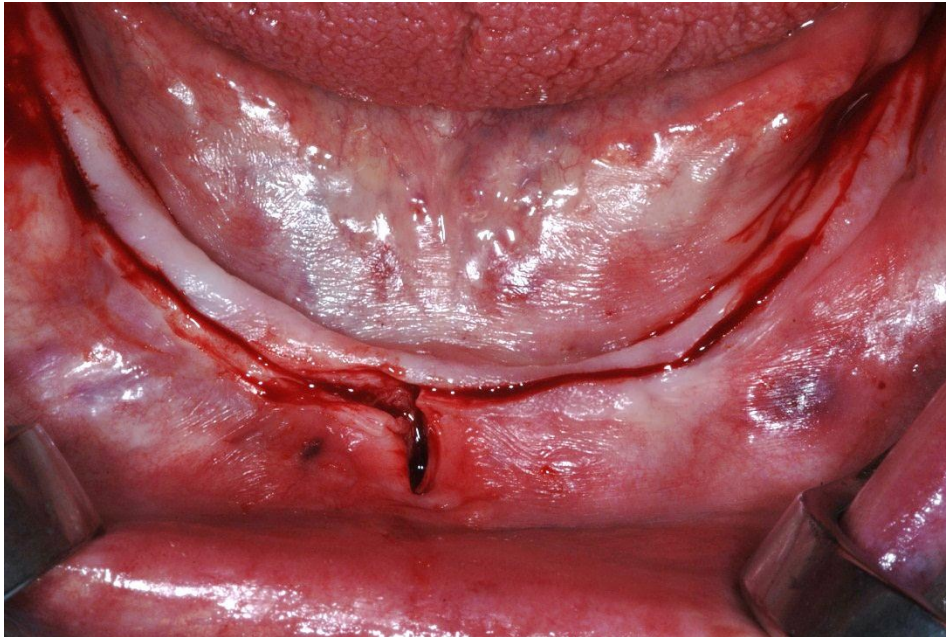
Erkrankungen des Knochenstoffwechsels, sowie Patienten unter Bisphosphonattherapie wurden von der Studie ausgeschlossen.

### **4.4 Insertion der Implantate**

Die Implantatsetzung erfolgte jeweils in lokaler Anästhesie. Die Anästhesie wurde mittels Ultracain®D-S forte (Sanofi Aventis, Deutschland) durchgeführt.

Es wurde ein Kieferkammschnitt in den Regionen 36 - 46 durchgeführt. Median wurde ein Entlastungsschnitt im Frenulum gesetzt. Mittels eines Rasperatoriums nach Freer wurde der Mukoperiostlappen nach lingual und buccal mobilisiert und vestibulär mittels Haltenähten fixiert. Zusätzlich erfolgte die Darstellung der foramina mentalia, um bei der Implantatpositionierung einen Abstand von mindestens 5mm zur Austrittsstelle des N. mentalis einhalten zu können. Unter Anwendung einer Positionierungsschiene wurden

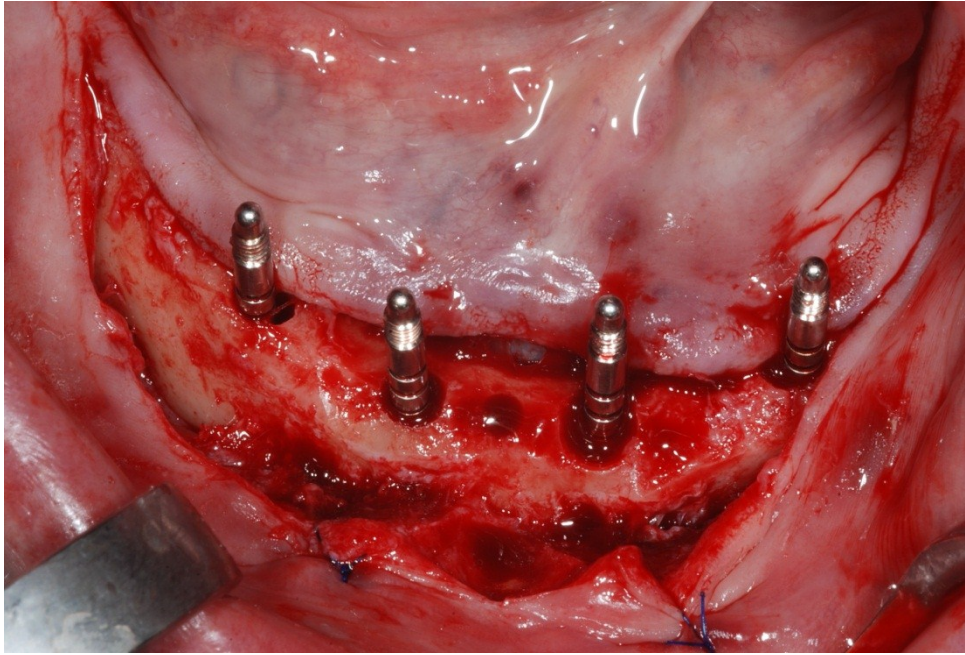
die Implantatpositionen 32,34,42,44 mit einem Rosenbohrer markiert. An den markierten Positionen erfolgte jeweils eine 2mm Pilotbohrung.



**Abbildung 28: Schnittführung**



**Abbildung 29: Freigelegter Unterkiefer**



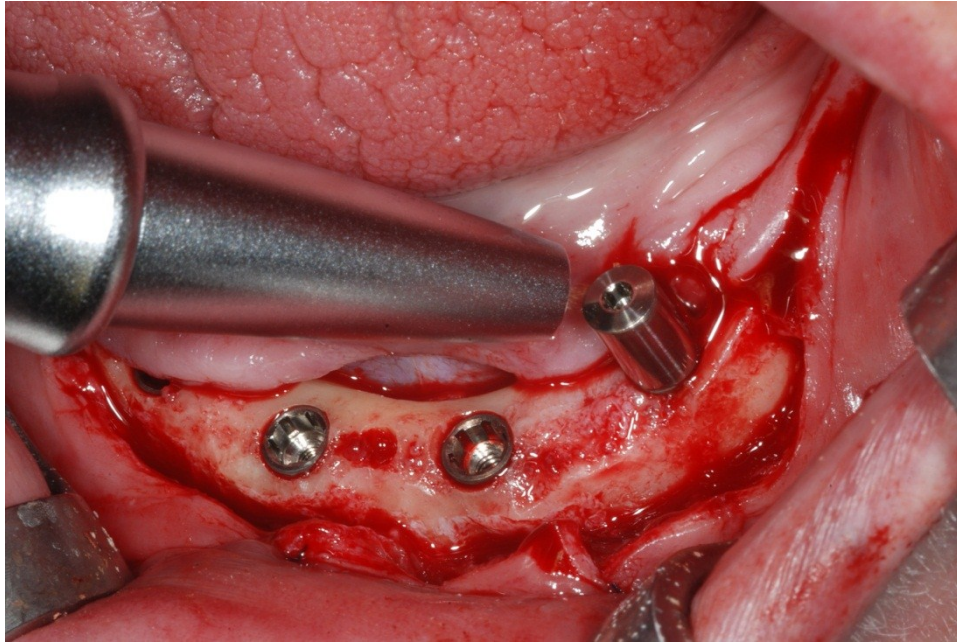
**Abbildung 30: Überprüfen der Parallelität**

Die Implantatpositionen wurden mittels eines Neoss® Bohrsets auf Implantatdurchmesser von 3,5 bis 4,0mm und Längen von 11 bis 13mm aufbereitet. Die letzte Bohrung war dabei immer eine Stufe unter dem definitiven Implantatdurchmesser. Die Implantate wurden mittels Torquecontrol eingebracht, wobei ein Eindrehmoment von mind. 30 Ncm als primärstabil galt.

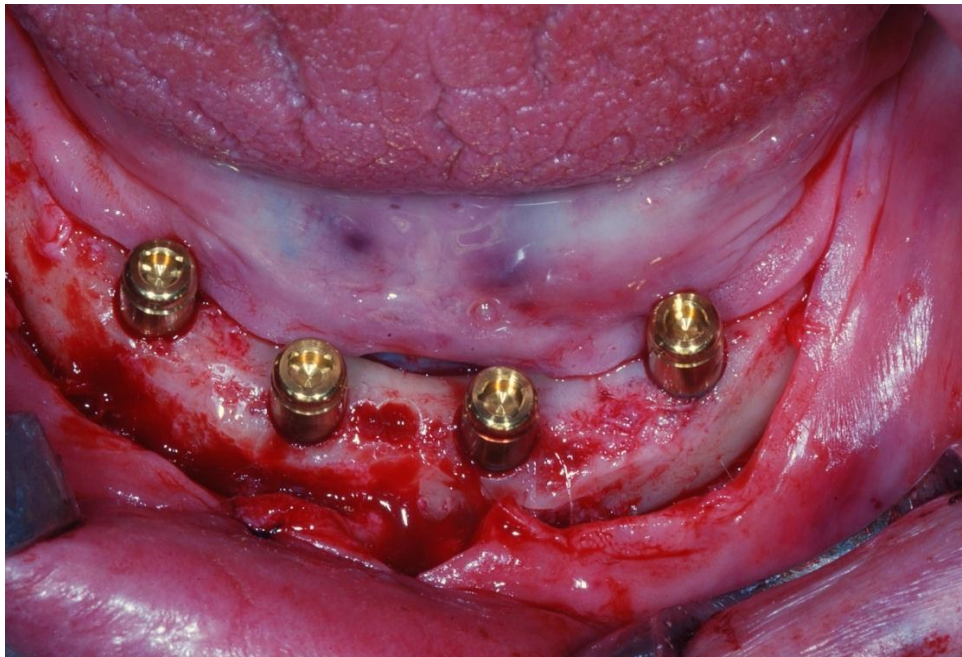
Zusätzlich wurde die Stabilität der Implantate direkt nach der Positionierung mittels Periotest und Ostell gemessen und dokumentiert. Für die Periotestmessung wurde ein Gingivaformer eingebracht und zur Bestimmung der Ostell-Werte wurde ein sog. Smartpeg in den Implantaten befestigt.

Abschließend erfolgte bei der konventionell belasteten Gruppe der Verschluss der Implantate mittels einer Abdeckschraube. Bei der Gruppe mit Sofortbelastung wurden die Locatoren® in den entsprechenden Höhen eingeschraubt.

Die Patienten wurden über das postoperative Verhalten aufgeklärt, es wurde postoperativ Seractil forte 400mg (Gebro Pharma GmbH Fieberbrunn) 3x1 zur Analgesie sowie Ospexin 1000mg (Biochemie, Wien) 3x1 verschrieben.



**Abbildung 31: Prüfen der Implantatstabilität während des operativen Eingriffes mittels Periostest**



**Abbildung 32: Implantate mit Locatoren**

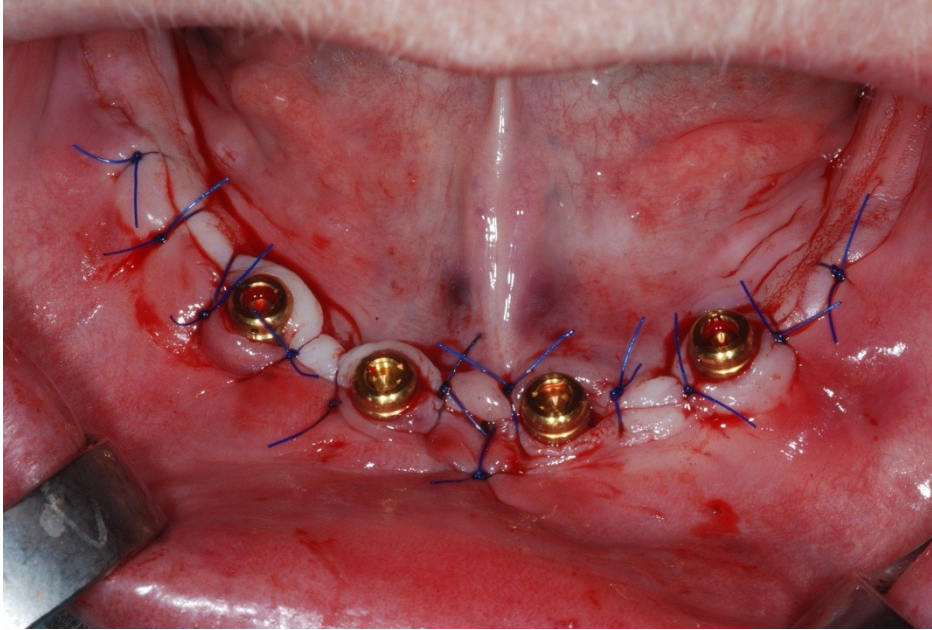


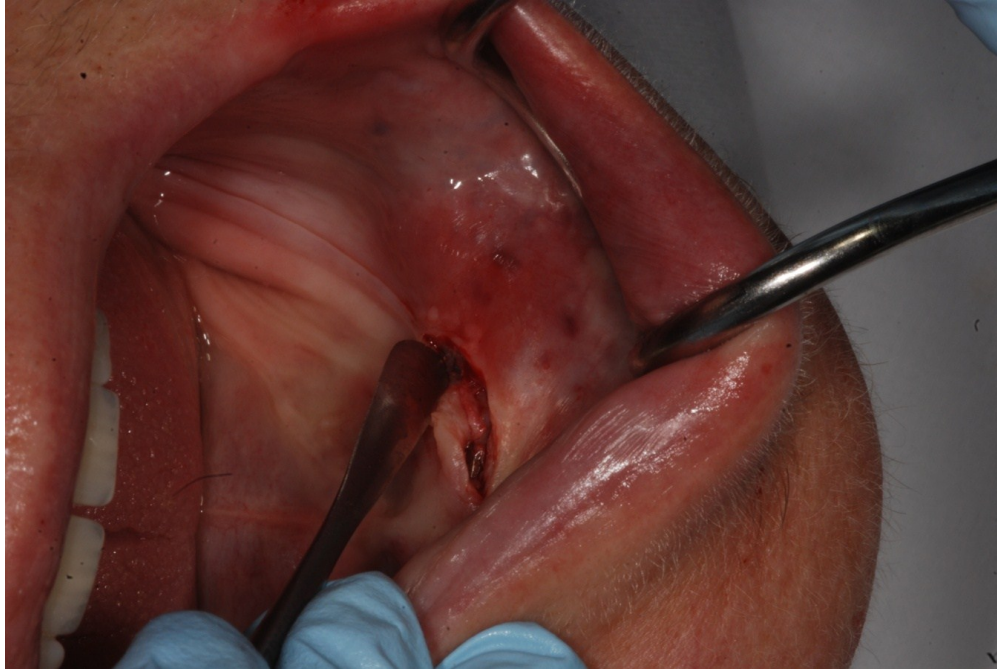
Abbildung 33: Verschluss mittels Einzelknopfnähten

#### 4.5 Implantatfreilegung

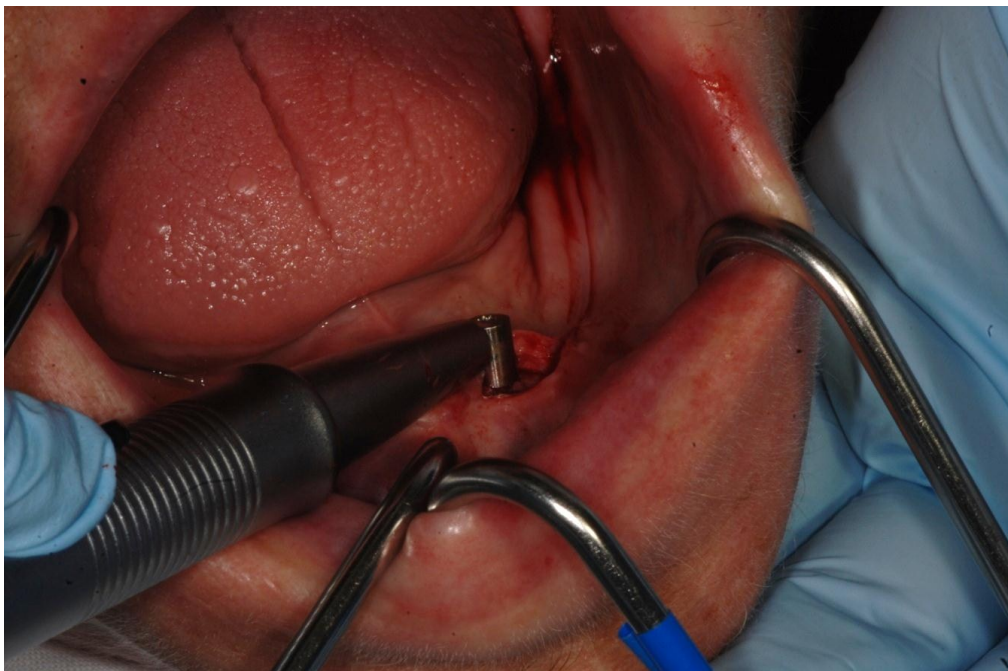
Die Implantatfreilegung erfolgte bei der konventionell versorgten Gruppe nach einer Einheilzeit von drei Monaten.

Der Eingriff erfolgte jeweils in lokaler Anästhesie (Ultracain®D-S forte, Sanofi Aventis, Deutschland).

Zur Freilegung wurde ein krestaler Kieferkammschnitt durchgeführt, welcher nach Möglichkeit nicht durchgehend von 34-44 ausgeführt wurde, sondern median unterbrochen war.



**Abbildung 34: Krestaler Schnitt zur Freilegung der Implantate**



**Abbildung 35: Prüfen der Implantatstabilität bei Freilegung mittels Periotest**

Die Abdeckschrauben wurden entfernt und durch einen Gingivaformer ersetzt, an dem der Periotest Wert ermittelt wurde. Hierzu wird die Messspitze des Periotest in einem 90° Winkel zum Gingivaformer gebracht und der Wert ermittelt. Um eine zuverlässige Wertermittlung zu gewährleisten, wird eine Zweitmessung etwas versetzt von buccal wiederholt. Abweichungen zwischen den Werten für eine Messstelle können durch

abweichende Winkel hervorgerufen werden. Je kleiner der Winkel Messspitze-Messpfosten wird, umso kleiner wird der Periotestwert. Nach dem Ermitteln des Periotestwertes wird der Smartpeg® aufgeschraubt und der ISQ Wert der einzelnen Implantate bestimmt. Beim Smartpeg® handelt es sich um einen Messpfosten mit an der Spitze angebrachtem Permanentmagnet. Dieser wird über den Messfühler des Osstell Gerätes in Schwingung versetzt, die anschließend gemessen wird. Je höher die Resonanzfrequenz ist, umso fester ist das Implantat.

Im Rahmen der Freilegung wurde die Einpolymerisation der Prothese durchgeführt und die Implantate mit den Locatoren versorgt.

#### 4.6 Einpolymerisation

Vor dem Ausschleifen der Prothese wurden die Locator-Halteelemente mit davor festgelegter Höhe in die Implantate eingeschraubt.

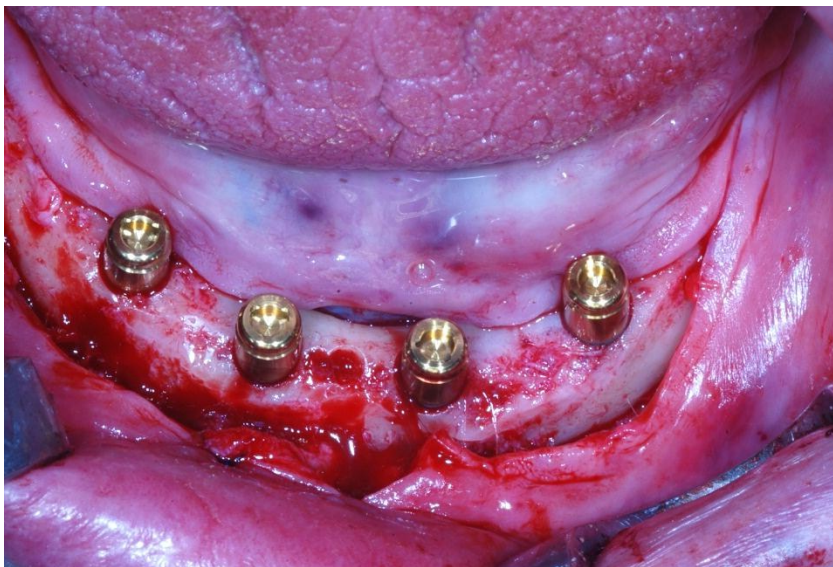
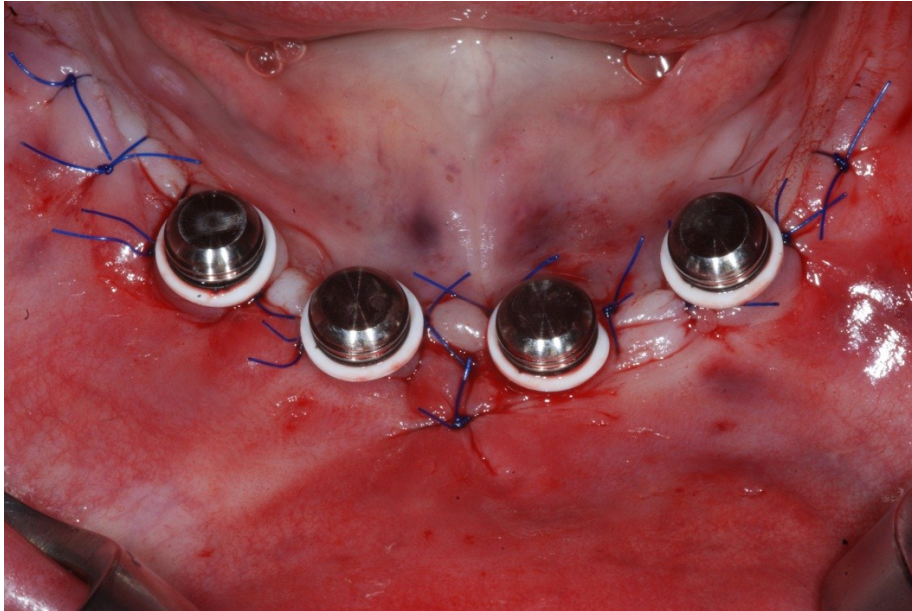


Abbildung 36: Einbringen der Locator Halteelemente

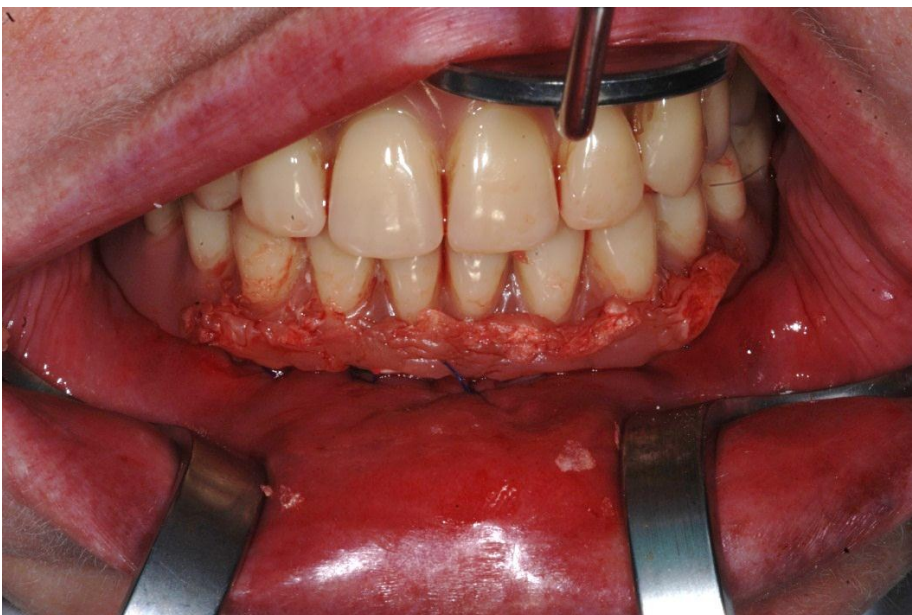
Auf die Locatoren wurden anschließend die Matrizen aufgebracht, der Spalt zwischen Matrize und Schleimhaut wurde mit Dichteinsätzen abgedichtet. In den Matrizen

befinden sich zum Zeitpunkt der Einpolymerisierung die schwarzen Retentionseinsätze mit der geringsten Abzugskraft. Diese wurden für die ersten drei Monate belassen, um den Patienten das Handling mit der Protheseneingliederung anfangs zu erleichtern.



**Abbildung 37: Matrizen mit Dichteinsätzen**

Die Prothese wurde nun an den Positionen der Locatoren soweit ausgeschliffen, dass ein Platzieren der Prothese ohne Kontakt zu den Locatoren auch in Schlussbissstellung möglich war. Die Matrizen wurden mit Paladur® (Haereus Kulzer GmbH, Deutschland) Kunststoff in die Prothese bei maximaler Interkuspitation einpolymerisiert.



**Abbildung 38: Einpolymerisieren der Matrizen**

Im Anschluss wurden Kunststoffüberschüsse entfernt und vom Zahntechniker entsprechend ausgearbeitet. Nach einer Tragezeit von drei Monaten wurden die schwarzen Retentionseinsätze gegen die blauen Einsätze ausgetauscht.



Abbildung 39: Locatoren in situ



Abbildung 40: Unterkieferprothese mit in Matrizen befindlichen Retentionseinsätzen

## 4.7 Erhebung der Daten

Die Für die Studie relevanten Daten werden zum Zeitpunkt der Implantation, der Freilegung (nur konventionell versorgtes Kollektiv), sowie 3, 6, und 12 Monate nach prothetischer Versorgung erhoben.

Der Ablauf der Datenerhebung:

1. BOP durch Sondierung mittels Kunststoffsonde
2. Sondierungstiefe (mesial, distal, buccal und lingual) mittels Kunststoffsonde
3. Ermittlung der Periotestwerte an den Locatoren
4. Ermittlung der Osstellwerte mittels Smartpeg nach Entfernung der Locatoren
5. Reinigung und Desinfektion der Suprastruktur vor Wiedereingliederung

## 5 Ergebnisse

Die Patienten wurden jeweils randomisiert entweder der sofortbelasteten Gruppe oder der konventionell belasteten Gruppe zugeteilt. Die ursprünglich vorgesehene Verteilung von 10 Patienten je Gruppe wurde angepasst, da 2 Patienten aufgrund nicht ausreichender Primärstabilität (<30 Ncm Eindrehmoment) von der sofort- in die konventionell belastete Gruppe wechselten. Die Geschlechterverteilung der Gruppen war 4 Männer und 4 Frauen (je 50%) in der sofortbelasteten Gruppe, sowie 7 Männer (58%) und 5 Frauen (42%) in der konventionell belasteten Gruppe. Das Alter der Patienten der sofortbelasteten Gruppe reichte von 61a bis 74a (MW 66,38 SD 3,933), die konventionell belastete Gruppe hatte eine Altersspanne von 67a bis 80a (MW 72,00, SD 4,501)

### Drehmoment

Die bei der Insertion benutzten Eindrehmomentwerte bewegten sich in einer Spanne von 30Ncm bis 50Ncm, wobei das durchschnittliche Drehmoment bei dem Sofortbelasteten Kollektiv höher lag.

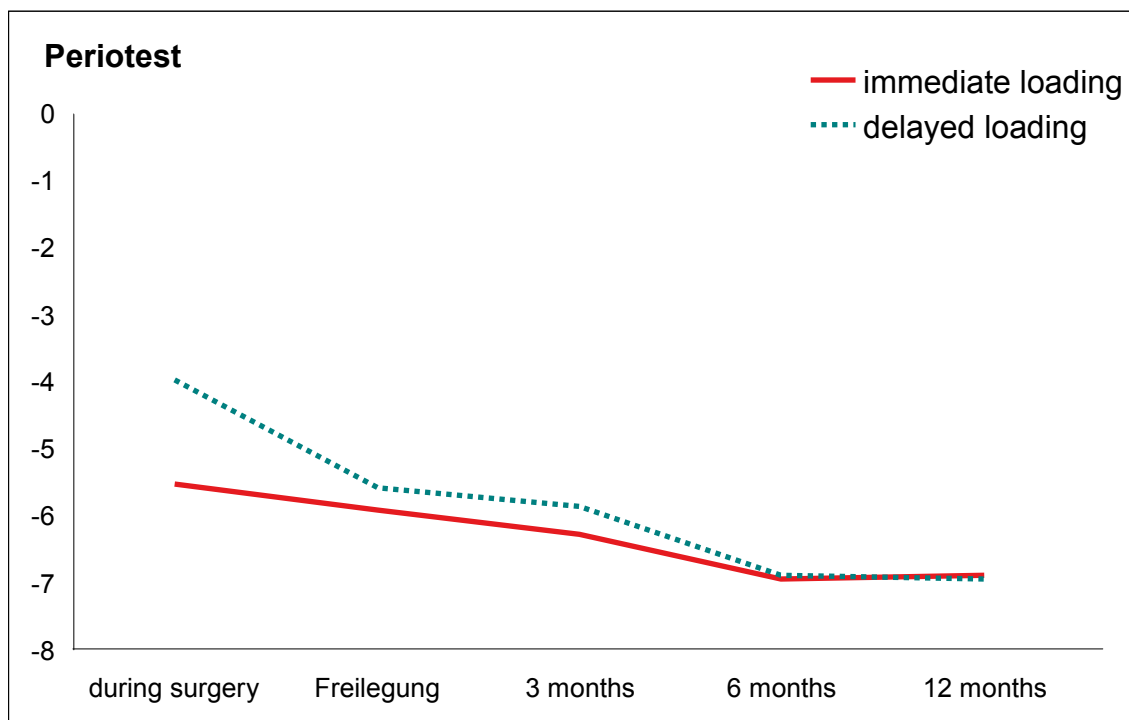
Belastung	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	SD
Sofortbelastung	32	30	50	48,28	3,94
Konv. Belastung	48	30	50	44,17	7,02

Nachfolgend wird auf die einzelnen Messparameter separat eingegangen, und die Entwicklung dieser für die Sofortbelastete gegenüber der konventionell belasteten Gruppe verglichen.

## Periotest

Sowohl in der Sofortbelastungsgruppe, als auch in der konventionell belasteten Gruppe sind die Periotestwerte nach 12 Monaten (Sofortbelastet -6,87 SD 1,01 Konventionell -6,90 SD 0,89) signifikant niedriger als nach der OP (Sofortbelastet -5,53 SD 1,48 Konventionell -3,98 SD 2,05). (Wilcoxon-Test,  $p < 0,001$ ) Der Wert für „Freilegung“ wurde nur für das konventionell belastete Kollektiv erhoben.

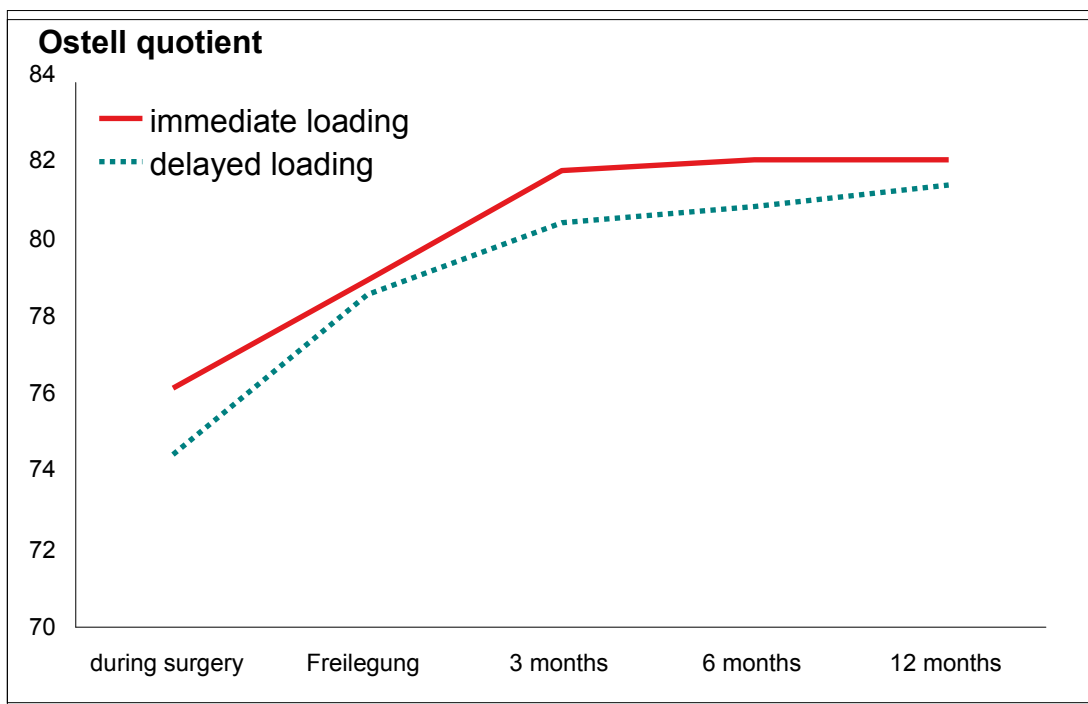
Keine der beiden Gruppen zeigt Anzeichen einer Lockerung der Implantate. Die Kurve bleibt ab dem 6. Monat stabil, was einen Abschluss der Osseointegration vermuten lässt.



Periotest	N	Min	Max	Mittelwert	Standardabw.
Sofortbelastung OP	32	-8	-1	-5,53	1,48
3 Monate	32	-8	-4	-6,28	1,02
6 Monate	32	-8	-6	-6,94	0,84
12 Monate	32	-8	-4	-6,87	1,01
Konv. Belastung OP	43	-7	2	-3,98	2,05
Freilegung	48	-8	-2	-5,58	1,22
3 Monate	48	-7	-3	-5,85	1,01
6 Monate	48	-8	-5	-6,90	0,89
12 Monate	48	-8	-2	-6,94	1,23

## Implant stability quotient (Osstell® mentor)

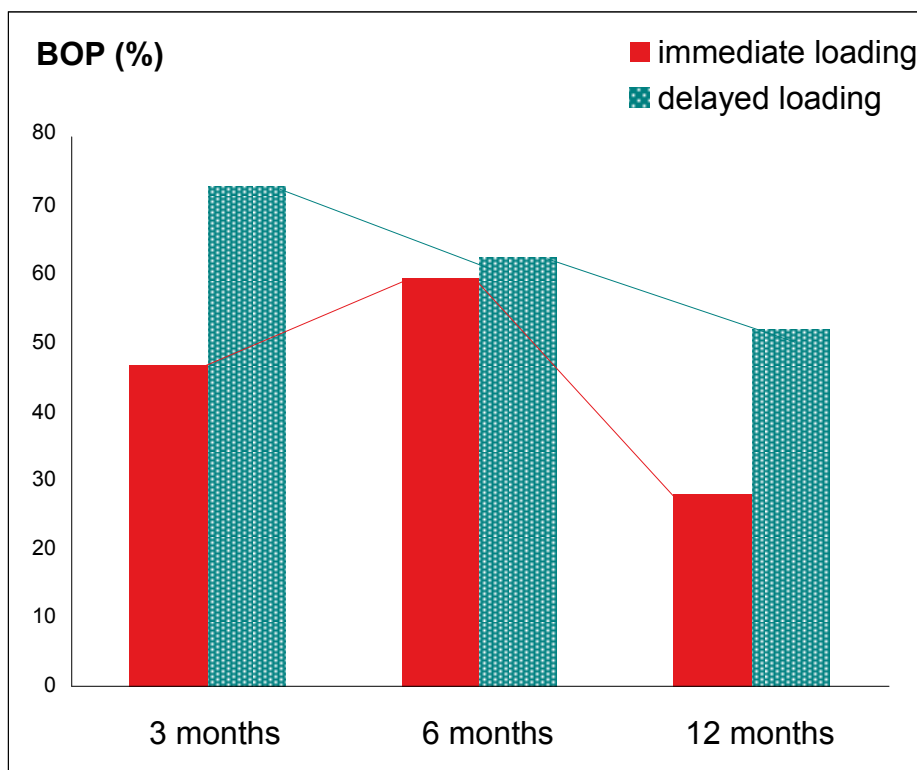
Auch bei der Messung der Implantatstabilität mittels Osstell® steigt diese in beiden Gruppen mit der Zeit signifikant an, wobei die Werte der konventionell belasteten Gruppe (OP 74,46 SD 4,42, 12 Mon 81,35 SD 3,38) immer etwas unter den Werten der sofort belasteten Gruppe (OP 76,16 SD 4,16, 12 Mon 82,00 SD 3,22) liegen (T-Test für verbundene Stichproben,  $p < 0,001$ ).



Implant stability quotient	N	Min	Max	Mittelwert	Standardabw.
Sofortbelastung OP	32	65	84	76,16	4,16
3 Monate	32	74	85	81,72	2,79
6 Monate	32	75	86	82,00	2,79
12 Monate	32	73	88	82,00	3,22
Konv. Belastung OP	48	61	81	74,46	4,42
Freilegung	48	59	88	78,54	4,62
3 Monate	48	71	86	80,42	3,22
6 Monate	48	72	85	80,83	3,28
12 Monate	46	74	86	81,35	3,38

## BOP

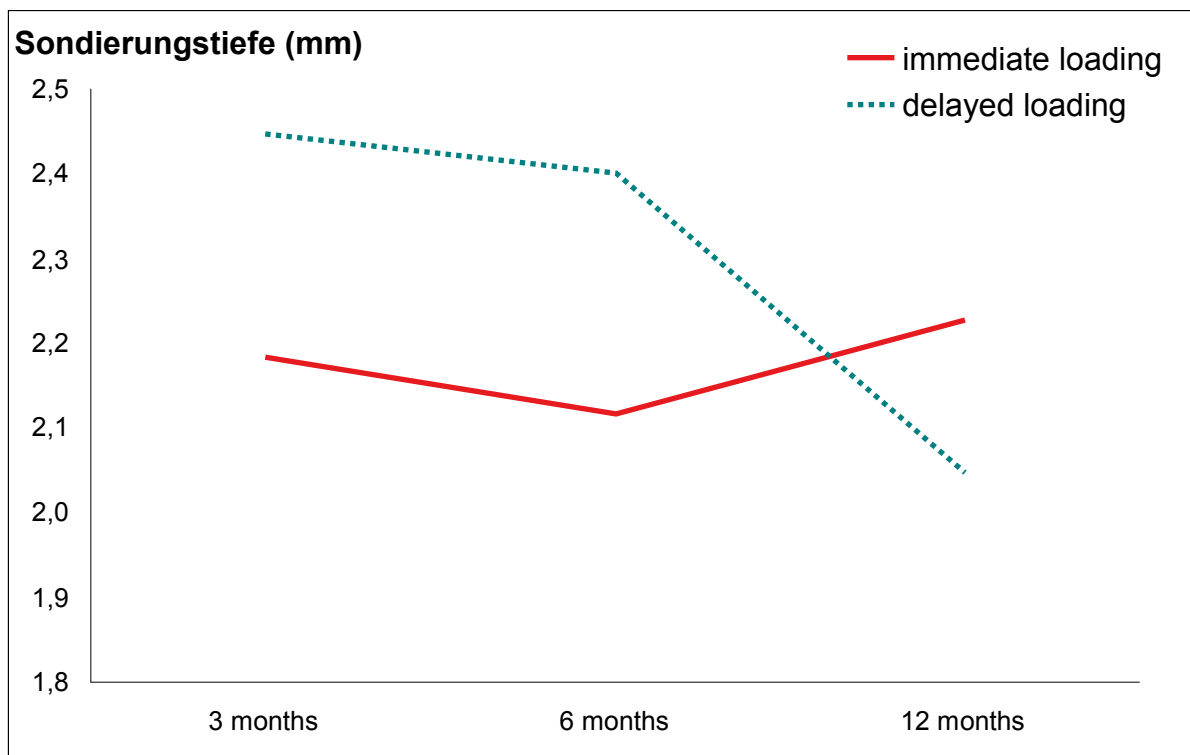
Nach 3 und 12 Monaten war der BOP-Wert in der konventionell belasteten Gruppe (3 Mon. 72,9% Sd 0,44, 12 Mon. 52,1% SD 0,50) signifikant höher (Exakter Test nach Fisher,  $p = 0,017$  bzw.  $p = 0,028$ ) als in der Sofortbelastungsgruppe (3 Mon. 46,9% SD 0,50, 12 Mon. 28,1% SD 0,45). Allerdings ist dieser Wert stark von der aktuellen Mundhygiene des Patienten abhängig, und so in einem kleinen Kollektiv stärkeren Schwankungen unterworfen.



	Sofortbelastung (%)	SD	Konvent. Belastung (%)	SD
3 Monate	46,9	0,50	72,9	0,44
6 Monate	59,4	0,49	62,5	0,48
12 Monate	28,1	0,45	52,1	0,50

## Sondierungstiefe (ST)

Die ST ist nach 3 Monaten in der Gruppe der konventionell belasteten Implantate höher (2,45 SD 0,57) als nach 12 Monaten (2,05 SD 0,54), während in der Sofortbelastungsgruppe die Sondierungstiefe nach 3 Monaten niedriger ist (2,18 SD 0,57) als nach 12 Monaten (2,23 SD 0,62). Es bestehen keine korrelierenden Zusammenhänge zwischen Periotest® und Sondierungstiefe, sowie Osstell® und Sondierungstiefe.



		N	Min	Max	Mittelwert	Standardabw.
Sofortbelastung	3 Monate	32	1,0	3,25	2,18	0,57
	6 Monate	32	1	3,00	2,12	0,50
	12 Monate	32	1,25	3,75	2,23	0,62
Konv. Belastung	3 Monate	48	1,3	3,50	2,45	0,49
	6 Monate	48	1	3,50	2,40	0,54
	12 Monate	48	1,00	3,00	2,05	0,54

## Zusammenhänge:

Weiters wurden die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Messmethoden überprüft.

### Drehmoment und Periotest®:

Ein stat. sign. Zusammenhang zwischen Eindrehmoment und Periotest® besteht nur in der konventionell belasteten Gruppe nach 12 Monaten (0,290 p=0,045).

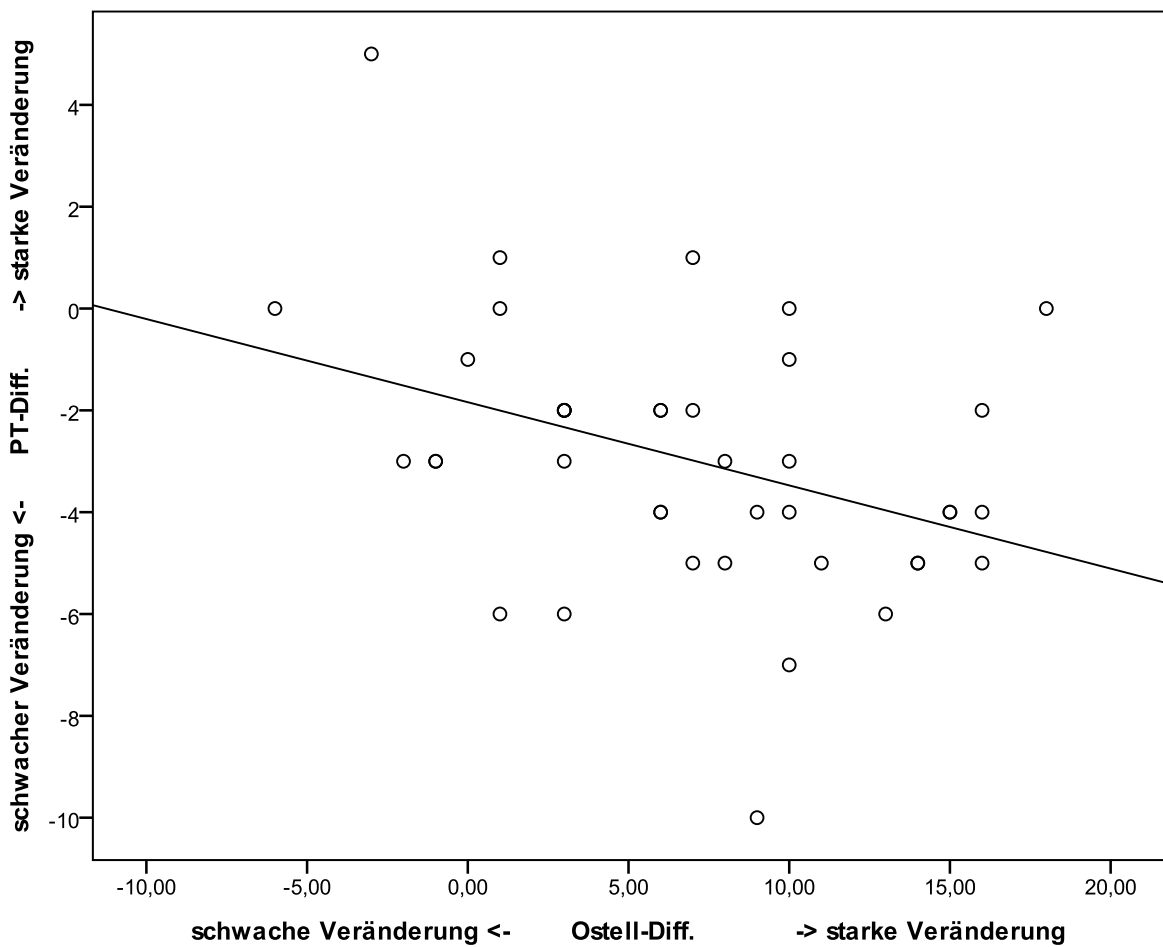
Pearson r	PT 3 Mo	PT 6 Mo	PT 12 Mo
Sofortbelastete Drehmoment	-0,204 n.s.	-0,210 n.s.	-0,066 n.s.
Konv. Belastung Drehmoment	0,167 n.s.	0,152 n.s.	0,290 p=0,045

Pearson Korrelationskoeffizient, getrennt nach Belastungsart und Monaten

## Periotest® und Osstell® Quotient

Die Korrelation erfolgt indirekt proportional, d.h. je höher die PT-Werte werden desto niedriger werden die Osstell-Werte, ein Resultat der Messwerte selbst, welche bei höher Festigkeit bei Periotest® sinken, bei Osstell® steigen.

Der Zusammenhang ist in der konventionell belasteten Gruppe signifikant (Pearson Korrelationskoeffizient:  $r = -0,376$ ,  $p = 0,016$ ).



## Diskussion

Untersucht wurde die Implantat Stabilität bei zwei Patientengruppen über einen Beobachtungszeitraum von einem Jahr ab funktioneller Belastung der Implantate. Es wurden jeweils vier interforaminäre Implantate in der zahnlosen Mandibula gesetzt, welche mit Locatoren® als Suprastruktur versorgt wurden. Die Implantate der Testgruppe (n=8) wurden direkt nach Implantatsetzung funktionell sofortbelastet, während die Implantate der Kontrollgruppe (n=12) erst nach einer Einheilphase von drei Monaten konventionell belastet wurden.

Im Beobachtungszeitraum von einem Jahr kam es zu keinem Implantatverlust oder Lockerung, was einer Überlebensrate von 100% entspricht. Sowohl die sofort wie auch konventionell belasteten Implantate zeigten im Beobachtungszeitraum keine Anzeichen eines beginnenden Implantatverlustes. Die erhobenen Parameter lassen den Schluss zu, dass bei gleicher Indikation keine nachteiligen Auswirkungen durch eine Sofortbelastung der gesetzten Implantate zu erwarten sind. Jaffin (2000) kam zu einem vergleichbaren Ergebnis, gab bei einem untersuchten Patientenkollektiv von 27 Personen allerdings eine geringere Erfolgsrate von 95% an, bei einem Beobachtungszeitraum von 40 Monaten. Bergkvist (2009) gab für eine Untersuchung von 6 sofortbelasteten Implantaten in der Mandibula über 32 Monate eine Überlebensrate von 98,2% an, und sah die Implantatstabilität von sofortbelasteten Implantaten der von konventionell belasteten Implantaten gleichwertig, allerdings einschränkend auf verblockte Implantate bezogen. Andere Studien (Närhi et al 2001; Engquist et al. 1988; Donatsky et al 1993; Wismeijer et al. 1999; Naert et al. 2004) kommen zu dem Schluss, dass es keine Auswirkungen auf die Implantat-Stabilität hat, ob verblockte oder einzelne Retentionselemente genutzt werden. Ihre Studienergebnisse sind somit mit den Ergebnissen der hier vorgestellten Studie vergleichbar. Røynesdal (2001) führte eine Studie mit 2 interforaminär gesetzten Implantaten durch, mit Kugelkopfkernern als Abutment. 21 Patienten wurden dabei in eine Sofortbelastete Gruppe (n=11) und eine konventionell belastete Kontrollgruppe (n=10) aufgeteilt. Nach 24 Monaten zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Überlebensdauer oder dem periimplantären Knochenabbau. Demgegenüber gab Zembic (2010) für eine vergleichende Untersuchung von Sofort- vs. Frühbelasteten Implantaten

über drei Jahre eine geringere Überlebensrate von 85% für Sofortbelastete Implantate gegenüber 100% in einer konventionell belasteten Kontrollgruppe. Dies steht im Gegensatz zu der von Esposito et al (2007) durchgeführten Literaturübersicht über den Belastungszeitpunkt von Implantaten, bei der die Ergebnisse randomisierter klinischer Studien verglichen wurden. In der Conclusio wurde von Esposito beschrieben, dass beide Belastungskonzepte hinsichtlich Implantatüberlebensdauer vergleichbar sind, wobei die Erfahrung der Behandler als Einflussfaktor explizit erwähnt wurde.

Grundsätzlich deckt sich das Ergebnis dieser Studie mit den Ergebnissen der bereits vorliegenden Literatur. Um eine verlässliche Aussage über die Langzeitstabilität der eingebrachten Implantate treffen zu können, ist es aber notwendig die Implantate über einen wesentlich längeren Zeitraum als die dieser Studie zugrunde liegenden 12 Monate zu beobachten, da sich kleinere Fehlbelastungen der einzelnen Implantatstrukturen oder des Knochens erst über einen längeren Zeitraum auswirken können. Für den Vergleich der Belastungskonzepte Sofort vs. Konventionelle Belastung der in dieser Studie überprüft wird, ist ein Beobachtungszeitraum von 12 Monaten allerdings ausreichend, da die durch die unterschiedlichen Belastungen beeinflussbare Einheilphase nach dieser Zeit abgeschlossen ist. Laut einer Studie von Berglundh (2002) ist eine Verlustrate von >5% innerhalb der ersten 5 Jahre zu erwarten falls es sich um Prothesentragende Implantate handelt. In der hier vorgestellten Studie ist ein Nachbeobachtungszeitraum von 3 Jahren vorgesehen.

Die eingesetzten Locator® Abutments zeigten im Beobachtungszeitraum keine Nachteile. Die Retentionseinsätze wurden bei Retentionsverschlechterung im Einzelfall gewechselt. Evtimovska (2009) stellte in ihrer Studie fest, dass die Retention der Locator® Matrizen nach multiplen Abnahmen geringer wurde, was nicht zwingend vom Patient bemerkt werden muss, aber hinter diesem Hintergrund vom Behandler regelmäßig geprüft werden sollte. Der Retentionsverlust ist auch abhängig vom gewählten Retentionseinsatz. Gelbe Einsätze zeigten nach 20 Abnahmen einen Retentionsverlust von  $6.50 \pm 3.59\%$ , weiße  $8.60 \pm 4.42\%$ ; und grüne Retentionseinsätze  $11.05 \pm 4.94\%$ . Eine Studie von Kleis untermauert diese Beobachtung. Über einen Beobachtungszeitraum von einem Jahr kam es bei insgesamt 46 mit Locator versorgten Implantaten aufgrund mangelnder Retention

34 mal zu prothetischen Nachbesserungen (Kleis et al 2009). Sadiq kam in seiner Studie insgesamt zu dem Schluss, dass Locator® Abutments eine verbesserte Retention gegenüber anderen unverblockten Retentionssystemen bieten (Sadiq 2009). Bihan (2011) verglich Kugelkopf Abutments mit dem Locator. Dabei wurden bei 25 Patienten 2 interforaminäre Implantate inseriert, welche entweder mit Kugelkopf Abutment oder Locator versorgt wurden. Nach drei Monaten wurde der Abutment Typ gewechselt. Bewertet wurde anhand eines verkürzten Oral Health Impact Profile (OHIP-14). Die Locatoren zeigten einen signifikant besseren OHIP-14 Wert ( $P = .049$ ). Cordaro (2012) führte eine Studie durch, in der über einen Zeitraum von 12 Monaten 39 Patienten mit entweder Locator oder Steg getragenen Totalprothesen untersucht wurden. Die Studie kam zu dem Schluss, dass Locatoren® im Vergleich zu Stegkonstruktionen signifikant bessere Weichgewebewerte zur Folge haben. Sowohl BOP, ST wie auch Plaqueindex war in der Locatorengruppe geringer. Bedingt wird dies durch die einfachere Hygiene bei unverblockten Retentionselementen (Cordaro et al, 2012). In Bezug auf Patientenzufriedenheit gab es keine Unterschiede zwischen Locator und Stegversorgter Gruppe.

In einer Studie von Ramakrishna (2007) gab dieser eine ausreichende Primärstabilität für Sofortbelastete Implantate bei einem ISQ Wert von  $>50$  an, allerdings lagen dieser Studie nur 8 Implantate zugrunde. Dilek (2008) untersuchte in einer experimentellen Studie die Periotestwerte, welche für eine Sofortbelastung notwendig sind, und kam zu dem Schluss, dass ein relativ großer Bereich von  $-9$  bis  $+8$  möglich ist. Allerdings können diese Werte nicht direkt auf die klinische Praxis übertragen werden, da in der zugrundeliegenden Studie in den bovinen Femur inserierte Miniimplantate untersucht wurden. Die aus vorangegangenen Studien (Oh et al 2008, Lachmann et al, 2006) erwartete umgekehrte Proportionalität und Zuverlässigkeit der Periotest® und ISQ®-Werte zueinander bestätigte sich in dieser Studie, mit einer Änderung des Periotest Wertes zum Zeitpunkt der Implantatsetzung  $-5,53$  (SD 1,43) für die sofortbelastete Gruppe und  $-3,98$  (SD 2,05) für die konventionell belastete Gruppe hin zu  $-6,87$  (SD 1,01) für das sofortbelaste Kollektiv und  $-6,94$  (SD 1,23) für das konventionell belastete Kollektiv bei der Messung nach 12 Monaten. Die Werte bei der Messung nach 12 Monaten sind nahezu identisch und zeigen auch eine geringere Standardabweichung als

zu Beginn, woraus eine identische Stabilität abgeleitet werden kann. Analog dazu änderte sich der ISQ Wert von 76,16 (SD 4,16) in der sofortbelastete Gruppe und 74,47 (SD 4,42) in der konventionell belastete Gruppe während der Implantation, hin zu 82,0 (SD 3,22) in der sofortbelasteten Gruppe und 81,35 (SD 3,38) in der konventionell belasteten Gruppe. Auch hier kann ein nahezu identischer Wert zum Zeitpunkt der letzten Messung beobachtet werden. Die angenommene Vergleichbarkeit der Versorgungskonzepte wird durch diese Werte bestätigt (Oh et al 2008, Lachmann et al, 2006).

Die Erhebung des Bleeding on Probing (BOP) Wertes gab im Studienverlauf Auskunft über die aktuelle Hygienesituation des Patienten, wobei positive Befunde Indikator für das Vorliegen einer perimplantären Mukositis sind, und Anlass für verstärkte Remotivation des Patienten bezüglich der durchzuführenden Implantatpflege waren. Im Stadium der Mukositis kann die Entzündung noch konservativ behandelt werden, während im Stadium einer Periimplantitis nur chirurgische Intervention als erfolgversprechend anzusehen ist (Lindhe et al 2008), weshalb ein frühzeitiges therapieren essentiell ist. Der höchste Anteil BOP positiver Messungen lag bei der 3-Monats Kontrolle der konventionell belasteten Gruppe mit 72,9% (SD 0,44) vor. Aus dem kontinuierlich fallenden Prozentsatz der positiven Messungen bei der konventionell belasteten Gruppe (3 Monate 72,9% (SD 0,44); 6 Monate 62,5% (SD 0,48); 12 Monate 52,1%(SD 0,50)) kann auf eine Adaptation der Patienten an die Implantatspezifischen Hygieneanforderungen geschlossen werden. Die Werte der Sofortbelasteten Gruppe im zeitlichen Verlauf lagen nach 3 Monaten bei 46,9% (SD 0,50), 6 Monaten 59,4% (SD 0,49) und nach 12 Monaten bei 28,1% (SD 0,45). Größere Schwankungen der Prozentsätze entstehen besonders in kleinen Patientenkollektiven, wie im vorliegenden Fall. Dies muss in Besonderen bei der Betrachtung des Anstiegs der Werte des sofortbelasteten Kollektivs vom 3-Monats- (46,9%) zum 6 Monats-Zeitpunkt (59,4%) bedacht werden. Es waren positive BOP Werte bei einem Großteil der Messungen zu erwarten, da laut einer Literaturübersicht von Lindhe diese bei 80% der untersuchten Patienten nachweisbar sind (Lindhe et al 2008). Als Risikofaktoren zählen schlechte Mundhygiene, vorangegangene Parodontitiden, Diabetes, sowie Rauchen.

Die Sondierungstiefe bewegte sich im Verlauf der Studie in einem sehr engen Rahmen, was ein stabiles Knochenniveau annehmen lässt. Unterschiede in der Implantatstabilität zu den verschiedenen Messzeitpunkten sind mittels Sondierung nicht erkennbar. Der Mittelwert für die sofortbelastete Gruppe ändert sich von 2,18 (SD 0,57) bei 3 Monaten auf 2,23(SD 0,62) bei der 12-Monats Kontrolle. Für die konventionell belastete Gruppe ändert sich der Mittelwert von 2,45(SD 0,49) bei 3 Monaten auf 2,05 (SD 0,54) nach 12 Monaten. Die Sondierungstiefe an Implantaten kann nicht gleichgesetzt werden mit der Sondierungstiefe an Zähnen, da laut Ericsson der Widerstand der perimplantäre Mukosa-Implantat Verbindung geringer ist, als der Sondierungswiderstand der Gingiva an Zähnen (Ericsson 1993).

Abweichend vom geplanten Studienprotokoll wurde der periimplantäre Knochenverlust radiologisch nicht evaluiert. Cochrane (2002) beurteilte in einer Studie das periimplantäre Knochenniveau anhand der Parameter Abstand Implantatschulter zum koronalsten Implantat zu Knochenkontakt (DIB), wie auch Evaluation der Knochendichte mittels Computer assisted densiometric image analysis (CADIA). Auch in der durchgeführten Studie sollte der Abstand Implantatschulter zu koronalsten Knochenkontakt evaluiert werden. Die Nichteranziehung der radiologischen Kontrolluntersuchungen für die Studie ist begründet durch die sich im Laufe der Studie abzeichnende unzureichende Vergleichbarkeit der Einzelaufnahmen zueinander. Ursache dafür waren Aufnahmen die das Implantat nicht konstant im rechten Winkel abbildeten, wodurch minimale Änderungen am Knochenniveau nicht erkennbar waren. Radiologische Kontrollen mittels Panoramafrontaufnahmen wurden nach 3, 6 und 12 Monaten durchgeführt. Eine standardisierte radiologische Kontrolle der Implantate ist bei Folgestudien geplant. Wismeijer (1999) führte eine systematische radiologische Kontrolle von Implantaten bei 110 Patienten über einen Zeitraum von 19 Monaten durch. Verglichen wurden dabei 2 interforaminäre Implantate mit Kugelkopfkern mit 2 Stegverbundenen Implantaten sowie 4 über einen Steg verbundene Implantaten. Der durchschnittliche Knochenverlust lag bei 1,5 mm (SD 0,26). Auffallend dabei war, dass die beiden mittleren Implantate bei den mit 4 Implantaten versorgten einen signifikant erhöhten Knochenverlust von 2,1 mm (SD 0,31) aufwiesen, jedoch nicht die beiden lateralen Implantate (isoliert betrachtet 1,4

mm (SD 0,25)). Möglicherweise liegt dies an einer schwierigeren Hygiene der mittleren Implantate bei Stegkonstruktionen.

## **Konklusion**

Die Sofortbelastung von 4 Implantaten im zahnlosen Unterkiefer interforaminär, unter Berücksichtigung einer ausreichenden Primärstabilität, ist nach den Ergebnissen dieser Studie der konventionellen Belastung hinsichtlich Stabilität und Implantateinheilung nach einem Untersuchungszeitraum von 1 Jahr ebenbürtig . Die Entscheidung ob Implantate sofort oder konventionell belastet werden kann auf den jeweiligen Patientenfall bezogen individuell entschieden werden.

Die Vergleichbarkeit und Zuverlässigkeit der Parameter Osstell® ISQ und Periotest® zueinander wurde in dieser Studie bestätigt.

## 6 Literaturverzeichnis

1. **Albrektsson, T., Zarb, G., Worthington, P. & Eriksson, A.R.,** (1986); The long term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. Int J Oral Maxillofac Implants 1: 11-25
2. **Atsumi et al,** Methods used to Asses Implant Stability, Current Status: Int J Oral Maxillofac Implants 2007; 22:743-754
3. **Bakke M, Holm B, Gotfredsen K.:** Masticatory function and patient satisfaction with implant-supported mandibular overdentures: a prospective 5-year study. Int J Prosthodont. 2002 Nov-Dec;15(6):575-81.
4. **Becker et al.** Guidelines for splinting implants, Journal of Prosthetic Dentistry, Volume 84, Issue 2 , Pages 210-214, August 2000
5. **Bergkvist et al,** Immediate Loading of Implants in the Edentulous Maxilla: Use of an Interim Fixed Prosthesis Followed by a Permanent Fixed Prosthesis: A 32-Month Prospective Radiological and Clinical Study, Clinical Implant Dentistry and Related Research, Volume 11, Issue 1, pages 1–10, March 2009
6. **Berglundh et al.** A systematic review of the incidence of biological and technical complications in implant dentistry reported in prospective longitudinal studies of at least 5 years, Journal of Clinical Periodontology, Volume 29, Issue Supplement s3, pages 197–212, December 2002
7. **Bilhan, Onur, Tonguc, Bilgin,** (2011) A Quality-of-Life Comparison Between Self-Aligning and Ball Attachment Systems for 2-Implant–Retained Mandibular Overdentures. Journal of Oral Implantology: March 2011, Vol. 37, No. sp1, pp. 167-173.
8. **Block MS, Mercante DE, Lirette D, Mohamed W, Ryser M, Castellon P** Prospective evaluation of immediate and delayed provisional single tooth restorations J Oral Maxillofac Surg. 2009 Nov; 67(11 Suppl): 89-107
9. **Bochdam K.-U., Benner, K.-U., Holland-Letz, T., Hölzle, F., Willer, J.** Klinische Nachuntersuchung von implantatgestützten Vollprothesen im zahnlosen und restbezahnten Kiefer – ein Vergleich zwischen Teleskopprothesen und den etablierten Stegprothesen Stomatologie Volume 105, Number 6 (2008), 141-149

10. **Bogaerde et al** Immediate/Early Function of Neoss Implant Placed in Maxillas and Posterior Mandibles: An 18-Month Prospective Case Series Study Clinical Implant Dentistry and Related Research, Volume 12, Supplement 1, 2010
11. **Brånemark P-I, Zarb G, Albrektsson T.** Introduction to osseointegration. In Tissue Integrated Prosthesis: Osseointegration in Clinical Dentistry. Chicago: Quintessence ;1985. p. 11-76.
12. **Branemark, P.I., U. Breine, R. Adell, B.O. Hansen, J. Lindström und Ohlson:** Intraosseous anchorage of dental protheses. Scand.J.Plast.Reconstr. Surg. 52:155, 1981
13. **Buch et al,** Criteria of success in implantology, Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Volume 7, Number 1 (2003), 42-46,
14. **Buser D, Weber HP, Lang NP:** Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. Clin Oral Implants Res 1:33–40 (1990)
15. **Cochrane et al,** Evaluation of an endosseous titanium implant with a sandblasted and acid-etched surface in the canine mandible: radiographic results, Clinical Oral Implants Research, Volume 7, Issue 3, pages 240–252, September 1996
16. **Cordaro et al,** Single unit attachments improve peri-implant soft tissue conditions in mandibular overdentures supported by four implants, Clinical Oral Implants Research, Online Version of Record published before inclusion in an issue, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0501.2012.02426.x/abstract?deniedAccessCustomisedMessage=&userIsAuthenticated=false>, 20.06.12, 21.37
17. **Cune et al,** A prospective evaluation of Frialoc implants with ball-abutments in the edentulous mandible: 1-year results. Clin Oral Implants Res. 2004 Apr;15(2):167-73
18. **Davies, J.E.** Bone bonding at natural and biomaterial surfaces. Biomaterials 28: 5058–5067
19. **Davies, J.E.** Understanding peri-implant endosseous healing. Journal of Dental Education 67: 932–949.
20. **Dilek et al,** Required minimum primary stability and torque values for immediate loading of mini dental implants: an experimental study in nonviable bovine femoral bone. Oral surgery oral medicine oral pathology oral radiology and endodontics (2008) Volume: 105, Issue: 2, Pages: e20-e27

21. **Donatsky O:** Osseointegrated dental implants with ball attachments supporting overdentures in patients with mandibular alveolar ridge atrophy. *Int J Oral Maxillofac Implants* 8: 162–166 (1993)
22. **Duyck et al,** In vivo forces on oral implants supporting a mandibular overdenture: the influence of attachment system, *Clinical Oral Investigation*, Volume 3, Number 4 (1999), 201-207
23. **Eckert et al.** Osseointegrated Dental Implants, *The Bionic Human* 2006, 603-618,
24. **Engquist B,** Bergendal T, Kallus T, Linden U: A retrospective multicenter evaluation of osseointegrated implants supporting overdentures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 3: 129–134 (1988)
25. **Ericsson et al,** Probing depth at implants and teeth *Journal of Clinical Periodontology* Volume 20, Issue 9, pages 623–627, October 1993
26. **Esposito et al,** The effectiveness of immediate, early, and conventional loading of dental implants: a Cochrane systematic review of randomized controlled clinical trials. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2007 Nov-Dec;22(6):893-904
27. **Evtimovska et al,** The Change in Retentive Values of Locator Attachments and Hader Clips over Time, *Journal of Prosthodontics* Volume 18, Issue 6, pages 479–483, August 2009
28. **Freitas et al,** The effect of implant design on insertion torque and immediate micromotion, *Clin Oral Implants Res*. 2012 Jan;23(1):113-8
29. **Friberg et al,** Evaluation of bone density using cutting resistance measurements and microradiography. An in vitro study in pig ribs. *Clinical Oral Implants Research* Volume 6, Issue 3, pages 164–171, September 1995
30. **Geckili et al,** A comparative in vitro evaluation of two different magnetic devices detecting the stability of osseo-integrated implants *Journal of Periodontal Research* Volume 47, Issue 4, pages 508–513, August 2012
31. **Grafelmann, H.L.:** Statistische Auswertung von 3341 Blattimplantaten. *Orale Implantol.* 12, 23, 1985
32. **Grafelmann, H.L., H.H. Brandt:** Erfahrungen mit enossalen Extensionsimplantaten nach Linkow. *Quint.* 4.21, 1970

33. **Jaffin et al**, Immediate Loading of Implants in Partially and Fully Edentulous Jaws: A Series of 27 Case Reports, *Journal of Periodontology*, Vol. 71, No. 5, Pages 833-838 2000
34. **Jahn M,d'Hoedt B** :Zur Definition des Erfolges bei dentalen Implantaten. *Zahnärztl Implantol* 1992 8:221–226
35. **Jakse**, Dentale Implantate und Kieferaugmentationen, Skriptum, Medizinische Universität Graz
36. **Kanitz,D.:** 25 Jahre subperiostale Implantationen-ein Erfahrungsbericht mit einer Statistik von 384 Implantaten. *Orale Implantol.* 9, 87-97, 1982
37. **Ketabi et al.** Hybridprothetische Versorgungsmöglichkeiten des atrophierten zahnlosen Unterkiefers mit 2 versus 4 Implantaten – eine Literaturrecherche, *Stomatologie* Volume 106, Number 6 (2009), 109-118,
38. **Kleis et al** A Comparison of Three Different Attachment Systems for Mandibular Two-Implant Overdentures: One-Year Report *Clinical Implant Dentistry and Related Research* Volume 12, Issue 3, pages 209–218, September 2010
39. **Kleis, W. K., Kämmerer, P. W., Hartmann, S., Al-Nawas, B. and Wagner, W.** (2010), A Comparison of Three Different Attachment Systems for Mandibular Two-Implant Overdentures: One-Year Report. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 12: 209–218.
40. **Kobes**, *Praxis der Zahnheilkunde* 7, Totalprothesen, S.107, Urban und Schwarzenberg, 1991
41. **Koeck et al.**, *Praxis der Zahnheilkunde* 13, Implantologie, 1996, Urban und Schwarzenberg, S. 5
42. **Lachmann et al**, Resonance frequency analysis and damping capacity assessment. Part I: an in vitro study on measurement reliability and a method of comparison in the determination of primary dental implant stability. *Clin Oral Implants Res.* 2006 Feb;17(1):75-9.
43. **Lachmann et al**, Reliability of findings around healthy implants in association with oral hygiene measures: a clinical, microbiological, and immunological follow-up in edentulous patients. *Clin Oral Implants Res.* 2007 Dec;18(6):686-98
44. **Lang NP, Adler R, Joss A, Nyman S.** Absence of bleeding on probing. An indicator of periodontal stability. *J Clin Periodontol.* 1990 Nov;17(10):714-21.

45. **Langhoff, J. D., Voelter, K., Scharnweber, D., Schnabelrauch, M., Schlottig, F., Hefti, T., Kalchofner, K., Nuss, K., von Rechenberg, B.**, *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.* 2008, 37, 1125-1132
46. **Lazzara RJ.** Managing the soft tissue margin: the key to implant aesthetics. *Pract Periodontics Aesthet Dent.* 1993 Jun-Jul;5(5):81-8.
47. **Lindje et al** Peri-implant diseases: Consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology *Journal of Clinical Periodontology Special Issue: The 6th European Workshop on Periodontology Contemporary Periodontics Volume 35, Issue Supplement s8, pages 282–285, September 2008*
48. **Linkow et al**, *Theories and Techniques of Oral Implantology (2nd ed.)*. Vol. I. New Delhi, India: Jaypee Brothers Medical Publishers; 2011
49. **Malvin E. Ring:** *Geschichte der Zahnmedizin*. Könenmann, 2000
50. *Medizintechnik Gulden e. K. . Eschenweg 3 . 64397 Modautal Produktinformation*
51. **Mesa, F.; Munoz, R.; Noguero, B.I ; Luna, J.D.; Galindo, P.: de O’Valle ,F.**(2008): Multivariate study of factors influencing primary dental implant stability. *Clin Oral Impl Res.*, 19, 196–200.
52. **Misch, C.E.** Density of bone: effect on treatment plans, surgical approach, healing, and progressive bone loading. *Int J Oral Implantol*, 6, 23–31, 1990.
53. **Närhi et al**, Maxillary overdentures retained by splinted and unsplinted implants: a retrospective study, *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2001 Mar-Apr;16(2):259-66
54. **Naert I, Quirynen M, Steenberghe D van, Darius P** A six-year prosthodontic study of 509 consecutively inserted implants for the treatment of partial edentulism. *J Prosthet Dent* 67:236–245 (1992)
55. **Naert et al**, The reliability of implant-retained hinging overdentures for the fully edentulous mandible An up to 9-year longitudinal study, *Clinical Oral Investigations* Volume 1, Number 3 (1997), 119-124
56. **Naert I, Alsaadi G, van Steenberghe D, Quirynen M:** A 10-year randomized clinical trial on the influence of splinted and unsplinted oral implants retaining mandibular overdentures: peri-implant outcome. *Int J Oral Maxillofac Implants* 19: 695–702 (2004)
57. **Nentwig HG:** Knochenspreizung und Knochenkondensierung zur Verbesserung des Implantatlagers. *Quintessenz* 1996; 47: 7-17

58. **O'Sullivan et al** Influence of implant taper on the primary and secondary stability of osseointegrated titanium implants *Clinical Oral Implants Research* Volume 15, Issue 4, pages 474–480, August 2004
59. **Oh et al**, A comparative study of two noninvasive techniques to evaluate implant stability: Periotest and Osstell Mentor, *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*, Volume 107, Issue 4 , Pages 513-518, April 2009
60. **Palti**, Sofortimplantation und Sofortbelastung ein Paradigmenwechsel in der oralen Implantologie *Implantologie Journal* 6/2002, 6-11
61. **Ramakrishna et al**, Clinical assessment of primary stability of endosseous implants placed in the incisor region, using resonance frequency analysis methodology: An in vivo study *Indian Journal of Dental Research* 2007 Volume: 18 Issue Number: 4 Page: 168-172
62. **Røynesdal AK, Amundrud B, Hannæs HR**, A comparative clinical investigation of 2 early loaded ITI dental implants supporting an overdenture in the mandible. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* [2001, 16(2):246-51]
63. **Sadig W**. A comparative in vitro study on the retention and stability of implant-supported overdentures. *Quintessence Int.* 2009 Apr;40(4):313-9.
64. **Salles et al**. Influence of high insertion torque on implant placement: an anisotropic bone stress analysis. *Braz. Dent. J.* 2010, vol.21, n.6 pp. 508-514 .
65. **Sanz M, Cecchinato D, Ferrus J, Pjetursson EB, Lang NP, Lindhe J**. A Prospective, randomized-controlled clinical trial to evaluate bone preservation using implants with different geometry placed into extraction sockets in the maxilla, *Clin Oral Implants Res.* 2009 Nov 18
66. **Scarano A, Degidi M, Lezzi G et al**. Maxillary sinus augmentation with different biomaterials: A comparative histologic and histochemical study in man. *Implant Dent* 2006; 15(2):197-207
67. **Schulte,W. und G. Heimke**: Das Tübinger Sofortimplantat. *Quintess. Zahnärztl. Lit.* 27, 5456. 1976
68. **Schmidt M.:** Spezifische Absorption organischer Moleküle auf oxidiertem Titan: „Bioaktivität auf molekularem Niveau“. *Osteologie* Band 1, Heft 4, Verlag Hans Huber, Bern, Göttingen, Toronto, Seattle, 222-235, 1992.

69. **Schnitman PA, Shulman LB** Dental implants. Benefit and risk. Proceedings of an NIH Harvard Consensus Development Conference 1978. National Institute of Health (NIH) Harvard Consensus Development Conference. NIH, US Department of Health and Human Services Bethesda, pp81–1531 (1980)
70. **Schröder A:** Coated hollow cylinder implants: previous experimental and clinical observations. *SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* 89 (1979) : 1136-1137
71. **Schultze-Mosgau S, Blatz MB, Wehrhan F, Schlegel KA, Thorwart M, Holst S:** Principles and mechanisms of peri-implant soft tissue healing. *Quintessence Int* 36, 759-769
72. **Schultze-Mosgau S, Wehrhan F, Wichmann M, Schlegel KA, Holst S, Thorwarth M:** Expression of interleukin 1-beta, transforming growth factor beta-1, and vascular endothelial growth factor in soft tissue over the implant before uncovering. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 101, 565-571
73. **Schultze-Mosgau S., Schliephake H., Radespiel-Tröger M., Neukam F. W.:** Osseointegration of endodontic endosseous cones. *Oral Surg Oral Med Oral Path*, 91-98, 2000
74. **Shalabi M.M., Gortemaker A., Van't Hof M.A., Jansen J.A., Creugers N.H.J.** Implant Surface Roughness and Bone Healing: a Systematic Review *Journal of Dental Research*, Vol. 85, No. 6, 496-500 (2006)
75. **Solon T. Kao, DDS; Daniel D. Scott, DMD,** A Review of Bone Substitutes, *Oral Maxillofacial Surg Clin N Am* 19 (2007) 513-521
76. **Spieckermann et al,** Color Atlas Of Dental Medicine, Implantology, S.1 Thieme Publishers
77. **Steinemann S. G., Eulenberger J., Maeusli P.-A. Schroeder A.:** Adhesion of bone to titanium, biological and biomechanical performance of biomaterials, edited by Christel P., Meunier A. and Lee A.J.C., Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam 1986.
78. **Steinemann S. G., Straumann F.:** Ankylotische Verankerung von Implantaten. Separatdruck aus: *Schweiz Mschr Zahnmed*, 94: 682-687, 1984.
79. **Striezel, F.P.; Reichart, P. A.; Hausamen, J. -E; Becker, J.; Neukam, F. W.; Schliephake, H.; Schmelzeisen, R.:** Einheilung der Implantate-Grundlagen der Osseointegration *Curriculum zahnärztliche Chirurgie*, 414-416.

80. **Strock, A. E.:** Experimental work on a method for replacement of missing teeth by direct implantation of a metal support into the alveolus, *Amer. J. Orthodont.* 25:467-472, 1939.
81. **Valderrama et al,** Evaluation of Two Different Resonance Frequency Devices to Detect Implant Stability: A Clinical Trial, *Journal of Periodontology* February 2007, Vol. 78, No. 2, Pages 262-272 , DOI 10.1902/jop.2007.060143
82. **Van Steenberghe et al,** Damping characteristics of bone-to-implant interface; A clinical study with the Periotest® device. *Clinical Oral Implants Research*, Volume 6, Issue 1, pages 31–39, March 1995
83. **Wagner,** Operatives Vorgehen, *Praxis der Zahnheilkunde* 13, Implantologie, 1996, Urban und Schwarzenberg, S. 156
84. **Wahl,** Implantologie, *Praxis der Zahnheilkunde*, 1996, S.37
85. **Wennerberg A, Albrektsson T.** Effects of titanium surface topography on bone integration: a systematic review. *Clin Oral Implants Res.* 2009 Sep;20 Suppl 4:172-84
86. **Wismeijer D, van Waas M A, Mulder J, Vermeeren J I, Kalk W:** Clinical and radiological results of patients treated with three treatment modalities for overdentures on implants of the ITI Dental Implant System. A randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Implants Res* 10: 297–306 (1999)
87. **Zembić A, Glauser R, Khraisat A, Hämmerle CHF.** Immediate vs. early loading of dental implants: 3-year results of a randomized controlled clinical trial. *Clin. Oral Impl. Res.* 21, 2010; 481–489

## 7 Abbildungen

- **ABBILDUNG 1: PROTHESENLAGER IM UNTERKIEFER**  
[PdZ Totalprothesen. 3. Auflage S. 10](#)
- **ABBILDUNG 2: MUNDBODENMUSKULATUR**  
[Sobotta. Atlas der Anatomie des Menschen, 21. Aufl. Urban & Fischer, 2000](#)
- **ABBILDUNG 3: PATENTZEICHNUNG VON GREENFIELD**  
[Theories and Techniques of Oral Implantology \(vol.1\) S.137](#)
- **ABBILDUNG 4: KORBIMPLANTAT NACH GREENFIELD**  
[Theories and Techniques of Oral Implantology \(vol.1\) S 137](#)
- **ABBILDUNG 5: IMPLANTAT VON STROCK**  
[Modifiziert von Theories and Techniques of Oral Implantology \(vol.1\) S 142.](#)
- **ABBILDUNG 6: BLATTIMPLANTAT FÜR OBERKIEFER**  
[http://www.oraltronics.ru/deu/galerie/osteoplate\\_chir\\_1/p32.htm](http://www.oraltronics.ru/deu/galerie/osteoplate_chir_1/p32.htm)
- **ABBILDUNG 7: SUBPERIOSTALES IMPLANTAT**  
[Theories and Techniques of Oral Implantology \(vol.1\) S 171](#)
- **ABBILDUNG 8: OPG EINES SUBPERIOSTALEN IMPLANTATES**  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Subperiostal\\_Implants\\_20100105\\_005.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Subperiostal_Implants_20100105_005.JPG)
- **ABBILDUNG 9: TRANSDENTALE FIXATION FRAKTURIERTER ZÄHNE**  
[http://www.spitta.de/Zahnmedizin/Aktuelles/Druckansicht/134\\_index+M550641c8a77.html](http://www.spitta.de/Zahnmedizin/Aktuelles/Druckansicht/134_index+M550641c8a77.html)
- **ABBILDUNG 10: TÜBINGER SOFORTIMPLANTAT**  
<http://www.dentsply-friadent.com/590.htm>
- **ABBILDUNG 11: IMPLANTAT**  
<http://www.geschichteinchronologie.ch/med/amalgam-meldungen-d/027-implantat-schema.jpg>
- **ABBILDUNG 12: IMPLANTAT OBERFLÄCHEN**  
<http://www.scielo.br/img/fbpe/mr/v3n3/3a03i001.GIF>
- **ABBILDUNG 13: MASSIVKÖRPER**  
<http://corporate.nobelbiocare.com/de/media/image-gallery/products/individualized-prosthetics.aspx>
- **ABBILDUNG 14: HORIZONTALE ACHSE**  
[http://www.remanium-kompendium.de/deu/1089\\_1139.htm](http://www.remanium-kompendium.de/deu/1089_1139.htm)
- **ABBILDUNG 15: AUSRICHTUNG IN DER VERTIKALEN**  
[http://www.remanium-kompendium.de/deu/1089\\_1139.htm](http://www.remanium-kompendium.de/deu/1089_1139.htm)

- **ABBILDUNG 16: INDIVIDUELL GEFRÄSTER STEG**  
[http://www.dr-steinseifer-dental.de/Unser\\_Leistungsspektrum/Fras-\\_und\\_Geschiebetechnik/fras-\\_und\\_geschiebetechnik.html](http://www.dr-steinseifer-dental.de/Unser_Leistungsspektrum/Fras-_und_Geschiebetechnik/fras-_und_geschiebetechnik.html)
- **ABBILDUNG 17: IMPLANTAT GETRAGENE TELESKOPE**  
[http://www.drheuermann.de/images/lach91\\_450.jpg](http://www.drheuermann.de/images/lach91_450.jpg)
- **ABBILDUNG 18: KUGELKOPFANKER**  
<http://www.astratechdental.at/PopUpPageContainer.aspx?Item=272567>
- **ABBILDUNG 19: LOCATOR**  
[http://www.dental-balance.eu/shop/images/product\\_images/popup\\_images/Nobel-Biocare-Locator-ZA8828NB.jpg](http://www.dental-balance.eu/shop/images/product_images/popup_images/Nobel-Biocare-Locator-ZA8828NB.jpg)
- **ABBILDUNG 20: RETENTIONSPRINZIP LOCATOR® ABUTMENT**  
<http://www.zestanchors.com/media/wysiwyg/locator-01.png>
- **ABBILDUNG 21: MAGNETVERBINDUNG**  
[http://www.preat.com/productlist\\_preat.html](http://www.preat.com/productlist_preat.html)
- **ABBILDUNG 22: KNOCHENQUALITÄTEN VON D1 BIS D4**  
[http://www.darwindental.com/images/bone\\_quality.jpg](http://www.darwindental.com/images/bone_quality.jpg)
- **ABBILDUNG 23: PERIOTEST GERÄT**  
[http://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQyZG8I2DcWAeLEHAb9Stve9S\\_WWLm78NIJ\\_ZJFFO\\_oWYXQmzeUvqhP3DnQh](http://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQyZG8I2DcWAeLEHAb9Stve9S_WWLm78NIJ_ZJFFO_oWYXQmzeUvqhP3DnQh)
- **ABBILDUNG 24: FUNKTIONSSCHEMA PERIOTEST**  
<http://www.dental-revue.ru/peri2.JPG>
- **ABBILDUNG 25: OSSTELL MENTOR**  
<http://www.vicentemuratore.com/english/images/news/110226-osstell-isq.jpg>
- **ABBILDUNG 26: MESSUNG ISQ MIT AUFGESCHRAUBTEM SMARTPEG**  
[http://www.tmj.ro/articles\\_images/img4019854518128653.small.jpg](http://www.tmj.ro/articles_images/img4019854518128653.small.jpg)
- **ABBILDUNG 27: WURZELVERLETZUNG DURCH IMPLANTAT**  
[http://www.implantate.com/images/stories/alte\\_bilder/zahnverletzung\\_g.jpg](http://www.implantate.com/images/stories/alte_bilder/zahnverletzung_g.jpg)
- **ABBILDUNG 28: SCHNITTFÜHRUNG**  
[Dr Angelika Wildburger, Meduni Graz](#)
- **ABBILDUNG 29: FREIGELEGTER UNTERKIEFER**  
[Dr Angelika Wildburger, Meduni Graz](#)
- **ABBILDUNG 30: ÜBERPRÜFEN DER PARALLELITÄT**  
[Dr Angelika Wildburger, Meduni Graz](#)
- **ABBILDUNG 31: PRÜFEN DER IMPLANTATSTABILITÄT WÄHREND DES OPERATIVEN EINGRIFFES MITTELS PERIOTEST**  
[Dr Angelika Wildburger, Meduni Graz](#)

- **ABBILDUNG 32: IMPLANTATE MIT LOCATOREN**  
Dr Angelika Wildburger, Meduni Graz
- **ABBILDUNG 33: VERSCHLUSS MITTELS EINZELKNOPFNÄHTEN**  
Dr Angelika Wildburger, Meduni Graz
- **ABBILDUNG 34: KRESTALER SCHNITT ZUR FREILEGUNG DER IMPLANTATE**  
Philipp Eisinger, Meduni Graz
- **ABBILDUNG 35: PRÜFEN DER IMPLANTATSTABILITÄT BEI FREILEGUNG MITTELS PERIOTEST**  
Philipp Eisinger, Meduni Graz
- **ABBILDUNG 36: EINBRINGEN DER LOCOATOR HALTEELEMENTE**  
Philipp Eisinger, Meduni Graz
- **ABBILDUNG 37: MATRIZEN MIT DICHT-EINSÄTZEN**  
Dr Angelika Wildburger, Meduni Graz
- **ABBILDUNG 38: EINPOLYMERISIEREN DER MATRIZEN**  
Dr Angelika Wildburger, Meduni Graz
- **ABBILDUNG 39: LOCATOREN IN SITU**  
Philipp Eisinger, Meduni Graz
- **ABBILDUNG 40: UNTERKIEFERPROTHESE MIT IN MATRIZEN BEFINDLICHEN RETENTIONSEINSÄTZEN**  
Philipp Eisinger, Meduni Graz

## 8 Tabellen

TABELLE 1: EINTEILUNGSKRITERIEN VON IMPLANTATEN.....	22
TABELLE 2: KNOCHENKLASSEN NACH MISCH .....	34
TABELLE 3: ZAHNMEDIZINISCHE KONTRINDIKATIONEN NACH WAHL 1996.....	44
TABELLE 4: ALLGEMEINMEDIZINISCHE KONTRINDIKATIONEN NACH WAHL 1996.....	44
TABELLE 5: KOMPLIKATIONEN DURCH DIE IMPLANTATSETZUNG NACH WAGNER 1996.....	45

## **Anhang**

1. Projektplan
2. Lebenslauf

## **Projektplan**

Einfache implantatprothetische Versorgung des zahnlosen Unterkiefers beim alten Patienten Vergleich von zwei Versorgungskonzepten: sofort - vs. konventionelle Belastung

### **Fragestellung:**

- Bestehen Unterschiede in der Implantatfestigkeit und Überlebensdauer zwischen sofort und konventionell belasteten Implantaten?
- Zeigen die mittels verschiedener Methoden erhobenen Werte zur Beurteilung der Implantatstabilität einen gleichen Verlauf?
- Traten im Studienzeitraum Implantatverluste auf?

### **Patientenkollektiv:**

Männliche und weibliche Patienten mit unbezahntem Unterkiefer ohne schwere Allgemeinerkrankungen.

## Lebenslauf

**Name:** Philipp Eisinger  
**Geburtsdatum:** 09.01.1984  
**Geburtsort:** Saarbrücken-Dudweiler  
**Nationalität:** deutsch  
**Familienstand:** ledig  
**Eltern:** Hartmut Eisinger, Dipl.-Geologe  
Daniela Wickmann-Eisinger, Dipl.-Geologin  
**Kinder:** ein Sohn, geb.16.06.2009

### Schulischer und Beruflicher Werdegang:

1990-1994            Albert-Schweitzer Grundschule Dudweiler/DE  
1994-2003           Marienschule Saarbrücken/DE  
2000-2001           Takotna Training Center Charter School / Alaska, USA  
2003-2004           Zivildienst Krankenhaus Dudweiler/DE im Pflegedienst  
10.2004-06.2005    Mitarbeiter Backoffice Hardware 1&1 Internet AG  
Seit 2005            Studium der Zahnmedizin Universität Graz

### Erworbene Schulabschlüsse:

2001                 High School Diploma / Amerikanischer Schulabschluss  
2003                 Allgemeine Hochschulreife